

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Architecture



Thème :

**l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix des
parcours de visite dans les espaces d'exposition universitaire**

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

Préparé par :

BOUZIDI Anias

Mr DAICHE Ahmed Motie		Département architecture de Bejaia	Président de jury
Dr SARAOUI Salma		Département architecture de Bejaia	Rapporteur
Mme LABRECHE Samia		Département architecture de Bejaia	Examineur

Année Universitaire 2022 - 2023

Dédicace

Je dédie ce mémoire à ...

A mon cher époux pour son accompagnement, son soutien et sa patience

A ma tendre mère qui a su m'accompagner dans chaque pas que j'ai fait jusqu'à présent.

A mon frère que J'aime tant à mon père et à toute ma famille.

Et surtout à la mémoire de mon grand-père qui nous a quittés depuis peu.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation et la réussite de ce travail.

Remerciement

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donné la force, le courage et la patience d'avoir pu reprendre la ou je me suis arrêté ya des années et d'avoir accomplir ce travail, d'avoir guidé mes pas durant tout ce parcours.

Je remercie ma famille, mes parents, mon frère et plus précisément mon conjoint d'avoir toujours été là pour moi, de m'avoir soutenu dans toutes les circonstances et de m'avoir fourni les meilleures conditions afin que je puisse mener mon projet d'études à termes.

Je tiens à remercier spécialement BECHAR Sabrine, j'ai tellement apprécié travaillé avec toi.

Ensuite, je remercie notre encadreur Dr. SARAOUI Selma Epse ATTAR pour ses encouragements et ses conseils nous ont poussés à donner le meilleur de nous afin de faire un travail bien mené. Je désire aussi remercier Madame BENALLAOUA, pour ses recommandations, ses conseils avisés et sa gentillesse.

Je remercie également tout le staff du département d'architecture ; chef du département, enseignants et fonctionnaires

Enfin, j'adresse mes sincère remerciements aux membres de jury et à tous ceux qui se sont et se seront intéressés à cette recherche.

Résumé

Cette présente recherche est une étude de l'influence de la lumière naturelle et du confort visuel sur le choix du parcours de visite qui vise à exposer une nouvelle approche conceptuelle pour l'utilisation de la lumière du jour dans les espaces muséaux.

Le non satisfaction des visiteurs concernant le confort visuel au sein des parcours d'exposition laisse les concepteurs réaliser des parcours avec un éclairage artificiel pour mieux gérer.

La lumière est une composante à part entière dans le parcours d'exposition, elle permet de guider le visiteur dans le parcours proposé par le concepteur, améliorer l'expérience muséale et économiser la consommation énergétique.

Au début, il ya eu une étude théorique qui évoqué en premier lieu la lumière naturelle ; base, grandeurs et notions fondamentales ainsi que les concepts liés au confort visuel en second lieu, une étude liés aux musées, aux parcours muséaux et à l'influence de la lumière naturelle et du confort visuel sur le choix de ces dernier.

Par la suite, il ya eu la méthodologie d'analyse et la présentation du corpus d'étude ; une approche quantitative qui regroupe les prises de mesures in situ et une simulation avec le logiciel dia lux evo renforcé par une enquête par questionnaire pour évaluer la satisfaction des usagers de l'espace en terme de confort visuel.

Les résultats de cette étude confirme que le confort visuel dans les espaces d'exposition est lié au types d'ouvertures, leur dimensions, leur orientation...etc. De ce fait on conclut que le confort visuel et la lumière naturelle influe positivement sur le choix du parcours de visite et pousse l'utilisateur de l'espace à suivre le parcours proposé par le concepteur.

Mots clés :

Lumière naturelle, espace d'exposition, parcours muséal, confort visuel.

ملخص

هذا البحث الحالي عبارة عن دراسة لتأثير الضوء الطبيعي والراحة البصرية على اختيار مسار الزيارة الذي يهدف إلى الكشف عن نهج مفاهيمي جديد لاستخدام ضوء النهار في مساحات المتاحف. إن استياء الزائرين فيما يتعلق بالراحة البصرية داخل طرق المعرض يترك المصممين لإنشاء طرق بإضاءة اصطناعية لإدارة أفضل. الضوء هو جزء لا يتجزأ من مسار المعرض، فهو يساعد في إرشاد الزائر في المسار الذي اقترحه المصمم، وتحسين تجربة المتحف وتوفير استهلاك الطاقة. في البداية كانت هناك دراسة نظرية أثارت في المقام الأول الضوء الطبيعي. القاعدة والأحجام والمفاهيم الأساسية بالإضافة إلى المفاهيم المتعلقة بالراحة البصرية، ثانيًا، دراسة تتعلق بالمتاحف وطرق المتاحف وتأثير الضوء الطبيعي والراحة البصرية على اختيار الأخير. بعد ذلك، كان هناك منهجية التحليل وتقديم مجموعة الدراسة؛ نهج كمي يجمع بين القياسات في الموقع والمحاكاة مع برنامج dia lux evo، مدعومًا باستبيان استبيان لتقييم رضا مستخدمي المساحة من حيث الراحة البصرية. تؤكد نتائج هذه الدراسة أن الراحة البصرية في مساحات المعرض مرتبطة بأنواع الفتحات وأبعادها واتجاهها وما إلى ذلك. لذلك، نستنتج أن الراحة البصرية والضوء الطبيعي لهما تأثير إيجابي على اختيار مسار الزيارة ويشجع مستخدم المساحة على إتباع المسار الذي اقترحه المصمم

الكلمات المفتاحية

مسار المعرض الإضاءة الطبيعية، الراحة البصرية، مساحات العرض

Abstract

This present research is a study of the influence of natural light and visual comfort on the choice of the visit route which aims to expose a new conceptual approach for the use of daylight in museum spaces.

The dissatisfaction of the visitors concerning the visual comfort within the exhibition routes leaves the designers to create routes with artificial lighting to better manage.

Light is an integral component in the exhibition route, it helps guide the visitor in the route proposed by the designer, improve the museum experience and save energy consumption.

At the beginning, there was a theoretical study which evoked in the first place the natural light; base, sizes and fundamental notions as well as concepts related to visual comfort secondly, a study related to museums, museum routes and the influence of natural light and visual comfort on the choice of the latter.

Thereafter, there was the methodology of analysis and the presentation of the corpus of study; a quantitative approach that combines in situ measurements and a simulation with the dia lux evo software, reinforced by a questionnaire survey to assess the satisfaction of users of the space in terms of visual comfort.

The results of this study confirm that visual comfort in exhibition spaces is linked to the types of openings, their dimensions, their orientation, etc. Therefore, we conclude that visual comfort and natural light have a positive influence on the choice of the visit route and encourages the user of the space to follow the route proposed by the designer.

Key words:

Natural light, exhibition space, museum trail, visual comfort.

Table des matières :

Dédicace	i
Remerciement.....	ii
Résumé	I
Table des matières :.....	IV
Listes des tableaux	VIII
Listes des figures	IX
Introduction générale :	1
□ Démarche méthodologique :	4
□ Critères du choix du corpus d'étude :	4
□ Structure du mémoire :.....	4
Chapitre I :Notions fondamentales.....	7
Introduction	8
Section01 : notions de l'éclairage naturel pour la conformation architecturale.....	10
1. La lumière naturelle :	10
1.1. Les grandeurs photométriques:.....	10
1.2. Le spectre visible :	12
1.2.1. La température de couleur (Tc) :.....	12
1.2.2. L'indice de rendu des couleurs (IRC) :	13
2. Sources de la lumière :	13
2.1. Le ciel :	14
2.2. Le soleil :.....	14
3. La stratégie de la lumière naturelle :	15
4. Lumière et éclairage :.....	16
5. Types d'éclairage naturel (orientation des sources) :.....	16
5.1. Eclairage latéral.....	17
6. Comment choisir le type d'éclairage naturel.....	21
6.1. Orientation des sources :.....	22
6.2. Dispositifs d'ombrage extérieurs.....	22
7. Les facteurs qui influencent l'éclairage naturel:	22
8. La notion de l'ambiance :.....	23
8.1. Ambiance lumineuse :.....	23
8.2. Principaux paramètres de l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural :	23

8.3. La qualité lumineuse et ses paramètres :	24
Section02 : notion du confort visuel	26
Le confort visuel :	26
1. Paramètres statiques	26
1.1. Éclairage :	26
1.2. Facteur lumière jour (FLJ) :	27
1.3. Eblouissement :	27
Conclusion	28
Chapitre II : L'architecture et l'ambiance lumineuse des musées.....	28
Introduction :	29
Section01 : musées et parcours muséaux	30
1. La muséologie :	30
2. La muséographie	30
3. Le musée :	30
3.1. Définition :	30
3.2. Les types des musées :	30
3.2.1 Les types selon le domaine:	30
3.2.2 Les types Suivant la notion d'ouverture :	32
3.2.3 Les types Suivant le type de parcours :	34
4. Les parcours muséaux :	34
4.1. Définition du parcours :	34
4.2. Les catégories des parcours :	34
4.2.1. Types de parcours selon la configuration :	34
4.2.2. Types de parcours selon l'utilisateur de l'espace :	36
Section02 : l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix du parcours de visite dans les espaces d'exposition	37
Introduction :	37
1. Musée et lumière :	37
1.1. L'éclairage dans un musée :	38
1.1.1. L'éclairage muséographique :	38
2. Ambiance parcours /lumière :	40
3. Eclairage des parcours :	40
3.1. Traitement de la lumière et classement du parcours :	40
3.2. Cheminements :	41
Choix et fixation des dispositifs et de la source d'éclairage :	41

3.2.1.	Éclairage latéral :	41
3.2.2.	Éclairage zénithal :	41
3.2.3.	L'éclairage composé :	42
3.2.4.	Éclairage indirect :	42
3.3.	Protéger et contrôler la lumière naturelle :	42
3.4.	Apport d'éclairage artificiel :	42
4.	Les exigences d'un parcours :	43
4.1.	La perception :	43
4.2.	La satisfaction :	43
4.3.	L'expérience :	44
4.4.	Le confort visuel optimal des visiteurs :	44
5.	Etat actuel de la recherche scientifique sur l'espace d'exposition et la lumière naturelle	45
	Conclusion :	45
Chapitre III : Méthodologie et partie empirique		46
	Introduction :	47
I.	Présentation des corpus d'étude :	47
1.	Constat sur les espaces d'exposition universitaire :	47
2.	Justificatif des corpus d'études :	47
II.	Définition de la technique d'expérimentation	49
1.	Etude quantitative :	50
a)	Présentation de protocole de prise de mesure :	51
b)	La grille de prise de mesure :	51
1.2.	Outil méthodologique	52
a.	Présentation du logiciel de simulation :	52
b.	La méthodologie de la simulation :	52
2.	Etude qualitative :	55
2.1.	Le questionnaire :	55
a.	Définition du « questionnaire » :	55
b.	Définir la population de l'enquête	55
c.	L'échantillon représentatif du questionnaire :	56
d.	Description du questionnaire :	56
1.	présentation et interprétation des résultats de la prise de mesure :	56
1.1.	Résultat de prise de mesure.....	57
1.2.	interprétation de prise de mesure :	58

Conclusion :	61
Chapitre IV :Interprétation des résultats	62
Introduction :	63
1. présentation et interprétation des résultats de la simulation :	63
1.1. Résultat de la simulation	57
1.2. interprétation des resultats:	58
□ comparaison entre prise de mesure et simulation pour validation du choix du logiciel dia lux evo:	63
3. Résultats et interprétation du questionnaire :	73
➤ Recommandation spécifiques :	81
➤ Intervention sur le cas d'étude : le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 :	82
Conclusion :	84
Conclusion générale :	86
Recommandations :	86
Bibliographie	87
Annexes	90
Annexe01 :	91
Annexe02 :	92
Annexe 03 :	93
Annexe 04 :	94

Listes des tableaux

Tableau 1: Directives sur l'éclairage pour les musées. Source : https://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=170#c475	39
Tableau 2: tableau représentatif du corpus d'étude. Source auteur(2023)	48
Tableau 3: resultats de prise de mesure du corpus d'étude. Source auteur(2023).....	57
Tableau 4: comparaison des résultats obtenus le 13/03/23 A8h00. Auteur 2023	63
Tableau 5: résultats des simulations du centre d'exposition culturel effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023).....	64
Tableau 6: résultats des simulations du hall d'architecture effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023).....	65
Tableau 7: résultats des simulations du hall d'exposition effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023)	66
Tableau 8: tableau de correspondance des résultats de prise de mesure avec les résultats de la simulation et de l'enquête, source auteur (2023)	80
Tableau 9: comparaison entre avant et après la correction du hall d'exposition, auteur 2023	83

Listes des figures

Figure 1: grandeurs photométriques de la lumière. Source : Guide de l'éclairage, 2017.....	10
Figure 2 : Le niveau d'éclairage de référence est adapté à l'activité prévue source : PDF traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique.....	11
Figure 3: Confort, luminance acceptable et position de la source/ source : Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique	11
Figure 4: Position du domaine visible dans le rayonnement électromagnétique. Sensibilité spectrale relative. Source : Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique	12
Figure 5 : température de couleur /source : www. delta-lux.fr	13
Figure 6 : diagramme de kruithof / source : Suzel Ballez	13
Figure 7: Type du ciel (Source : De Herde&Liebard 2005).....	14
Figure 8: l'incidence due à la hauteur solaire Figure 9: composantes du rayonnement solaire	15
Figure 10 : Stratégies d'ouverture et de contrôle de la lumière naturelle/ source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique.....	16
Figure 11 : Les types d'éclairage. Source : (Auteur ,2023)	17
Figure 12 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral Source : K. Robertson, 2003	17
Figure 13 : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses. Source: I. PASINI, 2002	17
Figure 14 : Différents types d'éclairage zénithal (source : Iordanidou, 2017).....	18
Figure 15: les tabatières Source : [www.squ1.com].....	19
Figure 16 : dispositif d'éclairage zénithal direct Source : C.TERRIER et B.VANDEVYVER, 1999	20
Figure 17 : Light shed Bouddhiste au bord de l'eau Lieu de culte, Tangshan, Hebei, Chine .	20
Figure 18 : les lanterneaux (source : https://www.lalanguefrancaise.com).....	21
Figure 19 : ambiances lumineuses du puits de jour. Source : [www.squ1.com].....	21
Figure 20 : Abord des ouvertures verticale et zénithale/ Source : (Reiter&Herde, 2004).	22
Figure 21 : schéma significatif de l'ambiance lumineuse. Source : (Lipinski& al, 2014).	23
Figure 22 : photo réelle de Linge (parcours). Source : (Belakehal A., 2007).	24
Figure 23 : Lesactes liées aux paramètres du confort visuel /source : PDF traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique	26
Figure 24 : Les trois composantes du FLJ source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique.....	27
Figure 25 : Confort niveau de luminance acceptable et position de la source/ source : Traité d'architecture et de l'urbanisme bioclimatique	28
Figure 26: Musée d'Art Musac « Musée d'art contemporain ». Source : https://c8.alamy.com/compfr/deytn3/musac-museo-de-arte-contemporaneo	30
Figure 27: Musée de l'holocauste, Yade Vashem. Source : https://image.shutterstock.com/image-photo/aerial	31
Figure 28: Musée des sciences naturelles, Japon. Source: http://traac.info/blog/wp-content/uploads	31
Figure 29: Musée culturelle « Institut du monde arabe, Paris ». Source : https://www.sogirlyblog.com/wp-content/uploads	32
Figure 30: Le musée du Louvre, à Paris. Source : https://www.sortiraparis.com	32

Figure 31: Musée Spécialisées des marionnettes, Suisse. Source: https://static.mycity.travel/manage/uploads	32
Figure 32: Musée d’art contemporain, USA. Source : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb	33
Figure 33: Musée Guggenheim Bilbao, Frank Gehry. Source : http://musée.type.archi.fr	33
Figure 34: type à ciel ouvert « Ruine Romaine de Tipaza ». Source : http://musée.type.archi.fr	33
Figure 35: Musée d’Orsay à Paris. Source : https://www.unjourdeplusaparis.com	34
Figure 36: Musée Guggenheim en USA. Source : https://cdn.generationvoyage.fr/2020/02/musee-Guggenheim-new-york	35
Figure 37: Musée du Milwaukee, USA. Source : https://www.arkiplus.com/wp-content/uploads	35
Figure 38: Musée du Quai Branly Jacques Chirac, Paris. Source : https://encrypted-tbn.gstatic.com	36
Figure 39: classements lumineux source: Paule, (2016)	40
Figure 40: plan de situation des trois cas d’études à l’université de targa ouzemmour source : rectorat modifié par (auteur. 2023)	47
Figure 41: méthodologie suivi lors de l’expérimentation. Source: auteur (2023)	49
Figure 42: Le smartphone redmi A9 et interface de l’application Light Meter.	50
Figure 43: grille de mesure du centre, / Figure 44: la grille de mesure du.....	51
Figure 45: grille de mesure du hall d’exposition entre amphis22/23/24, source: auteur (2023)	51
Figure 46: Capture d’écran sur interface du lancement du logiciel DIA Lux Evo.source auteur (2023)	53
Figure 47: Représentation du sexe et de l’âge (source : https://docs.google.com/forms).....	73
Figure 48: Le niveau du confort visuel (source : https://docs.google.com/forms).....	74
Figure 49: L’uniformité de la lumière naturelle (source : https://docs.google.com/forms).....	74
Figure 50: La présence de la lumière naturelle dans l’espace d’exposition (source : https://docs.google.com/forms).....	75
Figure 51: La présence des rayons solaires directs (source : https://docs.google.com/forms). 76	76
Figure 52: Les sources d’éblouissement (source : https://docs.google.com/forms).....	76
Figure 53: Les taches solaires (source : https://docs.google.com/forms)	77
Figure 54: Le besoin en protection solaire (source : https://docs.google.com/forms)	77
Figure 55: les causes de la fatigue visuelle (source : https://docs.google.com/forms).....	78
Figure 56: graphe du choix de couleur et texture (source : https://docs.google.com/forms) ...	79
Figure 57: graphe du choix de couleur du mur (source : https://docs.google.com/forms).....	79
Figure 58: ouverture zénithale utilisée comme correction sur le toit du hall d’exposition, source: archicad22, auteur (2023)	82

Chapitre introductif

Introduction générale :

« Il ne s'agit pas d'harmoniser l'édifice avec la nature mais d'inclure la nature dans l'édifice. »
Frank Lloyd Wright (1867-1959).

L'architecture est l'un des principaux contributeurs à l'épanouissement de la civilisation, tout comme la culture joue un rôle dans son émergence.

On ne peut parler de culture sans aborder l'espace architecturale qui le désigne et son parcours, l'acte de parcourir l'espace est un processus met en œuvre, par la lecture et par le déplacement, un mouvement du corps dans l'espace mais aussi la relation entre la conception et l'espace. Le parcours est à mi-chemin entre le visiteur et le concepteur pour essentiellement découvrir des expositions, permanentes ou temporaires.

L'espace d'exposition un élément significatif de la stratégie de communication entre les œuvres et le visiteur. Un lieu conventionnel dédié aux œuvres et expositions qui jouent un rôle important dans le développement de la spatialité architecturale et culturelle dans le sens ou le cadre de l'exposition concerne l'espace présent qui est le lieu d'accueil, l'exposition présentée qui sont les œuvres, et la promenade des visiteurs qui implique le parcours de visite.

Les espaces d'expositions sont souvent assujetties aux problèmes d'inconfort, leur conception ne considère pas les normes relatives au confort.

Le problème du confort visuel au sein de ses espaces fut le sujet le plus traité par les chercheurs au cours des dernières années, le souci était de répondre à la satisfaction des besoins de l'être humain. Etant défini comme étant : « *une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel* » (Dubois, 2006. Le bien-être ressenti par une personne dans un environnement donné dépend de deux facteurs : les conditions physiques objectives de cet espace (telles que mesurables par des instruments) et les caractéristiques individuelles de la personne qui influencent sa perception, son confort visuel et son aisance physique dans ce contexte spécifique..(MEDDOUR Samir, chapitre 1, 2008).

Aujourd'hui, les espaces d'expositions sont considérées comme des lieux de rencontre, de loisir, de culture et de savoir, composés de plusieurs éléments : l'espace de la conformation, l'œuvre exposée, les sources physiques, et l'usager de l'espace qui le parcourt. Les parcours muséaux sont les résultats de la création architecturale. Ce sont les éléments les plus importants qui servent de guide pour le visiteur orientée par la lumière des espaces architecturaux et des œuvres d'art tout au long de sa promenade.

On ne peut traiter le parcours dans l'espace d'exposition sans évoquer la question de la lumière qui a un rôle déterminant dans la conception et la perception de l'espace et c'est là que prennent naissance les topologies lumineuses au sein de cet espace architectural.

« *Aucun espace ne peut architecturalement exister sans lumière. La lumière naturelle module les ambiances suivant les heures du jour et les saisons de l'année. Un lieu ou un espace ; en architecture ; toujours besoins de cette source de vie qu'est la lumière* »¹

¹ Louis Kahn.

Chapitre introductif

La prise en compte de la lumière comme sujet de recherche scientifique dans divers domaines notamment l'architecture car c'est considéré comme un élément vital et source d'énergie responsable de plusieurs effets sur le bâtiment ; en entraînant du confort ou d'inconfort visuel à l'intérieur de chaque espace (les parcours muséaux). Ce sont les préoccupations des usagers qui ont conduit toute une génération de penseur à se focaliser sur la contribution des parcours muséaux pour une amélioration du cadre de vie, ainsi, créer des cheminements architecturaux qui aideront les visiteurs à contempler les expositions en les incitant ainsi à y faire le tour des espaces.

Dans notre campus universitaire, on a pu constater un manque terrible des surfaces d'exposition, la présence de supposé espaces d'expositions qui se disséminent sans pour autant prendre en considération les paramètres qui les déterminent et la spécificité la plus importante qui est le parcours. En pénétrant dans les espaces universitaires existant on peut voir que la lumière et le confort de l'utilisateur sont négligés.

Ainsi, L'usage des parcours au sein de projets d'architecture plus exactement au sein des espaces d'expositions universitaires s'inscrit aujourd'hui comme une pratique très pertinente à plusieurs égards : Chez l'humain : le besoin de lumière naturelle, Un homme évoluant dans un milieu connecté au soleil serait en meilleure santé et plus performant. À l'échelle du bâtiment, il représente une stratégie bioclimatique efficace en termes d'énergie et plus précisément un confort visuel optimal pour les usagers.

❖ Problématique

Bien que les parcours dans les espaces d'expositions universitaires soit un cheminement d'attraction que les gens prennent pour obtenir leurs besoins culturels, et il y a ceux qui considèrent aussi comme un havre de divertissement mais ces espaces ne sont pas adéquat pour recevoir un flux de gens, car cela crée de nombreux problèmes de satisfaction premièrement à l'égard du confort visuel, cette notion est difficile à appréhender étant donné son caractère subjectif. Toutefois il en précise les dimensions en le définissant comme étant un état agréable entre l'environnement et l'être humain. Deuxièmement, à l'égard de l'éclairage naturel, « Eclairer naturellement un espace est plus qu'une solution technique à un problème d'efficacité énergétique ou bien même qu'une solution esthétique d'intégration à l'architecture » (Cornier, 2006), qui est une notion qui doit être calculé sachant que les œuvres exposé ont besoin d'un éclairage naturel de valeur spécifique pour les valorisé sans pour autant être détérioré. Deux notions qui s'inscrivent dans la conception de parcours d'exposition universitaire dans le but de diriger le visiteur dans sa balade architecturale et culturelle A cet effet, la question générale qui se pose est : **quel est l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix des parcours de visite dans les espaces d'exposition universitaire ?**

Pour répondre à cette question il faut commencer à avoir des réponses aux questions suivantes :

- **comment peut-on avoir un confort visuel optimal au sein d'espaces d'exposition ?**
- **Comment l'éclairage naturel influe sur le confort et le comportement de l'utilisateur dans le parcours de visite de l'espace d'exposition ?**

❖ Hypothèse

La définition du confort se limite à la satisfaction des besoins du système sensoriel. Dans le cas précis de la lumière, le confort visuel est défini comme étant : « *une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel* » (Dubois, 2006). Un ressenti subjectif lié à la distribution à la quantité et à la qualité de la lumière. L'ambiance visuel nous fournit une perception de confort quand nous pouvons voir les œuvres nettement un milieu colorée harmonieux.

« *La lumière est pour moi l'assiette fondamentale de l'architecture. Je compose avec la Lumière* » (Le Corbusier, 1960).

La lumière naturelle est une source d'éclairage utilisée dans les musées pour diffuser la lumière du soleil à l'intérieur des galeries. Cette lumière est diffusée par deux méthodes principales, à savoir l'éclairage zénithal et l'éclairage latéral. Ces méthodes sont très importantes pour créer une ambiance agréable à l'intérieur des espaces muséaux. D'une part, les parcours conçus par l'architecte doivent être adaptés aux parcours vécus par les visiteurs. D'autre part, l'éclairage doit être utilisé de manière appropriée pour donner du sens aux œuvres exposées tout en garantissant une qualité d'éclairage optimale et une ambiance visuelle idéale pour les utilisateurs.

L'éclairage naturel peut avoir un impact significatif sur le confort et le comportement des utilisateurs lorsqu'ils visitent un espace d'exposition. Tout d'abord, la lumière naturelle peut aider à créer une atmosphère agréable et chaleureuse dans l'espace, ce qui peut contribuer au confort des visiteurs.

En outre, la lumière naturelle peut également affecter le comportement des visiteurs. Par exemple, des études ont montré que les personnes exposées à une lumière naturelle suffisante étaient plus alertes et plus productives que celles qui étaient exposées à une lumière artificielle. De même, une lumière naturelle adéquate peut également aider les visiteurs à mieux voir les objets exposés, ce qui peut augmenter leur intérêt et leur engagement.

Enfin, l'utilisation de la lumière naturelle peut également avoir des avantages écologiques et économiques, en réduisant les coûts énergétiques et en minimisant l'impact environnemental de l'espace d'exposition. Dans l'ensemble, l'éclairage naturel peut contribuer de manière significative au confort et à l'expérience des visiteurs dans un espace d'exposition, tout en offrant des avantages supplémentaires sur le plan environnemental et économique.

. ❖ Objectif

L'objectif de ce travail est de :

- Déterminer une nouvelle approche conceptuelle des parcours muséaux.

Sachant que le concept-même de parcours n'est pas facile à définir, de par sa polysémie. Le sens commun donne diverses acceptations, ce qui nous mène à penser aux trois niveaux de parcours qui sont :- Le parcours pensé/ Le(s) parcours proposé(s) /- Le parcours vécu.

Chapitre introductif

- Comprendre la différence entre la lumière et l'éclairage ainsi que l'efficacité du dispositif latéral et zénithal par rapport aux conditions liées au parcours dans les espaces d'expositions.
- Dédire les recommandations susceptibles d'améliorer le fonctionnement des parcours qui peuvent permettre de produire une bonne conception architecturale et comprendre le passage entre les niveaux du parcours, mais également de connaître la reconstruction faite par les visiteurs (l'appropriation de l'espace et la démarche intellectuelle) de l'objectif déclaré.
- Voir l'influence de l'éclairage naturel sur le choix des parcours de visite dans les espaces d'exposition tout en recherchant un confort visuel optimal.

❖ Démarche méthodologique :

Afin d'atteindre les objectifs préalablement cités et vérifier les hypothèses proposées dans notre recherche, on s'est orienté vers un corpus d'étude qui feront objet d'analyse, pour cela nous allons proposer une démarche méthodologique basée sur deux parties:

Méthode quantitative qui basée sur une étude pratique qui sera traduite par une prise de mesure in situ à l'aide d'un instrument de prise de mesure et une simulation numérique avec le logiciel dia lux pour compléter la démarche empirique et comparer les résultats obtenus avec cette dernière et les correspondre entre eux pour à la fin proposer des recommandations pour optimiser les espaces d'exposition étudiés.

Méthode qualitative qui fera l'objet d'une enquête qui sera rédigée sous forme de questionnaire qui visera un échantillon d'utilisateurs du corpus d'étude pour compléter la méthode empirique et avoir des attitudes et jugements des faits étudiés.

❖ Critères du choix du corpus d'étude :

Le choix des cas d'étude a été effectué selon les espaces supposés être des espaces d'exposition au niveau de l'université Abd Rahmane Mira ; trois cas d'étude différents : le premier cas : espace fermé avec des ouvertures latérales, le second cas espace ouvert semi fermé avec des ouvertures zénithales, le troisième cas est un espace fermé semi ouvert pour voir le développement de la notion de l'éclairage naturel dans les parcours de ces trois espaces et avoir une réponse à la problématique déjà posée.

❖ Structure du mémoire :

Afin de répondre à la problématique posée et atteindre les objectifs de cette recherche, l'étude s'est attelée à confirmer ou infirmer les hypothèses à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour d'un chapitre introductif et deux volets principaux :

Le chapitre introductif comporte l'introduction générale, la problématique, les hypothèses, les objectifs, les critères du choix du corpus d'étude et la structure du mémoire.

Chapitre introductif

Une partie théorique consiste en la compréhension des différents concepts et notions clés à notre recherche. Dédiée aux repères théorique, elle est une récapitulation de connaissances issues d'une analyse bibliographique, elle se compose de trois chapitres contenant les différents concepts tirés des références bibliographiques et des recherches précédentes sur lesquelles sera basé notre travail cela afin de mieux cerner tous les éléments théorique en rapport avec notre thème de recherche et de l'orienter vers les objectifs tracés. Nous tenons à expliquer brièvement le contenu de chaque chapitre comme suit :

Le premier chapitre comportera deux sections :

La première section : englobera différentes connaissances de base, grandeurs et les notions fondamentales de l'éclairage naturel.

Et la seconde section mettra en évidence les concepts reliés au confort visuel.

Dans le second chapitre on parlera sur l'architecture des musées qui se fera en deux sections

La première section étudiera les notions fondamentales sur les musées, les parcours muséaux

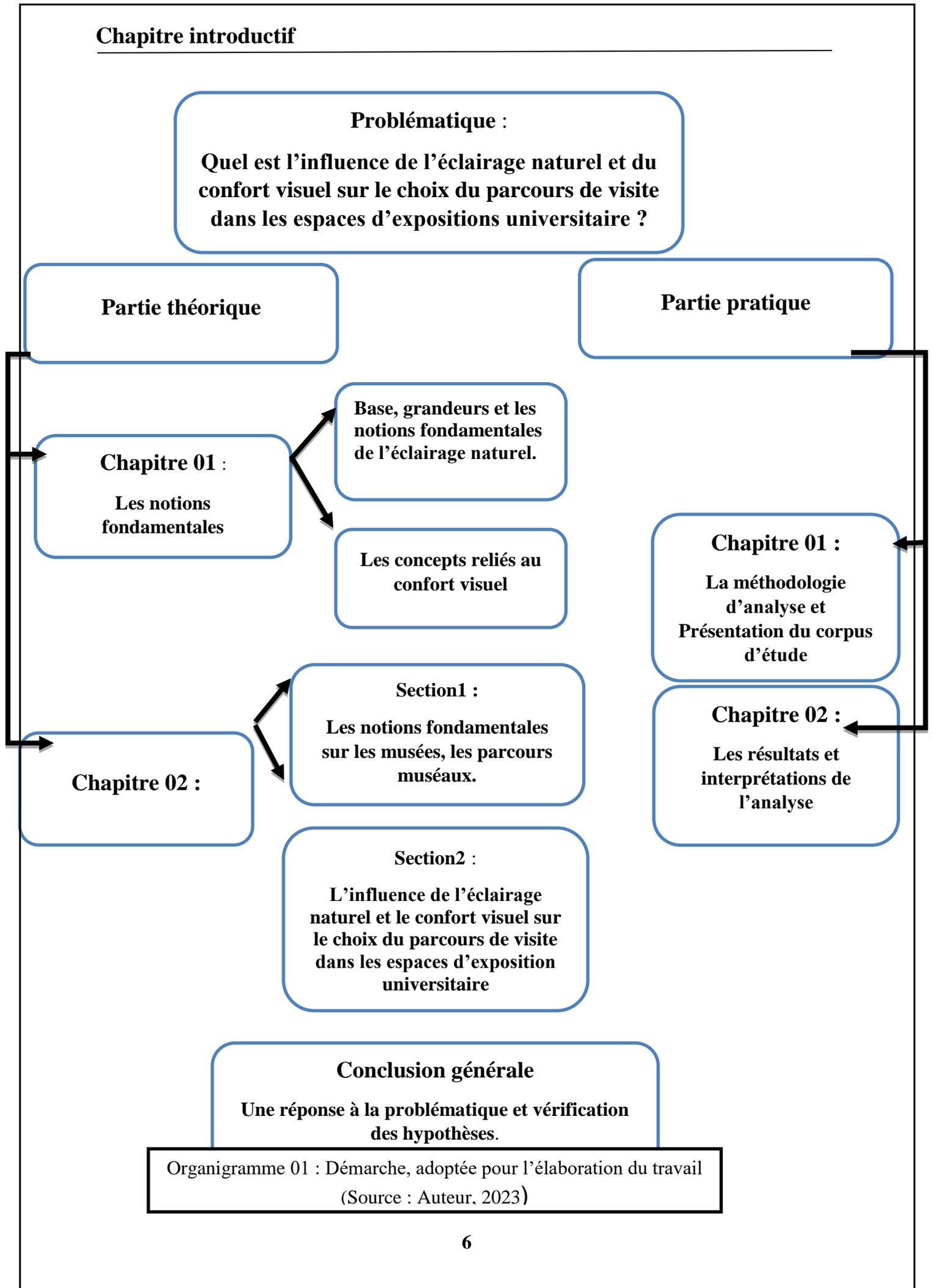
Et la deuxième section traitera l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix du parcours de visite dans les espaces d'exposition universitaire.

La partie pratique se divisera en deux chapitres :

Le premier chapitre évoquera la méthodologie d'analyse et Présentation du corpus d'étude

Le second chapitre comportera les résultats et interprétations des résultats obtenus.

On finira avec la conclusion générale qui conclura notre travail par une réponse à la problématique et vérification des hypothèses ainsi que quelques recommandations pour notre projet de fin d'étude.



Organigramme 01 : Démarche, adoptée pour l'élaboration du travail
(Source : Auteur, 2023)

Chapitre I :
Notions fondamentales

Introduction

La lumière est une composante essentielle de l'existence. Sans elle, la vie ne serait être. Les plantes exigent la présence de la lumière du soleil pour produire, pendant que les animaux et les humains se résultent des plantes pour s'alimenter.

En plus d'approvisionner de l'énergie et de la mangeaille, la lumière a également des conséquences sur notre santé et notre confort. La lumière du soleil est une provenance naturelle de vitamine D, qui est nécessaire pour notre système immunitaire. Elle peut également avoir une répercussion positive sur notre santé mentale.

La lumière est aussi un constituant clé de l'architecture et de la création d'intérieur. Elle peut être utilisée pour susciter une ambiance et mettre en valeur les caractéristiques architecturales d'un espace. La lumière peut ainsi simuler notre perception de la couleur, de la texture et de la forme, ce qui peut avoir un impact sur notre constatation visuelle d'un espace.(Moscoso, 2016).

La lumière du soleil a un impact direct sur notre corps et notre santé. Elle est essentielle pour la régulation de notre horloge biologique, qui contrôle notre cycle de sommeil et d'éveil, ainsi que la production de certaines hormones importantes pour notre santé mentale et physique, comme la mélatonine et la vitamine D. De plus, l'exposition au rayonnement solaire du jour a une influence positive sur notre énergie et notre productivité, tandis qu'un manque de lumière naturelle peut entraîner des insomnies, des troubles psychiatriques saisonniers et d'autres problèmes de santé.

C'est pourquoi, dans la conception des espaces intérieurs, il est important de considérer la lumière naturelle comme une ressource précieuse et de chercher à maximiser son utilisation pour le bien-être des occupants. Cela peut se faire en intégrant des ouvertures, des puits de lumière et des surfaces réfléchissantes dans la conception, ainsi qu'en utilisant des matériaux de finition et des couleurs qui reflètent la lumière naturelle. En outre, l'utilisation de systèmes d'éclairage artificiel efficaces et bien conçus peut aider à compléter la lumière naturelle et à maintenir des niveaux de confort visuel adéquats tout au long de la journée.(Adel-Tawfiq, 2005).

Dans ce chapitre, nous allons explorer les notions fondamentales de l'éclairage naturel. Nous allons débiter par un aperçu des différentes grandeurs photométriques qui définissent la lumière naturelle, telles que la luminance, l'éclairement et la température de couleur. Nous allons également décrire l'origine et les sources de la lumière naturelle, en exposant avec clarté les différents prototypes de rayonnement électromagnétique.

Nous allons ensuite étudier les dispositifs qui permettent de capturer et d'utiliser la lumière naturelle, tels que les fenêtres, les puits de lumière et les conduits de lumière. Nous allons décrire les différentes stratégies de conception qui permettent de maîtriser ces phénomènes, en mettant en avant leurs utilités et leurs désavantages.

Nous allons également explorer l'influence de la lumière naturelle sur le confort visuel des occupants, en mettant en exergue les différents facteurs qui agissent sur la perception de la lumière naturelle, tels que la quantité et la distribution de la lumière et le contraste avec les ombres.

Enfin, nous allons étudier les ambiances lumineuses et leur relation avec l'espace architectural. Nous allons explorer les différentes façons dont la lumière naturelle peut être

Chapitre I : notions fondamentales

utilisée pour créer des ambiances lumineuses spécifiques, en mettant en avant les différents types d'éclairage naturel, tels que l'éclairage direct, l'éclairage diffus et l'éclairage zénithal.

En résumé, ce chapitre va nous permettre de comprendre les notions fondamentales qui définissent l'éclairage naturel, ainsi que son influence sur le confort visuel et la création d'ambiances lumineuses dans l'espace architectural.

Section01 : notions de l'éclairage naturel pour la conformation architecturale.

1. La lumière naturelle :

La totalité des variétés de rayonnement émanant du soleil, qu'il s'agisse de rayonnement direct ou indirect, sont considérées comme faisant partie de ce groupe. Cependant, il convient de noter que la lumière réfléchie par un objet à partir de la lumière diffusée par le soleil ne fait pas partie de cette catégorie.²

Cette clarté blanche détient un spectre complet et continu, elle propage dans toutes les durées d'onde du spectre visible. La lumière naturelle démontrée par une surface est désignée par des grandeurs photométriques (Lipinski& al, 2014).

1.1. Les grandeurs photométriques:

Les grandeurs photométriques sont les assises de toutes mesures en éclairage et il en est présent quatre fondamentaux (figure 1) : Le flux lumineux ; l'intensité lumineuse ; l'éclairement (lux); la luminance (candela/m²) (Guide de l'éclairage, 2017).

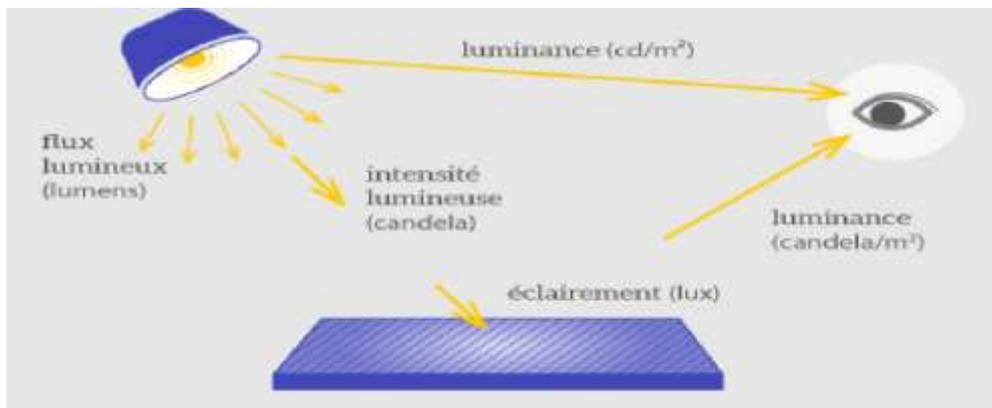


Figure 1:grandeurs photométriques de la lumière. Source : Guide de l'éclairage, 2017

- a) **Le flux lumineux** : une puissance lumineuse transmise par une source lumineuse dans toutes les directions, exprimée en lumens (lm). Il permet de confronter l'efficacité lumineuse des différentes lampes.
- b) **L'intensité lumineuse** : une mesure de la puissance lumineuse diffusée dans une direction donnée par une origine de lumière. Elle se calcule en candela (cd). Plus une source de lumière émet d'énergie lumineuse dans une direction donnée, plus son intensité lumineuse sera élevée dans cette direction. L'intensité lumineuse est liée au flux lumineux et à l'angle solide, comme décrit dans la relation $I = \Phi / \Omega$. Elle est également utile pour caractériser les sources de lumière directionnelles, telles que les projecteurs ou les phares de voiture, où l'intensité lumineuse est importante pour la visibilité dans une direction spécifique.

Cependant, pour caractériser la lumière produite par une provenance de lumière dans toutes les directions, il est préférable d'utiliser le flux lumineux total, mesuré en lumen (lm), qui représente la quantité totale de lumière émise par une source.

² <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/lumiere-naturelle/>

Chapitre I : notions fondamentales

- c) **L'éclairement** : quantité de lumière ressentie par une surface (la quantité de flux lumineux éclairant une surface), exprimée en "lux". L'éclairement est calculé avec un luxmètre en lux (1 lux = 1 lumen/m²).

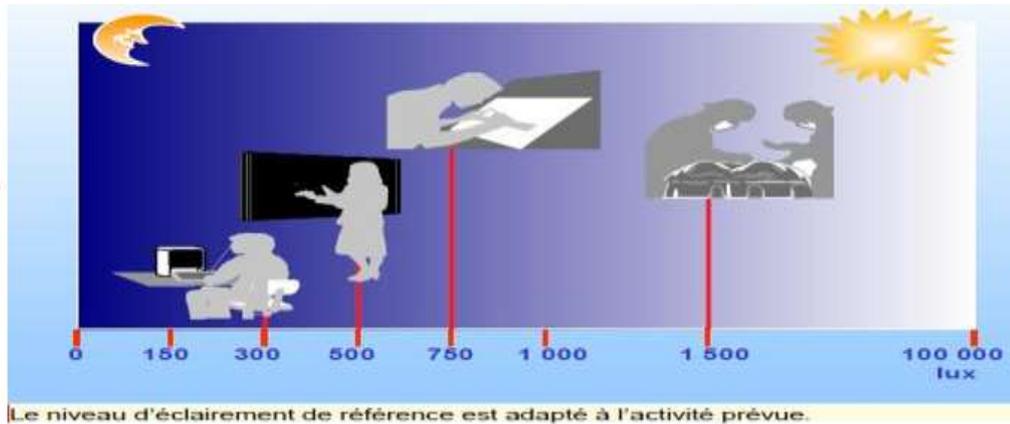


Figure 2 : Le niveau d'éclairement de référence est adapté à l'activité prévue source : PDF traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

- d) **La luminance** : concept défini comme étant le rapport entre l'intensité lumineuse qui se propage dans une certaine direction et la surface visible de la source lumineuse dans cette même direction. La luminance est généralement mesurée en candélas par mètre carré (cd/m²). Elle représente la grandeur photométrique qui se rapproche le plus de la sensation visuelle de luminosité ressentie sur une surface. Les niveaux de luminance perçus par l'œil humain peuvent varier de 0,001 cd/m² (en vision nocturne où la perception des couleurs est impossible) à 10 000 cd/m². Cependant, il est important de noter que l'œil n'est pas sensible aux variations de luminance inférieures à 20%, et qu'il ne peut que comparer les différentes sensations lumineuses plutôt que de les mesurer précisément³

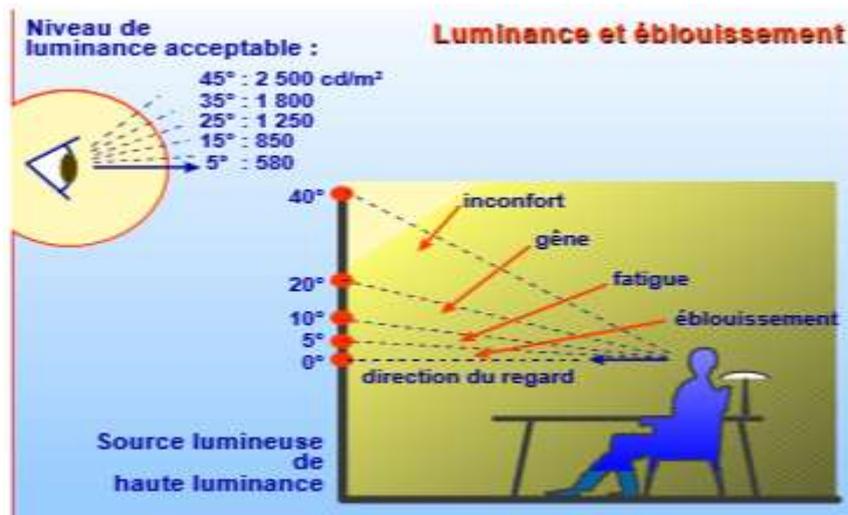


Figure 3: Confort, luminance acceptable et position de la source/ source : Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique

³Confort, niveau de luminance acceptable et position de la source. Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique p118.

1.2. Le spectre visible :

La lumière est teintée en fonction des distance réalisé par des ondes qu'elle comporte dans le domaine visible (TAREB, 2013).Le spectre lumineux donne un flux énergétique irradié dans le domaine visible en fonction de la longueur d'onde comme le montre (la figure3) (Reiter& De Herde, 2004).

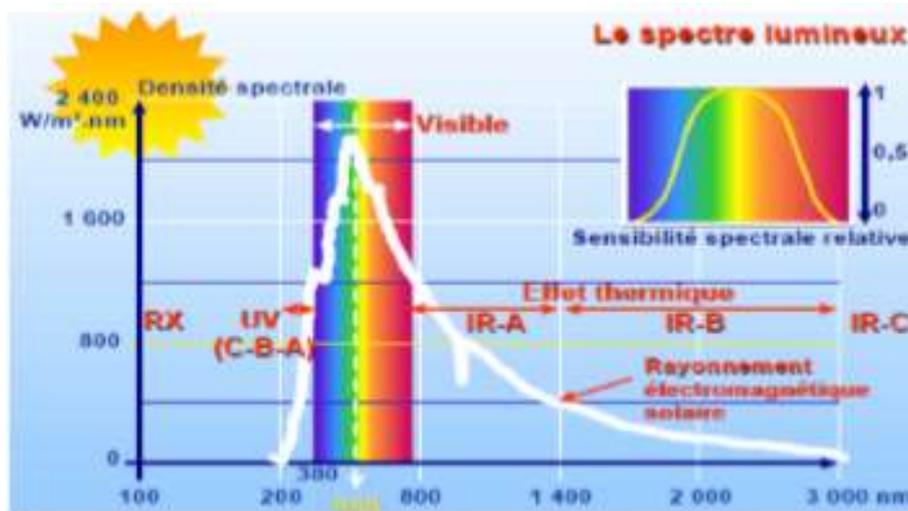


Figure 4: Position du domaine visible dans le rayonnement électromagnétique. Sensibilité spectrale relative. Source : Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique

La figure 4 : La distribution spectrale du rayonnement électromagnétique décrit la quantité d'énergie rayonnée par une source en fonction de sa longueur d'onde. Elle peut être représentée graphiquement sous la forme d'un spectre. Dans le domaine visible, la puissance du rayonnement électromagnétique est maximale entre 380 et 700 nanomètres. Cette plage de longueurs d'onde correspond aux couleurs du spectre visible, du violet au rouge. Les rayons X ont une longueur d'onde de 100 nanomètres et se situent donc dans la partie haute de la gamme des rayonnements électromagnétiques.

Entre 200 et 380 nanomètres, on trouve les rayonnements ultraviolets. Les UV-C ont une longueur d'onde de 200 à 280 nanomètres et ont une action germicide, c'est-à-dire qu'ils peuvent détruire les bactéries et les virus. Les UV-B ont une longueur d'onde de 280 à 315 nanomètres et peuvent brûler la peau. Les UV-A ont une longueur d'onde de 315 à 380 nanomètres et peuvent endommager l'œil. En dehors de la gamme visible et des rayons X, il existe d'autres types de rayonnements électromagnétiques, tels que les micro-ondes, les ondes radio, les infrarouges et les ondes gamma. Chacun de ces types de rayonnement a une plage de longueurs d'onde caractéristique et des effets spécifiques sur la matière.⁴

1.2.1. La température de couleur (Tc) :

Il est important de choisir une couleur de lumière qui soit appropriée au niveau d'éclairage souhaité. Lorsque le niveau d'éclairage augmente, la température de couleur de la lumière doit également augmenter en conséquence. Pour aider à choisir la bonne température de couleur en fonction du niveau d'éclairage, le diagramme de Kruithof peut fournir des valeurs recommandées. Cette température de couleur, mesurée en kelvins (K), est associée à

⁴ PDF Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique p116

Chapitre I : notions fondamentales

la sensation visuelle produite par l'éclairage artificiel et peut varier de teintes chaudes (avec une dominante orangée, comprises entre 1 000 et 3 500 K) à des teintes froides (avec une dominante bleutée, comprises entre 5 000 et 8 000 K).



Figure 5 : température de couleur /source : [www. delta-lux.fr](http://www.delta-lux.fr)

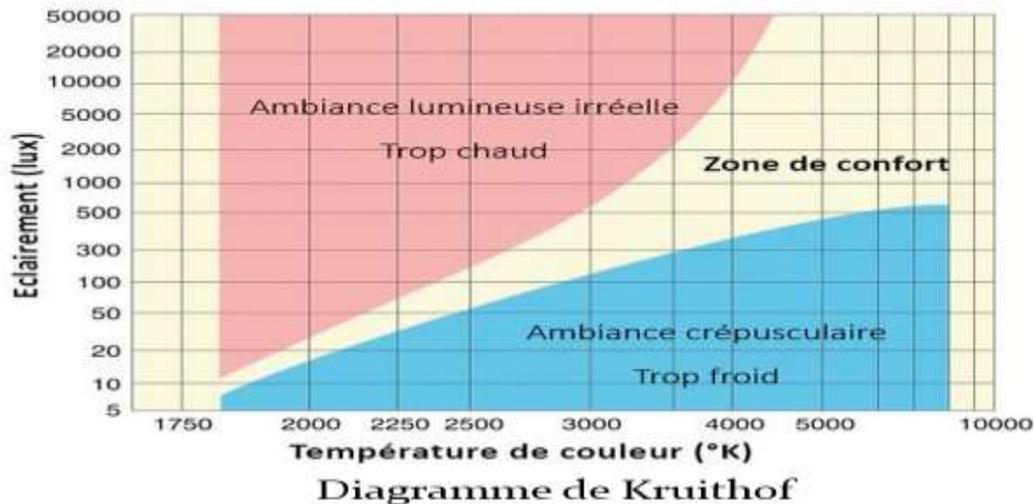


Figure 6 : diagramme de kruithof / source : Suzel Ballez

1.2.2. L'indice de rendu des couleurs (IRC) :

L'indice de rendu des couleurs (IRC), qui permet de mesurer la capacité d'une source lumineuse à reproduire fidèlement les couleurs. L'IRC est exprimé en pourcentage et 100% correspond à la qualité de la lumière naturelle.(TAREB, 2013).

2. Sources de la lumière :

En éclairage naturel, le soleil est une origine fondamentale de lumière, car il produit un rayonnement direct qui peut être focalisé pour produire des ombres nettes. Le ciel est une source auxiliaire de lumière, car il diffuse un rayonnement diffus qui est réfléchi par les surfaces environnantes et qui produit une lumière ambiante. (Lipinski& al, 2014).

2.1. Le ciel :

Le ciel n'émet pas de lumière en soi, mais il modifie le rayonnement diffusé par une source lumineuse primaire telle que le soleil, par réflexion ou par réfraction. La partie de ce rayonnement solaire qui traverse et est diffusée par l'atmosphère est responsable de la lumière naturelle provenant du ciel. La quantité de lumière naturelle disponible dépend de la position du soleil dans le ciel, qui est déterminée par l'heure et la position géographique du lieu, ainsi que des conditions météorologiques (comme la couverture nuageuse), du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface, et d'autres facteurs. Etant donné la grande variété des conditions météorologiques, des modèles standards de ciels ont été créés pour les études d'éclairage naturel. Chaque modèle est caractérisé par la distribution de sa luminance sur la voûte céleste.

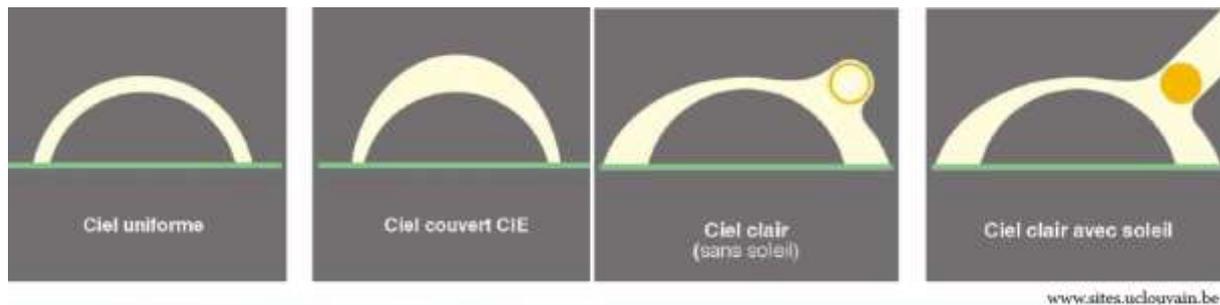


Figure 7: Type du ciel (Source : De Herde&Liebard 2005)

En raison de la variabilité des conditions météorologiques, des ciels standardisés ont été créés pour les études d'éclairage naturel. Chacun de ces ciels est caractérisé par une répartition de luminance spécifique sur la voûte céleste.

Le ciel couvert uniforme correspond à un ciel excessivement nuageux et uniformément gris, sans zone de clarté apparente. C'est le modèle de ciel le plus couramment utilisé pour mesurer la quantité de lumière naturelle dans un espace.

Le ciel couvert CIE "Moon et Spencer" est un modèle normalisé de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) proposé en 1955. Il représente un ciel couvert nuageux dans lequel la luminance en un point diffère en fonction de sa localisation sur la voûte céleste. Bien que simplifié, ce modèle est largement utilisé comme référence pour évaluer les performances des systèmes d'éclairage naturel. La CIE a également défini d'autres types de ciels normalisés, comme le ciel clair, le ciel voilé, le ciel partiellement couvert, etc., qui sont utilisés pour simuler l'éclairage naturel.

Le ciel clair serein (ou ciel bleu) est caractérisé par une répartition de luminance différente en fonction des paramètres géométriques et de l'emplacement du soleil.

Le ciel clair avec soleil prend en compte le rayonnement total du soleil, comprenant les rayonnements directs et indirects, et permet d'analyser les ombres, la lumière et les risques d'éblouissement liés à l'infiltration du soleil dans l'espace.

2.2. Le soleil :

Afin de comprendre l'éclairage naturel, il est important de considérer la source principale : le Soleil. Sa luminosité élevée offre un éclairage approprié pendant la journée, ce qui produit

Chapitre I : notions fondamentales

des ombres nettes qui peuvent pénétrer dans les habitations (voir figure 11). Cette source peut être exploitée à la fois pour la vision et pour le chauffage. Cependant, l'ensoleillement est affecté par la nébulosité, qui varie en fonction des conditions climatiques et géographiques telles que le relief et les masses d'eau (voir figure 12).

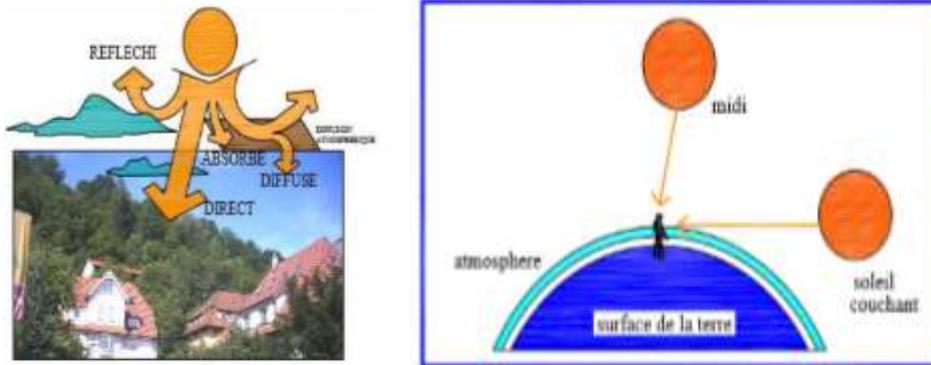


Figure 8: l'incidence due à la hauteur solaire Figure 9: composantes du rayonnement solaire

(Source : Guide de l'énergie solaire passive, P16, P17)

La lumière directe provient des rayons lumineux du soleil. Il faut « transporter » les rayons lumineux au bon endroit et au bon moment : capter, conduire et distribuer la lumière et assurer sa distribution dans le but de maîtriser l'ambiance lumineuse d'un lieu, (Besème, 2011).

3. La stratégie de la lumière naturelle :

Se résume à capter les rayons solaires et assurer l'entrée de la lumière naturelle dans l'espace. Dans le but de la disséminer homogènement et la focalise avec des stratégies de manière à édulcorer l'inconfort visuel. Une méthode qui offre utilisation de la lumière naturelle en réduisant l'utilisation de l'éclairage artificiel pour ensuite réduire la consommation énergétique du bâtiment.

Une stratégie qui prend en compte plusieurs paramètres qui sont les suivants:

- Capturer et pénétrer : par la surface et le type de vitrage ainsi que les composantes des surfaces de l'environnement extérieur (les réflexions extérieures).
- Répartir : avec la prise en compte des caractéristiques du vitrage, la couleur, texture et l'utilisation des dispositifs (réflecteurs, des obstacles, etc.).
- Protéger et contrôler : en utilisant des protections solaires fixes et des éléments architecturaux mobile ou Immobile (auvents, débords, réflecteurs, moucharabieh, light shelves, stores, volets, etc.).
- Focaliser : afin de valoriser un élément, s'en focalise sur les différents types des ouvertures par un éclairage latéral ou zénithal.



Figure 10 : Stratégies d'ouverture et de contrôle de la lumière naturelle/ source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

4. Lumière et éclairage :

Depuis des décennies à nos jours ya une confusion entre les termes lumière et éclairage ; on adopte la lumière a naturel et l'éclairage a artificiel, la réalité est autre : la lumière est un canal d'énergie qu'il faut asservir. L'éclairage représente cette réprime, naturelle ou artificielle (Ezrati J.-J., 2007).

La lumière est un élément important dans notre quotidien, elle nous donne l'occasion de voir et d'interagir. L'éclairage, par contre, est l'assortiment de dispositifs et systèmes fait pour éclairer un lieu ou un environnement. L'éclairage influe physiquement et psychologiquement sur l'usager de l'espace. Une mauvaise qualité d'éclairage provoque une fatigue visuelle, des insomnies...

Par contre, une bonne qualité d'éclairage améliore le confort et l'humeur, la productivité de l'humain. Il existe plusieurs types d'éclairage, comme l'éclairage naturel, l'éclairage artificiel, l'éclairage d'accentuation, l'éclairage fonctionnel et l'éclairage décoratif. L'éclairage est fait pour des espaces intérieurs ou extérieurs, pour des lieux de travail, des habitations, des espaces publics ou des monuments.

Afin de définir le type d'éclairage adéquat, il est nécessaire de prendre en considération différents paramètres comme l'activité réalisée dans l'espace, l'affectuosité visuelle des usagers, les conditions et exigences environnementales. , La technologie de l'éclairage a su évoluer avec l'apparition de nouvelles sources lumineuses plus performantes et durables, telles que les LED.

5. Types d'éclairage naturel (orientation des sources) :

Il existe plusieurs types d'éclairage de la lumière naturelle en architecture, cette diversité existe grâce à la diversité des techniques de constructions due au progrès technique et technologique. Le type d'éclairage d'un local est défini par la distribution des sources directes et leurs position. Chaque type d'éclairage est à l'origine d'un d'effets dans le but d'avoir une bonne prévision des inconvénients et un excellent control des qualités d'ambiance lumineuse du projet architectural. Ces types sont comme le montre la figure suivante :

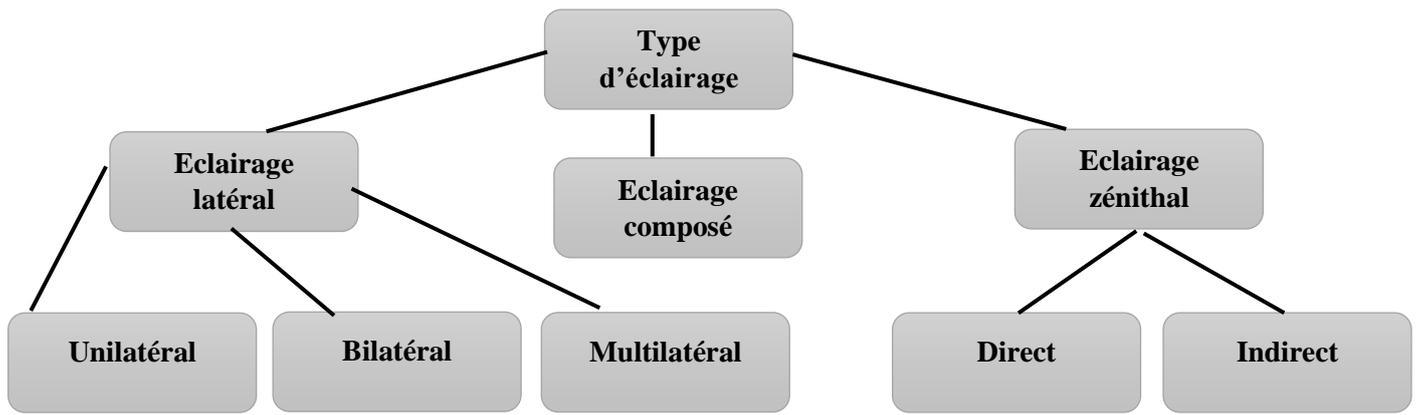


Figure 11 : Les types d'éclairage. Source : (Auteur ,2023)

5.1. Eclairage latéral :

Dans le cas de locaux à faible hauteur sous plafond, la lumière naturelle est souvent captée en façade. Cependant, ce type d'éclairage présente des limitations en matière de performance lorsque des obstacles extérieurs obstruent la vue. Les deux types d'éclairage couramment utilisés dans ce cas sont l'éclairage unilatéral, qui se compose d'ouvertures verticales sur une seule façade, et l'éclairage bilatéral, qui utilise des ouvertures sur deux murs perpendiculaires ou parallèles. L'éclairage unilatéral peut entraîner des ombres gênantes et une luminosité inégale, tandis que l'éclairage bilatéral peut offrir une luminosité plus uniforme. (Terrier, Vandevver, 2003; PASSINE, 2002)

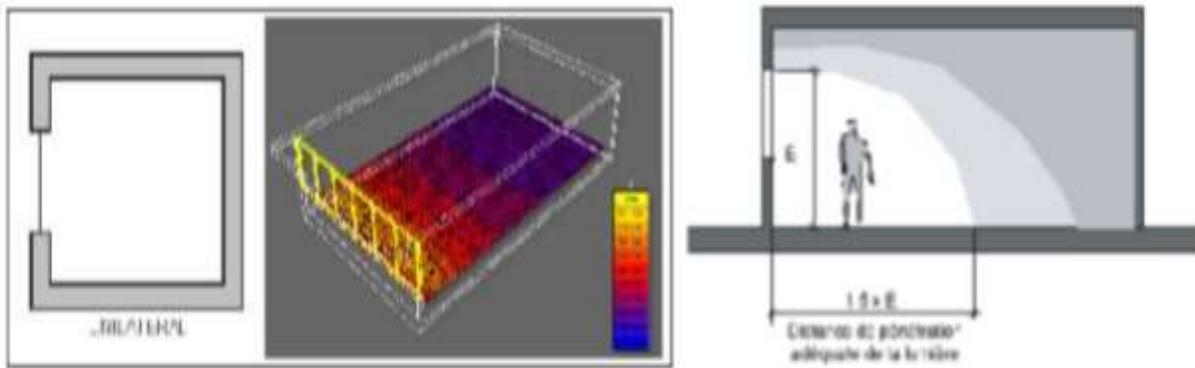


Figure 12 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral Source : K. Robertson, 2003

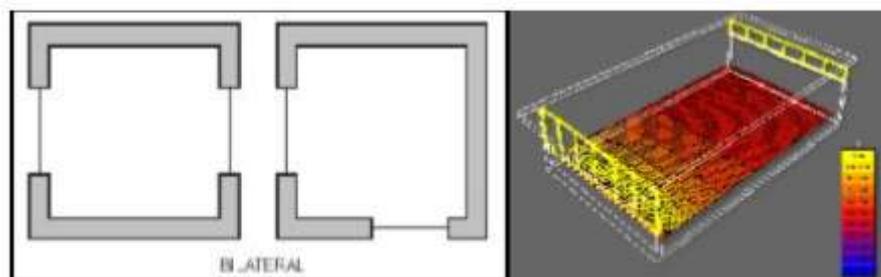


Figure 13 : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses. Source: I. PASINI, 2002

L'enfoncement des espaces éclairés par un appareillage bilatéral atteint quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile, il donne un éclairage uniforme et atténue les contrastes et l'inconvénient d'éblouissement. (Vanderplas, 1964).

5.2. Le concept d'éclairage multilatéral : présente de nombreux avantages, notamment :

En augmentant le nombre d'ouvertures, il est possible de favoriser la circulation d'air naturelle dans les espaces, tout en réduisant les zones d'ombre et en augmentant les contrastes à l'intérieur. De plus, l'ouverture des fenêtres permet d'atténuer les effets d'éblouissement causés par le ciel en augmentant la quantité de lumière naturelle entrant dans les espaces et en améliorant la luminosité des murs et des fenêtres.

En ce qui concerne l'éclairage zénithal :

L'utilisation de l'éclairage zénithal est conseillée pour les constructions ayant un sous-plafond d'une hauteur supérieure à 4,50 mètres. Cette méthode d'éclairage est également appropriée lorsque la profondeur du bâtiment est importante par rapport à la hauteur du local, car elle permet d'assurer une distribution uniforme de la lumière à l'intérieur. Selon Christian Terrier et Bernard Vandevyver (1999), les dispositifs d'éclairage zénithal seront présentés comme suit :

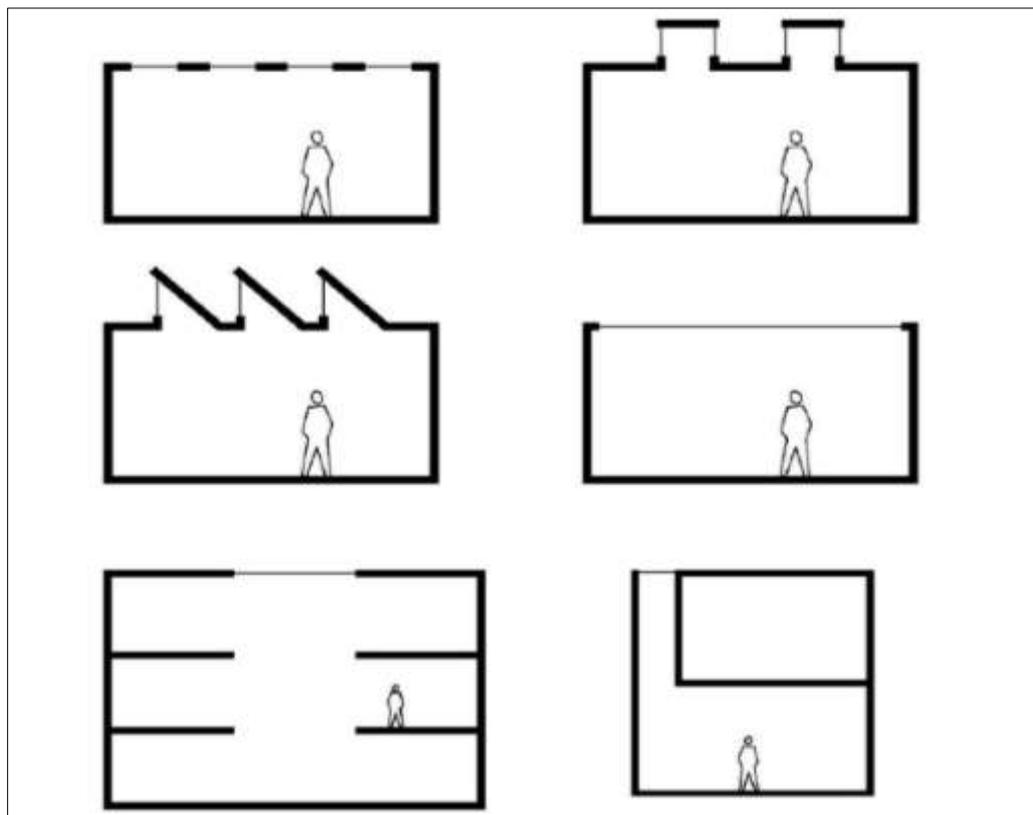


Figure 14 : Différents types d'éclairage zénithal (source : Iordanidou, 2017)

L'éclairage zénithal est un choix très utilisé dans le but d'obtenir un éclairage ambiant et uniforme dans un espace. Il peut être particulièrement utile dans les espaces sans fenêtres ou avec des fenêtres insuffisantes pour fournir une quantité de lumière naturelle adéquate. Les ouvertures au plafond, telles que les puits de lumière et les toits à lumière du jour, peuvent fournir de la lumière naturelle de manière efficace tout en minimisant la consommation d'énergie. Les atriums sont également une option intéressante pour les grands espaces, car ils peuvent fournir une grande quantité de lumière naturelle et créer un effet visuel spectaculaire. La forme, la taille, le nombre et le positionnement des ouvertures sont des facteurs clés pour obtenir un éclairage uniforme et agréable dans l'espace. Des ouvertures trop grandes ou trop petites, ou une distribution inégale des ouvertures, peuvent créer des zones de lumière et d'ombre inégales dans l'espace, ce qui peut perturber l'expérience visuelle. Il est nécessaire de prendre en considération le positionnement de l'espace et de l'activité réalisée dans ce dernier lors de la réalisation de l'éclairage par le haut. En résumé, l'éclairage par le haut peut être un choix judicieux pour obtenir un éclairage uniforme et agréable dans les espaces intérieurs, en particulier dans les espaces sans lumière naturelle adéquate. Les ouvertures au plafond telles que les puits de lumière, les toits à lumière du jour et les atriums sont des options les plus utilisées pour l'éclairage par le haut, et il est important de prendre en compte le positionnement de l'espace et l'activité réalisée lors de la conception de l'éclairage. (Jordanidou, 2017).

Les tabatières sont un système d'éclairage naturel direct qui permet d'obtenir 3 à 5 fois plus de lumière qu'un vitrage vertical. Elles sont exposées à une grande partie du ciel, ce qui entraîne une lumière plus élevée et un éclairage uniforme. Cependant, une tabatière mal conçue peut entraîner une augmentation de la chaleur en été en raison de la position du soleil. Cela peut stimuler les pertes de chaleur pendant la nuit et en hiver. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des systèmes de contrôle solaire pour éviter la surchauffe estivale, les pertes de chaleur hivernales et l'éblouissement (Schiler, 1992).



Figure 15:les tabatières Source : [www.squl.com]

Les dômes sont un moyen efficace d'obtenir un facteur de lumière du jour direct avec une surface d'environ 10% d'indice de vitrage. Toutefois, il convient de noter que ces appareillages ne suppriment pas complètement l'éblouissement, il est donc conseillé de ne pas les construire avec un angle de plus de 30° au-dessus de l'horizontale pour éviter ce phénomène (Christian Terrier, Vandevyver, 1999).

Les verrières Si l'éclairage naturel intérieur est perturbé par des obstacles extérieurs élevés, l'utilisation de verrières, qu'elles soient horizontales ou inclinées, est recommandée pour remédier à cette situation. (Christian Terrier, Vandevyver, 1999).

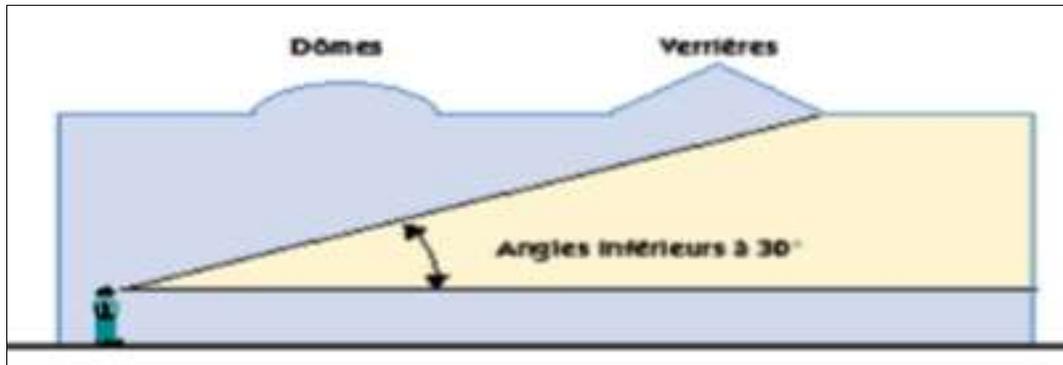


Figure 16 : dispositif d'éclairage zénithal direct Source : C.TERRIER et B.VANDEVYVER, 1999

Les toitures en dent de scie (ou « shed ») constituent une solution d'éclairage naturel qui permet d'obtenir une luminosité suffisante et homogène, tout en limitant les apports solaires. Leur conception repose sur l'orientation et l'inclinaison des vitrages, qui se composent d'une partie transparente, appelée « ouverture », permettant la pénétration de la lumière, et d'une partie inclinée, appelée « rampant », qui assure la distribution de la lumière du jour. Cependant, ces sheds présentent un inconvénient en permettant la propagation des rayons lumineux dans une direction donnée, déterminée par leur forme. (D'après C. Terrier et B. Vandevyver, « L'éclairage naturel », fiche pratique de sécurité ED 82, Paris : Travail et Sécurité, mai 1999, cité par Benharkat.S en 2006)



Figure 17 : Light shed Bouddhiste au bord de l'eau Lieu de culte, Tangshan, Hebei, Chine

Les lanterneaux sont des éléments surélevés de la toiture, pouvant avoir des formes symétriques ou asymétriques, inclinées ou verticales. Ils sont utiles pour diffuser la lumière naturelle dans plusieurs directions, tout en évitant les effets directs de la lumière. Une orientation nord-sud est recommandée, avec des saillies pour le contrôle solaire en été.

Les puits de lumière ont une performance énergétique qui dépend de leur forme, du rapport hauteur/largeur, de la surface verticale et horizontale, des dimensions des fenêtres dans les murs, de leur position et de la qualité du vitrage utilisé.

Les conduits de lumière, ou "light-pipes", collectent la lumière du jour et la dirigent vers n'importe quel espace du bâtiment. Cependant, leur efficacité est réduite par les parois du système de transport qui absorbent une partie de la lumière, et la perte de lumière est liée au rapport longueur/largeur du tuyau.



Figure 18 les lanterneaux (source : <https://www.lalanguefrancaise.com>)



Figure 19 : ambiances lumineuses du puits de jour. Source : [www.squ1.com]

6. Comment choisir le type d'éclairage naturel :

Un designer peut choisir d'éclairer une pièce avec un éclairage zénithal ou latéral. Plusieurs options d'éclairage sont disponibles pour les espaces aux plafonds bas, de 2,5 à 3 mètres de haut. Un éclairage qui atteint le zénith doit être fourni aux personnes mesurant plus de 4,5 mètres. Un éclairage latéral supplémentaire est recommandé pour les pièces plus grandes avec des plafonds bas. L'INRS suggère que baser son choix sur la forme générale, la taille et la profondeur d'un bâtiment se traduit par une répartition lumineuse plus équilibrée. En effet, une fenêtre à ouverture latérale produira de la lumière sur une petite surface tandis qu'une fenêtre à ouverture par le haut produira de la lumière sur une plus grande surface. Toutes les autres caractéristiques, y compris la largeur et la hauteur, viennent en second. (Reiter & De Herde, 2004).

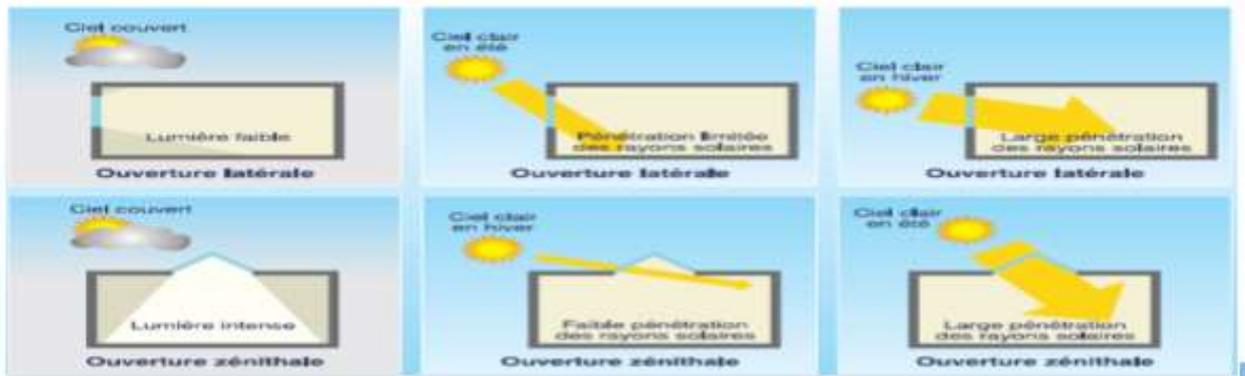


Figure 20 : Abord des ouvertures verticale et zénithale/ Source : (Reiter&Herde, 2004).

6.1. Orientation des sources :

Les sources doivent être orientées dans une direction spécifique.

Pendant l'hiver, la position sud des ouvertures permet à la lumière du soleil d'entrer dans le bâtiment pendant la journée. En revanche, l'orientation est et ouest doivent barrer la lumière le matin et le soir. Les porte-à-faux et les déflecteurs peuvent réduire l'éblouissement et protéger les bâtiments contre la surchauffe. Une attention particulière doit être accordée aux couleurs des vitrages et aux propriétés isolantes lors de leur choix. La sélection des fenêtres est traitée dans une section sur les directives de design d'intérieur. Une autre stratégie pour choisir une fenêtre consiste à les disposer de manière à ce que la lumière entre dans la pièce du côté nord et pas du côté sud. Cela est dû aux différents taux de pénétration de la lumière discutée par Robertson en 2003 (paraphrasé de Bobrow 2003).

6.2. Dispositifs d'ombrage extérieurs

Les dispositifs d'ombrage extérieurs diminuent efficacement le gain d'énergie solaire. Par contre, les appareillages d'ombrage intérieurs permettent d'entrer de la majorité de l'énergie du soleil, un hôte souvent inopportun accompagnant la lumière diurne. Les appareillages d'ombrage horizontaux qui cachent le soleil en été et lui permettent d'entrer en hiver ; sont les plus infaillibles pour les fenêtres orientées sur le sud. Les dispositifs d'ombrage verticaux sont les plus efficaces sur les fenêtres est et ouest, mais sont très énigmatiques à les réunir dans un bâtiment (Robertson, 2003).

7. Les facteurs qui influencent l'éclairage naturel:

Beaucoup de paramètres influencent le niveau d'éclairage naturel du bâtiment, la qualité et la quantité des surfaces vitrées et compris l'enfoncement des pièces en façades. Il se traduit selon deux indices :

L'indice d'ouverture : c'est la relation entre la surface de la baie et la surface utile.

L'indice de profondeur IP : la relation entre la profondeur du local et la hauteur utile sous linteau, l'écart d'hauteur entre le plan utile situé à 0.80m et le linteau.

Le niveau de solarisation du bâtiment : c'est la valeur énergétique. C'est la somme des surfaces de baies, réfléchies

L'indice de vitrage et l'indice de vitrage corrigé IC : prennent en considération la couche des menuiseries et le paramètre de transmission intelligible du vitrage.

8. La notion de l'ambiance :

« Le terme *ambiance* indique une atmosphère matérielle et morale qui environne un lieu, une personne » (Narboni, 2006)

L'ambiance est correspondance des phénomènes physiques avec un environnement spatial vécu par l'utilisateur de cet espace qui est exposé. L'occupant et l'espace sont des éléments fondamentaux du principe d'ambiance. Dans cette optique, évoquer l'ambiance d'un espace nous guide à envisager un humain plongé dans un espace donné, et affecté, en retour, par celui-ci (Chaabouni, 2011). Dans la recherche scientifique architecturale, l'ambiance est évoquée comme phénomène.

8.1. Ambiance lumineuse :

Il est question de l'impact de l'environnement lumineux sur les utilisateurs de l'espace. Selon Narboni, cette interaction entre la lumière, l'objet architectural et l'utilisateur constitue les trois dimensions de l'ambiance lumineuse. Cette dernière est un élément crucial de la qualité architecturale des espaces éclairés et peut influencer considérablement le résultat final. La lumière naturelle est également un élément important, Luis Kahn affirmant même que l'espace architectural ne peut exister sans elle. Pour Millet, la lumière naturelle est un "agent matériel" qui peut révéler la matière et unifier l'espace tout en le décomposant.

Deux paramètres importants influencent l'ambiance lumineuse : la qualité de la lumière pour les tâches quotidiennes et la qualité de l'ambiance pour le confort et l'agrément. Ces deux paramètres sont interdépendants, et leur déséquilibre peut nuire à l'ambiance lumineuse. La norme EN 12464-1 (2011) comprend d'autres critères tels que la diffusion de la luminosité, le rapport entre le flux lumineux et l'éblouissement, l'orientation de l'éclairage et son impact sur l'environnement extérieur, la quantité et la teinte de la lumière, ainsi que la qualité de rendu des couleurs et la perception des couleurs.

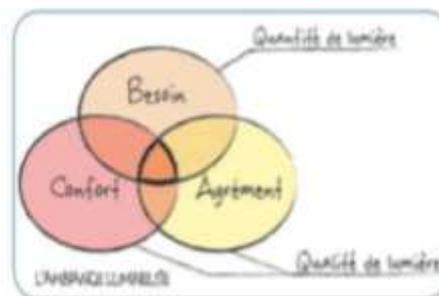


Figure 21 : schéma significatif de l'ambiance lumineuse. Source : (Lipinski & al, 2014).

8.2. Principaux paramètres de l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural :

La prise en compte de l'ambiance lumineuse dès les premières étapes de la conception architecturale permet d'obtenir une relation harmonieuse entre la lumière et le bâtiment, selon Chaabouni (2011, p. 41). Les choix en matière de lumière naturelle dépendent des ambiances lumineuses souhaitées. Selon Luis Kahn, "la lumière d'une pièce carrée n'est pas celle d'une pièce ronde, si vous donnez à une pièce carrée la lumière d'une pièce rectangulaire, elle cesse d'être carrée" (Chaabouni, 2011, p. 41). La lumière est donc un compagnon constant du concepteur, de la structuration à l'élaboration du projet (Chaabouni, 2011, p. 41).

Plusieurs études ont été menées sur l'ambiance lumineuse dans l'espace architectural, et leurs résultats ont été regroupés en trois catégories :

Le premier groupe : des valeurs en forme d'indices estimer à base d'outils et méthodes de mesures. Tels que, indice d'éblouissement, contraste entre luminance, le facteur de lumière du jour (Belakehal A, 2007). (Annexe01)

Le deuxième groupe de résultats de recherche, selon Belakehal, concerne les schémas et modèles de distribution de la lumière à l'intérieur d'un espace, comme le rapport entre la surface vitrée et la surface du sol. Les modèles de propagation peuvent être liés au type d'éclairage utilisé (latéral, zénithal), à la configuration des fenêtres dans les murs ou par rapport les unes aux autres, à la topologie de l'espace, telle que la proximité ou l'éloignement. Ces schémas comprennent des indicateurs typologiques, topologiques et morphologiques. (Annexe01)

Le troisième groupe concerne les caractéristiques qualitatives subjectives, qui peuvent être observées à travers les aspects perceptuels plastiques et techniques des représentations. (Annexe01)



Figure 22 : photo réelle de Linge (parcours). Source : (Belakehal A., 2007).

8.3. La qualité lumineuse et ses paramètres :

Lors de l'évaluation de la qualité de l'éclairage, les critères importants incluent le niveau de confort fourni au spectateur ou la qualité de l'éclairage. L'éblouissement d'inconfort, qui fait référence à tout effet négatif sur la vision causé par une lumière indésirable, semble être le facteur le plus influent dans la détermination de la qualité lumineuse (Cantin, 2008). Un système d'éclairage de haute qualité répond à ces exigences : Il doit utiliser un éclairage qui offre une bonne qualité visuelle avec une faible amplitude d'éblouissement et une gêne visuelle minimale:

- élaboré des circonstances bonnes vision.
- appuyé les réalisations des tâches.
- donne l'occasion de communiquer et interagir.
- aide à être en bonne santé et permet plus de sécurité.

Chapitre I : notions fondamentales

➤ donne un aspect esthétique agréable pour l'espace.

Donc, La qualité de la lumière est indénombrable que par le comportement où être humain interagis avec son environnement lumineux. La qualité est estimée que par des calculs comportementaux. Tout comme le confort visuel, la qualité de la lumière est une notion subjective (Cantin, 2008).

Section02 : notion du confort visuel

Le confort visuel :

Le confort visuel est une notion subjective qui dépend de plusieurs facteurs, tels que l'âge et l'acuité visuelle. Pour garantir une sensation de confort, il est important de considérer des aspects tels que la taille, l'apparence, la couleur de l'objet observé, ainsi que la quantité, la répartition et la qualité de la lumière. Ces paramètres incluent l'éclairage, le contraste, la luminance, le spectre lumineux et l'éblouissement. Afin d'améliorer le confort visuel, il est primordial de veiller à la qualité de l'éclairage pour chaque tâche visuelle, à la distribution de la lumière dans la pièce, à l'équilibre des niveaux de luminance, à la suppression des ombres gênantes, à la mise en valeur du relief des objets, à la vue vers l'extérieur, au rendu des couleurs, à la teinte de la lumière et à l'évitement de l'éblouissement. L'éclairage doit être adapté à la fonctionnalité de la pièce et à la précision de la tâche visuelle requise.

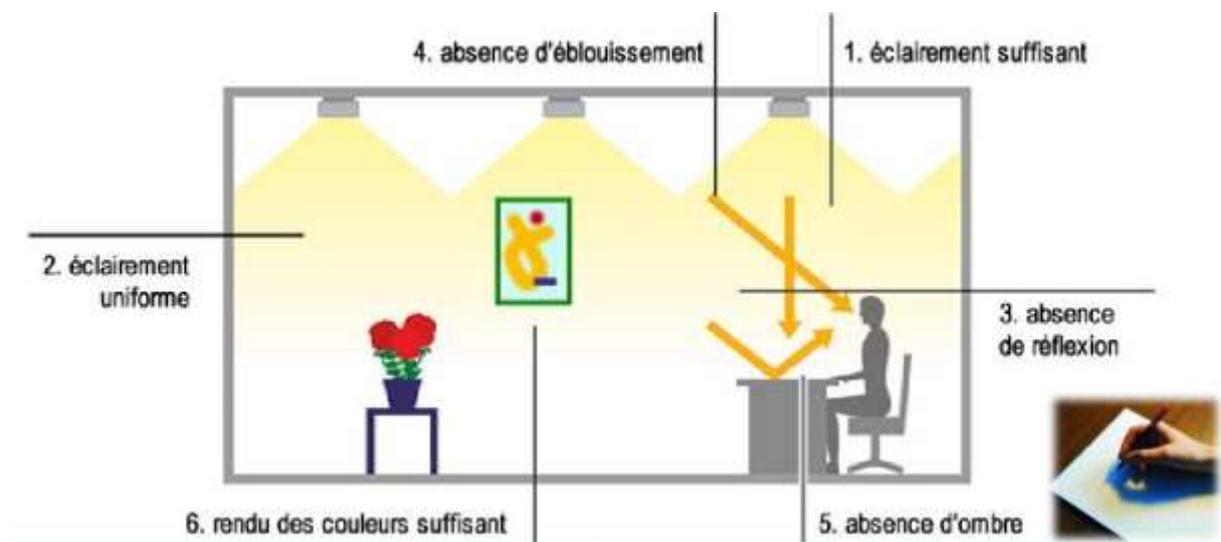


Figure 23 : Les actes liés aux paramètres du confort visuel /source : PDF traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

Pour évaluer le confort visuel il existe deux types de paramètres :

1. Paramètres statiques

1.1. Éclairage :

Le paramètre qui doit être exploité afin d'exposer la quantité minimale de lumière prescrite pour une tâche visuelle est nommé l'éclairage. Il est défini comme la quantité de lumière par unité de surface. Il est mesuré en lux (lx) ou en foot-candle (FC). L'éclairage nécessaire pour une tâche visuelle spécifique résulte de plusieurs paramètres tels que l'âge de l'observateur, la nature de la tâche visuelle, l'état de l'environnement visuel, etc. Par exemple, une tâche visuelle nécessitant une grande précision, comme la lecture fine, nécessite un éclairage plus élevé qu'une tâche visuelle nécessitant moins de précision, comme la marche. (Brandt et al, 2006, cité par Bendekkiche, 2017).

Les facteurs géographiques et climatiques, tels que la latitude, l'altitude, la présence de nuages, etc., peuvent également influencer l'éclairage disponible dans un environnement donné. La présence de l'astre solaire peut également avoir un impact significatif sur

Chapitre I : notions fondamentales

L'éclairage disponible, car elle peut différer considérablement compte tenu de l'heure du jour et de l'orientation de la fenêtre.

En résumé, l'éclairage est un facteur considérable pour estimer l'efficacité de l'éclairage d'un environnement donné et pour garantir des conditions de vision optimales pour les tâches visuelles spécifiques.

1.2. Facteur lumière jour (FLJ) :

Le FLJ calcul le rapport entre l'éclairage intérieur acquis sur le plan de travail et l'éclairage extérieur sur une surface horizontale. Il est mesuré en %.

L'éclairage naturel (FLJ) est constitué de trois constituants :

- a. Une composante directe du ciel : éclairage résultant directement de la partie visible du ciel.
- b. Une composante réfléchie extérieure : éclairage par réflexion sur les façades extérieures.
- c. Une composante réfléchie intérieure : éclairage arrivant au point par réflexion sur les faces intérieure.⁵

Il convient de noter que les valeurs du FLJ sont autonomes de la saison, de l'heure et de l'orientation des baies vitrées. Cela signifie que le FLJ peut être utilisé pour comparer l'efficacité de l'éclairage naturel de différentes pièces ou bâtiments, même s'ils sont situés dans des climats différents ou orientés différemment. (Reinhart& al, 2006).

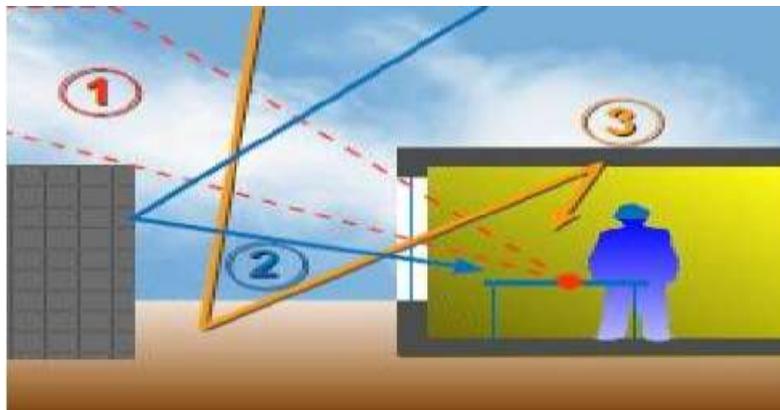


Figure 24 : Les trois composantes du FLJ source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.3. Eblouissement :

Parmi les grands problèmes de l'éclairage on trouve l'éblouissement, qui est une contrainte engendrée par une existence de lumière directe dans le champ de vision, provoqué par un contraste extrême des luminances dans le champ visuel (Cantin, 2008). Le niveau d'éblouissement est lié à des paramètres si dessous :

- Le degré de luminance approprié à l'œil.

⁵ PDF Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique p120.

Chapitre I : notions fondamentales

- Le degré de luminance de la provenance d'éblouissement.
- L'union des deux et le niveau de contraste générer.
- L'emplacement de la source d'éblouissement relative au champ de vision de l'observateur.

Plusieurs autres facteurs visuel et esthétique s'impliquent pour le degré d'éblouissement, comme la nature et la qualité des surfaces (matériaux, brillance, couleur, réflexion...)

L'éblouissement est un phénomène qui se produit lorsque les contrastes de luminance dans l'espace ou dans le temps sont extrêmes, rendant ainsi les objets moins discernables pour l'individu. Dans le cas de l'éclairage naturel, cela peut se produire lorsque la vue directe du soleil est excessive ou lorsque la luminance du ciel est trop élevée par rapport aux surfaces voisines, comme les fenêtres ou les parois qui réfléchissent les rayons solaires. En éclairage artificiel, cela peut se produire lorsqu'il y a une vue directe d'une source lumineuse ou par sa réflexion sur les surfaces polies des luminaires, des surfaces du local ou des objets.⁶

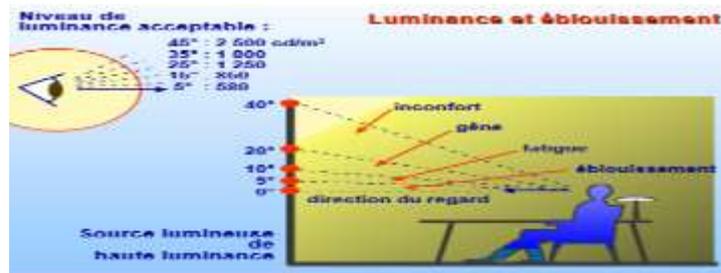


Figure 25 : Confort niveau de luminance acceptable et position de la source/ source : Traité d'architecture et de l'urbanisme bioclimatique

Conclusion

Ce chapitre souligne l'importance de la lumière naturelle dans la vie humaine et particulièrement dans les espaces intérieurs tels que les musées. Il met en évidence les notions de base relatives à la lumière naturelle, notamment sa composition, ses grandeurs et ses sources, ainsi que les facteurs qui influencent sa disponibilité, sa quantité et sa qualité. En outre, il met l'accent sur la réflexion et la transmission de la lumière dans les bâtiments, en fonction de leurs caractéristiques et des ouvertures, offrant aux concepteurs des solutions pour répondre aux besoins en lumière naturelle et au confort visuel des usagers. Ce chapitre fournit ainsi une base solide pour la compréhension et l'application de l'éclairage naturel dans les espaces intérieurs, notamment dans les musées.

La gestion de la lumière du jour est essentielle pour garantir une expérience optimale aux visiteurs d'un musée. Une lumière mal contrôlée peut non seulement nuire à la perception des œuvres d'art, mais également causer de la fatigue oculaire et des problèmes d'adaptation visuelle. Dans le but d'éviter ces problèmes, il est nécessaire de créer un éclairage convenable dans tout l'espace et de minimiser les ombres et les reflets. Pour exclure les reflets gênants, il est nécessaire d'opter pour des matériaux et des finitions intérieurs à faible réflexion. En somme, la gestion de la lumière du jour est une tâche complexe qui doit être soigneusement planifiée et exécutée afin d'assurer une expérience de qualité aux visiteurs d'un musée.

⁶ PDF Traité d'architecture et de l'urbanisme bioclimatique p118

**Chapitre II : L'architecture et
l'ambiance lumineuse des musées**

Chapitre II : l'architecture et l'ambiance lumineuse des musées

Introduction :

Dans cette section, nous allons explorer les différents concepts relatifs aux musées, en mettant en évidence les différentes fonctions qu'ils remplissent. Nous allons également étudier l'importance du parcours dans la conception muséale, en soulignant son rôle clé dans l'orientation et l'expérience des visiteurs.

Nous allons décrire les différents types de parcours qui peuvent être utilisés dans la conception muséale, tels que les parcours linéaires, les parcours circulaires et les parcours thématiques. Nous allons expliquer les avantages et les inconvénients de chaque type de parcours, en mettant en évidence leur influence sur l'exposition et l'expérience des visiteurs

Nous allons également étudier l'importance de l'éclairage naturel dans la conception muséale, en exposant son impact sur l'ambiance lumineuse à l'intérieur des musées. Nous allons décrire les différentes ambiances lumineuses qui peuvent être créées à l'intérieur des musées, telles que l'ambiance douce et chaleureuse, l'ambiance froide et stimulante et l'ambiance dramatique et théâtrale.

Nous allons également expliquer comment l'éclairage naturel peut être utilisé pour créer ces différentes ambiances lumineuses, en soulignant les différents types d'éclairage naturel qui peuvent être utilisés, tels que l'éclairage zénithal, l'éclairage direct et l'éclairage diffus. Nous allons également décrire les différents facteurs qui influencent l'efficacité de l'éclairage naturel dans les musées, tels que la qualité de la lumière, la quantité de lumière et la distribution de la lumière.

En résumé, ce chapitre va nous permettre de comprendre l'importance du parcours et de l'éclairage naturel dans la conception muséale, ainsi que leur impact sur l'expérience des visiteurs. Nous allons explorer les différents types de parcours et les ambiances lumineuses qui peuvent être créées à l'intérieur des musées, en mettant en évidence les différentes stratégies de conception qui permettent de les réaliser.

Section01 : musées et parcours muséaux

1. La muséologie :

La muséologie, convenue comme un domaine qui étudie la science du musée et qui est apparue dans le siècle dernier. Où les chercheurs commencèrent à faire les premières recherches sur leurs fonctions et la manière de le construire (Gob& Droguet, 2014).

2. La muséographie :

Dérivé de la muséologie, c'est groupement de méthodes affectées à la valorisation permanente des collections muséales. Elle aide à développer plusieurs taches muséales : la conservation, la restauration, la sécurité et l'exposition. sa mise en usage est détenue soit par un muséographe, soit par un ou plusieurs membres du personnel du musée (OCIM, 2012).

3. Le musée :

3.1. Définition :

Le Conseil international des musées (ICOM) définit plus précisément les musées en déclarant que : « *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* » (Juliette, 2019). Il s'agit d'une conception architecturale qui collecte des œuvres d'art ou des objets d'intérêt scientifique, technique ou culturel afin de les sauvegarder, les restaurer et de les exposer au public (Le petit Larousse, 2007).

3.2. Les types des musées :

3.2.1 Les types selon le domaine:

- a. **Musées d'art** : un style de musée regroupant plusieurs œuvres d'art, pour un but soit artistique, stylistique, pour montrer les étapes de la vie d'un artiste (figure 29



Figure 26: Musée d'Art Musac « Musée d'art contemporain ». Source : <https://c8.alamy.com/compfr/deytn3/musac-museo-de-arte-contemporaneo>.

Chapitre II : l'architecture et l'ambiance lumineuse des musées

- b. **Musées d'Histoire** : Les musées d'histoire sont des institutions qui conservent des collections muséales importantes liées à une période spécifique de l'histoire de l'humanité. Leur objectif est de témoigner du passé de l'homme, de sa vie et de ses événements marquants, tout en préservant la mémoire historique pour les générations futures (voir figure 30).



Figure 27: Musée de l'holocauste, Yade Vashem. Source : <https://image.shutterstock.com/image-photo/aerial>.

- c. **Musées de Science** : sont des constructions muséales instructifs, leurs objectif principal est l'éducation, l'instruction, l'expérimentation et la pédagogie. Dans le but de est de bâtir des espaces connecter culturellement et socialement (figure 31).



Figure 28: Musée des sciences naturelles, Japon. Source:<http://traac.info/blog/wp-content/uploads>.

- d. **Musées Culturel** : sont des musées, qui ont pour objectif : la valorisation la particularité d'une région, d'un pays ou d'une époque donnée. (Figure 32).



Figure 29: Musée culturelle « Institut du monde arabe, Paris ». Source : <https://www.sogirlyblog.com/wp-content/uploads>

- e. **Musées Générale** : Musées qui englobent plusieurs disciplines avec des thèmes différents (science ; art ; culture ; histoire ; ...) (Figure33).



Figure 30: Le musée du Louvre, à Paris. Source : <https://www.sortiraparis.com>.

- f. **Musées Spécialisés** : sont des Musée propre à un domaine / une branche/ou un objet ...etc. Par exemples musée du boulon, musée de la chaise...etc.)(Figure 34).



Figure 31: Musée Spécialisées des marionnettes, Suisse. Source: <https://static.mycity.travel/manage/uploads>.

3.2.2 Les types Suivant la notion d'ouverture :

Deux catégories de musées sont distinguées en fonction De récentes évolutions dans l'architecture et les approches innovantes de célèbres architectes.

Chapitre II : l'architecture et l'ambiance lumineuse des musées

Type ouvert : Dans ce type de musée on ressent un fort contact visuel entre l'intérieur et l'extérieur où les parois vitrées jouent un rôle prépondérant et assure une promenade architecturale en relation avec la nature (Figure 35).



Figure 32: Musée d'art contemporain, USA. Source : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb>

- a. **Type fermé** : Ce style est identifiable par son utilisation de parties opaques, ce type de conception se concentre sur l'objet lui-même. Des musées fermés avec des coques opaques qui orientent le visiteur vers les œuvres dans sa promenade. (Figure36).



Figure 33: Musée Guggenheim Bilbao, Frank Gehry. Source : <http://musée.type.archi.fr>.

- b. **Type à ciel ouvert** : Sont des musées qui laissent leurs visiteurs se balader dans un contexte architectural tout en restant en contact avec la nature comme les sites archéologiques (Figure37).



Figure 34: type à ciel ouvert « Ruine Romaine de Tipaza ». Source : <http://musée.type.archi.fr>

3.2.3 Les types Suivant le type de parcours :

Le type de parcours dans un musée est attaché plus particulièrement au thème de l'exposition. Par exemple, le parcours linéaire est dédié pour les musées d'histoire, qui suit une exposition chronologique est souvent approprié. Néanmoins, on trouve plusieurs types de musées selon leur parcours: type linéaire, type circulaire et type labyrinthe

4. Les parcours muséaux :

4.1. Définition du parcours :

« *Le parcours est à la croisée des chemins entre le visiteur et le concepteur : c'est l'utilisation par l'un de l'espace organisé par l'autre* » (Mariani-Rousset, 2001)

Selon Beaudoin, le parcours serait une composante fondamentale d'une exposition au même niveau que l'éclairage, les textes, le design graphique.... Le visiteur par son interdépendance avec le lieu, va s'acquitter des informations exposées et permettre la relation d'échange. La compréhension de cette relation citée au-dessus n'est pas facile car le parcours d'exposition reste un concept complexe. (Beaudoin, 2014)

4.2. Les catégories des parcours :

4.2.1. Types de parcours selon la configuration :

Il existe plusieurs types de parcours. Ils varient selon les thèmes et suivent la morphologie des lieux. Dans ce qui suit ; nous allons définir chacun de ces types :

Types linéaires: un parcours chronologique ou thématique linéaire, qui guide les visiteurs à travers une série de salles ou d'espaces dans un ordre prédéfini. Les visiteurs peuvent suivre le parcours à leur propre rythme, mais l'exposition est conçue pour être vue dans un ordre spécifique, composé de deux types :

- a. **Type arborescent** : ce type de parcours marche suivant un axe de circulation principale avec des secteurs complémentaires (Figure 38).



Figure 35: Musée d'Orsay à Paris. Source : <https://www.unjourdeplusaparis.com>

- b. **Type ruban** : ce type de parcours laisse guider le visiteur dans l'espace (figure 39).



Figure 36: Musée Guggenheim en USA. Source : <https://cdn.generationvoyage.fr/2020/02/musee-Guggenheim-new-york>.

Type Circulaire : un plan circulaire, avec une exposition centrale et des espaces périphériques disposés autour. Les visiteurs peuvent se déplacer librement autour de l'exposition centrale et accéder aux différents espaces périphériques à leur propre rythme. Ce type de musée est souvent utilisé pour des expositions thématiques ou pour des collections d'objets connexes. (Figure 40).



Figure 37: Musée du Milwaukee, USA. Source : <https://www.arkiplus.com/wp-content/uploads>

Type labyrinthe : un plan complexe avec des espaces qui se chevauchent et se croisent, créant une expérience immersive pour les visiteurs. Les visiteurs doivent souvent suivre un parcours spécifique à travers le labyrinthe pour voir l'ensemble de l'exposition. Ce type de musée est souvent utilisé pour des expositions expérimentales ou interactives. (Figure 32).



Figure 38: Musée du Quai Branly Jacques Chirac, Paris. Source : <https://encrypted-tbn.gstatic.com>

4.2.2. Types de parcours selon l'utilisateur de l'espace :

Selon Jean Davallon : l'exposition se répartit selon trois échelles : la conception, la mise en exposition et la visite. Ces trois phases sont couvertes par trois échelles de parcours qui sont les suivantes:

Le parcours pensé : programmer avant même de projeter une exposition, c'est le parcours imaginé par l'architecte lors de la conception.

Le parcours proposé : sont les probabilités de visite qui ne se rapportent pas forcément à celui programmé au début par les concepteurs.

Le parcours vécu : l'itinéraire que suivent les visiteurs dans l'espace d'exposition, qui peut être un parcours prévu ou non.

Section02 : l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix du parcours de visite dans les espaces d'exposition

Introduction :

Les musées se sont considérablement développés ou restructurés ces dernières décennies pour mieux accueillir un public toujours croissant. Après une période prospère due à l'accroissement du nombre de visiteurs et compte tenu de la très forte concurrence, la tendance est aujourd'hui à la promotion du musée par une amélioration constante de son attractivité : rénovation des salles, installation de services et de commerce, politique d'exposition temporaire, organisation de colloques et d'évènements nocturnes. Des systèmes d'éclairages et d'ambiances plus attractives.

L'éclairage occasionne une répercussion profonde sur les êtres humains. Il favorise la vision. La vue est la source de la plupart des informations que nous acquérons. Une notion subjective pour chacun, où l'homme et sa perception tranchent si un éclairage est efficace ou non. Indépendamment de son efficacité technique, une lumière qui éblouit, minimise la capacité visuelle et de ce fait, elle procure de l'inconfort. Une lumière confortable, favorise la perception et la rend optimale. Elle donne l'occasion d'exploiter des éclairages plus faibles et de créer des contrastes lumineux, tout en minimisant la consommation énergétique. La lumière du jour restant incomparable, il est important d'opter pour une forme des pièces adéquate, l'emplacement et le dimensionnement des ouvertures de manière à ce que l'éclairage artificiel ne soit utilisé que de manière supplémentaire à l'éclairage naturel. La lumière naturelle peut éclairer un espace de façon directe ou indirecte, latérale ou zénithale. Elle peut également être contrôlée ou filtrée. Elle permet aussi de garantir le confort visuel. L'éclairage assure l'intelligibilité des objets et des obstacles et une ambiance lumineuse accueillante qui coïncide avec les exigences de l'espace.

1. Musée et lumière :

En effet, la question de l'éclairage est cruciale dans un musée, car elle joue un rôle clé dans la valorisation des œuvres et dans l'expérience globale de la visite. La lumière peut donner vie aux objets exposés en révélant leurs détails et leurs textures, en créant des ambiances spécifiques et en mettant en avant les points clés des expositions.

Cependant, la lumière peut également causer des dommages aux objets exposés, en particulier ceux qui sont sensibles à la lumière, tels que les textiles, les papiers et les peintures. Par conséquent, il est essentiel de maîtriser l'intensité et la durée de l'éclairage pour éviter tout dommage potentiel. La technologie de l'éclairage a beaucoup évolué au fil des ans, permettant aux musées de disposer de sources lumineuses plus efficaces, plus flexibles et plus durables. Les concepteurs d'expositions et les éclairagistes travaillent en étroite collaboration pour créer des environnements d'exposition qui utilisent la lumière de manière créative et efficace tout en protégeant les objets exposés.

En somme, la lumière est un outil précieux pour les musées, mais sa gestion nécessite une grande expertise et une attention particulière pour éviter tout risque de dommage ou de dégradation des objets exposés. En un mot, la lumière est essentielle pour qu'il y ait « expérience de visite » (Gobbato & Schmitt, 2021). Ainsi, la lumière fascine tout autant qu'elle effraie : il faut la maîtriser, la contrôler, la diriger.

1.1. L'éclairage dans un musée :

1.1.1. L'éclairage muséographique :

Un éclairage muséographique efficace répond aux besoins à la fois des visiteurs et des conservateurs. Les visiteurs ont besoin d'un confort visuel pour pouvoir observer les œuvres dans les meilleures circonstances possibles, pendant que les conservateurs ont besoin de conditions d'observation optimales pour étudier et surveiller les œuvres. Un éclairage muséographique de qualité doit également assurer une orientation adéquate au sein du bâtiment, en aidant les visiteurs à se repérer et à se déplacer facilement dans les différentes salles d'exposition. En plus de ces aspects pratiques, l'éclairage muséographique doit également créer une atmosphère de qualité, en mettant en valeur les œuvres et en créant une ambiance propice à la contemplation et à l'appréciation des œuvres.

La protection des œuvres est également un aspect crucial de l'éclairage muséographique. Les sources lumineuses doivent être choisies avec soin pour éluder tout risque de dommage ou de dégradation des œuvres exposées, en minimisant l'intensité, la durée et la fréquence d'exposition.

Un éclairage muséographique efficace doit également être rentable et durable, en utilisant des sources lumineuses économes en énergie et en adoptant des solutions d'éclairage à long terme pour minimiser les coûts de maintenance. (Bakdi, 2006). Ceci nous pousse à approfondir l'étude sur le traitement de la lumière en muséographie comme : un fondement d'expression visuelle, mais, aussi comme un paramètre de dégradation.

a. La lumière comme élément d'expression :

Il est nécessaire de mentionner que l'éclairage muséographique doit être adapté aux différentes étapes de la visite, en tenant compte de l'expérience globale de l'exposition. Par exemple, l'éclairage peut être plus tamisé dans les espaces d'introduction pour aider les visiteurs à se concentrer sur les informations fournies, tandis que l'éclairage peut être plus intense dans les espaces d'exposition pour mettre en valeur les œuvres. De plus, l'éclairage peut être utilisé pour créer des transitions fluides entre les différentes salles de l'exposition, en créant des zones d'ombre pour aider à séparer les différents espaces et en utilisant des lumières directionnelles pour guider les visiteurs vers les différentes sections de l'exposition.

En fin de compte, l'éclairage est un composant fondamental de la muséographie qui doit être considéré dès le début de la conception de l'exposition. En planifiant soigneusement l'utilisation de l'éclairage pour créer des ambiances spécifiques et pour mettre en valeur les œuvres exposées, les musées peuvent offrir une expérience de visite plus immersive et plus engageante pour le public. (Ezrati J.-J. 2007).

b. La lumière comme composant ergonomique :

La lumière et sa mise en usage, doivent nous procurer du confort visuel et du bien-être. L'éclairage doit se mettre au diapason à la fonction et aussi à celui qui l'accomplit. Niveau d'éclairage, qualité du spectre et réduction des bruits visuels sont au fondement d'un bon éclairage. Ce sont les mêmes fondements qui vont nous orienter dans la réalisation d'éclairage dans les musées (Ezrati J.-J. , 2007).

c. La lumière comme élément de détérioration :

La lumière affaiblit et abîme les matériaux par les variations chimiques (jaunissement, perte de matière par rupture des chaînes carboniques...). La dégradation sera donc fonction non seulement de la nature des matériaux mais aussi de la constitution spectrale des sources de lumière. Par exemple, la lumière du jour avec une diffusion importante de rayonnement, donc une consommation très énergétique, sera beaucoup plus nuisible que celle provenant d'une lampe à incandescence. Encore que ces dernières dégagent une forte chaleur, la dégradation sera d'ordre thermique (Ezrati J.-J.2007). De plus, que cette action est rattachée à la durée et au niveau d'éclairage (tableau 1).

Catégorie d'objet	Objectifs de préservation		
	1000 ans	100 ans	10 ans
De grande sensibilité (gravures, photos N&B, textiles, papiers)	50 lux pour h/an	50 lux pour 25 jours/an 500 lux pour 25 h /an	50 lux pour 250 jours /an. 500 lux pour 25 jours /an
De sensibilité moyenne (bois, ivoires, peintures vernis)	50 lux pour 25 jours/an. 500 lux pour 20 h /an	50 lux pour 250 jours /an. 500 lux pour 25 jours /an	340 lux pour 365 jours /an. 500 lux pour 250 jours /an.
De faible sensibilité (pierres, métaux, céramiques)	100 lux pour 365 jours /an. 500 lux pour 75 jours /an	1000 lux pour 365 jours /an. 500 lux /an pour un objet de 200 an.	

Tableau 1: Directives sur l'éclairage pour les musées. Source : <https://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=170#c475>

Pour conclure, l'éclairage muséographique peut être expliqué comme l'emploi de la lumière de manière expressive pour communiquer avec le public tout en préservant l'intégrité matérielle des objets exposés. Les jeux d'ombre et de lumière peuvent être utilisés pour créer des effets dramatiques et saisissants dans les espaces d'exposition, en captant l'attention des visiteurs et en les guidant vers les pièces exposées.

L'éclairage muséographique est un composant clé de la conception de l'exposition qui doit être soigneusement planifié et exécuté pour créer l'impact souhaité sur le public. Il doit répondre aux exigences tant des visiteurs que ceux des conservateurs, en offrant une commodité visuelle, des circonstances d'appréciation optimales, une orientation adéquate et claire au sein du bâtiment, une ambiance de qualité, ainsi que la sauvegarde des œuvres.

En somme, l'éclairage muséographique est un outil puissant pour raconter une histoire et créer des ambiances spécifiques, tout en préservant l'intégrité des objets exposés. Les musées doivent donc considérer l'éclairage dès le début de la conception de l'exposition pour offrir une expérience de visite immersive et engageante pour le public.

2. Ambiance parcours /lumière :

L'éclairage débute de l'extérieur de l'espace muséal, afin de diriger le visiteur vers l'œuvre exposée sur un parcours net et accueillant. Dans les zones de circulation, comme le hall d'entrée, les couloirs et précis. (Ezrati J.-J 2010).

De ce fait, l'éclairage est l'élément clé dans tout l'espace d'exposition : Il peut être utilisé pour transformer l'ambiance du espace donné, Il peut être exploité pour mettre en valeur les œuvres exposés, Un ingénieux jeu de lumière et d'ombre peut piloter le visiteur dans son parcours, de l'entrée de l'espace d'exposition jusqu'à sa sortie.

3. Eclairage des parcours :

L'éclairage des parcours dans les musées peut s'appuyer sur différents types de provenances lumineuses, naturelles ou artificielles. Le choix de l'éclairage est un choix d'art scénique important qui précise l'ambiance générale de l'exposition, participe à agencer le parcours et guide les visiteurs à travers l'espace d'exposition.

Il est important que l'éclairage dialogue avec la qualité spécifique de chaque lieu, en tenant compte des caractéristiques architecturales, du niveau de lumière naturelle disponible, et de la nature des œuvres et collections exposées. Il doit également répondre aux objectifs de présentation des œuvres, en mettant en valeur leurs qualités esthétiques et en assurant leur préservation à long terme.

Enfin, l'éclairage des circulations doit être créé en prenant en considération l'accessibilité universelle, en garantissant un confort visuel pour tous les visiteurs, y compris les personnes à mobilité minimisée, les personnes malvoyantes ou les visiteurs atteints de troubles cognitifs. Un éclairage bien conçu contribue ainsi à améliorer l'expérience de visite et à favoriser l'accès à la culture pour tous.

3.1. Traitement de la lumière et classement du parcours :

La compréhension des espaces est avantagée par la répartition de la lumière et escorte le visiteur dans sa perception des objets exposés. Depuis le début jusqu'à la fin de la visite, il est primordial de classer les différentes séquences du parcours. Ce classement aide à la diversité par un rythme réprimé afin d'éviter les trop grands contrastes lumineux. (Paule, 2016).

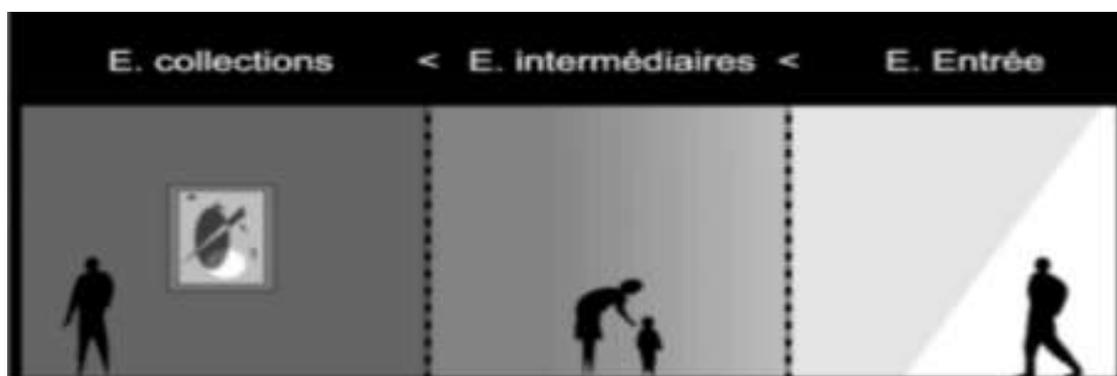


Figure 39: classements lumineux source: Paule, (2016)

3.2. Cheminements :

La signalétique de cheminement des visiteurs peut être facilitée par la lumière, notamment dans les espaces d'exposition où l'éclairage peut varier entre clair et sombre. Cette signalétique peut prendre la forme d'une ligne directrice au sol ou en suspension, qui peut être présente de manière continue, ou de dispositifs installés à des endroits stratégiques tels que des ruptures de sections, des changements de direction, etc. (Paule, 2016).

Choix et fixation des dispositifs et de la source d'éclairage :

Afin d'assurer un éclairage d'exposition optimal, il est important d'éviter tout éblouissement direct, ainsi que les ombres portées sur les objets ou dans l'espace, les reflets sur les surfaces réfléchissantes et les contre-jours causés par des sources d'éclairage mal positionnées ou mal fixées. De plus, il est crucial de prendre en compte la chaleur et le bruit émis par les sources ou les appareils d'éclairage, en choisissant et en installant judicieusement ces derniers, afin de ne pas perturber le confort des visiteurs (Bougdah&Sharples, 2010).

3.2.1. Éclairage latéral :

Cette recommandation architecturale, financièrement accessible et facilement d'exécution, doit être fixée soigneusement dans l'espace d'exposition. Une fenêtre ou un mur vitré peuvent réduire la capacité d'exposition d'un espace, puisque ces éléments ne peuvent servir de surfaces d'accrochage. Une ouverture dans un mur, minimise les facultés scéniques, crée des effets gênant tels que l'éclairage à contre-jour des objets, particulièrement muraux, situés à proximité de l'ouverture, et cause un éblouissement au visiteur. Contrairement, un apport de lumière naturelle qui crée des conséquences captivantes sur des sculptures ou d'autres objets en trois dimensions, et offre un lieu confortable visuellement aux visiteurs. Il est donc préférable d'implanter les ouvertures latérales dans des coins de l'espace ou dans des alcôves afin de minimiser leurs répercussion négatives tout en profitant des répercussions positives. (Bouvier, 2010).

3.2.2. Éclairage zénithal :

Est celui qui est insérer par les toitures d'espace, au moyen de puits de lumière, de lanterneaux, etc... Il permet de ne pas minimiser les facultés d'aménagements au sol ou sur les murs. Il réduit l'envergure de l'orientation des ouvertures, puisque le soleil levant ou couchant ne pénètre pas directement par une ouverture verticale (Bouvier, 2010). Une seconde utilité de cette l'éclairage par rapport au précédent c'est la liberté offerte au concepteur afin d'implanter les provenances lumineuses là où il y a le besoin et l'intérêt. Grâce à cette grande agilité, d'effets plastiques peuvent ainsi être aisément obtenus. Indépendamment de l'éclairage latéral, il n'est pas nécessaire de sur-éclairer les adjacences immédiates de l'ouverture afin de préserver des stades d'éclairage horizontal adéquat ailleurs.

D'autres empêchements qualitatifs de ce type d'éclairage est de réduire énormément le contact avec l'extérieur et surtout la vue, ce qui va à l'opposé de l'assouvissement des besoins psycho biologiques d'orientation et ainsi de l'estimation du confort par le visiteur (Meddour, 2008).

3.2.3. L'éclairage composé :

Le concept d'éclairage composé consiste à combiner des sources lumineuses latérales et zénithales dans un même espace, offrant ainsi les avantages de ces deux types d'éclairage. Son objectif est de fournir un éclairage zénithal là où l'éclairage latéral n'est pas suffisant pour assurer un éclairement optimal dans les zones reculées de l'espace. Cependant, il convient de noter que le choix entre éclairage latéral ou zénithal dépend de nombreux facteurs tels que les activités menées dans l'espace et les besoins spécifiques, ce qui rend l'éclairage composé inapproprié dans certaines situations (Meddour, 2008).

3.2.4. Éclairage indirect :

Quel que soit le choix du système d'éclairage introduit dans la conception, il peut être beaucoup plus intense que ce que l'on vise. Il est préférable de minimiser cette intensité insérant la lumière dans le l'espace selon un mouvement indirecte. Une garantie qui s'exerce plus efficacement à l'éclairage zénithal que latéral, dans le but de propager l'intensité et la couleur de la lumière. Plus le mouvement à effectuer est long, plus le résultat souhaité est obtenu (Bouvier, 2010).

3.3. Protéger et contrôler la lumière naturelle :

Favoriser et contrôler la lumière naturelle est une option très intéressante pour l'éclairage muséographique. Elle permet de créer une ambiance plus naturelle et chaleureuse dans le lieu d'exposition tout en minimisant les coûts énergétiques. Cependant, pour que ce choix soit efficient, il est primordial de contrôler l'intensité de la lumière naturelle afin éviter les effets néfastes sur les œuvres d'art. Pour cela, plusieurs stratégies peuvent être mises en place, telles que l'utilisation de stores ou de volets pour filtrer la lumière, la mise en place de vitrages spéciaux ou encore l'orientation du bâtiment pour maximiser l'apport de lumière naturelle. Il est aussi faisable d'exploiter des méthodes de contrôle automatique afin d'adapter l'éclairage en fonction de la luminosité extérieure.

Tout bien considéré, l'éclairage naturel peut apporter de nombreux avantages aux musées, mais il doit être maîtrisé et contrôlé avec précaution pour protéger les œuvres d'art et garantir une expérience de visite optimale.

3.4. Apport d'éclairage artificiel :

L'éclairage artificiel est indispensable dans les musées, car il permet de pallier les insuffisances de la lumière naturelle et de contrôler l'éclairage des collections en compte tenu des besoins exclusif de chaque espace. Il est important de choisir une température de couleur adaptée à l'ambiance générale de l'exposition et de veiller à ce que les différentes sources d'éclairage soient homogènes pour éviter les contrastes trop marqués. Il existe différents types de sources d'éclairage artificiel, tels que les lampes à incandescence, les lampes halogènes, les lampes fluorescentes, les LED, etc. Chacune de ces sources a ses propres caractéristiques en termes de température de couleur, de rendu des couleurs, de durée de vie et de consommation énergétique. Il est par conséquent considérable se fixer sur la source la plus adaptée aux besoins de l'exposition, en tenant compte des considérations esthétiques, économiques et écologiques.

Enfin, il est essentiel de veiller à la qualité de l'éclairage artificiel en termes de stabilité, de répartition et d'intensité lumineuse pour garantir une conservation optimale des collections.

Les systèmes d'éclairage doivent être régulièrement entretenus et surveillés pour éviter les variations de température et d'humidité, qui peuvent endommager les œuvres exposées.

4. Les exigences d'un parcours :

Dans le contexte mésologique, il est nécessaire de prendre en considération les niveaux d'éclairage pour éviter des contrastes trop importants entre les entrées extérieures et les espaces d'exposition. Une adaptation progressive de la lumière permet d'éviter des phénomènes de cécité temporaire ou de perturbation de l'adaptation visuelle. De plus, une telle démarche est également bénéfique pour la conservation des œuvres, qui peuvent être sensibles aux variations brutales de luminosité. En somme, la progression graduelle des niveaux d'éclairage est une pratique courante dans les musées, permettant de garantir le confort visuel des visiteurs tout en préservant les œuvres exposées. (Bougdah&Sharples, 2010). Il existe certaines exigences visuelles pour la réalisation de la lumière du jour dans le parcours muséal. Ces objectifs sont principalement : la perception, la satisfaction et l'expérience.

4.1. La perception :

La lumière du jour est un paramètre fondamental à prendre en considération lors de la conception des espaces intérieurs. La lumière naturelle peut agir positivement sur la santé et le bien-être des occupants, en plus de perfectionner la qualité visuelle de l'environnement. Cependant, comme vous l'avez mentionné, la lumière du jour est imprévisible et peut différer compte tenu des paramètres tels que la météo, la saison, la latitude et la longitude.

Il est donc important de concevoir des systèmes d'éclairage qui tolèrent le contrôle de la quantité de lumière naturelle entrant dans un espace intérieur, tout en considérant de la variabilité de la lumière du jour. Cela peut être réalisé à l'aide de stores, de rideaux, de vitrages spéciaux, de puits de lumière, etc. Les simulations de l'éclairage peuvent également être utilisées pour prévoir la lumière du jour dans un espace intérieur et optimiser la conception en conséquence.

En fin de compte, il est nécessaire de considérer la lumière du jour dans la conception des espaces intérieurs pour créer des environnements visuels sains, agréables et efficaces. Cela nécessite une approche intégrée qui prend en compte les différents paramètres qui agissent sur la lumière du jour et la façon dont elle affecte la perception visuelle des occupants. (Anthierens& Bedeaux, 2008). Cependant, même si la lumière du jour a un caractère dynamique et même si la perception est principalement une question subjective liée à la satisfaction humaine, avec les stratégies de conception et de contrôle, des conditions perceptives optimales peuvent être obtenues dans l'espace muséal où la satisfaction des visiteurs est un aspect important.

4.2. La satisfaction :

L'examen de la littérature montre qu'il existe différentes définitions et études sur la satisfaction, elle est finalement un état vécu dans la tête de visiteur, elle peut donc être considérée comme étant à la fois intellectuelle et émotionnelle (Tessier & al, 1977).

Selon (Brida & al, 2013), l'analyse de la satisfaction des visiteurs est une étape importante pour améliorer le confort visuel des musées. En prenant en considération les paramètres tels

que la qualité de l'éclairage, la disposition des expositions, la facilité de navigation et la lisibilité des informations présentées, il est possible de créer une expérience muséale satisfaisante pour les visiteurs. (Brida & al, 2013). La satisfaction des visiteurs dans les musées est étroitement liée à leur confort visuel. En prenant en compte les différents paramètres tels que la prévention des problèmes d'adaptation des yeux, l'éblouissement, l'intensité lumineuse inadéquate et l'éclairage à forte contraste des espaces d'exposition, il est possible de concevoir un éclairage efficace pour offrir une expérience muséale satisfaisante pour les visiteurs, La prévention des problèmes d'adaptation des yeux est importante car les visiteurs passent souvent beaucoup de temps dans les musées et leurs yeux peuvent se fatiguer s'ils sont soumis à des conditions d'éclairage inadéquates. L'utilisation d'un éclairage uniforme et bien conçu peut aider à prévenir ce problème.

L'éblouissement est un autre problème commun dans les musées, surtout si les expositions comportent des surfaces brillantes ou des objets réfléchissants. Une bonne conception de l'éclairage, y compris des réglages de l'intensité lumineuse et de l'angle d'éclairage, peut aider à prévenir l'éblouissement.

L'intensité lumineuse inadéquate peut également affecter le confort visuel des visiteurs. Si l'éclairage est trop faible ou trop intense, cela peut rendre difficile la lecture des informations et l'observation des objets exposés. Un éclairage bien conçu doit fournir une intensité lumineuse suffisante pour les activités de lecture et de visualisation.

4.3. L'expérience :

Le caractère remarquable de la lumière naturelle réside dans la qualité des expériences humaines qu'elle offre, elle donne le sentiment du temps qui passe ainsi qu'un sens du lieu .il est évident qu'avec une conception efficace de la lumière naturelle, il est possible de transformer une visite d'un espace d'exposition en une expérience spéciale inoubliable, ce qui conduit au succès des musées en tant que bâtiment (Behar& al, 2013). La lumière naturelle peut être précieuse pour l'orientation et le soulagement visuel, dans les grands espaces publics tels que les musées. Cela rendrait les expériences muséales plus agréables et moins fatigantes. Ainsi, ceux-ci montrent que la lumière du jour contribue efficacement aux expériences des visiteurs (Kim & Chung, 2011).

4.4. Le confort visuel optimal des visiteurs :

La conception de l'éclairage dans les musées doit prendre en compte de nombreux autres facteurs en plus du confort visuel des visiteurs. La sécurité est un aspect crucial, car il est important de veiller à ce que les visiteurs puissent se déplacer dans les espaces d'exposition en toute sécurité. Cela peut inclure l'utilisation de lumières d'urgence et d'autres fonctionnalités de sécurité pour guider les visiteurs en cas d'urgence. La signalétique du bâtiment est également importante, car elle peut aider les visiteurs à se repérer dans l'espace et à trouver leur chemin dans les différentes expositions. L'éclairage peut être utilisé de manière créative pour aider à mettre en évidence la signalétique et à guider les visiteurs. La maîtrise de l'intensité lumineuse est également importante pour le repérage spatial. Un éclairage bien conçu doit être suffisamment lumineux pour assister les visiteurs à se promener en toute sécurité, mais pas trop intense pour éviter l'éblouissement. Les variations d'intensité lumineuse peuvent également être utilisées pour guider les visiteurs dans leur parcours.

Il est également important d'éviter la présence d'ombres dans l'environnement, car cela peut entraver la visibilité et la perception des visiteurs. Les secteurs d'ombre produit par l'aménagement et le mobilier, comme les socles, les estrades et les bases de vitrine, peuvent également constituer un obstacle visuel pour les visiteurs. Une bonne conception d'éclairage doit tenir compte de ces facteurs pour offrir une expérience muséale satisfaisante pour les visiteurs (Bougdah&Sharples, 2010). Il favorise le confort de l'utilisateur dans ses promenades (dès l'accueil jusque dans les salles d'expositions) ainsi que dans l'appréciation des œuvres et dans la lecture des textes d'explication qui accompagnent les œuvres. La qualité de l'éclairage se traduit par une connaissance globale des besoins de l'exposition, de son parcours et des visiteurs. Et considère aussi les besoins exclusifs des visiteurs en état d'handicap (aisance de lecture et de circulation pour les visiteurs à faible vision, communication en langue des signes pour les personnes sourdes, facteurs anxiogènes pour les visiteurs déficients intellectuels, etc.).

5. Etat actuel de la recherche scientifique sur l'espace d'exposition et la lumière naturelle :

Beaucoup de recherches ont été effectuées sur l'espace d'exposition, les parcours muséaux et la lumière naturelle dans le but d'accentuer la relation forte entre eux et maîtriser l'espace muséal sur le plan de l'optimisation énergétique entre autre, le travail du Dr SERAOUI Selma intitulé : vers une topologie ambiante de l'espace architectural. Reference aux cas des musées.

Ou elle a évoqué les ambiances architecturales dans l'espace muséal parmi elles l'ambiance lumineuse et l'éclairage muséographique dans plusieurs exemples de musées internationaux où elle a accentué sa recherche sur l'impact de cette ambiance sur le parcours muséal et la promenade architecturale et a noté que son travail s'est penché sur une nouvelle manière de mesurer l'espace en prenant compte tous ses aspects pour une bonne maîtrise énergétique.

Une autre recherche dans ce volet, celle de Mr MEDDOUR Samir qui s'est intéressé à l'éclairage naturel dans les musées et à déterminer l'efficacité des dispositifs zénithaux et leur impact sur le confort visuel en prenant compte le cas de la grande salle d'exposition du musée de Cirta à Constantine.

Pour cela, on s'est orienté vers cette optique de recherche et essayer de comprendre l'influence de la lumière naturelle et du confort visuel sur le choix des parcours dans l'espace muséal.

Conclusion :

L'éclairage naturel du jour peut être très bénéfique pour la visibilité dans les espaces d'exposition, mais doit être contrôlé pour éviter les effets visuels négatifs qui peuvent perturber la perception des visiteurs et des travailleurs dans les musées. En effet, l'éblouissement, les zones à fort contraste, les reflets et les ombres peuvent altérer la perception des œuvres d'art et fatiguer les yeux des visiteurs. De plus, la disponibilité de la lumière naturelle a un impact significatif sur le confort visuel et le bien-être des utilisateurs de l'espace d'exposition. En utilisant l'éclairage naturel de manière optimale, il est possible de limiter la consommation énergétique en réduisant le besoin d'éclairage artificiel. Toutefois, il est important de trouver un équilibre entre l'utilisation de la lumière naturelle et artificielle pour garantir une expérience visuelle agréable pour tous les visiteurs, en tenant compte des besoins et des caractéristiques spécifiques de chaque espace d'exposition.

Chapitre III :
Méthodologie et partie empirique

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

Introduction :

Nous avons vu dans les chapitres précédents l'ensemble des concepts liés à cette recherche, dans la partie qui va suivre nous allons procéder à la mise en opération de la problématique, ce chapitre définira la méthodologie par le biais de laquelle nous comptons explorer la première partie de la problématique, nous présenterons aussi trois cas d'étude.

Cette recherche consiste à étudier l'éclairage naturel dans un espace d'exposition situé sur le campus universitaire de Targa Ouzemmour de Bejaia. L'objectif de cette étude est d'effectuer une évaluation quantitative et qualitative de l'environnement lumineux afin d'évaluer le confort visuel des visiteurs.

Le choix de cet espace d'exposition a été motivé par sa situation sur le campus universitaire de Bejaia, qui offre un environnement naturel propice à l'étude de l'éclairage naturel.

Il est important de noter que l'éclairage naturel peut avoir un impact significatif sur le confort visuel des occupants d'un espace. Une bonne utilisation de l'éclairage naturel peut améliorer la qualité de vie des utilisateurs et réduire les coûts énergétiques.

En somme, notre recherche va se concentrer sur l'étude de l'éclairage naturel dans un contexte spécifique, avec un objectif précis d'évaluer le confort visuel des utilisateurs de l'espace d'exposition étudié.

I. Présentation des corpus d'étude :

1. Constat sur les espaces d'exposition universitaire :

En élaborant une réflexion autour de la question projet-mémoire, nous avons décidé à partir d'un constat de travailler sur les espaces d'exposition au sein de notre université on a constaté un manque terrible des surfaces d'exposition qui vont réunir tous les domaines et spécialités confondues de vouloir exposer et partager leurs travaux sachant que les espaces existants au niveau du campus universitaire : targa ouzemmour sont pas approprié à cette pratique et ne tiennent pas compte des paramètres cités au paragraphe précédent. Est pour cela on a choisi de répondre à ce besoin fondamentale et de créer un musée d'exposition « musée des savoirs » qui sera inclus dans l'espace universitaire et qui fera en profiter toute personne susceptible d'être intéressée de près ou de loin à cette activité tout en mettant en valeur l'élément fondamental qui transportera le visiteur et le guidera dans sa découverte muséale.

2. Justificatif des corpus d'études :



Figure 40: plan de situation des trois cas d'études à l'université de targa ouzemmour source : rectorat modifié par (auteur. 2023)

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

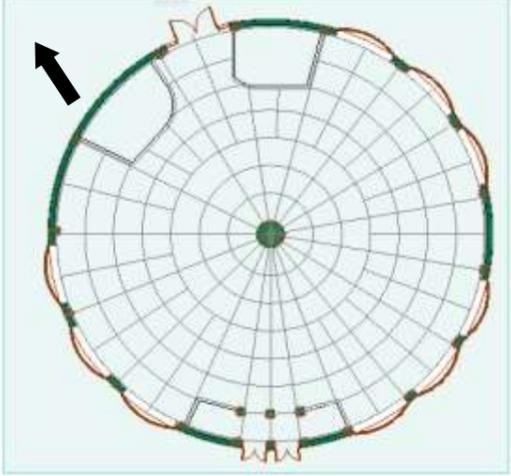
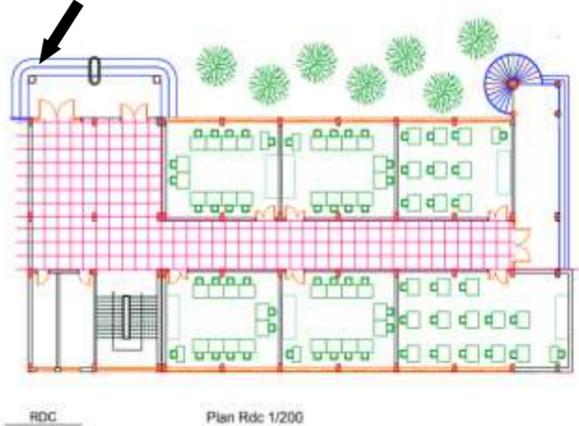
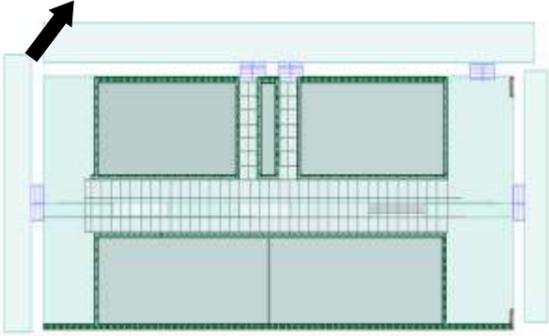
Le corpus d'étude	Dossier graphique	L'objectif	Critère de choix de l'espace	Descriptif architectural
<p>Centre culturel universitaire targaouzemmour</p> 		<p>Notre étude vise à évaluer la quantité et la qualité de la lumière naturelle dans un espace d'exposition situé au centre culturel universitaire de Targa Ouzemour. L'objectif est de déterminer le niveau de confort visuel ainsi que l'éblouissement causé par le comportement de la lumière du jour dans cet espace</p>	<p>Un espace choisi pour sa fonction, son type de parcours et son type d'ouvertures ; un espace utilisé souvent pour l'exposition des projets d'étudiant et d'autres expositions avec de grandes ouvertures latérales.</p>	<p>Le centre culturel universitaire : un espace d'exposition de forme circulaire avec plusieurs ouvertures orientées vers le nord, l'est et le sud qui permettent un éclairage latéral vers la salle. Une forme qui engendre un parcours linéaire arborescent. Ce système permet d'orienter les visiteurs de manière subtile, mais présente l'inconvénient de les obliger à suivre tout le parcours de l'exposition. Cette approche repose sur un axe principal de circulation avec des zones adjacentes.</p>
<p>le bloc d'architecture de campus universitaire targa ouzemmour :</p> 		<p>"Notre étude a pour but d'évaluer la quantité et la qualité de l'éclairage naturel dans le hall du bloc d'architecture de l'Université de Targa Ouzemour, ainsi que de déterminer le niveau de confort visuel et d'éblouissement résultant du comportement de la lumière du jour dans cet espace.</p>	<p>Un espace choisi pour sa fonction, son type de parcours et son type d'ouvertures latérales ; un hall utilisé souvent pour l'exposition des projets d'étudiant et d'autres expositions avec un parcours linéaire.</p>	<p>Bloc d'architecture : un espace de forme rectangulaire avec plusieurs ouvertures orientées vers l'est et le sud et l'ouest qui permettent un éclairage latéral vers tous les espaces. Des ouvertures avec vitrage teinté et une texture des murs clairs.</p>
<p>Le hall d'exposition de targaouzemmour</p> 		<p>Notre étude a pour objectif d'évaluer la quantité et la qualité de l'éclairage naturel dans le hall d'exposition de l'Université de Targa Ouzemour, ainsi que de déterminer le niveau de confort visuel en prenant en compte le comportement de la lumière du jour dans cet espace.</p>	<p>Le choix de cette espace fermé ouvert est choisi pour son type d'ouvertures zénithales avec un parcours linéaire.</p>	<p>Situé entre trois amphithéâtres 22/23 et 24 ouvert sur trois coté l'est, sud-ouest et le nord-ouest avec des toitures contenant des ouvertures zénithales (lanterneaux).</p>

Tableau 2: tableau représentatif du corpus d'étude. Source auteur(2023)

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

Afin d'atteindre notre objectif, nous prévoyons de réaliser une analyse quantitative et qualitative de la lumière naturelle dans l'espace d'exposition. Cette analyse pourrait impliquer la mesure de la quantité de lumière entrant dans l'espace ainsi que l'évaluation de la qualité de la lumière, telle que la température de couleur, le rendu des couleurs et les variations au fil du temps. Nous prévoyons également d'évaluer le niveau de confort visuel et d'éblouissement causé par la lumière naturelle dans l'espace d'exposition. Pour ce faire, nous utiliserons des outils tels que des sondages auprès des visiteurs, des mesures de la luminosité et de la réflexion de la lumière sur les surfaces, ainsi que des simulations informatiques pour identifier les zones où l'éblouissement est susceptible de se produire. Nous utiliserons les résultats de cette analyse pour formuler des recommandations visant à améliorer le confort visuel et à réduire l'éblouissement dans l'espace d'exposition. Ces recommandations pourraient inclure des modifications de l'aménagement des fenêtres, l'utilisation de filtres ou de revêtements pour réduire l'éblouissement, ou encore des suggestions pour optimiser l'aménagement de l'espace afin de profiter de la lumière naturelle de manière optimale.

II. Définition de la technique d'expérimentation

La partie expérimentale de cette étude repose sur deux méthodes de recherche complémentaires. La première méthode est empirique et vise à mettre en évidence les résultats quantitatifs obtenus grâce à des mesures in situ effectuées à l'aide d'un luxmètre, et à un logiciel de simulation, et ceci dans un cadre où les paramètres du confort visuel de nos cas d'étude seront quantifiés et comparés aux valeurs normalisées par des spécialistes dans le but de voir où en est ce dernier par rapport aux normes internationales. Vient s'ajouter à cela les résultats qualitatifs et subjectifs de la deuxième méthode qui est l'enquête mise en place par la technique de questionnaire. Cela nous donnera les appréciations personnelles de chaque sujet d'un échantillon représentatif dans le but de confirmer ou d'infirmer les résultats de l'expérimentation sur terrain.

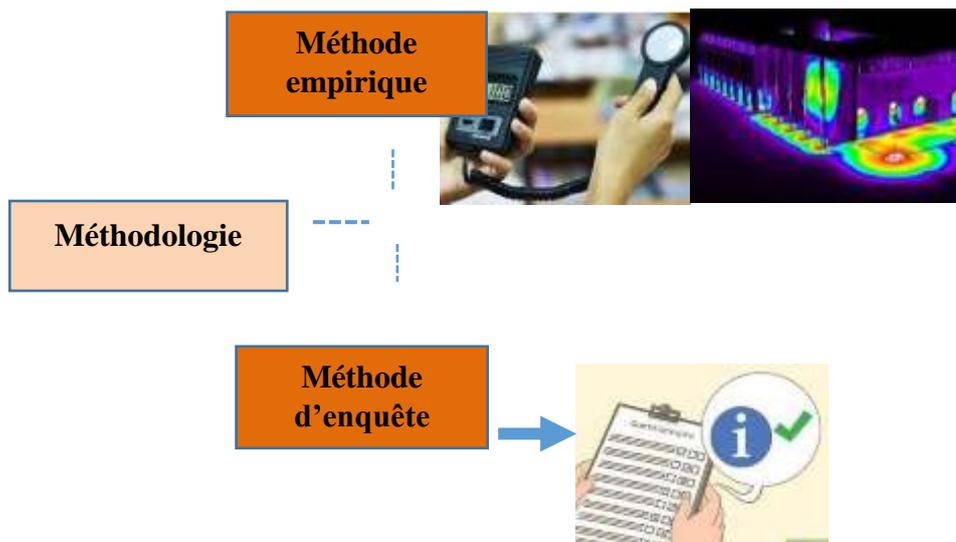


Figure 41: méthodologie suivie lors de l'expérimentation. Source: auteur (2023)

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

1. Etude quantitative :

1.1. La partie empirique :

Il est recommandé de réaliser des mesures in situ à différentes périodes de l'année pour obtenir une vue d'ensemble des conditions d'éclairement lumineux. Ces périodes incluent les solstices d'hiver, qui correspondent au jour où le soleil est le plus bas dans le ciel (21 décembre), la période d'été, correspondant au jour où le soleil est le plus haut dans le ciel (21 juin), ainsi que les équinoxes de printemps et d'automne, où les rayons solaires sont perpendiculaires à l'équateur (21 mars, 21 septembre). En outre, nous avons réalisé ces mesures trois fois par jour lors des moments les plus défavorables : le matin entre 8h et 9h, à midi entre 11h30 et 12h, et l'après-midi entre 15h30 et 16h30. En variant les jours de mesure et les heures de la journée, il est possible de déterminer les moments les plus défavorables de l'année en termes d'éclairement lumineux. Le luxmètre est l'appareil idéal pour effectuer ces mesures, car il permet de mesurer la quantité d'éclairement lumineux et de la traduire en valeurs en lux. Cependant, dans le cadre de cette étude, l'appareil luxmètre du département d'architecture ne fonctionnait pas, donc nous avons utilisé une application Android, "Light Meter", sur notre Smartphone (Redmi A9), pour effectuer les mesures nécessaires.



Figure 42: Le smartphone Redmi A9 et l'interface de l'application Light Meter.

- **Travail sur terrain :**

Pour mieux comprendre le comportement des usagers et évaluer quantitativement le confort visuel dans les salles de d'exposition, une campagne de mesure d'éclairement in situ a été effectuée à l'aide d'un instrument tout en suivant un protocole qui sera expliqué en détail.

- **Instrumentation**

Le luxmètre est un instrument de mesure couramment utilisé pour mesurer l'éclairement lumineux reçu par unité de surface, notamment par les professionnels de l'éclairage. Dans notre étude, en raison de l'absence de cet instrument, nous avons utilisé une application téléchargeable sur Smartphone (Redmi A9) appelée "Light Meter", qui fonctionne comme un luxmètre et nous a permis de réaliser les mesures d'éclairement nécessaires.

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

- **Les conditions de ciel:**

Les prises de mesures ont été effectuées sous un ciel clair, car c'est le type de ciel le plus dominant dans les villes méditerranéennes.

- a) **Présentation de protocole de prise de mesure :**

Nous avons réalisé des mesures d'éclairage lumineux in situ au cours de deux journées consécutives (le 13 et le 14 mars 2023) au printemps. Pour chaque journée, nous avons pris des mesures à trois horaires différents (09h, 12h et 15h) afin d'évaluer les variations de lumière naturelle en fonction de l'orientation. Les mesures d'éclairage horizontal ont été effectuées à l'intérieur de nos cas d'étude en suivant un quadrillage pour un plan utile situé à 80 cm du niveau de plancher. Les mesures ont été prises sous un ciel dégagé choisi en fonction du type de nébulosité. Afin de ne pas fausser nos mesures d'éclairage de lumière naturelle, nous avons éteint les éclairages artificiels et ouvert complètement les rideaux pendant la prise de mesure.

- b) **La grille de prise de mesure :**

- **Choix des points de mesures**

On a effectué une série de prises de mesures d'éclairage ponctuel dans l'espace intérieur de nos cas d'études suivant un quadrillage ou une « grille de mesure » selon les dimensions et les caractéristiques géométriques de la salle de lecture.

Le choix des points de mesure sont engendrés d'une grille de :

- 1m entre un point et un autre dans le sens transversal
- 1m entre chaque point dans le sens longitudinal

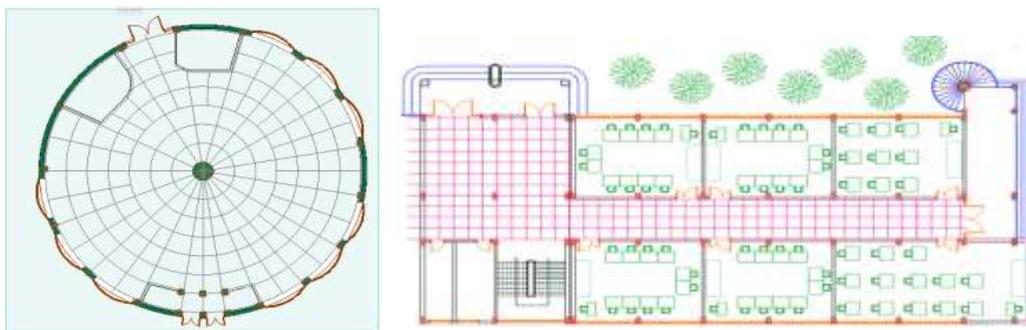


Figure 43: grille de mesure du centre, /Figure 44: la grille de mesure du

D'exposition culturel

Hall du bloc d'architecture, source: auteur (2023)

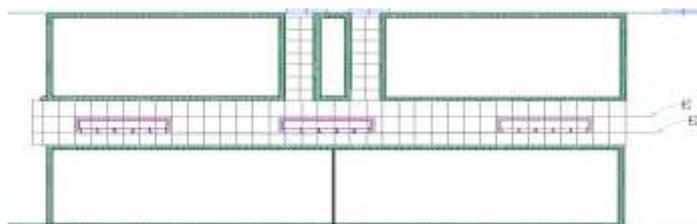


Figure 45: grille de mesure du hall d'exposition entre amphis22/23/24, source: auteur (2023)

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

1.2. Outil méthodologique :

En raison de contraintes telles que la durée limitée de la recherche et l'indisponibilité d'un luxmètre fonctionnel au département d'architecture, il n'a pas été possible de réaliser des mesures d'éclairage lumineux pour toutes les périodes de l'année dans les espaces d'exposition. Pour pallier cette limitation, j'ai effectué les mesures à l'aide d'une application de luxmètre sur smartphone pendant la mi-saison (mars). En outre, j'ai complété l'évaluation quantitative en utilisant la méthode de simulation numérique à l'aide du logiciel DIA Lux EVO, qui a permis de remplacer le travail qui aurait dû être effectué pour les autres saisons de l'année.

La simulation numérique : La méthode utilisée pour cette partie de la recherche est expérimentale et se déroule sur un outil informatique qui permet de reproduire un phénomène physique dans un environnement simulé. Cette méthode est devenue de plus en plus importante ces dernières années dans le domaine de l'architecture, car elle permet aux architectes et aux chercheurs d'analyser divers phénomènes tels que la lumière naturelle, le son, etc. à moindre coût et en peu de temps. Selon Chatelet A et al, cette méthode permet aux architectes de valider rapidement des options fondamentales telles que l'implantation, la structure et les ouvertures, d'explorer et d'optimiser certains choix, tout en identifiant les anomalies et en proposant des solutions appropriées.

Le choix de la simulation numérique :

« L'informatique, en architecture, est apprise en tant qu'outil de représentation et de Communication du projet » (Caroline Le courtois, 2008).

Il existe plusieurs logiciels de simulation disponibles sur le marché numérique, certains étant payants. J'ai opté pour le logiciel gratuit de simulation « DIA Lux Evo » afin d'effectuer une évaluation quantitative de l'éclairage lumineux dans des conditions réelles

a. Présentation du logiciel de simulation :

DIA Lux Evo :

DIA Lux EVO est un outil de simulation et de conception d'éclairage gratuit destiné aux professionnels. Il permet de planifier, de calculer et de visualiser l'éclairage naturel ou artificiel à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment. Le logiciel offre la possibilité de simuler une conception complète d'un bâtiment en définissant sa géométrie et en intégrant des modèles 3D sous format (IFC) sur son interface. Les architectes et les designers peuvent rapidement visualiser et analyser l'environnement lumineux intérieur ou extérieur grâce à la prise en main facile du logiciel. Il est également possible de basculer entre un modèle 2D et une vue d'ensemble en 3D pour mieux visualiser le projet. Pour l'étude de la lumière naturelle dans le cadre de cette recherche, la simulation a été réalisée à l'aide de la version 8.2 de DIA Lux EVO. Le logiciel affiche les résultats et les valeurs d'éclairage lumineux sur les surfaces des espaces concernés, ce qui offre aux concepteurs et aux chercheurs la possibilité de comprendre les résultats et d'apporter des modifications pour améliorer la conception de la construction..

b. La méthodologie de la simulation :

La simulation de la lumière naturelle des trois cas d'étude s'y déroulé suivant deux phases qui sont comme suit : on prend comme exemple le cas du bloc d'architecture :

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

Avant de procéder à la simulation de l'éclairage naturel sur le logiciel DIA Lux Evo version 8.2, il est impératif de créer une modélisation 3D de l'espace d'exposition sur cet outil et de s'assurer que toutes les ouvertures de cette zone sont activées.

- Importer les plans 2D sous format IFC sur le logiciel DIA Lux Evo.

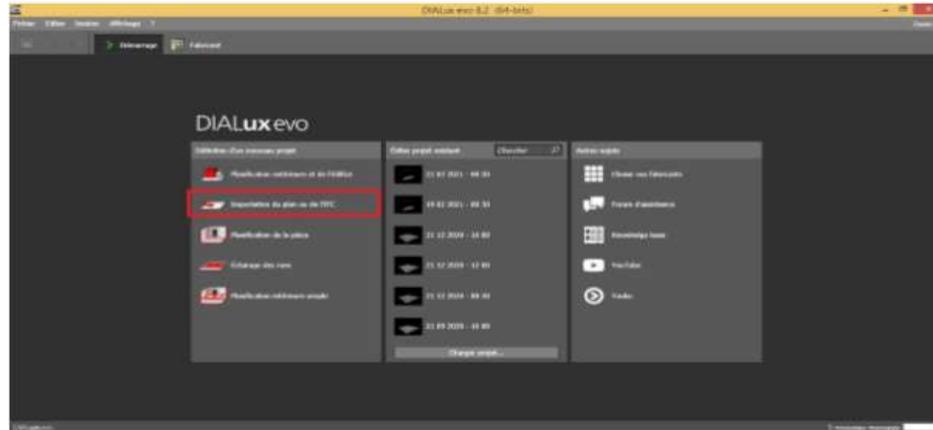
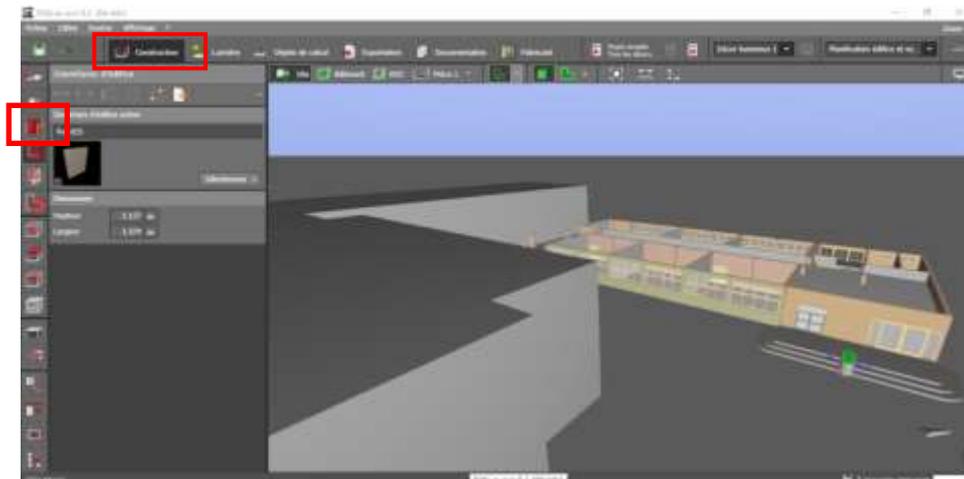


Figure 46: Capture d'écran sur interface du lancement du logiciel DIA Lux Evo. source auteur (2023)

Récupérer le fichier IFC de notre espace, qui doit apparaître avec tous ses détails (portes, fenêtres, etc.).

Pour s'assurer de la précision des calculs de lumière du jour dans DIA Lux Evo, il est essentiel de s'assurer que toutes les ouvertures du bâtiment dans le projet ont été activées dans l'option [Important pour la lumière du jour]. Si ces ouvertures ne sont pas activées, les calculs de lumière du jour seront inexacts.



Étape 1 : passer en mode [Construction].

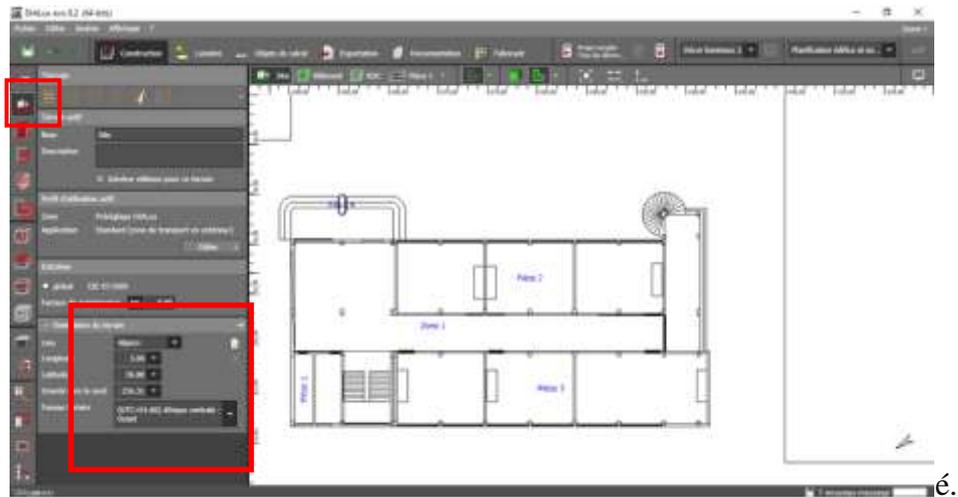
Étape 2 : sélectionnez une ouverture d'édifice.

Étape 3 : vérifier que l'onglet [Important pour la lumière du jour] est sélectionné.

- Position géographique et orientation au nord

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

Cette étape est incontournable et ne doit pas être négligée au risque d'avoir des résultats de calcul incohérents par rapport à la réalité.



Étape 1 : passer en mode [Construction].

Étape 2 : passer en sous mode [Terrain].

Étape 3 : sélectionner la [Vue plan d'ensemble].

Étape 4 : renseigner l'Orientation du Terrain (ville, fuseau horaire, orientation par rapport au nord).

Étape 5 : cliquez sur [Dessiner le pointeur Nord].

Étape 6 : positionner l'orientation du nord sur le plan (si besoin)

- Programmation de la voûte céleste

Pour programmer un ciel sous DIALux



Étape 1 : Sélectionner l'onglet Lumière sur le menu horizontal,

Étape 2 : Choisir l'onglet Scènes d'éclairage sur le menu vertical,

Étape 3 : Sélectionner un type de ciel. (Vérifier la date et l'heure)



- **Et la dernière étape** consiste à lancer le programme de calcul on appuyant sur projet complet.



Et le calcul se lancera tout en affichant sur le côté gauche de l'interface le progrès de calcul.

2. Etude qualitative :

2.1. Le questionnaire :

Nous avons utilisé la méthode du questionnaire pour collecter des données auprès des usagers des cas d'étude, afin d'évaluer de manière qualitative leur satisfaction, leurs préférences et leur comportement dans les espaces d'exposition. (annexe04)

a. Définition du « questionnaire » :

Le questionnaire est un moyen de prise d'information utilisé pour expliquer et comprendre des faits. Le questionnaire est une technique collective, et le nombre des éléments collectés qui donne la validité du questionnaire et rend les données considérées comme vraies. L'élaboration du questionnaire évite de tomber dans le piège de la subjectivité. (Vilatte, 2007) L'enquête par questionnaire est une technique utilisée pour recueillir des données auprès d'une population ou un groupe de cette population, de la manière la plus facile par une série de questions. (M.HAP, 1990).

b. Définir la population de l'enquête :

Selon M. HAP (1990), la population de l'enquête est constituée d'un ensemble d'individus partageant des caractéristiques communes, sur lesquels on souhaite recueillir des

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

informations. Dans le cadre de notre étude, la population cible est composée de l'ensemble des étudiants du département d'architecture.

c. L'échantillon représentatif du questionnaire :

Selon Michel HAP « l'échantillon est l'ensemble des personnes à interroger au moyen de l'enquête et faisant partie de la population prédéfinie » (M. HAP, 1990). Dans notre cas, l'enquête par questionnaire est basée de l'étude d'un échantillon représentatifs composé de 30 personnes extrait d'une population cible, la population prise en compte dans notre enquête est celle des étudiant du département d'architecture de Bejaia.

d. Description du questionnaire :

Nous avons utilisé une méthode d'enquête par questionnaire pour évaluer l'appréciation et l'environnement physique des occupants des espaces d'exposition. Le questionnaire est composé de 17 questions, dont la plupart sont à choix binaire ou multiple, avec quelques questions ouvertes pour permettre aux individus d'exprimer leurs idées. Le questionnaire est divisé en deux parties :

- **La première partie** porte sur les caractéristiques des usagers, telles que le sexe, l'âge, le groupe d'usagers, la durée de fréquentation des espaces d'exposition, etc.
- **La deuxième partie** porte sur l'utilisation de l'éclairage naturel dans les espaces, la répartition de la lumière dans l'espace, les niveaux d'appréciation de la présence de la lumière naturelle, les niveaux de gêne et les problèmes d'inconfort éventuels.

III. Présentation et interprétation des résultats de la prise de mesure :

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

1.1. Résultat de prise de mesure

Heure/ date Le corpus d'étude	le 13 mars2023 8h00	le 13 mars2023 12h00	le 13 mars2023 16h00
<p>Le 1^{er} cas d'étude : le centre d'exposition culturel</p>			
<p>Le 2eme cas d'étude : le hall du bloc d'architecture</p>			
<p>Le 3eme cas d'étude : le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24</p>			

Tableau 3: résultats de prise de mesure du corpus d'étude. Source auteur(2023)

1.2. interprétation de prise de mesure :

➤ le centre d'exposition culturel :

❖ 8h00 :

E_{max} : 150 lux

E_{min} : 45 lux

A partir de la figure on remarque que le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures surtout côté est avec la présence des taches solaires, plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie. La valeur de l'éclairage est élevée ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement sachant que les exigences des pièces d'expositions sont :

- Pièces d'exposition très sensibles 50-80 lux
- Pièces d'exposition sensibles 100-150 lux
- Pièces d'exposition peu sensibles 150-300 lux

❖ 12h00 :

E_{max} : 358 lux

E_{min} : 66 lux

La figure montre que les valeurs de l'éclairage sont élevées à proximité des ouvertures dans le côté est et sud, avec la présence des taches solaires dans le côté sud, plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher moins grand par rapport aux résultats de 8h, avec un grand rapport profondeur/largeur.

❖ 15h00

E_{max} : 214 lux

E_{min} : 45 lux

La figure montre que le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans le côté est et sud, avec la présence des taches solaires côté ouest, plus on s'éloigne de l'ouverture plus la valeur de l'éclairage se démunie. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement.

Synthèse

Les résultats de prise des mesures in situ nous a permis d'identifier les différents problèmes liés à l'éclairage naturel dans notre cas d'étude. Les résultats de prise de mesures in situ pour la journée **13 mars 2023** montrent que la lumière naturelle dans le centre d'exposition culturel n'est pas uniforme et varie d'un moment de la journée à un autre, les valeurs d'éclairage sont plus élevées à proximité des ouvertures avec la présence des taches solaires, ce qui provoque des problèmes d'éblouissement. Tandis que ces valeurs diminuent d'une manière graduelle à chaque fois nous rapprochant du centre de la salle. Les parties est et ouest de l'espace d'exposition sont plus ensoleillées (08h et 15h), car elles reçoivent des valeurs d'éclairage très élevées, à cause de l'utilisation des grandes surfaces vitrées à simple vitrage sans aucune protection solaire. En comparant les résultats d'éclairage obtenu lors des prises de mesures avec les valeurs recommandées pour un espace d'exposition, on

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

constate que la salle est bien éclairée mais il ne bénéficie pas de confort visuel car les valeurs enregistrées sont pas uniforme.

➤ Le hall du bloc d'architecture :

❖ 8h00 :

E_{max} : 2650 lux

E_{min} : 13 lux

A partir du la figure on remarque que le niveau d'éclairément est plus élevé près des ouvertures surtout côté est avec la présence des taches solaires, et un manque d'éclairément considérable dans le couloir qui accompagne le hall. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie. La valeur de l'éclairément est très élevée ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement

❖ 12h00 :

E_{max} : 6500 lux

E_{min} : 12 lux

La figure montre que les valeurs de l'éclairément sont élevées à proximité des ouvertures dans le côté est et sud, avec la présence des taches solaires dans le côté sud et absence d'éclairément dans le couloir qui articule le hall plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher moins grand par rapport aux résultats de 8h, avec un grand rapport profondeur/largeur.

❖ 15h00

E_{max} : 325 lux

E_{min} : 12 lux

La figure montre que le niveau d'éclairément est très bas par rapport aux autres heures de la journée mais qui reste élevé près des ouvertures dans le côté est et sud, plus on s'éloigne de l'ouverture plus la valeur de l'éclairément se démunie. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande.

Synthèse

Les résultats de prise des mesures in situ nous a permet d'identifier les différents problèmes liés à l'éclairage naturel dans notre cas d'étude. Les résultats de prise de mesures in situ pour la journée **13 mars 2023** montrent que la lumière naturelle dans le hall du bloc d'architecture n'est pas uniforme et varient d'un moment de la journée à un autre, les valeurs d'éclairément sont plus élevées à proximités des ouvertures avec la présence des taches solaires, ce qui provoque des problèmes d'éblouissement. Tandis que ces valeurs diminuent d'une manière graduelle à chaque fois nous rapprochant du couloir qui l'articule. Les parties est et ouest de l'espace d'exposition sont plus ensoleillées (08h et 15h), car elles reçoivent des valeurs d'éclairément très élevées, à cause de l'utilisation des grandes surfaces vitrées sans aucune protection solaire. En comparant les résultats d'éclairément obtenu lors des prises de mesures avec les valeurs recommandées pour un espace d'exposition, on constate que le hall est bien éclairée mais il ne bénéficie pas de confort visuel car les valeurs enregistrées sont pas uniforme.

Chapitre III : méthodologie et partie empirique

➤ Le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 :

❖ 8h00 :

E_{max} : 260 lux

E_{min} : 100 lux

A partir de la figure on remarque que le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures surtout côté est, et un manque d'éclairage du côté ouest. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se dégrade. La valeur de l'éclairage est très élevée juste à l'emplacement des ouvertures ce qui peut s'expliquer avec le type d'ouverture existant (ouvertures zénithales)

❖ 12h00 :

E_{max} : 348 lux

E_{min} : 101 lux

La figure montre que les valeurs de l'éclairage sont élevées à proximité des ouvertures dans le côté est et sud, plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se dégrade. Ce qui peut s'expliquer avec l'emplacement des ouvertures zénithales, avec un rapport surface vitrée/surface plancher moins grand par rapport aux résultats de 8h, avec un grand rapport profondeur/largeur.

❖ 15h00

E_{max} : 198 lux

E_{min} : 37 lux

La figure montre que le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans le côté est et sud, plus on s'éloigne de l'ouverture plus la valeur de l'éclairage se dégrade. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez petite.

Synthèse

Les résultats de prise des mesures in situ nous ont permis d'identifier les différents problèmes liés à l'éclairage naturel dans notre cas d'étude. Les résultats de prise de mesures in situ pour la journée **13 mars 2023** montrent que la lumière naturelle dans le hall d'exposition n'est pas uniforme et varie d'un moment de la journée à un autre, les valeurs d'éclairage sont plus élevées à proximité des ouvertures, Tandis que ces valeurs diminuent d'une manière graduelle à chaque fois que nous nous éloignons des ouvertures. Les parties est et ouest de l'espace d'exposition sont plus ensoleillées (08h et 12h), car elles reçoivent des valeurs d'éclairage très élevées, à cause de l'utilisation d'ouvertures zénithales à simple vitrage sans aucune protection solaire. En comparant les résultats d'éclairage obtenus lors des prises de mesures avec les valeurs recommandées pour un espace d'exposition, on constate que le hall n'est pas assez bien éclairé et ne bénéficie pas de confort visuel car les valeurs enregistrées sont pas uniforme.

Conclusion :

Dans cette section de notre recherche pratique, nous avons présenté deux études distinctes. La première s'est concentrée sur l'approche quantitative, abordant ainsi la composante empirique de notre travail et les résultats obtenus, suivis d'une simulation. La deuxième étude, quant à elle, a adopté une approche qualitative en utilisant une enquête par questionnaire pour confirmer et soutenir les hypothèses énoncées précédemment. Cette diversité méthodologique nous a permis d'obtenir une compréhension plus approfondie et nuancée du sujet, renforçant ainsi la validité de nos résultats

Chapitre IV :
Interprétation des résultats

Chapitre IV : interprétation des résultats

Introduction :

Le présent chapitre contient l'exposition des résultats obtenus lors de mise en œuvre des deux méthodes expliquées dans le chapitre précédent, une fois cette étape franchis, les résultats de l'enquête viendront se fusionner à ceux de la simulation pour faire une évaluation meilleure de nos cas d'études.

En comparant les résultats des simulations et les prises de mesure en situ nous constatant que les résultats sont presque identiques, ce qui nous permettra de valider les résultats des simulations et de les prendre en considération dans notre recherche

II. Présentation des résultats :

1. présentation et interprétation des résultats de la simulation :

- comparaison entre prise de mesure et simulation pour validation du choix du logiciel dia lux evo:

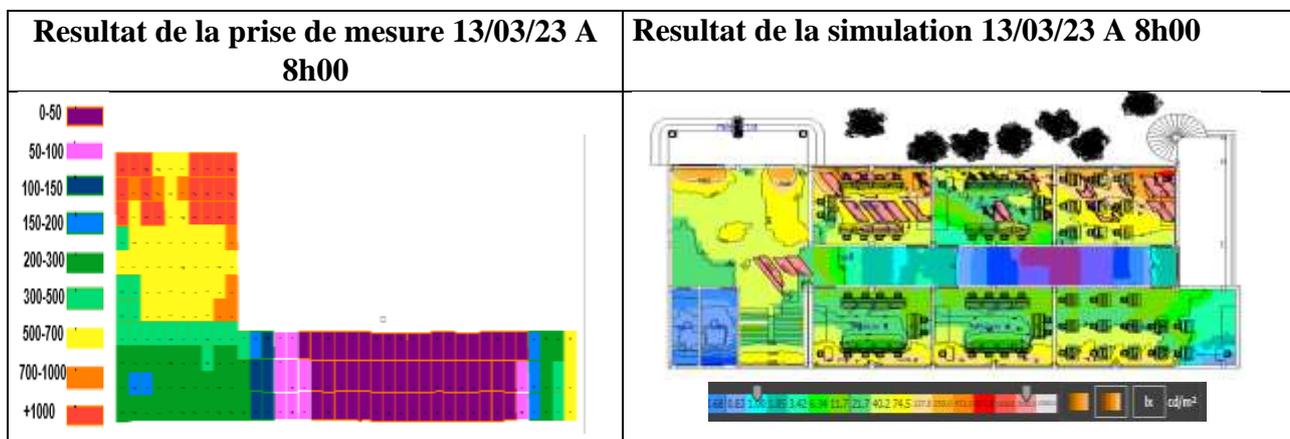


Tableau 4: comparaison des résultats obtenus le 13/03/23 A8h00. Auteur 2023

Nous avons effectué une simulation au même jour même heure 13 mars à 8h que la prise de mesure pour faire une comparaison des résultats obtenue dans le tableau ci-dessus, nous avons choisi un le même point dans chacun des résultats obtenue et nous avons effectué l'équation suivante :

Prise de mesure $x = 1408 \text{ lux} \longrightarrow 100\%$

La simulation $y = 1000$ donc $1408 - 1000 = 408 \text{ lux}$

$X' = 408 * 100 / 1408 = 28.97\%$

A partir de ce pourcentage nous pouvons dire que les valeurs des deux résultats obtenus sont assez proche donc nous pouvons valider l'utilisation de ce logiciel dia lux evo.

1.1. Résultats de simulation :

Heure/ date	8h00	12h00	16h00
Le corpus d'étude			
le 21 décembre 2022			
le 21 mars 2023			
le 21 juin 2023			

Tableau 5: résultats des simulations du centre d'exposition culturel effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023)

Chapitre IV : interprétation des résultats

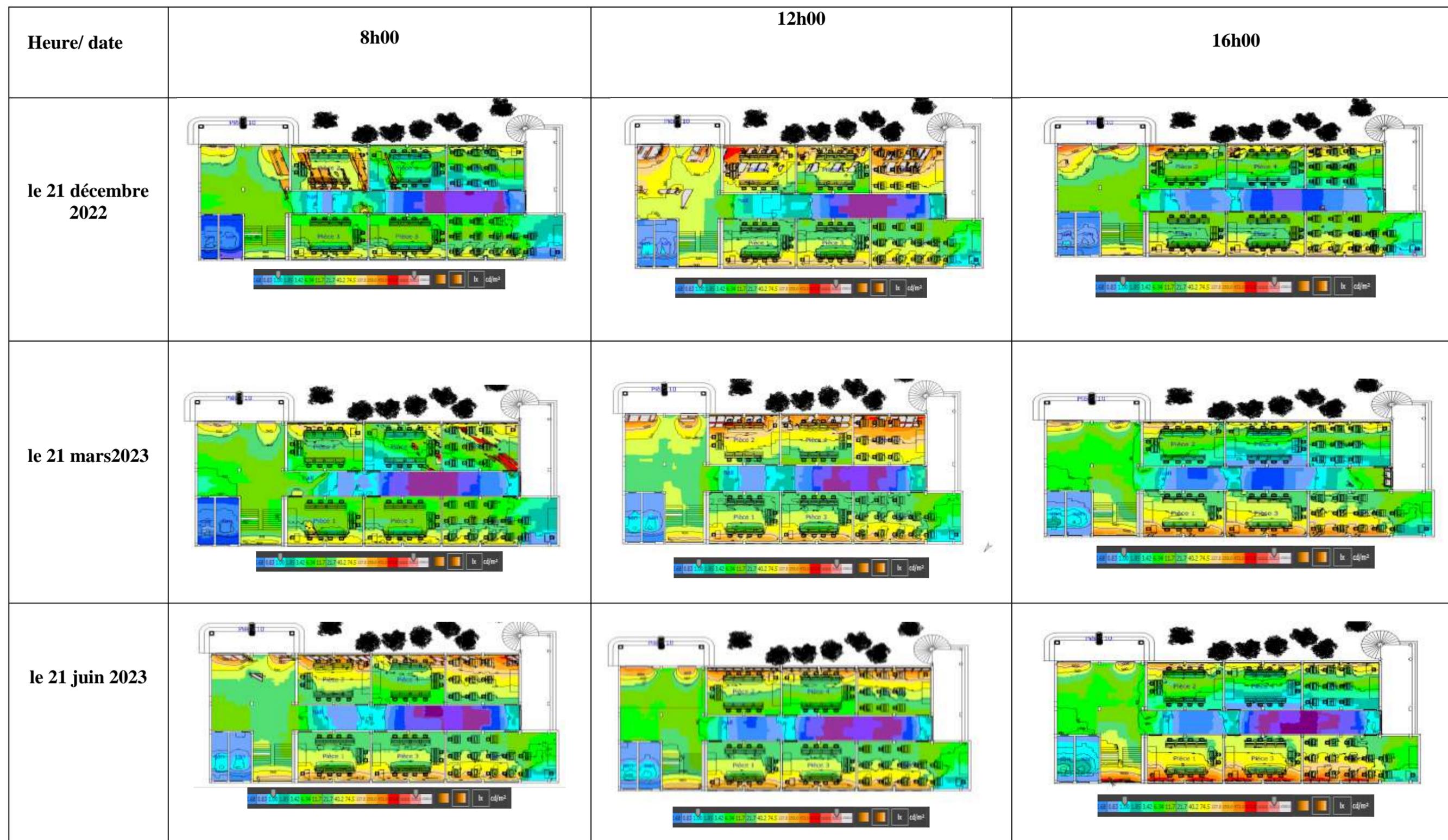


Tableau 6: résultats des simulations du hall d'architecture effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023)

Heure/ date	8h00	12h00	16h00
le 21 décembre 2022			
le 21 mars 2023			
le 21 juin 2023			

Tableau 7: résultats des simulations du hall d'exposition effectuées pour les trois moments les plus défavorables de l'année, dia lux, source: auteur (2023)

Chapitre IV : interprétation des résultats

1.2. Commentaires et interprétation des résultats simulation

➤ Résultat de simulation du centre culturel universitaire : (tableau 5)

21/12/2022 :

8h00 : Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est qui permet d'éclairer le côté nord, avec la présence des taches solaires au milieu de la salle. La valeur moyenne d'éclairage est de 75 lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent dans la salle, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grand.

12h00 : Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest, avec la présence de taches solaires dans les parties déjà citées. La valeur moyenne d'éclairage est de 482 lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent.

16h00 : Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans la partie est sud et ouest, présence de tache solaire du côté ouest et sud-ouest. La valeur moyenne d'éclairage est de 243 lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus l'éclairage diminue.

➤ Interprétation :

Les résultats de la simulation effectuée le 21 décembre montrent que les niveaux d'éclairage sont différents pour chaque moment de la journée.

La distribution de la lumière dans la salle d'exposition du centre culturel n'est pas uniforme, l'éclairage est élevé dans la partie exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairage diminuent en graduelle en raperchant à la partie centrale.

Les parties est, ouest et le sud de la salle sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairage élevées qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées à vitrage simple, La présence des taches solaires est remarquée dans la partie est de la salle à 08 :00.

Aussi la présence des taches solaires dans la partie sud (à midi) de la salle qui sont très intenses par rapport aux autres moments de la journée et cela dû à la hauteur du soleil qui se diffère d'un moment de l'année à un autre, puisque la hauteur du soleil est plus basse en hiver qu'aux autres saisons donc la lumière se pénètre plus en profondeur.

21/03/2023 :

8h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures surtout cotés est, présence de taches solaire sur la même partie. La valeur moyenne d'éclairage est de 85lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se diminue et manque d'éclairage sur la quasi moitié de la salle, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher moins grand.

12h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest, avec la présence des taches solaires dans le côté est et sud-ouest. 285 lux. Plus on s'éloigne des ouvertures plus les valeurs d'éclairage se baissent. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grande et un grand rapport profondeur/largeur

Chapitre IV : interprétation des résultats

16h00 : L'éclairage est représenté sous forme de rendu de fausse couleur. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures surtout côté ouest, et présence de tache solaire sur le même côté. La valeur moyenne d'éclairage est de 400lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement dans la partie ouest de la salle et manque d'éclairage dans la partie nord est.

➤ **Interprétation :**

On constate que les niveaux d'éclairages sont nettement différents pour les trois périodes de la journée.

Les résultats de la simulation effectuées le 21 mars montre que la distribution de la lumière dans la salle d'exposition n'est pas uniforme, l'éclairage est excessif dans la partie exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairage diminuent en graduelle en raperchant de la partie supérieure de la salle.

Les parties est et ouest et sud de salle sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairage élevés qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées à vitrage simple, contrairement à la quasi moitié du côté nord qui est presque pas éclairer. La présence des taches solaires est remarquée dans la partie est et sud-ouest et l'ouest de la salle dans plusieurs créneau de la journée.

21/06/2023 :

8h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est, sud et ouest, avec la présence des taches solaires dans le côté central et du côté nord de la salle. La valeur moyenne d'éclairage est de 168lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grand.

12 :00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest, avec la présence de quelques taches solaires dans la partie déjà citée. La valeur moyenne d'éclairage est de 271lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grand par rapport aux résultats de la simulation à 09h et un grand rapport profondeur/largeur.

16h00 :L'éclairage est représenté sous forme de rendu de fausse couleur. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans la partie sud et ouest avec la présence des taches solaires dans la partie ouest de la salle d'exposition, La valeur moyenne d'éclairage est de 352lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus l'éclairage démunie, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement.

➤ **Interprétation :**

Les résultats de la simulation effectuée le 21 juin montrent que la distribution de la lumière dans la salle du centre culturel n'est pas uniforme, l'éclairage est élevé dans la partie

Chapitre IV : interprétation des résultats

exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairement diminuent en raperchant à la partie centrale ainsi que la partie nord.

Les parties est et ouest de la salle d'exposition sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairement très élevés par rapport aux autre coté qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées à simple vitrage sans aucune protection solaire.

La présence des taches solaires est très remarquée dans la partie est et ouest de la salle par contre dans la partie sud est presque nulle par rapport au 21 mars et cela dû à la hauteur du soleil qui se diffère d'un moment de l'année à un autre, puisque la hauteur du soleil est plus élevée en été qu'en printemps.

➤ **Résultat de simulation du hall du bloc d'architecture: (tableau 6)**

21/12/2022

8h00 : Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est, avec la présence des taches solaires toujours près des ouvertures (2000lux). La valeur moyenne d'éclairement est de 500lux Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent dans le hall du bloc d'architecture, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grand.

12h00 : Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures (entre 1000 lux et 2000 lux) dans les côtés est et ouest, avec la présence de plusieurs taches solaires dans la partie sud est et la valeur moyenne d'éclairement est de 1000lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent.

16h00 : Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans la partie est, sud et ouest, manque d'éclairement au milieu du couloir rattacher au hall. La valeur moyenne d'éclairement est de 300lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie.

➤ **Interprétation :**

Les résultats de la simulation effectuée le 21 décembre montrent que les niveaux d'éclairement sont différents pour chaque moment de la journée,

La distribution de la lumière dans le hall d'exposition du bloc d'architecture n'est pas uniforme, l'éclairement est élevé dans la partie exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairement diminuent en graduelle en raperchant à la partie centrale (couloir).

Les parties est et ouest de hall sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairement élevés qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées à vitrage teinté, ce qui diminue l'intensité lumineuse de hall. Par contre la partie sud reçoit moins de lumière naturelle et cela dû manque d'ouvertures pour éclairer le couloir

La présence des taches solaires est remarquée dans la partie est du hall.

Chapitre IV : interprétation des résultats

Aussi la présence des taches solaires dans la partie sud (à midi) du hall qui sont très intenses par rapport aux autres moments de la journée et cela dû à la hauteur du soleil qui se diffère d'un moment de l'année à un autre, puisque la hauteur du soleil est plus basse en hiver qu'aux autres saisons donc la lumière se pénètre plus en profondeur.

21/03/2023 :

8h00 : L'éclairement est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures surtout cotées est 1421 lux en moyenne, plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande.

12h00 : L'éclairement est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs et courbes. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest (5600lux), avec la présence des taches solaires dans le côté est et sud. Plus on s'éloigne de plus les valeurs d'éclairement se baissent. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grande par rapport aux premiers résultats et un grand rapport profondeur/largeur.

16h00 : L'éclairement est représenté sous forme de courbe et de rendu de fausse couleur. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures surtout côté ouest, et présence de tache solaire au fond du couloir vers l'ouverture. La valeur moyenne d'éclairement est de 710lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement.

➤ **Interprétation :**

On constate que les niveaux d'éclairéments sont nettement différents pour les trois périodes de la journée.

Les résultats de la simulation effectuées le 21 mars montre que la distribution de la lumière dans le hall d'exposition n'est pas uniforme, l'éclairement est excessif dans la partie exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairement diminuent en graduelle en raperchant à la partie.

Les parties est et ouest du hall sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairement élevés qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées à vitrage teinté. Par contre la partie sud reçoit moins de lumière naturelle et cela dû à l'utilisation des ouvertures verticales à une petite largeur.

La présence des taches solaires est remarquée dans la partie est et sud est du hall par contre dans la partie sud-ouest presque nulle.

21/06/2023 :

8h00 : L'éclairement est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs et courbes. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures (5800lux en moyenne) dans les côtés

Chapitre IV : interprétation des résultats

est, sud et ouest, avec la présence des taches solaires dans le côté est. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grand.

12h00 : L'éclairement est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs et courbes. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest, La valeur moyenne d'éclairement est de 450lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grand par rapport aux résultats de la simulation à 08h et un grand rapport profondeur/largeur.

à16 :00 :L'éclairement est représenté sous forme de courbe. Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans la partie est, sud et ouest avec l'absence des taches solaires. La valeur moyenne d'éclairement est de 500lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et la présence de l'éblouissement au niveau de l'entrée du hall.

➤ **Interprétation :**

Les résultats de la simulation effectuée le 21 juin montrent que la distribution de la lumière dans le hall du bloc d'architecture n'est pas uniforme, l'éclairement est élevé dans la partie exposée aux rayonnements latéraux directs (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairement diminuent en raperchant à la partie centrale.

Les parties est et ouest du hall d'exposition sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairement très élevés qui sont dû à l'utilisation des grandes surfaces vitrées sans aucune protection solaire. Par contre la partie sud reçoit moins de lumière naturelle et cela dû à l'utilisation des ouvertures verticales à une petite largeur. La présence des taches solaires est remarquée dans la partie est du hall par contre dans la partie sud et l'ouest est presque nulle par rapport au 21 mars et cela dû à la hauteur du soleil qui se diffère d'un moment de l'année à un autre, puisque la hauteur du soleil est plus élevée en été qu'en printemps.

➤ **Résultat de simulation du hall exposition: (tableau 7)**

21/12/2022:

8h00 : Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures zénithales dans les côtés est qui permet d'éclairer le côté ouest et qui permettent d'éclairer les deux petits halls entre les amphithéâtres. La valeur moyenne d'éclairement est de 30lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent dans le hall, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez petit

12h00 : Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest, avec l'absence de taches solaires. La valeur moyenne d'éclairement est de 300lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairement se baissent. L'éclairement se propage et éclaire la quasi-totalité du hall.

16h00: Le niveau d'éclairement est plus élevé près des ouvertures dans la partie est et ouest, présence de tache solaire du côté ouest et sud-ouest. 75 lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus l'éclairement démunie.

➤ **Interprétation :**

Chapitre IV : interprétation des résultats

Les résultats de la simulation effectuée le 21 décembre montrent que les niveaux d'éclairage sont différents pour chaque moment de la journée.

La distribution de la lumière dans le hall d'exposition n'est pas uniforme, l'éclairage est élevé dans la partie exposée aux rayonnements zénithaux. Par contre les valeurs de l'éclairage diminuent en graduelle en raperchant des deux petits halls.

Les parties est, ouest et le sud du hall sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairage élevés qui sont dû à l'utilisation aux ouvertures zénithales mais qui sont pas assez satisfaisantes.

21/03/2023:

8h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures zénithales surtout cotés est. La valeur moyenne d'éclairage est de 50lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie et manque d'éclairage sur les deux petits halls, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher moins grand.

12h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest. La valeur moyenne d'éclairage est de 137lux. Plus on s'éloigne des ouvertures zénithales plus les valeurs d'éclairage se baissent. Ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grande et un grand rapport profondeur/largeur

16h00 : L'éclairage est représenté sous forme de rendu de fausse couleur. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures surtout côté ouest. La valeur moyenne d'éclairage est de 150lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus il se démunie, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher assez grande et manque d'éclairage dans les deux petits halls

➤ **Interprétation :**

On constate que les niveaux d'éclairages sont nettement différents pour les trois périodes de la journée.

Les résultats de la simulation effectuées le 21 mars montre que la distribution de la lumière dans la salle d'exposition n'est pas uniforme, l'éclairage est excessif dans la partie exposée aux rayonnements zénithaux (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairage diminuent en graduelle en raperchant des deux petits halls et on s'éloignant de l'ouverture.

Les parties est et ouest et sud de salle sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairage élevés qui sont dû à l'utilisation des ouvertures zénithales.

21/06/2023:

8h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est, sud et ouest. 100lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent.

Chapitre IV : interprétation des résultats

12h00 : L'éclairage est représenté sous forme d'un rendu de fausses couleurs. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures dans les côtés est et ouest. La valeur moyenne d'éclairage est de 150lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus les valeurs d'éclairage se baissent, ce qui peut s'expliquer par un rapport surface vitrée/surface plancher est moins grand par rapport aux résultats de la simulation à 08h et un grand rapport profondeur/largeur.

16h00 : L'éclairage est représenté sous forme de rendu de fausse couleur. Le niveau d'éclairage est plus élevé près des ouvertures zénithales dans la partie ouest. La valeur moyenne d'éclairage est de 120lux. Plus on s'éloigne de l'ouverture plus l'éclairage diminue, la présence de l'éblouissement.

➤ **Interprétation :**

Les résultats de la simulation effectuée le 21 juin montrent que la distribution de la lumière dans le hall d'exposition n'est pas uniforme, l'éclairage est élevé dans la partie exposée aux rayonnements zénithaux (à proximité des ouvertures) qui provoque un problème d'éblouissement. Par contre les valeurs de l'éclairage diminuent en graduelle en s'éloignant des ouvertures.

Les parties est et ouest de du hall sont plus ensoleillées, avec des valeurs d'éclairage très élevés par rapport aux autre coté qui sont dû à l'utilisation des ouvertures zénithales simple vitrage.

L'intensité lumineuse est plus grande par rapport au 21 mars et cela dû à la hauteur du soleil qui se diffère d'un moment de l'année à un autre, puisque la hauteur du soleil est plus élevée en été qu'en printemps.

2. Résultats et interprétation du questionnaire : lecture :

Dans cette section, nous présentons l'analyse des réponses des utilisateurs des espaces d'exposition qui ont participé à l'enquête par questionnaire. Trente personnes ont été sondées, avec une répartition de 66,7% de femmes et 33,3% d'hommes, et une diversité d'âges.

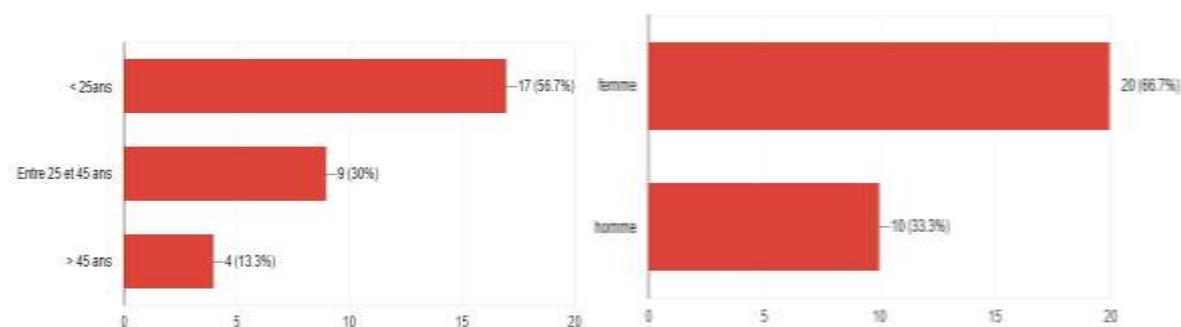


Figure 47: Représentation du sexe et de l'âge (source : <https://docs.google.com/forms>)

❖ **La satisfaction du niveau de confort visuel dans l'espace d'exposition**

Chapitre IV : interprétation des résultats

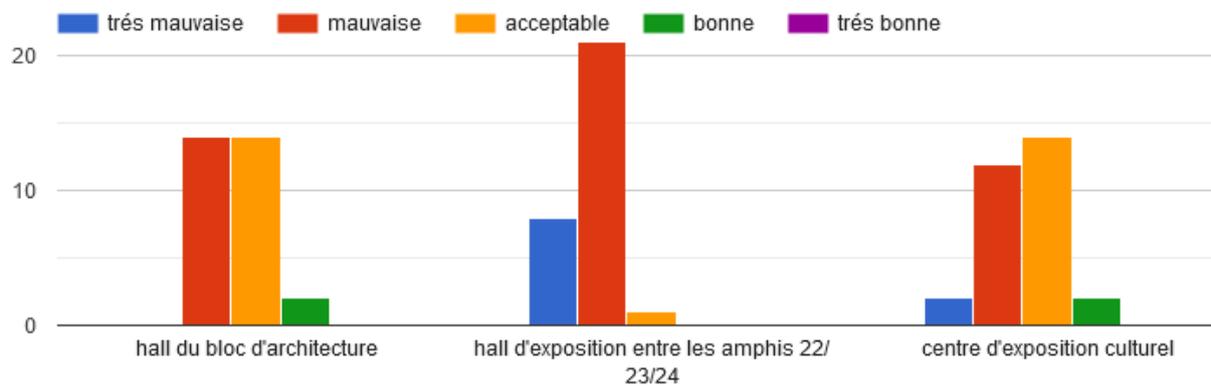


Figure 48:Le niveau du confort visuel (source : <https://docs.google.com/forms>)

Ce graphe montre la satisfaction de l'utilisateur sur le confort visuel :

Le hall du bloc d'architecture : Les résultats de notre enquête montrent que la satisfaction de l'utilisateur en matière de confort visuel varie d'une personne à l'autre. En effet, 46% des répondants ont estimé que le confort visuel était mauvais, tandis que 46% l'ont jugé acceptable et seulement 8% l'ont considéré comme bon.

Le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 :

La perception du confort visuel varie d'un usager à l'autre. Selon les résultats, la majorité des usagers (70%) considère que le confort visuel est mauvais, dont 26% le trouvent même très mauvais, tandis que seulement 4% le trouvent acceptable.

Le centre d'exposition culturel :

Les usagers ont une évaluation subjective du confort visuel qui varie d'une personne à une autre. Selon notre enquête, la majorité des usagers (47%) trouvent que le confort visuel est acceptable, tandis que 40% le trouvent mauvais. En outre, 7% l'ont évalué comme étant très mauvais et 6% l'ont évalué comme étant bon. Il est important de noter que cette évaluation subjective dépend de plusieurs paramètres tels que l'âge de l'utilisateur et l'ambiance souhaitée dans l'espace d'exposition.

❖ L'uniformité de la lumière naturelle

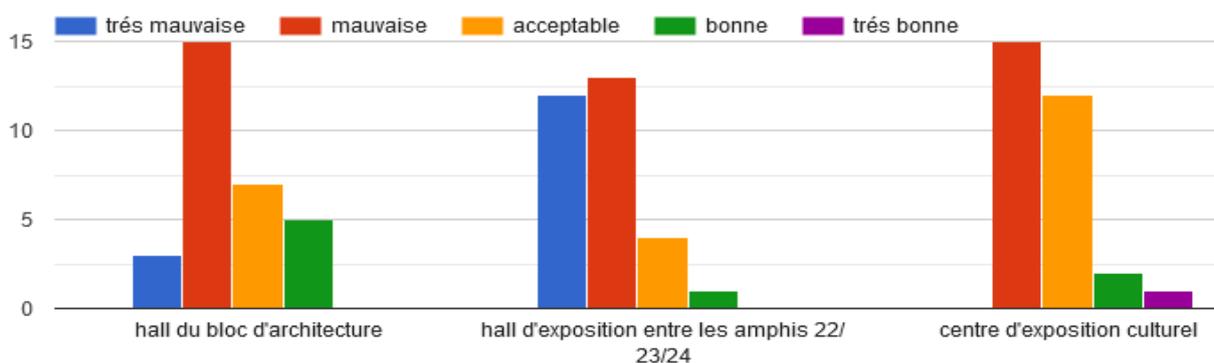


Figure 49:L'uniformité de la lumière naturelle (source : <https://docs.google.com/forms>)

Chapitre IV : interprétation des résultats

Le graphe suivant étudie l'uniformité de la lumière naturelle dans les espaces d'exposition suivants :

Le hall du bloc d'architecture :

Il est remarquable que la satisfaction des visiteurs en ce qui concerne l'uniformité de la lumière naturelle diffère en fonction des zones d'exposition. Dans l'ensemble, 50% des visiteurs considèrent l'uniformité de la lumière naturelle comme mauvaise, tandis que 16,6% la considèrent bonne et 10% comme très mauvaise.

Dans le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 :

40% des visiteurs considèrent l'uniformité de la lumière naturelle comme très mauvaise, 43,3% la considèrent mauvaise, 13,3% la considèrent acceptable et 3% la considèrent bonne.

En ce qui concerne le **centre d'exposition culturel**, 50% des visiteurs considèrent l'uniformité de la lumière naturelle comme mauvaise, 40% la considèrent acceptable, 6,6% comme bonne et 3,3% la considèrent très bonne. Il convient de noter que l'évaluation de l'uniformité de la lumière naturelle dépend de l'emplacement de la personne dans l'espace d'exposition et de ses préférences personnelles.

❖ La présence de la lumière naturelle dans l'espace d'exposition

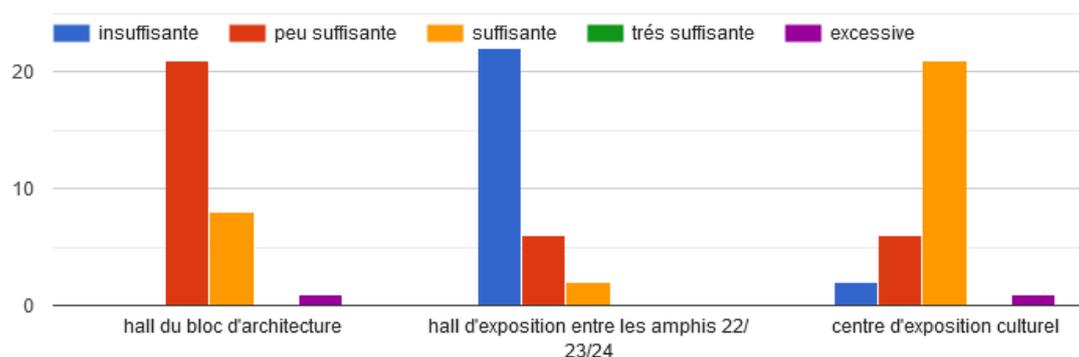


Figure 50: La présence de la lumière naturelle dans l'espace d'exposition (source : <https://docs.google.com/forms>)

Ce graphe montre la présence de la lumière naturelle dans l'espace d'exposition du musée :

Dans le hall du bloc d'architecture, la majorité des usagers (70%) trouve que la présence de la lumière naturelle est peu suffisante en raison de la quantité de lumière présente dans l'espace, tandis que 26,6% la considère suffisante et 3,3% la voit comme excessive, comme l'illustre le graphe.

Dans le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24, le graphe montre que 73,3% des usagers estiment que la présence de la lumière naturelle est insuffisante en raison de la quantité de lumière présente dans l'espace, tandis que 20% la considère peu suffisante et 6,6% la voit comme suffisante.

Chapitre IV : interprétation des résultats

Enfin, dans le centre d'exposition culturel, la présence de larges fenêtres permet la pénétration de la lumière naturelle et la majorité des usagers (70%) trouve que la présence de la lumière naturelle est suffisante. Cependant, 20% la considère peu suffisante, 6,6% la voit comme insuffisante et 3,3% comme excessive, comme indiqué dans le graphe

❖ La présence des rayons solaires directs

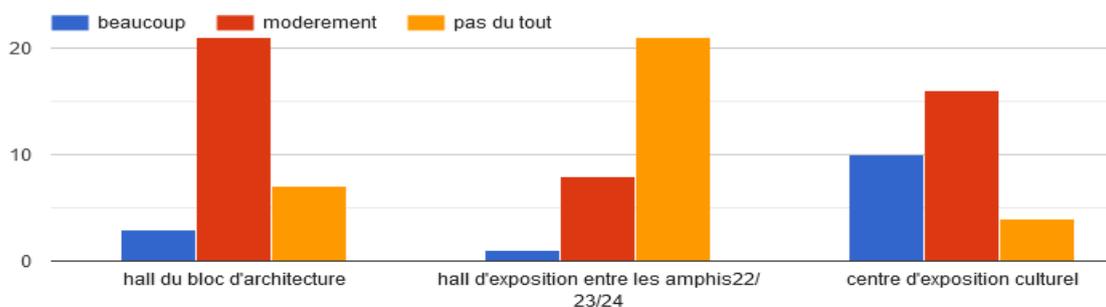


Figure 51: La présence des rayons solaires directs (source : <https://docs.google.com/forms>)

Le graphe suivant montre si le visiteur est gêné par la présence des rayons solaires directs lors de sa visite des espaces d'exposition :

Les graphes montrent que la gêne causée par la présence des rayons solaires directs pendant la visite de l'espace d'exposition varie selon l'emplacement.

Dans le hall du bloc d'architecture, 70% des visiteurs ont été modérément gênés.

Tandis que dans le hall d'exposition, seulement 26,6% ont été modérément gênés et 70% n'ont pas été gênés du tout.

Dans le centre d'exposition culturel, 53,3% ont été modérément gênés et 33,3% n'ont pas été gênés, mais 13,3% ont évalué la présence des rayons solaires comme étant beaucoup trop forte. La gêne causée par la présence des rayons solaires dépend de l'heure de la visite et de la position du soleil dans le ciel

❖ Les sources d'éblouissement

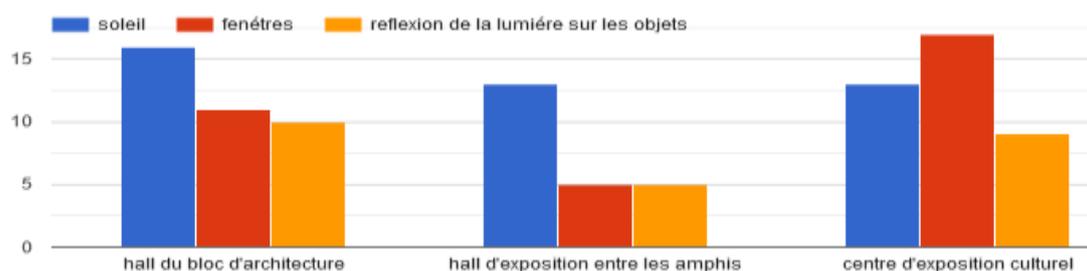


Figure 52: Les sources d'éblouissement (source : <https://docs.google.com/forms>)

Le graphe suivant montre les sources d'éblouissement qui gênent le visiteur lors de sa visite des espaces d'exposition :

Dans le hall du bloc d'architecture, il a été observé que 53,3% des visiteurs sont gênés par une source d'éblouissement due à la disposition des fenêtres vitrées orientées vers l'est et le sud.

Chapitre IV : interprétation des résultats

Dans le hall d'exposition, 43.3% des visiteurs font face à une source d'éblouissement en raison de la disposition des fenêtres vitrées zénithales orientées vers le sud. Quant au centre d'exposition culturel, le graphe montre que 56.6% des visiteurs rencontrent une source d'éblouissement en raison de la disposition des fenêtres vitrées orientées vers l'est et le sud.

❖ Les taches solaires et ombres gênantes

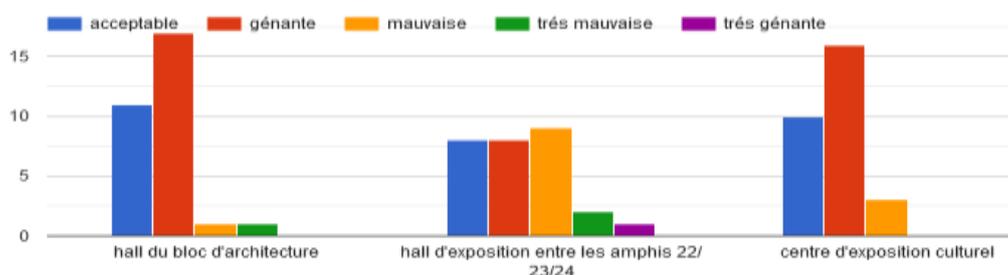


Figure 53: Les taches solaires (source : <https://docs.google.com/forms>)

Dans le hall du bloc d'architecture, plus de la moitié des visiteurs (56,6 %) ont considéré la présence des taches solaires comme gênante, et 60 % ont remarqué la présence d'ombres gênantes causées par les objets exposés, en fonction de l'heure de la visite et de la trajectoire solaire. La façade sud-est ne dispose d'aucune protection solaire.

Dans le hall d'exposition, 30 % des visiteurs ont également trouvé la présence des taches solaires mauvaise, et la moitié des usagers ont remarqué des ombres gênantes causées par les visiteurs et les objets exposés, en fonction de l'heure de la visite, de la trajectoire solaire et du type d'ouverture utilisé.

Au centre d'exposition culturel, plus de la moitié des visiteurs (53,3 %) ont évalué la présence des taches solaires comme gênante, et 63,3 % ont remarqué des ombres gênantes causées par les objets exposés, en fonction de l'heure de la visite et de la trajectoire solaire. La façade sud-est n'a pas de protection solaire. La plupart des personnes ayant répondu affirmativement à la question sur la présence d'ombres gênantes ont cité les ombres des objets exposés comme source, en raison de la réflexion de la lumière du sud sur les objets.

❖ Le besoin en protection solaire et la fatigue visuelle

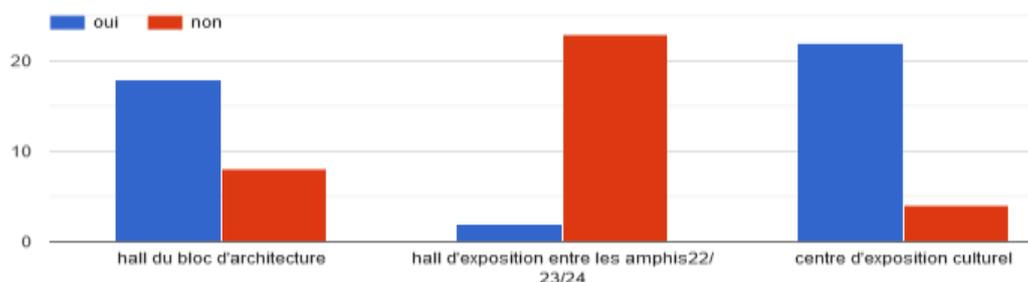


Figure 54: Le besoin en protection solaire (source : <https://docs.google.com/forms>)

Chapitre IV : interprétation des résultats

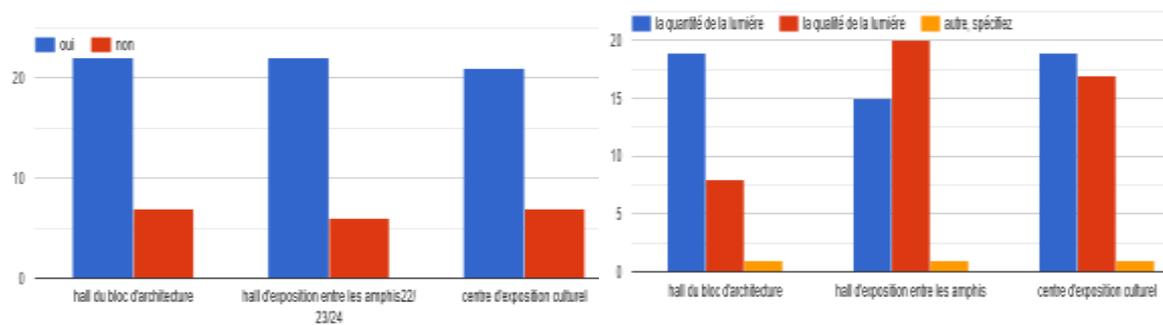


Figure 55: les causes de la fatigue visuelle (source : <https://docs.google.com/forms>)

Les graphes suivants montrent le besoin en protection solaires et la fatigue visuelle :

Le hall du bloc d'architecture: Les résultats des enquêtes montrent que 66.6% des visiteurs ne nécessitent pas de protection solaire tandis que 33.3% en ont besoin, en raison de l'orientation sud et est sans protection solaire. 76.6% des usagers éprouvent une fatigue visuelle, probablement en raison de la quantité de lumière naturelle dans l'espace, et cela dépend de l'âge de la personne, de l'heure de la visite et de la position du soleil. Les graphes montrent également que 23.4% des usagers ne ressentent pas de fatigue visuelle.

Le hall d'exposition: Les résultats des enquêtes montrent que 73.3% des visiteurs n'ont pas besoin de protection solaire tandis que 23.7% en ont besoin, ce qui dépend du choix du type d'ouverture. 80% des usagers ressentent une fatigue visuelle, probablement en raison de la qualité de la lumière naturelle dans l'espace. Les graphes montrent également que 20% des usagers ne ressentent pas de fatigue visuelle.

Le centre d'exposition culturel: Les résultats des enquêtes montrent que 73.3% des visiteurs ont besoin de protection solaire tandis que 26.7% en ont besoin, en raison de l'orientation sud et est et de la présence de plusieurs ouvertures assez grandes pour faire pénétrer un excès de lumière. 80% des usagers ressentent une fatigue visuelle, probablement en raison de la quantité et de la qualité de la lumière naturelle dans l'espace, qui dépendent de l'âge de la personne, de l'heure de la visite et de la position du soleil. Les graphes montrent également que 20% des usagers ne ressentent pas de fatigue visuelle.

❖ La présence d'un objet qui gêne la pénétration de la lumière naturelle

Le hall du bloc d'architecture : Selon le graphique ci-dessous, 60% des visiteurs ont signalé qu'un objet perturbait la pénétration de la lumière naturelle, tandis que 40% n'ont pas fait cette observation. Les répondants qui ont affirmé que cet objet était un obstacle ont indiqué que les constructions voisines et les types de vitrages utilisés en étaient la cause.

Le hall d'exposition : D'après le graphique, 76,6% des visiteurs ont remarqué un objet qui entravait la pénétration de la lumière naturelle, tandis que 23,4% n'en ont pas remarqué. Les répondants qui ont signalé un objet ont précisé qu'il était dû à l'absence de lumière entre les amphithéâtres 22/23/24.

Le centre d'exposition culturel : Selon le graphique, 53,3% des visiteurs ont remarqué un objet qui gêne la pénétration de la lumière naturelle, tandis que 46,7% ne l'ont pas remarqué. Les

Chapitre IV : interprétation des résultats

répondants qui ont signalé un objet ont expliqué que les constructions environnantes et les types de fenêtres utilisées en étaient la cause.

❖ Le choix de la couleur de carrelage et la texture

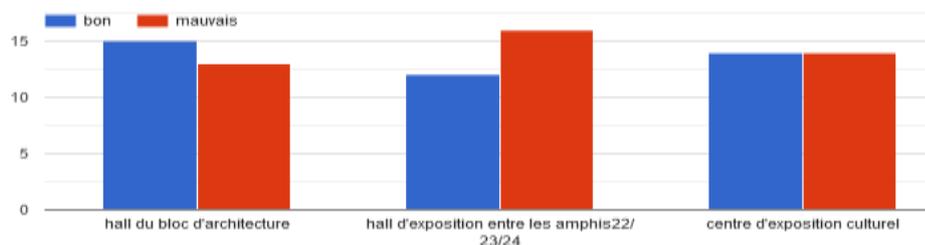


Figure 56: graphe du choix de couleur et texture (source : <https://docs.google.com/forms>)

Hall du bloc d'architecture : D'après le graphe, 56,6 % des visiteurs ont évalué la couleur comme étant bonne, tandis que 43,4 % la trouvent mauvaise. La majorité des usagers (56,6 %) considère que la couleur claire utilisée offre une certaine continuité et intégration pour les visiteurs, tout en évitant l'utilisation d'éclairage artificiel.

Hall d'exposition : Le graphe montre que 76,6 % des visiteurs ont évalué la couleur comme étant mauvaise, tandis que 23,4 % la trouvent bonne. Selon 60 % des usagers, la couleur ne donne pas vie à l'espace, avec des textures pâles qui ne conviennent pas à la fonction d'exposition de l'espace.

Centre d'exposition culturel : Le graphe montre que 50 % des visiteurs ont évalué la couleur comme étant bonne, tandis que 50 % la trouvent mauvaise. Une moitié des usagers trouve que la couleur claire du carrelage apporte de la lumière et permet une bonne visualisation des objets exposés, tout en donnant une simplicité à l'espace. L'autre moitié considère que la couleur claire peut causer un inconfort visuel, avec des réflexions lumineuses parfois gênantes.

❖ Le choix de la couleur des murs

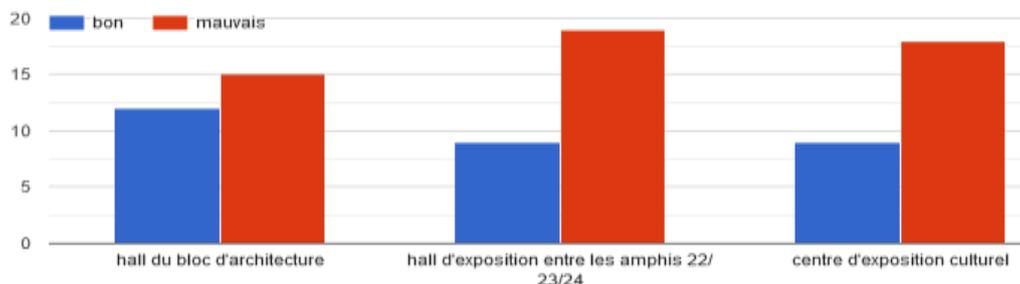


Figure 57: graphe du choix de couleur du mur (source : <https://docs.google.com/forms>)

Dans le hall du bloc d'architecture, le graphique montre que la majorité des visiteurs n'apprécient pas la couleur claire des murs. En effet, 56,6% des visiteurs considèrent que la couleur des murs est trop sombre et ne convient pas à la fonction de l'espace.

Chapitre IV : interprétation des résultats

De même, dans le hall d'exposition, le graphique indique que 66,6% des visiteurs n'apprécient pas la couleur claire des murs car elle ne met pas en valeur l'espace ni les objets exposés.

Enfin, dans le centre d'exposition culturel, le graphique montre que 60% des visiteurs n'apprécient pas la couleur claire des murs car elle donne trop de lumière à l'espace d'exposition, ce qui rend la visualisation des objets exposés difficile. Les visiteurs ressentent un inconfort visuel car les espaces d'exposition reçoivent une lumière non homogène et insuffisante avec des taches solaires acceptables et peu acceptables. La texture des murs et du carrelage affecte directement le confort visuel et la perception des objets exposés. Il s'agit d'une sensation subjective qui dépend de chaque individu et de la manière dont il est affecté par les aspects de son environnement lumineux.

IV.2. correspondance des résultats entre la simulation, la prise de mesure et l'enquête :

Une correspondance a été faite entre les résultats de prises de mesure, les résultats de la simulation et les résultats obtenus lors de l'enquête effectuée auprès des usagers des trois espaces d'exposition déjà cités au-dessus en prenant en considération la même période de prise de mesure dans l'heure la plus défavorable (12h00).

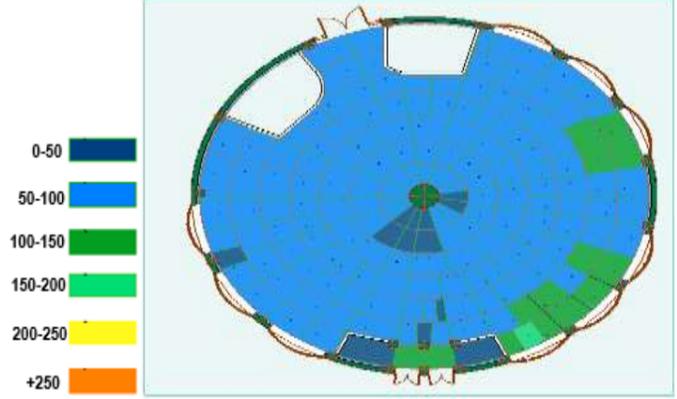
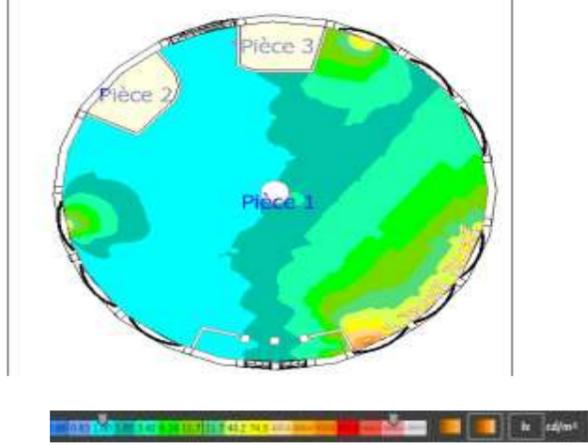
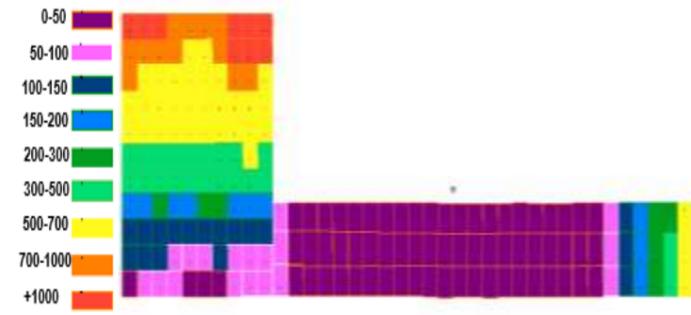
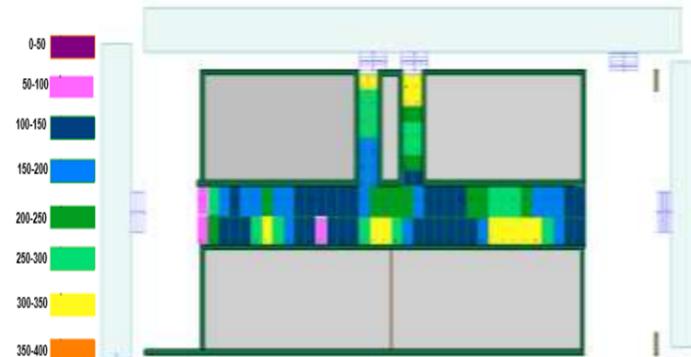
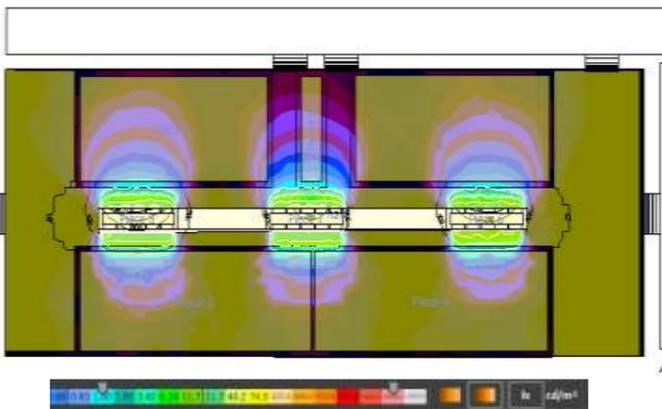
Le corpus d'étude	Résultat de prise de mesure 12h00	Résultat de simulation 12h00	Résultat de l'enquête
<p>Centre culturel universitaire targa ouzemmour</p> 			<ul style="list-style-type: none"> • le non satisfaction au niveau du confort visuel. • manque d'uniformité de l'intensité lumineuse.
<p>le bloc d'architecture de campus universitaire targa ouzemmour :</p> 			<ul style="list-style-type: none"> • le non satisfaction au niveau du confort visuel. • manque d'uniformité de l'intensité lumineuse. • présence de taches solaire gênantes.
<p>Le hall d'exposition de targa ouzemmour</p> 			<ul style="list-style-type: none"> • le non satisfaction au niveau du confort visuel. • manque d'uniformité de l'intensité lumineuse. • obscurité au niveau du hall.

Tableau 8: tableau de correspondance des résultats de prise de mesure avec les résultats de la simulation et de l'enquête, source auteur (2023)

Chapitre IV : interprétation des résultats

La correspondance entre les résultats des simulations numériques et les résultats des prises de mesure et l'enquête effectuée (tableau8) auprès des usagers des trois cas d'études nous permet de déduire que la répartition de la lumière naturelle n'est pas uniforme durant toute l'année sachant que :

Dans le cas du hall du bloc d'architecture la lumière est excessivement forte sur le côté est et sud contrairement aux autres orientations et on constate que l'extension du hall (couloir entre les ateliers) est quasiment sombre et obscure. Et on remarque la présence des taches solaires à l'entrée du hall qui très remarquable à cause de l'emploi des grandes surfaces vitrés surtout sur la façade est, ce qui provoque des problèmes tel que l'éblouissement et la fatigue visuelle à cause de la quantité de lumière très élevée qui pénètre par les ouvertures et du décalage de l'intensité de lumière dans l'espace d'exposition. Les trois résultats nous permettent de confirmer que la lumière n'est pas uniforme dans l'ensemble de l'espace de d'exposition, d'où un éclairage très élevé à proximité des ouvertures tandis que les valeurs d'éclairage se baissent à chaque fois que nous nous éloignons des ouvertures, ce qui entraîne une contrainte au niveau du parcours d'exposition et perturbe la perception de l'utilisateur.

Dans le cas du hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 on constate que soit au niveau de la simulation soit au niveau de la prise de mesure soit l'enquête que l'espace manque suffisamment de lumière à cause des constructions adjacentes et du choix des ouvertures zénithales qui sont pas assez large pour faire pénétrer la lumière ceux qui entraîne une fatigue visuelle et un inconfort pour l'utilisateur de ce hall et entraîne une mauvaise perception du parcours d'exposition.

Dans le cas du centre d'exposition culturel : on effectuant la comparaison entre la simulation numérique, les prises de mesure et l'enquête on constate que l'espace est suffisamment éclairé et on remarque la présence des taches solaire près des ouvertures latérales ce qui provoque un éblouissement des usagers et une fatigue visuelle à cause de la quantité de lumière pénétrée par les ouvertures. Les trois résultats nous permettent de confirmer que la lumière n'est pas uniforme dans l'ensemble de l'espace de d'exposition, d'où un éclairage très élevé à proximité des ouvertures tandis que les valeurs d'éclairage se baissent à chaque fois que nous nous éloignons des ouvertures, ce qui entraîne une contrainte au niveau du parcours d'exposition et perturbe la perception de l'utilisateur.

Recommandation spécifiques :

Lorsqu'on conçoit un dispositif pour assurer un éclairage naturel dans des espaces d'exposition, il est important de prendre en compte la qualité et la quantité de lumière nécessaires pour assurer un confort visuel optimal et guider les visiteurs dans le parcours proposé. Dans les cas d'étude examinés, il est nécessaire de revoir les ouvertures en termes de types, de positions et d'orientations, tout en tenant compte du parcours proposé et du parcours effectivement suivi par les visiteurs.

Dans notre recherche nous avons pris le cas d'étude le plus défavorable d'après les résultats obtenus par la simulation, la prise de mesure et l'enquête afin de proposer une solution pour une pénétration de la lumière et obtention d'un confort visuel approprié.

Chapitre IV : interprétation des résultats

Intervention sur le cas d'étude : le hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24 :

Après réflexion nous avons proposé une solution pour y remédier au problème d'éclairage au niveau du hall d'exposition qui est la suivante :

- Laisser le lanternon existant et l'ouvrir sur deux cotés et placé une verrière sur le toit.

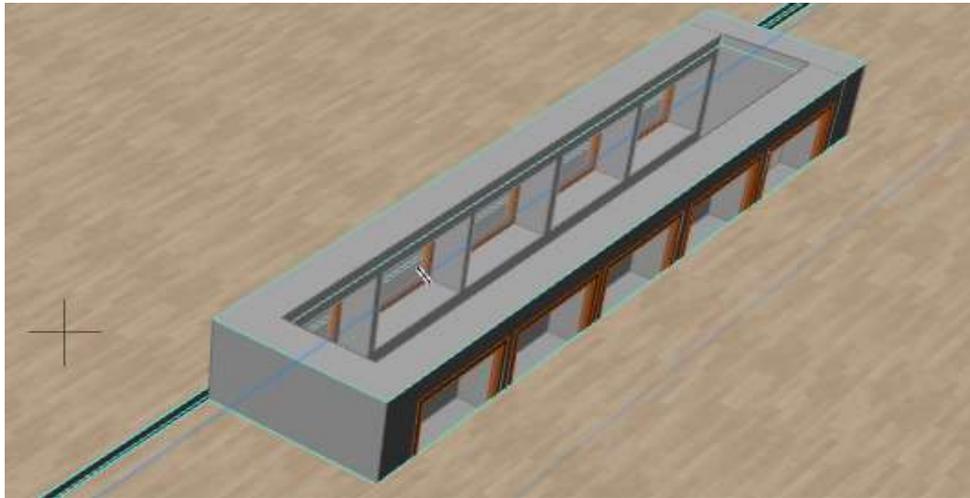


Figure 58: ouverture zénithale utilisée comme correction sur le toit du hall d'exposition, source: archicad22, auteur (2023)

Nous avons refait la simulation du hall d'exposition dans la période la plus défavorable 21 décembre da des heures significatives : 8h00/ 12h00/ 16h00, et nous avons obtenu ce qui suit :

Chapitre IV : interprétation des résultats

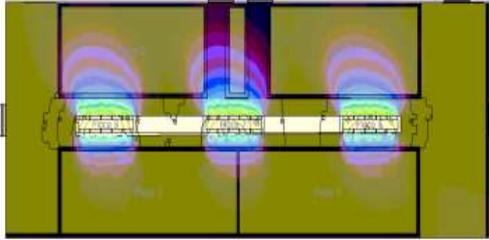
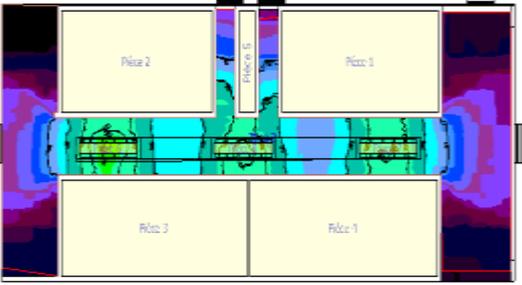
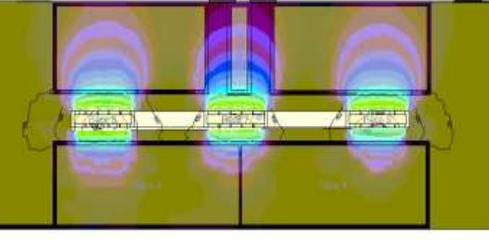
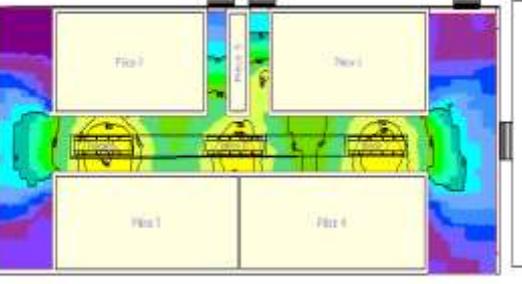
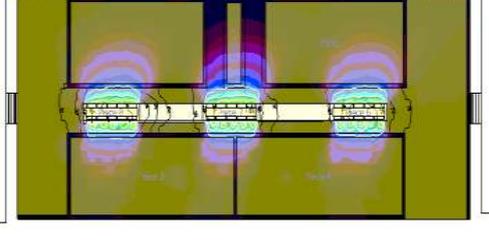
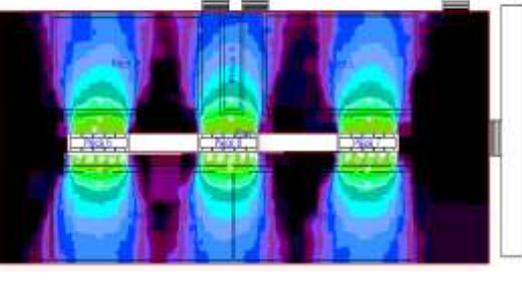
Date/heure	Avant la correction	Après la correction
21/12/2022 08h00	 <p data-bbox="395 815 598 920"> E max : 30 lux E min : 10 lux E moy : 25 lux </p>	 <p data-bbox="922 779 1125 884"> E max : 60 lux E min : 10 lux E moy : 40 lux </p>
21/12/2022 12h00	 <p data-bbox="395 1326 598 1431"> E max : 500 lux E min : 10 lux E moy : 200 lux </p>	 <p data-bbox="922 1294 1125 1400"> E max : 400 lux E min : 25 lux E moy : 250 lux </p>
21/12/2022 16h00	 <p data-bbox="395 1827 598 1933"> E max : 100 lux E min : 10 lux E moy : 75 lux </p>	 <p data-bbox="922 1792 1125 1897"> E max : 200 lux E min : 25 lux E moy : 100 lux </p>

Tableau 9: comparaison entre avant et après la correction du hall d'exposition, auteur 2023

Chapitre IV : interprétation des résultats

Interprétation des résultats de la simulation :

Les résultats de la simulation effectuée le 21 décembre après avoir effectué une correction au niveau des ouvertures zénithales ou nous avons rajouté au lanterneaux des ouvertures du côté ouest et placer une verrière sur le toit qui couronne les lanterneaux, nous avons constaté que les niveaux d'éclairement ont changé comparé à la simulation effectuée précédemment.

La distribution de la lumière dans le hall d'exposition est devenue plus au moins acceptable pour l'œil humaine et la luminosité est quasi uniforme ou l'éclairement maximal atteint 400 lux et en moyenne 250lux ce qui est assez confortable et supportable pour l'œil humaine sans oublié la non détérioration des objets exposés. L'heure la plus défavorable :(à midi) : nous avons constaté que le problème d'obscurité a disparu au niveau du hall d'exposition. La lumière se pénètre plus en profondeur ce qui laisse le hall très bien éclairé

Conclusion :

Dans ce dernier chapitre de la partie empirique de notre étude, nous avons présenté les résultats des simulations effectuées à l'aide du logiciel Dia Lux Evo, ainsi que les mesures et les résultats de l'enquête menée, dans le but de confirmer ou d'infirmer les hypothèses établies au départ. Les résultats montrent que la lumière naturelle dépend de différents facteurs tels que l'heure de la visite, l'orientation, les constructions adjacentes et les surfaces vitrées qui doivent être bien étudiées pour éviter les problèmes tels que l'éblouissement, les taches solaires, les rayons directs du soleil et les ombres gênantes, afin de garantir un confort visuel optimal. L'enquête révèle que le confort visuel dépend de l'uniformité de la lumière, de sa bonne distribution dans l'espace, de sa quantité et de sa qualité, mais surtout de la perception individuelle de chaque personne. Les résultats obtenus, comparés aux normes, nous ont permis de conclure que les espaces étudiés sont éclairés tout au long de l'année, mais que la distribution de la lumière naturelle n'est pas uniforme dans l'ensemble des espaces. Cela entraîne une forte intensité d'éclairement près des ouvertures et des niveaux d'éclairement plus faibles en s'éloignant des ouvertures, ce qui provoque un éblouissement des usagers et une forte fatigue visuelle. Cette perturbation dans la perception du parcours de visite doit être prise en compte pour améliorer la qualité de l'éclairage dans ces espaces.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

La création du parcours muséal est une étape cruciale dans la conception des espaces d'exposition (musée), elle exige une maîtrise parfaite de ce concept tout autant du comportement de l'utilisateur de l'espace.

Un concept mis en valeur par différents moyens qui a pour objectif l'organisation des espaces tout en guidant le visiteur à contempler les œuvres exposées, parmi ses moyens : l'animation des parcours avec un contrôle de lumière pour un confort visuel optimal.

Ce travail comme déployé dans les précédents chapitres, essaie de mettre en avant l'influence de la lumière naturelle sur le choix des parcours à concevoir dans les espaces d'expositions avec des dispositifs latéraux et zénithaux, la recherche s'est faite en deux parties : la première évoque une approche théorique dans le but d'appréhender les connaissances sur la lumière naturelle, le confort visuel et leur relation avec les parcours muséaux, la seconde partie : est une partie empirique qui nous a permis de faire des prises de mesure in situ, des simulations numériques et une enquête par questionnaire pour infirmer ou confirmer les hypothèses fixées au départ et évaluer la quantité et la qualité de lumière naturelle qui pénètre les espaces pour un confort optimal des usagers dans les parcours des espaces d'exposition analysés.

Dans ce travail afin de déterminer l'influence de la lumière naturelle et du confort visuel sur le choix du type de parcours, les trois cas d'espaces d'exposition du campus de Targa Ouzemmour à l'université de Bejaia ont été analysés en termes d'intensité lumineuse, d'éclairage, et de confort visuel de l'utilisateur.

La recherche théorique démontre que le confort visuel a une relation forte avec plusieurs aspects de la lumière naturelle : l'éblouissement, l'uniformité lumineuse, l'intensité lumineuse et les ombres.

Le rôle de la simulation, la prise de mesure et l'enquête par questionnaire est de permettre une évaluation des caractéristiques spatiales et la variation de l'intensité d'éclairage, les résultats ont permis de confirmer nos hypothèses selon lesquels : la lumière naturelle et le choix du dispositif latéral ou zénithal influent sur le choix des parcours de visite dans l'espace d'exposition tout en cherchant une satisfaction des besoins sensoriels (vision) chez le visiteur.

Recommandations :

Selon la recherche effectuée et les résultats d'analyses obtenues dans ce travail d'étude, on a pu constater quelques lignes directrices et une nouvelle approche conceptuelle de l'éclairage dans le parcours muséal qui sont les suivantes :

- Tamiser l'éclairage dans l'espace d'introduction pour aider le visiteur à se concentrer sur les informations fournies.
- Mettre un éclairage plus intense dans les espaces d'exposition comme les puits de lumière pour valoriser les œuvres.
- Le choix des dispositifs d'éclairage dans les espaces d'exposition tels que le type de fenêtre, le type de vitrage, respecter l'orientation des bâtiments et la position du soleil pour l'emplacement des ouvertures.

Conclusion générale

- L'utilisation des protections et des stratégies de contrôle pour prévenir contre l'éblouissement comme : le système d'ombrage, la filtration de la lumière naturelle...etc.
- Penser lors de la conception aux trois niveaux de parcours qui sont : le parcours pensé, le parcours proposé et le parcours vécu par le visiteur tout en ayant une réflexion sur ce dernier et sa perception dans l'espace pour améliorer son expérience de visite.
- Dans la conception architecturale des espaces d'exposition, il est important de tenir compte des matériaux de finition intérieure, car ils ont un impact sur la qualité et la quantité de la lumière dans cet espace, le confort visuel des usagers et la présentation des objets exposés. Il est donc recommandé d'utiliser des couleurs claires pour améliorer ces aspects.

Grace à cette démarche l'utilisateur va pouvoir bénéficier d'un confort visuel optimal, permettre une animation du parcours muséal et une adaptation des yeux aux niveaux de la lumière dans l'intérieur de l'espace.

Ainsi s'achève ce travail de recherche par une réflexion personnelle portée sur la notion d'éclairage naturelle et ses dispositifs, laissons dire que la maîtrise de ses notions procure une sensation de confort visuel qui permettra aux visiteurs d'admirer les œuvres exposées en se dirigeant sur un parcours muséal qui va relier le chemin du visiteur et le concepteur vers une exposition animée.

Les limites de la recherche

Nous avons rencontré plusieurs obstacles lors de notre recherche, dont une durée limitée. Nous avons également été confrontés à des difficultés liées au manque de matériel de recherche, en particulier l'indisponibilité d'un appareil photo spécialisé, nous obligeant à utiliser un smartphone pour les prises de mesures. Enfin, l'étude qualitative a également présenté des défis, en particulier en ce qui concerne la réaction des visiteurs. Bien que nous ayons initialement prévu de distribuer 30 questionnaires pour chaque cas d'étude, le manque d'interaction des usagers nous a contraints à opter pour un seul questionnaire regroupant les trois cas d'études, avec un échantillon de 30 personnes.

Perspectives de recherche

Après avoir mené notre recherche sur l'influence de l'éclairage naturel et du confort visuel sur les choix de parcours de visite dans les espaces d'exposition, nous avons identifié plusieurs pistes pour des recherches futures. Tout d'abord, une optimisation de l'éclairage naturel pour les espaces muséographiques pourrait être envisagée pour préserver les œuvres exposées. Ensuite, l'influence des couleurs et des textures sur l'ambiance de l'espace architectural pourrait être étudiée. Une autre piste intéressante serait de développer une approche d'architecture ambiante pour les espaces muséographiques. Enfin, il serait également pertinent d'analyser l'impact du choix des ouvertures sur le confort de l'utilisateur dans les espaces architecturaux.

Bibliographie

Bendekkiche, s. (2017). Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse, magister en : architecture,[en ligne],disponible sur : <http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/2963> .Biskra: université mohamed khider, faculté des sciences et de la technologie.

BENZERZOUR Mohammed, Cours sur Les dispositifs architecturaux de régulation de la lumière naturelle (répertoire des dispositifs de modulation de la lumière naturelle), école d'architecture de Nantes 2006.

Belakehal, a. (2007). Etude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux. Cas des milieux arides à climat chaud et sec. Thèse de doctorat. Biskra: université khider mohamed

Cantin, f. (2008). Évaluation de la qualité lumineuse d'un environnement de travail éclairé naturellement. Mémoire de master. Faculté d'aménagement, d'architecture et des arts visuels, [en ligne], disponible sur: <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.50>. Québec: université de Laval.

Dubois, c. (2006). Confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture, l'influence de l'éclairage naturel sur les occupants. Mémoire de master. [En ligne], disponible sur : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.pdf>. Québec: faculté d'aménagement, d'architecture et des arts visuels. Université de Laval

ECRALI Jean jacques, (Théorie, technique et technologie de l'éclairage muséographie), Edition AS Scino.

Ezrati, j.-j. (2007). L'exposition des œuvres fragiles à la lumière-lumière et éclairage. Support tracé, revue de l'association pour la recherche scientifique sur les arts graphique, n°7[en ligne], consulté le 05/02/2021, disponible sur : <https://ezrati-eclairage.weebly.com.pdf>, 83-85.**Georges Henri RIVIÈRE**, 1981. Muséologie

Guide de l'éclairage. (2017). Photométrie : notions de base. Récupéré sur [en ligne]: consulté le 23/04/2021, disponible sur/ <http://leclairage.fr/th-photometrie>

Liébard, a., & de herde, a. (2006). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Paris: le moniteur

Le Corbusier. (1960). Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme. Paris: Vincentfreal et Cie.

Meddour, s. (2008). Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées, mémoire de magister, [en ligne], disponible sur : <http://hdl.handle.net/123456789/8671>. Constantine: université mentouri constantine.

Marzouk, m & al. (2020). Influence of light redirecting control element on daylight performance: a case of Egyptian heritage palace Skylight, [en ligne], disponible sur:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710220300498>. Journal of building engineering, 101-309.

Narboni, r. (2006). Lumière et ambiances : concevoir des éclairages pour l'architecture et la ville. Le moniteur éditions.

Paule, b. (2016). La lumière dans les musées. Ue-m espace et lumière: le projet d'éclairage: consulté le 29/03/2021. disponible sur: <https://moodlearchive.epfl.ch/2015-2016/pluginfile.pdf>.

Reinhart, & al. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design, [enligne], disponiblesur: <https://www.tandfonline.com>. The journal of the illuminating engineering society, 7- 31. Reiter, s & de herde, a. (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Louvain: UCL, université catholique de Louvain, presses universitaires.

Saraoui, s., & al. (2019). The topological reading of ambiances in the built environment: the new methodology for the analysis of the luminous ambiance in the museum space.

Saraoui, s., & belakehal, a. (2011). Parcours et séquences: des éléments fondamentaux pour une lecture topologique spatio-lumineuse de l'espace muséal. Actes de la conférence basc (p. 159). Biskra: consulté le 23/01/2021, disponible sur :

<https://www.researchgate.net/publication/264782625>.

Tareb. (2013). Energie confort et bâtiments, chapitre 4, éclairage naturel. PDF. Consulté le 04/04/2021. disponible sur : http://www.newlearn.info/packages/tareb/docs/ecb/ecb_ch4_fr.

C. Terrier et B. Vandevyver, « L'éclairage naturel », fiche pratique de sécurité ED 82, Paris : Travail et Sécurité, mai 1999, cité par Benharkat.S en 2006).

- <http://musée.type.archi.fr>
- <http://traac.info/blog/wp-content/uploads>.
- <https://www.ccq.gouv.qc.ca>

Annexes

Annexe01 :

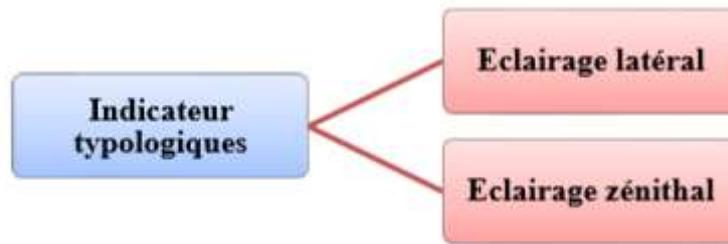


Figure A 1 : schéma montrant les Indicateurs Typologiques d’Eclairage Naturel. Source : (Belakehal A, 2007).

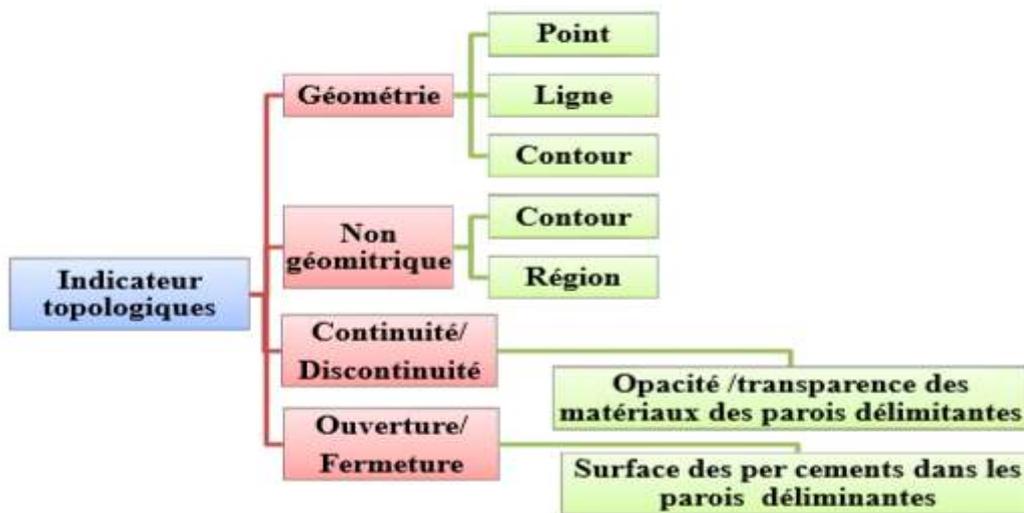


Figure A 2:schéma montrant les Indicateurs topologiques d’Eclairage Naturel. Source : (Belakehal A. 2007)

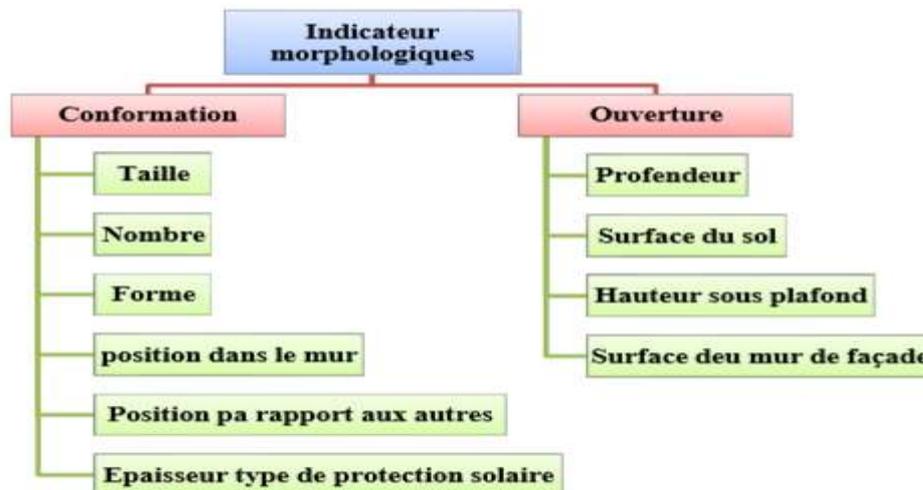


Figure A 3:cshéma montrant les Indicateurs Morphologiques d’Eclairage Naturel. Source : (Belakehal A., 2007).

Annexe02 :

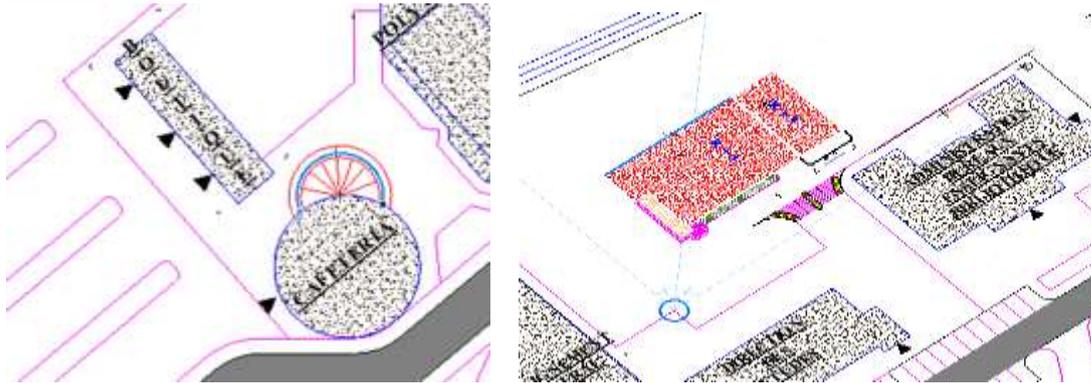


Figure B 2:Plan de masse du centre culturel universitaire. Source rectorat (2022)

Figure B 1:Plan de masse du bloc d'architecture. Source rectorat



FigureB3:Plan de masse du hall entre les amphithéâtres 22/23/24 source: rectorat (2022)

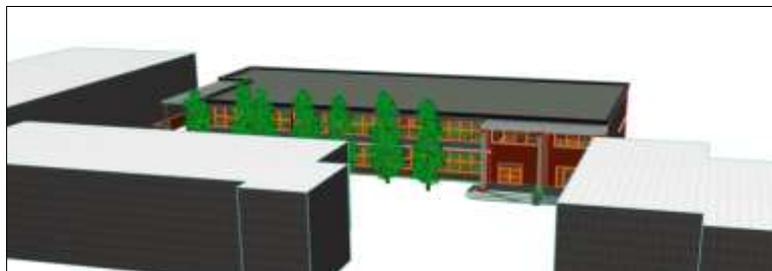


Figure B 4:3D du bloc d'architecture, campus de targa ouzemmour, archicad22, source auteur 2023



Figure B 5: photos réelles de l'intérieur du hall d'exposition entre les amphithéâtres 22/23/24.auteur (2023)

Annexe 03 :

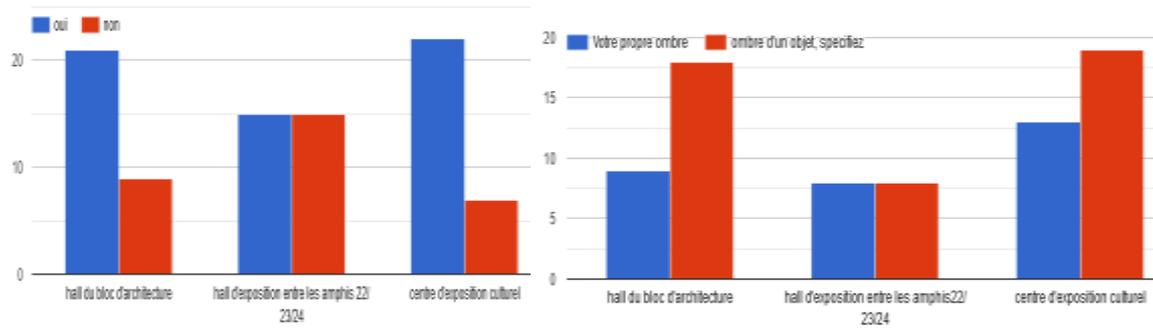


Figure C 1: ombres gênantes. Source : <https://docs.google.com/forms>

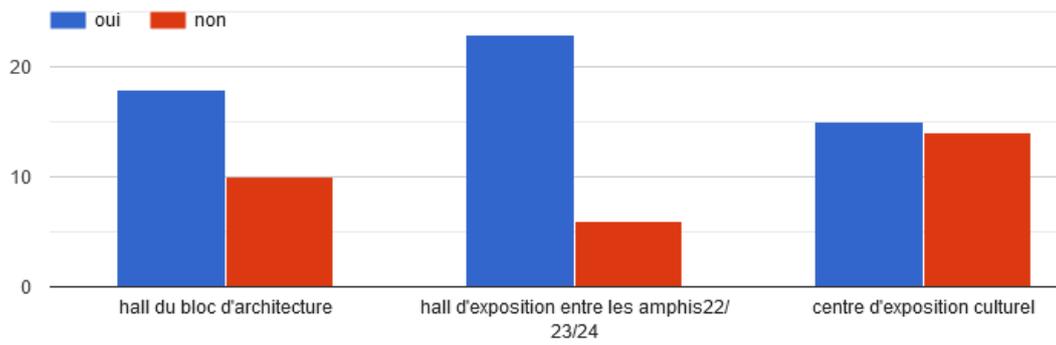


Figure C 2: Un objet qui gêne la pénétration de la lumière naturelle. Source : <https://docs.google.com/forms>

Annexe 04 :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABDERRAHMANE Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département d'architecture

Questionnaire

Dans le cadre de la préparation du mémoire du master en Architecture consacré à «**l'influence de l'éclairage naturel et le confort visuel sur le choix du parcours de visite dans les espaces d'exposition**», Nous menons une enquête sur le confort visuel et l'éclairage naturel.

Il est important de considérer si l'espace d'exposition est suffisamment éclairé pour permettre une bonne visibilité des objets exposés, tout en évitant les zones de lumière éblouissante pour faciliter leur perception.

Pour cela, nous avons l'honneur de vous adresser ce questionnaire afin d'évaluer votre satisfaction quant aux conditions de confort visuel et évaluer la distribution la qualité de la lumière dans les espaces d'exposition des trois cas d'études suivant :

- Hall du bloc architecture
- Hall exposition entres les amphithéâtres 22/23/24
- Centre d'exposition culturel

Et identifier les améliorations potentielles pour offrir une meilleure expérience de visite.

Votre contribution est sans aucun doute une aide importante à notre recherche. Nos remerciements d'avance.

Veillez mettre une croix (X) dans la case correspondante.

Renseignements personnels

Sexe : Femme Homme

Age : < 25ans Entre 25 et 45 ans > 45 ans

Portez-vous des verres correcteurs ? Oui

Non

Informations générales

Date et heure : / / commencé à :
Type du ciel : Couvert Partiellement Clair

confort visuel

1-Dans l'ensemble, à quel point êtes-vous satisfaits du niveau de confort visuel dans cet espace d'exposition ?

Hall du bloc d'architecture :

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

Hall entre les amphithéâtres

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

Centre culturel universitaire :

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

2- Que pensez-vous de l'uniformité de la lumière naturelle dans cet espace ?

Hall du bloc d'architecture

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

Hall entre les amphithéâtres

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

Centre culturel universitaire :

Très mauvaise Mauvaise Acceptable Bonne Très bonne

3- Comment trouvez-vous la lumière naturelle présente dans l'espace d'exposition ?

Hall du bloc d'architecture :

Insuffisante Peu suffisante Suffisante Très suffisante Excessive

Hall entre les amphithéâtres :

Insuffisante Peu suffisante Suffisante Très suffisante Excessive

Centre culturel universitaire :

Insuffisante Peu suffisante Suffisante Très suffisante Excessive

4- Etes-vous gêné dans votre visite par la présence des rayons solaires directs ?

Hall du bloc d'architecture

Beaucoup Modérément Pas du tout

Hall entre les amphithéâtres

Beaucoup Modérément Pas du tout

Centre culturel universitaire :

Beaucoup Modérément Pas du tout

5- Quelles sont les sources d'éblouissement qui vous gênent ?

Hall du bloc d'architecture

Soleil Fenêtres réflexion de la lumière sur les objets

Hall entre les amphithéâtres

Soleil Fenêtres réflexion de la lumière sur les objets

Centre culturel universitaire :

Soleil Fenêtres réflexion de la lumière sur les objets

6- Comment évaluez-vous les taches solaires dans l'espace d'exposition ?

Hall du bloc d'architecture

Acceptable Gênante Mauvaise Très mauvaise Très gênante

Hall entre les amphithéâtres

Acceptable Gênante Mauvaise Très mauvaise Très gênante

Centre culturel universitaire :

Acceptable Gênante Mauvaise Très mauvaise Très gênante

7- Est-ce que vous remarquez la présence des ombres gênantes dans cet espace?

Hall du bloc d'architecture Oui Non

Hall entre les amphithéâtres Oui Non

Centre culturel universitaire : Oui Non

8- Si oui, quelle est la source de l'ombre?

Hall du bloc d'architecture

Votre propre ombre Ombre d'un objet, spécifiez

.....

Hall entre les amphithéâtres

Votre propre ombre Ombre d'un objet, spécifiez

.....

Centre culturel universitaire : Votre propre ombre Ombre d'un objet, spécifiez

.....

9- Ressentez-vous le besoin en protection solaire?

Hall du bloc d'architecture : Oui Non

Hall entre les amphithéâtres : Oui Non

Centre culturel universitaire : Oui Non

10- Ressentez-vous une fatigue visuelle?

Hall du bloc d'architecture : Oui Non

Hall entre les amphithéâtres : Oui Non

Centre culturel universitaire : Oui Non

11- Si oui, précisez la cause de la fatigue?

Hall du bloc d'architecture

La quantité de lumière La qualité de lumière Autre, précifiez

Hall entre les amphithéâtres

La quantité de lumière La qualité de lumière Autre, précifiez

Centre culturel universitaire :

La quantité de lumière La qualité de lumière Autre, précifiez

12 - Sentiez-vous la présence d'un objet qui gêne la pénétration de la lumière naturelle?

Hall du bloc d'architecture Oui Non

Hall entre les amphithéâtres Oui Non

Centre culturel universitaire : Oui Non

13- Si oui, précisez ?

.....

14- Que pensez-vous sur le choix de la couleur de carrelage et la texture?

Hall du bloc d'architecture Bon Mauvais

Hall entre les amphithéâtres Bon Mauvais

Centre culturel universitaire Bon Mauvais

15- Pourquoi?

.....

16- Que pensez-vous sur le choix de la couleur des murs?

Hall du bloc d'architecture Bon Mauvais

Hall entre les amphithéâtres Bon Mauvais

Centre culturel universitaire Bon Mauvais

17- Pourquoi?

.....

Merci pour votre collaboration et le temps que vous avez consacré à ce questionnaire.