

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

MÉMOIRE PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER II EN ARCHITECTURE
« SPÉCIALITÉ ARCHITECTURE

Thème :

l'étude de l'ambiance lumineuse et sonore dans les bâtiments religieux :
les mosquées

Préparé par :

KACI Amel

Encadré par :

Madame Attar Salma

BOUFASSA.S	MCA	Département architecture de Bejaia	Président de jury
MECHRI.L	MAA	Département architecture de Bejaia	Rapporteur
AMIR.A	MAA	Département architecture de Bejaia	Examineur

Année Universitaire 2020 – 2021

Dédicace

Je dédie ce mémoire aux êtres les plus chers à mon cœur.

À mes très chers parents qui ont sacrifié les plus belles années de leur vie pour me voir réussir et m'ont soutenu jusqu' à la fin.

À mes très chers frères et sœurs et mon adorable neveu : Maksen.

A mes deux belles sœurs.

À tous ceux qui ont contribué de loin comme de près à la réalisation de ce travail. Et pour finir à tous mes très chers amis...

A ma très chère amie Nawel mon Ex binôme, mon allier tout au long de mon cursus universitaire.

A mes très chères Rofali et Sabrina que je souhaite tout le bonheur et la réussite.

A ma très chère Kenza.

Remerciements

Nous remercions Dieu le miséricordieux de nous avoir donné la force, la volonté, et la patience de réaliser ce travail.

Merci à nos parents, à nos frères et sœurs, à nos amis et à nos familles qui nous ont toujours soutenu et encouragé.

Nous tenons aussi à présenter nos remerciements au directeur de mémoire, Mme Attar pour sa disponibilité, son orientation et ses remarques.

Un grand merci également à Mme Guissi de m'avoir porté son aide qui m'a beaucoup servi.

Un autre grand merci à Nessrine Guenana pour m'avoir fourni tous les documents nécessaires.

Nos remerciements vont également à l'Imam SLIMANI Mostafa.

Je remercie aussi ma belle-sœur Meriem et ma chère Dihia pour leur aide et disponibilité.

Résumé

Ce travail de recherche traite l'ambiance lumineuse et sonore dans les espaces intérieurs des salles de prière des mosquées. Nous tenons compte de leurs forme et dispositifs architecturaux d'éclairage et d'acoustique utilisés ainsi les surfaces internes et leurs caractéristiques formelle et surfaciques.

Nous exposant la manière dont la lumière et le son participent dans la création d'une atmosphère spirituelle et divine claire et sereine qui assure le passage de message religieux et le rapprochement de fidèle avec Dieu.

L'intention c'est d'élaborer une étude de la qualité de lumière et son et la conformation architecturale dans les salles de prières en analysant les interactions existantes entre les trois concepts.

Nous essayons de déterminer la rencontre spatiale entre la lumière pénétrante et le comportement des ondes sonores avec les surfaces internes des salles de prière.

Il est considéré que l'interaction forme-lumière et forme-son se fait entre les deux concepts précédents, la modalité des baie et les caractéristiques surfaciques et formelles des parois internes.

Mots-clés : [religion, lumière, son, ambiance, architecture, mosquée]

ملخص

يتناول هذا البحث جودة الضوء والصوت في المساحات الداخلية لغرف الصلاة في المساجد. نأخذ في الاعتبار شكلها وأجهزة الإضاءة المعمارية وأجهزة الصوت المستخدمة وكذلك الأسطح الداخلية وخصائصها الشكلية والسطحية.

سوف نقوم بعرض للطريقة التي يشارك بها الضوء والصوت في خلق جو روعي وإلهي واضح وهادئ يضمن مرور الرسالة الدينية وتقارب المؤمنين مع الله.

القص من العمل هو تطوير دراسة جودة الضوء والصوت والتشكيل المعماري في غرف الصلاة من خلال تحليل التفاعلات الموجودة بين المفاهيم الثلاثة.

نحاول تحديد اللقاء المكاني بين اختراق الضوء وسلوك الموجات الصوتية على الأسطح الداخلية لغرف الصلاة.

يعتبر أن التفاعل بين الشكل والضوء والصوت يحدث بين المفهومين السابقين، الخصائص الهندسية للنافذة والخصائص الشكلية للجدران الداخلية.

الكلمات المفتاحية: [دين، نور، صوت، جو، عمارة، مسجد]

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements	II
Résumé	III
Table des matières	IV
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	XI
Introduction général	1
Chapitre 01 :	6
1. La lumière naturelle comme symbole divin et spirituel	9
1.1. Introduction	9
1.2. Lumière et spiritualité	9
1.2.1. La lumière dans le christianisme	10
1.2.2. En Islam	11
2. La lumière comme phénomène physique producteur de la sensation visuelle.....	12
2.1. La lumière naturelle	12
2.1.1 Définition.....	12
2.1.2. Propagation dans l'espace :	13
2.2. La lumière artificielle.....	15
2.2.1. Définition.....	15
2.2.2. L'ambiance lumineuse.....	15
2.2.3. Le confort visuel	16
2.3. Des grandeurs physiques qui rentre dans le phénomène de lumière.....	16
2.3.1. Le flux lumineux :	16
2.3.2. L'intensité lumineuse :	16
2.3.3. L'éclairement lumineux :.....	17
2.3.4 La luminance :	17

2.3.5.	Facteur de lumière du jour.....	17
3.	Le son et l'acoustique.....	18
3.1.	Introduction.....	18
3.2.	Le phénomène son :	18
3.2.1.	<i>Définition</i>	18
3.2.2.	Caractéristique du son :	18
3.2.3	Le comportement du son :	20
3.3.	L'inconfort acoustique :	21
3.3.1	Le bruit	21
3.3.2.	Types, sources et propagation de bruit :	21
3.3.3.	La réverbération :	22
3.3.4.	Le temps de réverbération :	22
3.3.5.	Phénomène de l'écho :	23
4.	Conclusion.....	23
Chapitre 02 :		25
1.	Introduction	27
2.	Architecture des mosquées.....	27
2.1.	Types des édifices religieux	27
2.1.1.	Les types de plans de mosquée	28
2.2.	Les composantes architecturales d'une mosquée :	29
2.3.	Classement des mosquées	30
2.4.	Fonctions de la mosquée	31
3.	La lumière :	32
3.1.	Passage de la lumière naturelle	32
3.2.	Modalité de la baie.....	33
3.3.	Caractéristiques surfacique de la paroi	34
4.	L'acoustique	36

4.1.	Comportement acoustique matériaux.....	37
4.1.1.	Indice d'affaiblissement	37
4.1.2.	La loi de masse	37
4.1.3	Comportement du son au niveau d'une surface.....	38
5.	Synthèse	39
6.	Conclusion.....	40
Chapitre 03 :		41
1.	Processus de méthodologie	43
2.	Simulation	45
2.1.	Présentation de logiciel utilisé	45
2.1.1.	La lumière naturelle.....	45
2.1.2.	L'acoustique	46
3.	Cas d'étude.....	48
4.	Partie empirique : prise de mesures.....	56
4.1.	La lumière	56
4.2.	L'acoustique.....	59
5.	Conclusion	60
Chapitre 04 :		61
1.	Introduction :	63
2.	Validation des résultats de l'ambiance lumineuse par la simulation.	63
2.1	Les résultats de la simulation de la lumière	63
2.1.1.	Les résultats de l'imagerie solaire	63
2.1	Synthèse de l'étude de l'ambiance lumineuse	67
3.	Validation des résultats de l'ambiance acoustique par la simulation.	68
3.1.	Synthèse de l'étude de l'ambiance acoustique.....	70
4.	Recommandations spécifiques au cas d'étude	71
5.	Recommandations générales	71

Chapitre 05 :	73
1. Introduction	75
2. Choix du site	75
2.1 Justification de choix	75
2.2. La zone du climat méditerranéen	75
2.3. Plan d'action	77
3. Analyse d'exemples	79
4. Synthèses	82
5. Programmation architecturale	84
6. Idéation et analyse morphogénèse.....	85
6.1. Présentation du projet	85
6.2 Processus de conception	85
6.3. La métaphore	86
7. Etude de la qualité lumineuse et sonore de l'avant-projet	89
8. Conclusion	93
Conclusion générale	94
Bibliographie	96
Annexes :	99

Liste des figures

Figure 1: Saint Chapelle, Paris, France	10
Figure 2 mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran	11
Figure 3: La mosquée Sulaymānīyah à Edirne, Turquie	11
Figure 4: les types des rayon solaires reçu	12
Figure 5: les types de réflexion des rayons lumineux.	14
Figure 6: la réfraction des rayons solaires.....	14
Figure 7: la transmission des rayons solaires.	14
Figure 8: l'ambiance lumineuse.....	15
Figure 9: la flux lumineux	16
Figure 10: l'intensité lumineuse.....	16
Figure 11: l'éclairement lumineux	17
Figure 12: la luminance.....	17
Figure 13: l'onde sonore.	18
Figure 14: les fréquences du son.	18
Figure 15: l'intensité lumineuse.....	19
Figure 16:l'amplitude de l'onde sonore.....	19
Figure 17: comportement de l'onde sonore.	19
Figure 18: la réflexion de l'onde sonore.	20
Figure 19: détraction d'onde sonore.	20
Figure 20: réfraction de l'onde sonore.....	20
Figure 21: types, sources, propagation de bruit.....	21
Figure 22: phénomène de réverbération.	22
Figure 23: le temps de réverbération.	22
Figure 24: représentation de phénomène d'écho.	23
Figure 25: la grande mosquée d'Alger.....	28
Figure 26: la mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran.....	28
Figure 27: Taj Mahal, inde	28
Figure 28: Mosquée Sulaymānīyah, Turquie	29
Figure 29; protection solaire structurelle.....	35
Figure 30: protection solaire extérieure mobile.....	36
Figure 31: protection solaire végétale	36
Figure 32: mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran	39
Figure 33: mosquée sainte Sophie, Turquie	40
Figure 34 : Mosquée Sulaymānīyah, Turquie	40
Figure 35: la grille des prise de mesures	43

Figure 36: à gauche tableau des prise de mesure (lumière), à droite le luxmètre.....	43
Figure 37: à gauche tableau des valeurs des prises de mesure (le son)	44
Figure 38: logo ArchiWIZARD	45
Figure 39: la volumétrie Sidi Soufie	45
Figure 40: carte d'éclairage sidi soufi	45
Figure 41: volumétrie de cas d'étude	46
Figure 42: logo ECOTECT	46
Figure 43: position de la source sonore Ecotect.....	46
Figure 44: visualisation de comportement des ondes sonore dans la salle de prière avec logiciel ECOTECT	47
Figure 45: situation géographique de Sidi Soufie, Bejaia, Algérie,	48
Figure 46: Mosquée Sidi Soufie	48
Figure 47: Plan de la mosquée Sidi Soufie.....	49
Figure 48: Façade principale de Sidi Soufie.....	49
Figure 49: Façade latérale Sidi Soufie.....	50
Figure 50: plan représentatif des ouverture de la mosquée Sidi Soufie	52
Figure 51: carte d'éclairage résultat 8h_10h.....	56
Figure 52: cote d'éclairage résultats 13h_14h	56
Figure 53: carte d'éclairage résultats 15h_16h	57
Figure 54: ouverture de toiture mosquée sidi soufie	57
Figure 55: quantité de lumière pénétrante à la salle	58
Figure 56: coupe sur la coupole	58
Figure 57:à gauche l'efficacité de l'éclairage zénithal, à droite fenêtres de la salle de prière	58
Figure 58: carte de niveau sonore résultat 1er cas : sans source sonore.....	59
Figure 59: carte de niveau sonore résultat 2ème cas avec source sonore sans amplificateur.....	59
Figure 60: carte de niveau sonore 3ème cas avec source sonore et amplificateur	60
Figure 61 :résultat d'imagerie solaire	63
Figure 62: course du soleil	64
Figure 63: carte d'éclairage.....	64
Figure 64: carte facteur de lumière de jour	65
Figure 65: Carte d'éclairement de 21/06.....	65
Figure 66: carte d'éclairement 21/12	66
Figure 67: importation de la volumétrie de la mosquée sidi soufie à l'interface de logiciel ECOTECT	68
Figure 68: exemples de temps de réverbération pour chaque édifice.....	68
Figure 69: states tiques de temps de réverbération de la salle de sidi soufie.....	69
Figure 70: l'apparition du son masqué dans la salle de prière	70

Figure 71: carte des zones climatiques.....	75
Figure 72: course de soleil wilaya de Bejaia.....	76
Figure 73: proposition d'aménagement de la zone de JUTE.....	76
Figure 74: Schéma des principes.....	77
Figure 75: définition des axes majeurs pour le projet Source : auteur.....	77
Figure 76: zoning: disposition des entités de projet.....	78
Figure 77:le projet et la lumière naturelle.....	78
Figure 78: l'isolation au bruit.....	79
Figure 79: La grande mosquée d'Alger, Algérie.....	79
Figure 80: disposition des espaces intérieurs de la grande mosquée d'Alger.....	80
Figure 81: la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie.....	80
Figure 82: plan de masse de la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie.....	81
Figure 83: les plans de la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie.....	81
Figure 84: les coupes de la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie.....	82
Figure 85: schéma des principe.....	85
Figure 86: disposition des entités.....	86
Figure 87: lettres arabe (ﺝ) et (ﻝ).....	86
Figure 88: calligraphie des deux lettres (ﺝ) et (ﻝ).....	87
Figure 89: esquisse de projet.....	87
Figure 90: esquisse 02 de projet.....	88
Figure 91: plan initial de projet.....	88
Figure 92: volumétrie initial du projet.....	89
Figure 93: la course solaire.....	89
Figure 94: carte d'éclairage.....	90
Figure 95: carte d'éclairage.....	90
Figure 96: carte d'éclairage.....	91
Figure 97: résultats de la simulation acoustique.....	92

Liste des tableaux

Tableau 1: lecture architecturale de la mosquée Sidi Soufie.....	51
Tableau 2: liste de type de porte.....	53
Tableau 3: liste de type de porte.....	54
Tableau 4: liste de type de fenêtre.....	55
Tableau 6: tableau comparatif des exemples.....	82
Tableau 5: tableau récapitulatif	83
Tableau 7: programme architectural de projet fin d'étude	85

Introduction général

La lumière était toujours un objet de représentation et d'utilisation multiples. Cette dernière est importante dans la culture des différentes civilisations, considérée comme lien de vie.

La lumière abordée principalement comme symbole divin, mise en valeur par les religions monothéistes, elle est manipulée et guidée par des formes et des proportions architecturales afin de présenter et faire passer le message de cette dernière ce qui s'exprime dans l'architecture spirituelle ancienne comme un édifice à vocation religieuse tel que le panthéon de l'Egypte, les rites des mayas et les cathédrales gothiques.

Sa mise en valeur dépend des capacités de la civilisation et ça selon l'époque historique, les romains avec l'usage du verre qui leurs a permis de la création des puits de lumière et la conception des atriums, la renaissance avec les techniques innovantes qui ont fit de lui un mouvement de clarté et de transparence. La révolution industrielle avec ses nouveaux matériaux béton et fer qui ont permis la multiplication des ouvertures. Et enfin le 20ème siècle l'air de l'architecture de la lumière qui s'est inscrite dans une réflexion environnemental qui visait à la maitrise de l'éclairage naturel et son adaptation aux besoins des usagers tout en assurant un confort, une économie énergétique.

Les lieux de culte et les édifices religieux considérés comme espaces d'échange et de savoir, d'où l'importance de la lumière, tel que nous avons développé dans le paragraphe précédent. Cependant la lumière n'est pas le seul facteur pris en considération lors de la conception de bâtiment religieux, nous parlons aussi d'acoustique dans les salles principales de ces édifices c'est-à-dire le comportement du son dans ces espaces fermés, les concepteurs ont toujours essayé d'offrir une bonne qualité d'écoute par des principes basés généralement sur des solutions et traitements techniques et scientifiques, l'acoustique dans ces espaces avait souvent une certaine spiritualité, et offrait au grand public qui fréquentait ces lieux une bonne intelligibilité de la parole.

Nous aborderons dans cette recherche deux notions dans la religion de l'Islam, la première est celle de la lumière naturelle, la notion de la lumière occupe une place essentielle dans la religion islamique, elle est l'un des noms de Dieu et une sourate du Coran porte son nom (Surat Al-Nour). Et selon le verset 24 et 25 de cette Surat « *Allah est la lumière des cieux et de la terre. Sa lumière est semblable à une niche où se trouve une lampe. La lampe est dans (un récipient de) cristal et celui-ci ressemble à un astre de grand éclat* »

Dans le domaine d'architecture nous cherchons toujours comment concrétiser et matérialiser la lumière « *l'architecture musulmane transforme la pierre en lumière, qui à son tour, se transforme en cristaux* » (BURCKHARDT, 1999), afin de créer cette ambiance dans les espaces des mosquées, créant aussi un aspect de transparence, sérénité, clarté, sécurité et soumission au Dieu.

La mosquée n'est pas seulement un lieu de culte où les fidèles se réunissent pour accomplir les prières. Elle est l'institution sociale par excellence de l'islam et le véritable lieu de savoir, d'où l'importance de l'acoustique qui est souvent liée au fait: entendre les paroles de l'Imam qui dirige les fidèles durant la prière, comprendre l'Imam lorsqu'il donne les sermons (khutba), et surtout d'écouter ou de participer à la récitation du Saint Coran. Il est impératif pour un bon fonctionnement de la mosquée d'avoir la certitude que tous les présents puissent recevoir le message bien clair et compréhensif.

L'ambiance lumineuse et sonore sont importantes dans la conception des mosquées et leurs prises en considération dans les mosquées spécialement dans les salles de prière où se déroule les différentes activités religieuses contribuerait à leurs bons fonctionnements, de ce fait nous allons à travers cette recherche voir quels sont les paramètres techniques et architecturaux qui nous permettront d'étudier et percevoir cette qualité de lumière et d'audio dans les espaces de cet édifice religieux ?

De la question principale découle d'autres questions complémentaires :

- Quelles sont les études à appliquer pour percevoir une bonne qualité d'écoute dans les salles de prière et quelles sont les techniques utilisées dans le traitement du son ?
- Comment exploiter la lumière et l'objet architectural pour former un bon environnement lumineux dans les espaces de la mosquée, tout en s'inscrivant dans le thème de l'architecture contemporaine environnementale ?
- Comment influe la forme architecturale sur la qualité d'ambiance lumineuse et sonore de l'édifice ?

Pour répondre à ces questions nous avançons les hypothèses suivantes :

- L'ambiance visuelle lumineuse est assurée par une bonne l'intégration au site et ces contraintes, le rapport visuel avec l'extérieur, la bonne qualité de lumière toute en basant sur une conception architecturale bien réfléchi.
- L'ambiance sonore est assurée par une bonne isolation acoustique de l'équipement en premier lieu de l'extérieur, en deuxième lieu elle est lié au choix de la forme et les matériaux qui assurent une bonne qualité du son à l'intérieur.
- Atteindre un espace religieux fonctionnelle reviendra á une bonne conjugaison entre la lumière et le son, la spiritualité ne peut être atteinte qu'avec une participation créative de l'ambiance lumineuse et sonore.

Nous visant á travers cette étude les objectifs suivants :

- Etude de la qualité visuelle et sonore dans les mosquées.
- Mettre en lumière l'importance de la lumière dans les espaces de la mosquée.
- Distinguer la relation entre la forme architecturale et le confort visuel et acoustique de l'équipement.

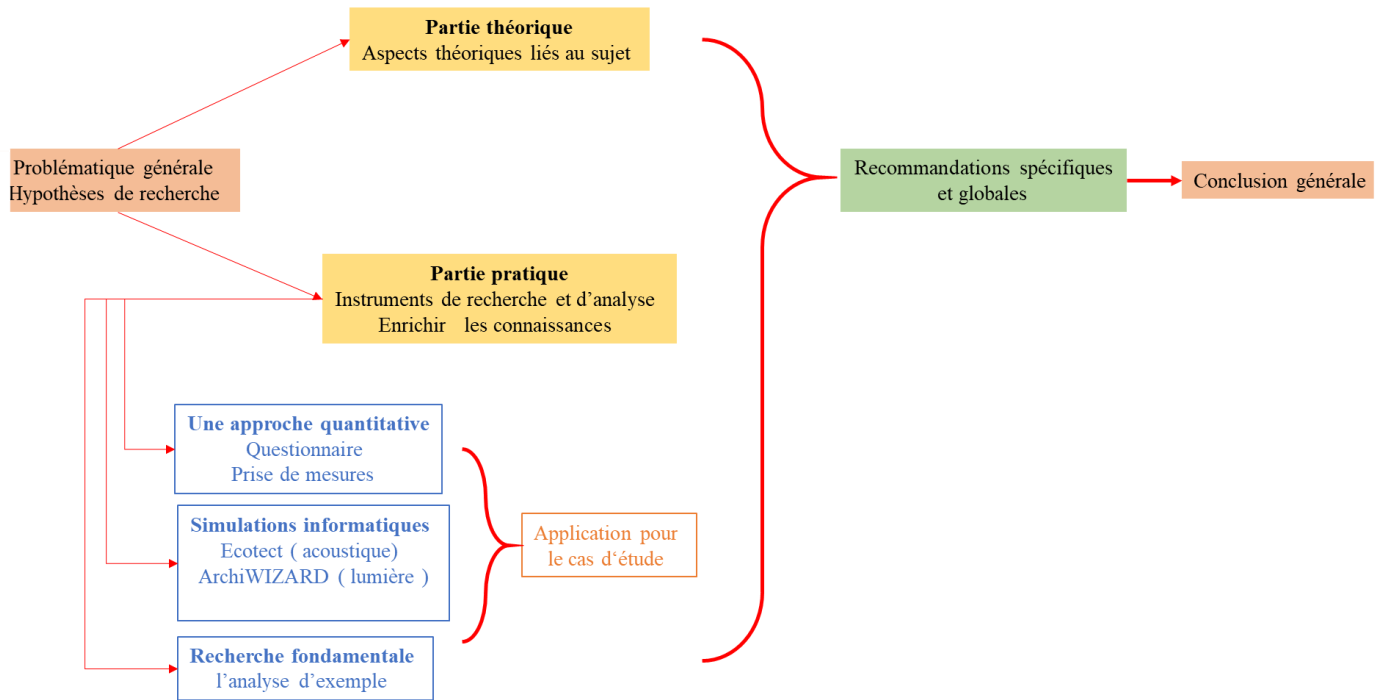
Ce travail de recherche en plus des objectifs tracés vise á la mise en opération des techniques d'exploitation des matériaux et la technologie pour la conception des mosquées contemporaines.

Nous comptons commencer par une analyse conceptuelle où nous traitons le symbolisme de la lumière dans l'islâm, présenter les caractéristiques physiques des deux phénomènes son et lumière et exposer les éléments et proportions architecturaux utiliser pour travailler la notion de lumière avec les techniques d'assurer une bonne qualité d'écoutes dans les salles de prières.

Utiliser les technique lié á l'analyse empirique consiste des prises de mesures pour examiner les phénomènes lumière et son dans l'espace d'étude. Une enquête par questionnaire afin de savoir les problèmes existants remarqués par les usagers et les résoudre.

Simulation et autre pour valider nos hypothèses après comparaison des résultats avec les résultats obtenus des prises de mesures et tirer les recommandations nécessaires.

Structure du mémoire



Chapitre 01 :
Partie théorique

<u>Chapitre 01 :</u>	6
1. La lumière naturelle comme symbole divin et spirituel	9
1.1. Introduction	9
1.2. Lumière et spiritualité	9
1.2.1. La lumière dans le christianisme	10
1.2.2. En Islam	11
2. La lumière comme phénomène physique producteur de la sensation visuelle.....	12
2.1. La lumière naturelle	12
2.1.1. Définition.....	12
2.1.2. Propagation dans l'espace :	13
2.2. La lumière artificielle.....	15
2.2.1. Définition.....	15
2.2.2. L'ambiance lumineuse.....	15
2.2.3. Le confort visuel.....	16
2.3. Des grandeurs physiques qui rentre dans le phénomène de lumière.....	16
2.3.1. Le flux lumineux :	16
2.3.2. L'intensité lumineuse :	16
2.3.3. L'éclairement lumineux :	17
2.3.4. La luminance :	17
2.3.5. Facteur de lumière du jour.....	17
3. Le son et l'acoustique.....	18
3.1. Introduction.....	18
3.2. Le phénomène son :	18
3.2.1. <i>Définition</i>	18
3.2.2. Caractéristique du son :	18
3.2.3. Le comportement du son :	20
3.3. L'inconfort acoustique :	21

3.3.1	Le bruit	21
3.3.2.	Types, sources et propagation de bruit :	21
3.3.3.	La réverbération :	22
3.3.4.	Le temps de réverbération :	22
3.3.5.	Phénomène de l'écho :	23
4.	Conclusion.....	23

1. La lumière naturelle comme symbole divin et spirituel

1.1. Introduction

Le Corbusier décrit l'architecture comme : « *le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière...* » (Corbusier , 1923). La lumière est un moyen de la conception de la matière elle est aussi la condition de la perception de l'architecture qui aura pour objectif la création d'un confort visuel et d'une l'ambiance lumineuse. Elle est souvent utilisée pour mettre en valeur des aspects dans le bâtiment et nous permet d'élaborer un espace immatériel. La rentabilisation de l'utilisation de cette lumière naturelle a pour but de réduire la consommation d'énergie électrique, donc le choix de l'emplacement des ouvertures doit être intelligemment détecté par l'architecte.

1.2. Lumière et spiritualité

Dans toutes les sociétés existe une relation très importante entre l'humain et le divin. Cette dernière identifie la religion ; donc l'ensembles de croyances et pratiques d'un groupes d'homme ou l'art est le moyen pour exprimer cette religion.

Des différentes stations citées dans l'histoire, chaque station correspond à une civilisation qui est caractérisée par une certaine spécificité en rapport avec une religion et/ou des croyances particulières.

Les différences entre les civilisations sont évoquées dans l'histoire à travers l'explication des pratiques religieuses spécifiques pour chacune de ces civilisations tels que sources d'inspiration et les ressources qui font de ce mouvement sociale une civilisation, cette dernière se projette dans l'architecture comme témoin de son existence. Donc la religion dans ce cas constitue l'âme de production architecturale.

« *Les étincelles d'un siège magique à la veille du mawlid à Alger. La lumière éthérée d'une mosquée au Maroc. La lueur vacillante d'un cierge dans une cathédrale gothique à Paris. Les faisceaux au travers d'un Jali en pierre de taille dans un mausolée Soufie à Ahmedabad. Un soleil qui lorgne sur une cour en Tunis. L'éclat d'une lampe à l'huile dans un temple Bouddhiste, ou l'obscurité d'un sanctuaire Taoïste en chine. Le sol d'une basilique frappée de lumière teintée par des vitraux à Varsovie, ou les flemmes des bougies d'in Hannukah à Marseille...etc. Elle aura permis aussi bien aux philosophes, aux hommes religieux, au savants et aux artistes de tout bord d'illustrer une certaine vision (monde) qu'il s'agisse de la lumière du soleil, la lune, des étoiles ou des aurores.* » (MARZOUGUI, 2018)

La lumière se retrouve au croisement des trois religions monothéistes : judaïsme, christianisme et l'islam car les trois se nourrissent sur cette opposition entre la lumière symbole de clarté, transparence et vérité et ténèbres symbole de l'horreur, l'erreur et le mal.

1.2.1. La lumière dans le christianisme

La bible parle de la lumière tant que dieu « dieu est lumière », la lumière est considérée comme source du message religieux et un moyen pour que les fidèles d'atteindre dieux, la théologie chrétienne on trouve dieu père est considéré comme le père des lumières d'autre part le christ est le premier rayon que dieu père à révéler au monde.

« Le mariage de la conception des volumes et l'usage des voutes d'ogive distingue les églises gothiques des églises romanes, ces nervures diagonales, ou croisé d'ogive, ont permis de dématérialiser les murs en les réduisant à une ossature ponctuelle, la particularité de ces églises résidait dans leur élévations et dans l'audace des flèches qui plongent dans le ciel on fait d'entrer la lumière en grande quantité au travers des baies de large dimensions décorées de vitraux qui rythment la nef centrale, les nefs latérales, plus sombre, sont éclairées par des cierges créant une lumière faible et localisée » (MARZOUGUI, 2018) . Pour faire passer le message divin les vitraux colorés représentaient des scènes bibliques dont la lumière les traverse, les illumine et les fait briller pour donner cette dimension spirituelle au fidèles.

Figure 1: Saint Chapelle, Paris, France

Source : <https://www.gettyimages.fr/>



1.2.2. En Islam

Par exemple on ne peut pas parler du monde arabe sans parler de l'islam, religion qui a fait jaillir la lumière de savoir et provoquer l'éveil de certains peuples vivaient dans l'obscurité. L'Islam est connu par sa double dimension : le religieux, théologique, formel et le spirituel métaphysique, essentiel.

L'architecture islamique se manifeste essentiellement dans la première destination des fidèles qui est la mosquée, considérée jusqu'à nos jours le symbole et le principal édifice représentant de la civilisation islamique.

L'expression de 'l'unité d'existence' se fait par trois moyens :

- La géométrie : on parle de l'ordre spatial
- Le rythme : une traduction de l'ordre temporel et spatial indirectement
- La lumière : en assurant sa pénétration à l'intérieur des espaces

La lumière est essentielle en architecture islamique des mosquées sachant que les premières et dernières prières coïncident avec le lever et coucher du soleil.

Figure 2 mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran

Source : <https://www.gettyimages.fr/>



Figure 3: La mosquée Sulaymānīyah à Edirne, Turquie

Source : <https://www.gettyimages.fr/>



2. La lumière comme phénomène physique producteur de la sensation visuelle
« À l'intérieur d'un bâtiment, ce qu'il y a de plus merveilleux, ce sont les atmosphères que confère à l'espace. L'ampoule électrique combat le soleil pensez-y » (ISADORE, 1923) .

2.1. La lumière naturelle

2.1.1 Définition

La lumière pure, dans le domaine scientifique on trouve beaucoup de définitions, une onde électromagnétique formée d'ensemble de particules : photons.

C'est l'ensemble de rayons solaires directs et indirects, ce sont des radiations électromagnétiques sensibles à l'œil humain dont leurs longueurs et entre 380 à 780 nm (nanomètre).

La lumière naturelle dépend d'abord de la localisation choisie. Pour un bâtiment d'implantation déterminée.

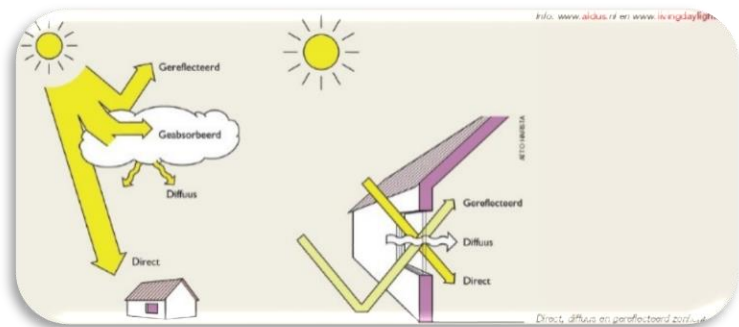


Figure 4: les types des rayon solaires reçu

Source :

<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

La quantité et la quantité de lumière naturelle disponible est de fonction :

- Du type de ciel :

Ciel réel :

Il existe plusieurs types de ciels de nature complexe car ils sont aléatoires. Type de ciel dépend de la couverture nuageuse, la situation géographique et les saisons.

Ciel modélisé :

La CIE Commission international de l'éclairage elle a modélisé plusieurs types de ciels mais on trouve les trois anciens ciels modélisés



➤ Ciel couvert uniforme : chaque point de la voute céleste est caractérisé par la même luminance.



➤ Ciel couvert CIE : la luminance du zénith est trois fois supérieure à celle de l'horizon.



➤ Ciel clair : il peut être modélisé par le modèle de ciel tout temps de Perez.

- Du moment de l'année,
- De caractéristiques optiques des prises de jour.
- De l'orientation de l'ouverture, son inclinaison.
- De l'environnement physique de l'édifice.
- Conditions climatiques.

La lumière du jour se décompose en deux parties complémentaires :

- Une lumière directe, venant de l'éclairage du soleil – ensoleillement, quand la couverture nuageuse est faible.
- Une lumière diffuse, venant de l'éclairage du ciel par l'atmosphère terrestre et des nuages.

2.1.2. Propagation dans l'espace :

La propagation de la lumière c'est le comportement des rayons lumineux et l'ensembles des règles qu'ils obéissent dans les milieux

Milieu isotrope et homogène les rayons lumineux sont des portions droites Alternance entre deux milieux les rayons lumineux obéissent aux lois de Snell-Descartes relatives à la réflexion et réfraction.

2.1.2.1 : La réflexion :

On parle de phénomène de réflexion quand la rayon lumineux change sa direction dans le milieu de propagation. il répond à deux conditions

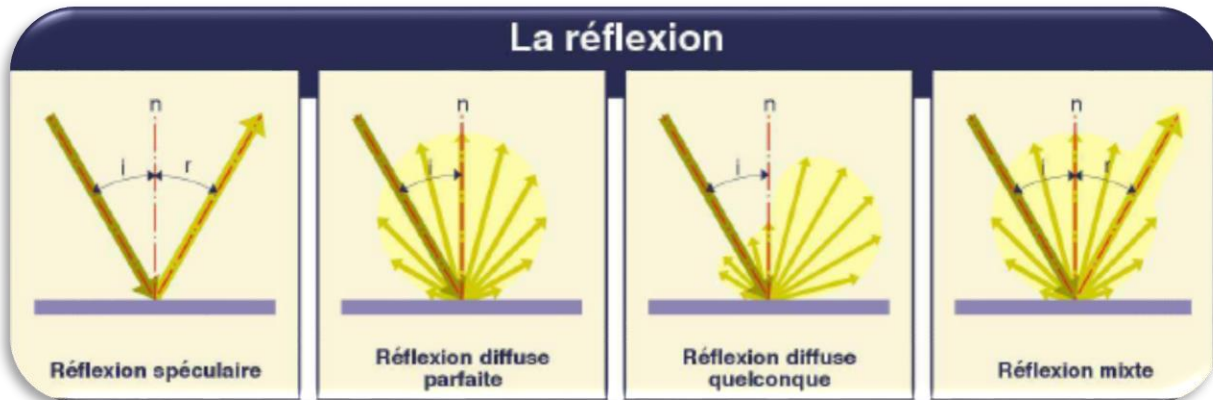


Figure 5: les types de réflexion des rayons lumineux. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

- Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale sont dans le même plan d'incidence.
- Les angles d'incidence et de réflexion sont égaux

2.1.2.2. La réfraction :

On parle de phénomène de réfraction quand il y a un changement dans la direction de propagation de la lumière traversant un dioptre, il répond aux conditions suivantes

- Le rayon incident, rayon réfléchi et la normale sont dans le même plan d'incidence.
- Les angles d'incidence sont liés par la loi de Snell-Descartes $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

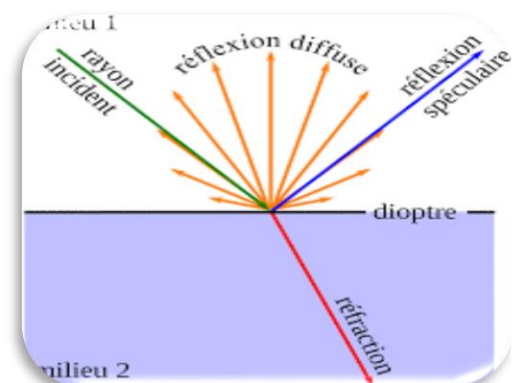


Figure 6: la réfraction des rayons solaires. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.1.2.3. La transmission:

La pénétration de lumière à l'intérieur des espaces est influencée par : dimensions, forme, position et le matériau de transmission utilisé.

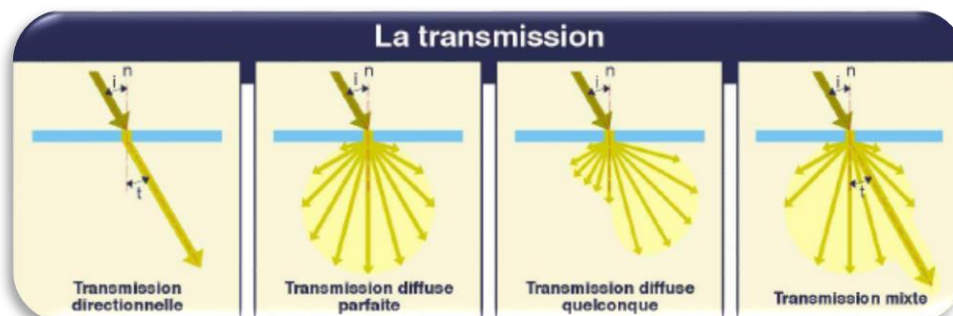


Figure 7: la transmission des rayons solaires. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.2. La lumière artificielle

2.2.1. Définition

« La lumière artificielle n'est qu'un seul, petit moment statique dans la lumière, c'est la lumière de la nuit, elle ne peut jamais égaler la variation des ambiances que créent chaque heure du jour et la merveille de chaque saison » (ISADORE, 1923).

La lumière artificielle est l'ensemble d'éclairage produit et diffusé par des sources artificielles, lumineuse dans le but de remplacer la lumière du jour absente. Avec une consommation de l'énergie électrique. Elle est une lumière complémentaire de la lumière naturelle avec son rôle d'éclairer nos espaces dans la nuit.

Elle nous ouvre un champ vaste de possibilités de côté de choix de type de :

- ⇒ Luminaire
- ⇒ Température de la lumière.
- ⇒ Couleur.
- ⇒ Densité de lumière.

Avec la possibilité de contrôle et d'orientation.

2.2.2. L'ambiance lumineuse

L'ambiance est cet environnement sensible « Atmosphère matérielle ou morale qui environne une personne » (Le nouveau petit Robert 2002, p.77) peut être défini comme lieu, édifice, pièce qui fait appel aux sens des personnes, usagers. L'ambiance lumineuse c'est de capter la lumière et assurer une distribution harmonieuse dans les espaces intérieurs du bâtiment en assurant une protection contre ces rayons violents. Constitué de trois dimensions :

- ✓ La lumière
- ✓ L'objet architectural
- ✓ Le sujet

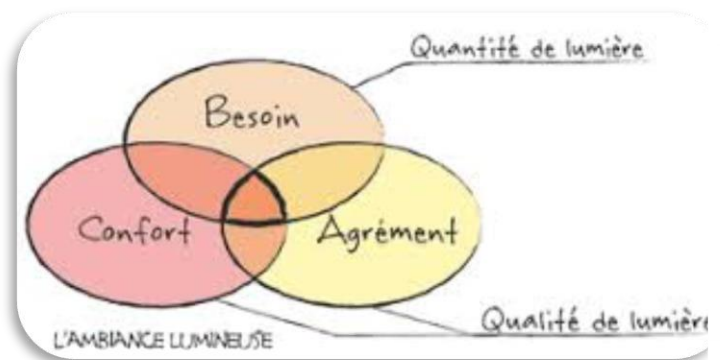


Figure 8: l'ambiance lumineuse. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

L'interaction de la lumière et l'objet architectural nous crée l'environnement architectural qui est un stimulus extérieur pour le sujet.

2.2.3. Le confort visuel

Le confort visuel est cette état où impression subjective de l'utilisateur dans son environnement quand il arrive à voir tous les éléments sans fatigue et éblouissement liée à la quantité, la qualité de lumière et sa manière de distribution.

Le confort visuel est autour des paramètres suivants :

- ⇒ Le niveau d'éclairage et la luminance.
- ⇒ Les contrastes et les couleurs.
- ⇒ Absence de l'éblouissement.
- ⇒ Absence de réflexion.
- ⇒ Absence d'ombre.
- ⇒ Un éclairage uniforme.
- ⇒ Les vues vers l'extérieur.
- ⇒ Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.
- ⇒ La mise en valeur du relief, forme, objets et éléments d'architecture.

2.3. Des grandeurs physiques qui rentrent dans le phénomène de lumière

2.3.1. Le flux lumineux :

La quantité de lumière émise par une source lumineuse par unité de temps.

Unité : lumen (lm)

Figure 9: la flux lumineux

Source :
<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

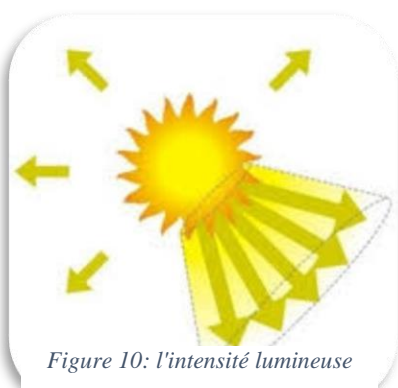


Figure 10: l'intensité lumineuse

Source :
<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.3.2. L'intensité lumineuse :

Mesure du flux lumineux dans une direction. Une source n'émet pas forcément la même quantité de lumière dans toutes les directions. Il est donc utile de connaître le flux rayonné dans chaque direction. Unité : candela (cd)

2.3.3. L'éclairement lumineux :

Représente le flux lumineux reçu de manière uniforme sur un point, une surface déterminée, plus la valeur d'éclairement est élevée on peut classer l'espace comme espace bien éclairé.

Unité : lux (lux)

Calcul de l'éclairement en un point d'une surface en fonction de l'intensité lumineuse

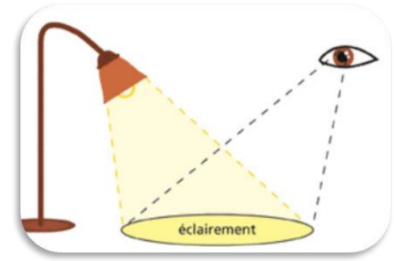


Figure 11: l'éclairement lumineux.

Source :

<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.3.4 La luminance :

La lumière reçue après réflexion par une surface opaque ou une surface transparente traversée par un faisceau lumineux. C'est la seule grandeur photométrique perçue par l'œil humaine, elle correspond à la sensation visuelle de luminosité causée par la surface des objets présents dans le champ visuel.

Unité : candela/m²
(cd/m²)

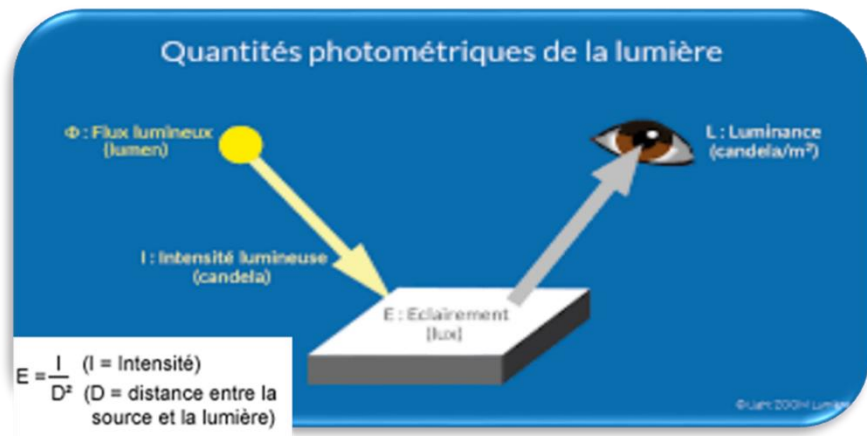


Figure 12: la luminance. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.3.5. Facteur de lumière du jour

♠ Pour la lumière naturelle on a un facteur spécifique c'est le facteur de la lumière du jour. Le facteur de lumière du jour est le rapport entre :

- L'éclairement intérieur complet (réflexions internes comprises) en un point du plan utile.
- L'éclairement horizontal extérieur dû à la voûte du ciel.

♠ Compte tenu des hypothèses ce facteur, indépendant des conditions extérieures, est lié uniquement :

- Aux caractéristiques géométriques des vitrages
- À la plus ou moins grande réflectance des parois internes du local en cause.

3. Le son et l'acoustique

3.1. Introduction

La mosquée un édifice à double fonctions religieuse et culturelle considéré lieu d'échange et de savoir, l'imam donne des discours, leçons et lecture de coran. Alors on doit prendre en considération le côté acoustique de cette édifice pour assurer un bon passage de messages et sa clarté pour les récepteurs, on étudie le phénomène son et déduire ces caractéristiques pour savoir sur quels critères s'appuyer pour réaliser cet espace et créer un confort acoustique pour les fidèles.

3.2. Le phénomène son :

3.2.1. Définition

Le son est une sensation auditive composé d'ondes périodiques qui se propage dans le milieu qui est l'air, due à une vibration acoustique.

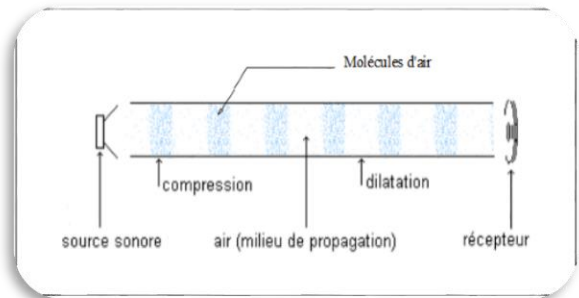


Figure 13: l'onde sonore. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.2.2. Caractéristique du son :

3.2.2.1. La fréquence :

C'est l'ensemble de périodes dans une seconde, c'est le nombre de vibration dans une seconde, Unité : Hertz

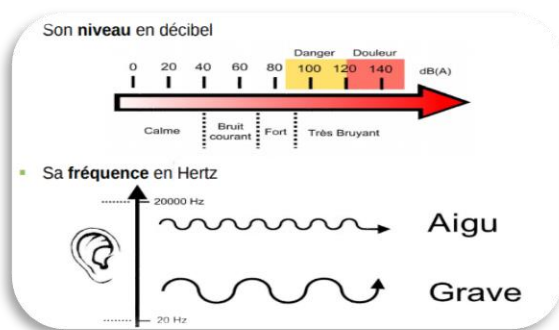


Figure 14: les fréquences du son.

Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

Selon la fréquence on peut classer les sons grave, moyen et aigu.

3.2.2.2. L'intensité :

L'intensité acoustique est une grandeur vectorielle et non scalaire comme le niveau de pression acoustique. Elle est utilisée principalement en recherche et développement. C'est l'énergie sonore qui traverse une surface par unité de temps.

Intensité acoustique (I) = puissance acoustique ramenée à l'unité de surface.

$$I = \frac{w}{S} = \frac{p^2}{\rho c} \quad I \text{ s'exprime en } W/m^2$$

Figure 15: l'intensité lumineuse. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.2.2.3 : L'amplitude:

C'est la variation de la pression de l'onde sonore.

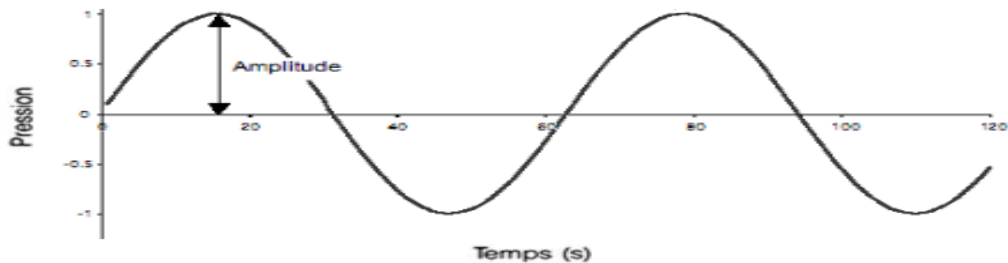


Figure 16: l'amplitude de l'onde sonore. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.2.2.4. Longueur de l'onde :

La distance parcourue par l'onde sonore pendant une période (T) noté

$$\lambda = c / f = c * T$$

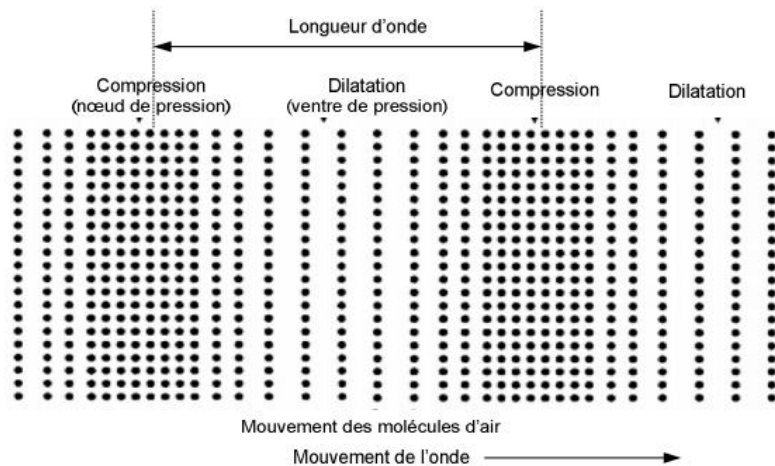


Figure 17: comportement de l'onde sonore. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.2.3 Le comportement du son :

3.2.3.1. La réflexion :

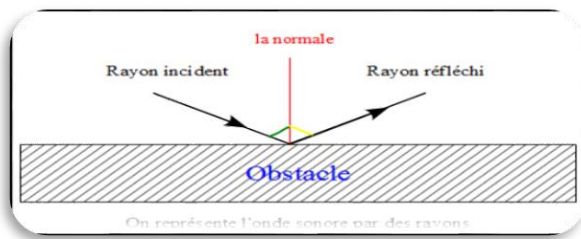


Figure 18: la réflexion de l'onde sonore. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

Quand une onde acoustique rencontre un obstacle rigide de grande surface donc elle dévie de son trajet. Elle réfléchit avec un angle avec un angle de réflexion qui est égale à l'angle d'incidence.

3.2.3.2. La diffraction :

On parle de diffraction lorsque la longueur de l'onde sonore est supérieure à la longueur de l'obstacle. Les sons grave avec leurs longueurs supérieures sont généralement diffractés.

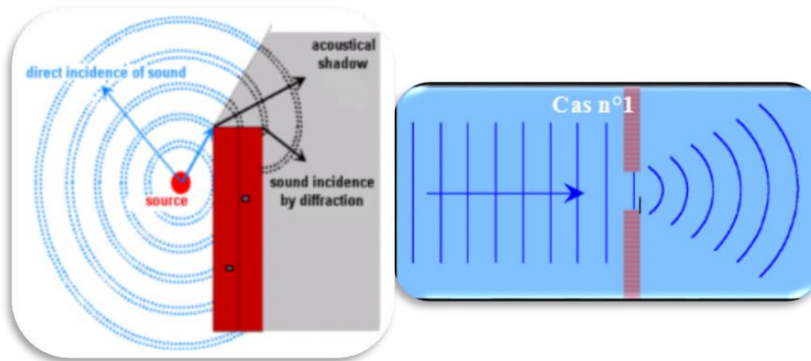


Figure 19: défraction d'onde sonore.

Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.2.3.3. La réfraction :

C'est l'action de changement de la direction de l'onde sonore quand elle traverse deux surfaces de différentes densités où la vitesse est pas constante pour tous les point de l'onde.

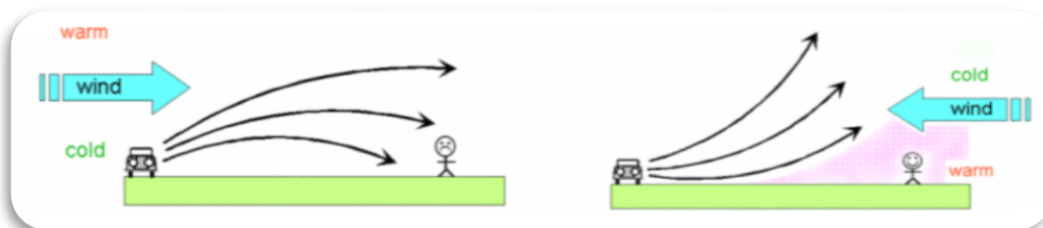


Figure 20: réfraction de l'onde sonore. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.3. L'inconfort acoustique :

3.3.1 Le bruit

Une sensation auditive désagréable composé de nombreux sons complexes non harmoniques.

3.3.2. Types, sources et propagation de bruit :

Bruit aérien : émis par une source de bruit qui n'est pas en contact avec la structure de la construction, se propage dans l'air avant de faire vibrer les parois de local. On trouve deux types

- Bruit aérien intérieur : les conversations, télévision...etc.
- Bruit aérien extérieur : trafic routier...etc.

Bruit solidiens : qui ont une mise en vibration direct avec la structure de la construction, quand la paroi est soumise à un choc qui fait vibrer l'air dans le local. On distingue deux types :

- Bruit d'impact : les pas des habitants, déplacement des meubles...etc.
- Bruit d'équipements : robinets, chasse d'eau...etc.

On distingue 3 types d'équipements :

- Les équipements individuels intérieurs aux logements
- Les équipements individuels extérieurs aux logements
- Les équipements collectifs

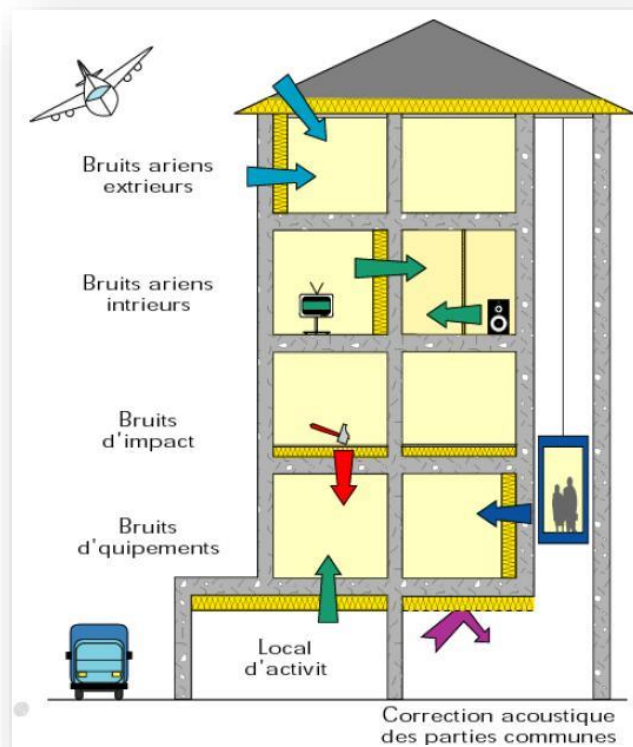


Figure 21: types, sources, propagation de bruit. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.3.3. La réverbération :

3.3.3.1. Définition

La réverbération est la persistance du son dans un lieu après l'interruption de la source sonore. La réverbération est le mélange d'une quantité de réflexions directes et indirectes donnant un son diffus qui décroît progressivement.

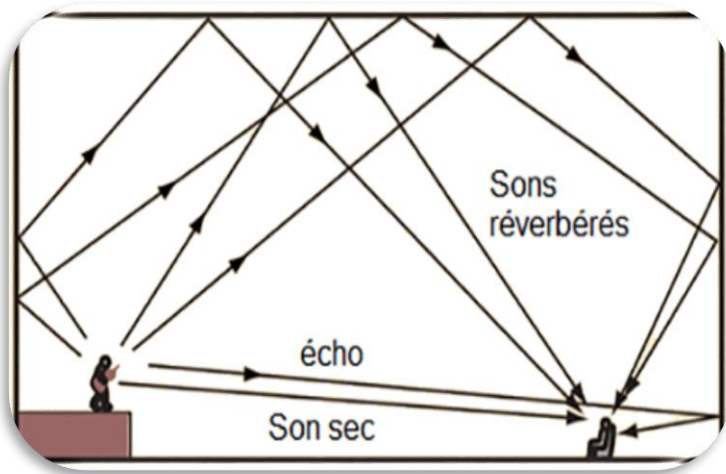


Figure 22: phénomène de réverbération. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

3.3.4. Le temps de réverbération :

Une mesure de ce phénomène : le temps mis par l'énergie sonore pour décroître de 60 dB après l'arrêt de la source. Le temps de réverbération dépend de la fréquence qui est lié aux coefficients d'absorption des parois délimitant l'espace intérieur.

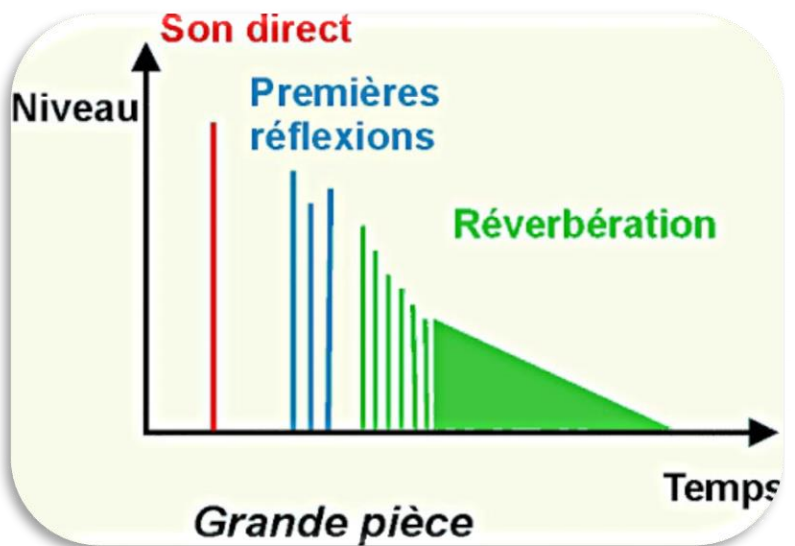


Figure 23: le temps de réverbération. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

- Dans les édifices religieux l'emploi de matériaux très réfléchissants (pierre, verre, béton lisse) permet d'atteindre des temps de réverbération compris entre 5 et 10 secondes.

3.3.5. Phénomène de l'écho :

Lorsqu'un son est émis, Une partie est donc perçue directement par notre oreille, alors qu'une autre partie s'éloigne jusqu'à être réfléchi par un obstacle, et revenir vers notre oreille. Un rayon parvient directement à notre oreille et l'autre emprunte un autre chemin

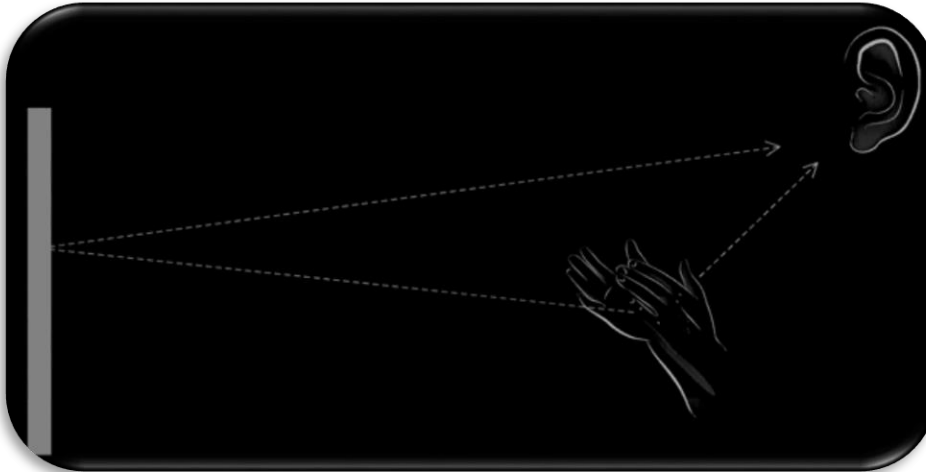


Figure 24: représentation de phénomène d'écho. Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

4. Conclusion

Il existe de nombreuses stratégies pour obtenir une bonne performance lumineuse, c'est-à-dire un éclairage confortable et agréable et réduisant la consommation d'énergie d'éclairage artificiel.

On souligne à partir des retours des expériences une certaine homogénéité des troubles liés à constitution de la lumière naturelle. En fait, ces troubles proviennent principalement de la phase de conception. Il nécessite des dépenses adéquate et faramineuses pour pouvoir corriger ces défauts à l'origine.

L'acoustique à l'origine excitait comme activité dans les théâtres, auditoriums, musique et chambres auditives dans un cadre audio professionnelle, où toutes les étapes de performance dans lesquelles chaque élément du projet est basé sur des calculs et des mesures instrumentales tangibles.

Au fil du temps, l'application de l'acoustique a beaucoup évolué et que les concepts acoustiques généraux ont été largement étendus à de nouveaux domaines d'application, d'architecture avec mobilier, design d'intérieur dans le secteur de l'aérospatiale.

Les concepts d'isolation acoustique, d'insonorisation, de réverbération et de phono-absorption sont aujourd'hui bien connus des ingénieurs et architectes.

Il est pourtant encore fréquent aujourd'hui de souffrir des effets d'une mauvaise acoustique dans des bâtiments construits récemment.

Les nombreux projets d'architecture et d'aménagement des espaces qui prévoient l'interaction entre l'homme, l'environnement et des produits industriels divers ne peuvent omettre désormais de procéder à l'analyse détaillée des conséquences de leurs choix sur le confort acoustique perçu par l'humain.

Chapitre 02 :
L'espace architecturale religieux : conformation architecturale

<u>Chapitre 02 :</u>	25
1. Introduction	27
2. Architecture des mosquées	27
2.1. Types des édifices religieux	27
2.1.1. Les types de plans de mosquée	28
2.2. Les composantes architecturales d'une mosquée :	29
2.3. Classement des mosquées	30
2.4. Fonctions de la mosquée	31
3. La lumière :	32
3.1. Passage de la lumière naturelle	32
3.2. Modalité de la baie	33
3.3. Caractéristiques surfacique de la paroi	34
4. L'acoustique	36
4.1. Comportement acoustique matériaux	37
4.1.1. Indice d'affaiblissement	37
4.1.2. La loi de masse	37
4.1.3 Comportement du son au niveau d'une surface.....	38
5. Synthèse	39
6. Conclusion.....	40

1. Introduction

La mosquée est l'édifice principale de l'architecture islamique, il était le centre de la cité islamique plus de sa fonction religieuse, il est considéré comme centre de pouvoir. La conception de cette édifice a connu plusieurs styles de plusieurs époques et civilisation tout en assurant le passage du message religieux dans espace de prière claire sous une atmosphère spirituelle. Sa fonction n'a jamais été changé sauf ajout des espaces annexes complémentaires.

2. Architecture des mosquées

2.1. Types des édifices religieux

On trouve e différents types des édifices religieux tels que :

- ❖ Masjid : dit mosquée du vendredi, sert pour la prière du vendredi le jour sacré des musulmans comme son nom l'indique.
- ❖ Musala : lieu de prière en plein air, situé en dehors des villes, sert lors des grandes fêtes religieuses.
- ❖ Zawiya : édifice abritant un tombeau et des sufis, d'une taille imposante, son rôle est l'enseignement
- ❖ Mausolée sous coupole : un édifice d'une base polygonale surmontée d'un dôme.
- ❖ La madrasa : une école coranique, lieu d'étude et enseignement du droit, basé sur la Charia selon les quatre rites orthodoxes (hanafite, chaféite, Malékite et hanbalite), généralement considéré comme mosquée du quartier.
- ❖ Tour funéraire : édifice de forme différentes où les cadavres étaient exposés sur le sommet mais avec le temps les chambres funéraires furent construites à la base de la tour dans des cryptes.
- ❖ Khanqah/ Khanaqah : lieu de vie de mystique musulmans, sert comme un lieu funéraire pour son constructeur, fondateur, contient une mosquée et une école
- ❖ Ribat : édifice religieux et militaire fortifié, construit généralement dans les frontières et donne sur un axe de communication important abrite les combattants, contient une mosquée.
- ❖ Complexe : regroupement de plusieurs bâtiments tels que : mosquée, madrasa, tombeau et boutiques ...etc. administré par le waqf.

2.1.1. Les types de plans de mosquée

Il existe quatre types de plans marquants

- Le plan arabe hypostyle :

Modèle mythique, modèle de la première mosquée celle du prophète (PSL) composée de

- ⇒ Salle de prière hypostyle en colonnes rythmées.
- ⇒ La cour à ablution en portiques.
- ⇒ La galerie.



Figure 25: la grande mosquée d'Alger

Source :

<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

- Le plan iranien :

Caractérisé par

- ⇒ L'utilisation des iwans (une salle voûtée ouverte sur coté par arc inclus dans un encadrement rectangulaire).
- ⇒ Un pishtak : un portail ouvert avec un grand arc.
- ⇒ Une salle de prière sous coupole.



Figure 26: la mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran

Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

- Le plan moghol :

Influencé par le plan iranien, caractérisé par

- ⇒ Une grande cour à quatre iwans.
- ⇒ Une salle de prière rectangulaire surmonté de trois à cinq coupoles bulbeuses.

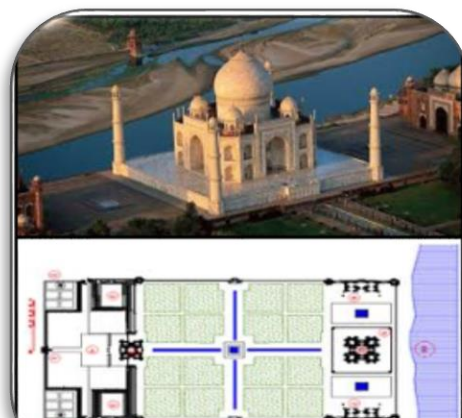


Figure 27: Taj Mahal, inde

Source :

<https://www.google.com/imghp?hl=FR>

▪ Le plan ottoman :

Caractérisé par :

- ⇒ Une salle de prière surmonté d'une grande coupole principale cantonné de demi coupoles et coupolettes, généralement ces édifices sont des complexes.



Figure 28: Mosquée Sulaymānīyah, Turquie

Source : <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

2.2. Les composantes architecturales d'une mosquée :

- ❖ L'enceinte : une muraille qui entoure la mosquée et la fortifie la sépare de l'extérieur, l'espace dégagé entre cette enceinte et la muraille nommé Ziyada.
- ❖ La cour : l'espace extérieur central sur lequel s'articule les espaces, considérée comme espace d'ablution où on trouve la fontaine.
- ❖ La fontaine : source d'eau pour l'ablution rituelle avant la prière.
- ❖ Le minaret : une tour où le muezzin appelle à la prière, de formes différentes.
- ❖ Haram / Salle de prière : la salle principale où les fidèles se réunissent pour accomplir les prières.
- ❖ Mihrab : élément indiquent le sens de la qibla, placé sur le mur qibli, une niche d'une moyenne profondeur
- ❖ Minbar : chaire à prêcher, situé à côté de mihrab, où l'imam se présente pour donner la khotba.
- ❖ Dikka : se trouve généralement dans les grandes mosquées, tribune permettant de répercuter dans le haram, le sermon du muezzin.
- ❖ La maqsura : un endroit fermé clos près du mihrab généralement réservé aux souverains pour la protection des attaques mais comme il s'oppose au concept de l'égalité en islam on ne le trouve pas toujours présent.

2.3. Classement des mosquées

⇒ EXTRAIT DE JOURNAL OFFICIEL

Selon le décret exécutif N°13-377 du 5 Muharram 1435 correspondant au 9 novembre 2013 portant statut de la mosquée

Titre III.....Classement et gestion des mosquées.....Chapitre 1^{er}

Les mosquées sont classées selon leurs implantation, leurs fonctions, leurs capacités et les spécificités historiques et architecturales qui les caractérise comme suit

Djamaa El Djazair.

Les mosquées historiques : sont les mosquées archéologiques classée ou en voie de classement compte tenu de leurs spécificités historiques et leur empreinte civilisationnelle.

Les mosquées principales : sont les grandes mosquées considérées comme les pôles d'excellence implantées dans le chef-lieu de la wilaya, pourvues :

- Une capacité d'accueil de plus de 10 000 fidèles
- Une école coranique
- Une bibliothèque
- Une salle de conférence
- Espace d'activités d'orientation et de culture
- Logements de fonction
- Espaces verts

Les mosquées nationales : sont les grandes mosquées pourvues :

- Une capacité d'accueil de plus de 1000 fidèles
- Une école coranique
- Une salle de conférence
- Espace d'activités d'orientation et de culture
- Logements de fonction
- Espaces verts

Les mosquées locales : sont les mosquées construites dans les agglomérations urbaines ou rurales où est accomplie la prière du vendredi, pourvue de :

- Une capacité d'accueil de moins de 1 000 fidèles
- Une classe ou de classes coraniques
- Un logement de fonction au moins

Les mosquées de quartier : sont les mosquées où sont accomplies les cinq prières à l'exception de la prière de vendredi.

2.4. Fonctions de la mosquée

La fonction de la mosquée est déterminée par le rôle qu'elle assure dans la vie spirituelle, éducative ; scientifique, culturelle et sociale de la Oumma.

Fonction spirituelle

- Accomplissement de la prière
- La récitation du Saint Coran
- L'invocation d'Allah et la glorification de ces enseignements

La fonction éducative et pédagogique

- L'organisation des cercles de récitation et de mémorisation du Saint Coran, et l'enseignement des psalmodies et de l'exégèse
- L'organisation de concours de récitation du Saint Coran, de psalmodies et de l'exégèse, ainsi que la mémorisation et l'interprétation de la Saint tradition du Prophète.
- L'apprentissage des sciences islamiques conformément au programmes de l'école coranique
- L'organisation de cours de soutien dans les différents paliers d'enseignement selon les programmes en vigueur dans les établissements de l'éducation et de l'enseignement
- La contribution à l'organisation des cours d'alphabétisation
- La sensibilisation des pèlerins
- La dispense de cours de morale et l'éducation religieuse et civique

La fonction culturelle

- L'organisation des conférences et séminaires pour la diffusion et la vulgarisation de la culture islamique
- La commémoration des fêtes et cérémonies religieuses et nationales
- La promotion des bibliothèques de mosquées et leur gestion pour en tirer le meilleur profit
- L'organisation d'exposition consacrés au livre et aux arts islamique
- Organisation des concours culturels

La fonction sociale

Consiste notamment :

- Au règlement des différends entre les citoyens
- Au développement du sens civique, de l'esprit citoyen et de la solidarité sociale
- A la protection de la société des fléaux sociaux
- A la contribution
 - Aux campagnes sociales, nationales et locales
 - A la protection de l'environnement
 - Aux campagnes de sensibilisation sanitaires en coordination avec les services compétents
 - Au développement de la Zakat et de l'action de constitution des Wakfs

3. La lumière :

3.1. Passage de la lumière naturelle

La stratégie d'accueil de la lumière se résume dans trois actions : capter, transmettre et distribuer.

Les paramètres qui doivent être pris en compte sont les suivants: Capturer et pénétrer: à travers l'étude de la surface du verre et du type de vitrage, ainsi que de la nature des surfaces de l'environnement extérieur;

Distribuer: prendre en compte les caractéristiques du vitrage, les propriétés de la surface interne et l'exploitation des dispositifs;

Protéger et contrôler: grâce à l'exploitation des protections solaires fixes et des éléments architecturaux ou mobiles.

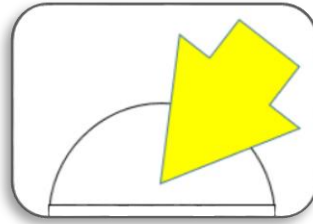
Focaliser: à travers les différents types d'ouvertures de Zénith ou de l'éclairage latéral pour donner une importance à un élément.

Capter :

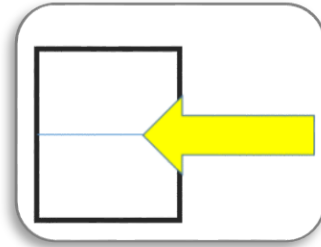
La pénétration de la lumière se fait par des dispositifs qui sont composés de passage : baies, fenêtres, donc ce sont les éléments qui jouent un rôle dans la qualification et la quantification de la lumière pénétrante

On distingue trois types :

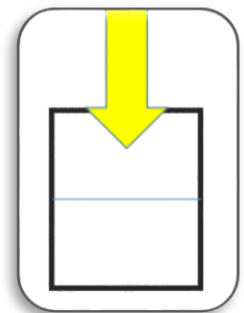
a. Passage globale :



b. Passage latéral : c'est-à-dire on parle de la façade, donc c'est par les baies et les baies vitrées.



c. Passage zénithal : c'est-à-dire on parle de la toiture, donc par les fenêtres de toit, linteau, les voutes, verrières, les sheds et les puits de lumière.

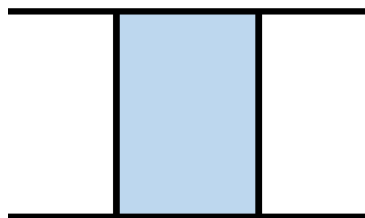


Transmettre :

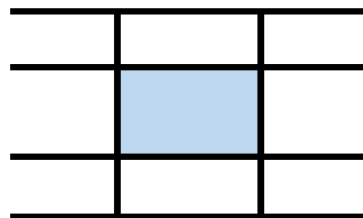
3.2. Modalité de la baie

La pénétration de la lumière est influencée par les caractéristiques géométriques donc la modalité de la baie influence sur la qualité et la quantité de lumière pénétrante.

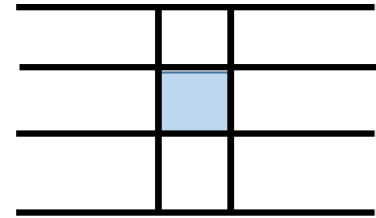
↳ La taille : l'élément qui détermine la quantité de la lumière qui pénètre à l'intérieur.



Grande

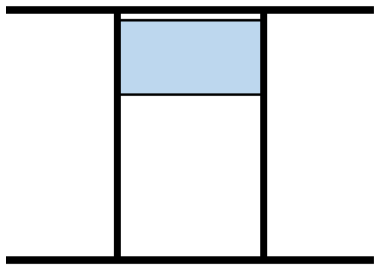


Moyenne

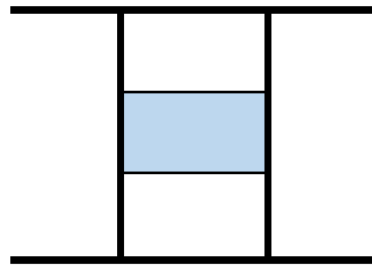


Petite

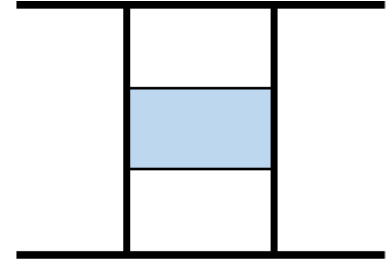
↶ L'emplacement :



Haute

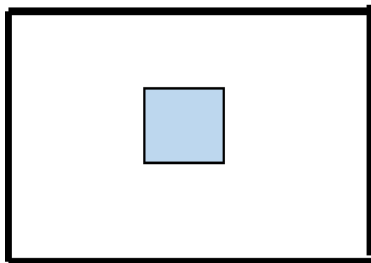


intermédiaire

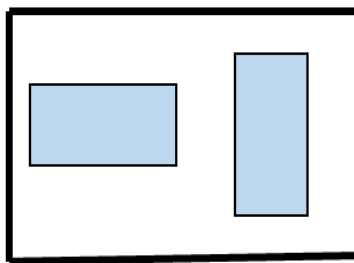


Basse

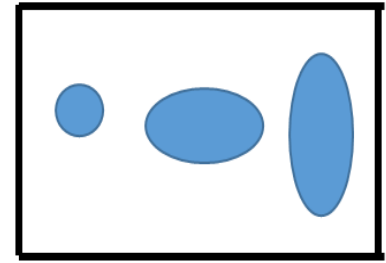
La forme : influence sur la répartition lumineuse fournie.



Carré



Rectangulaire



Circulaire, ovale

Distribuer

3.3. Caractéristiques surfacique de la paroi

Donc c'est d'assurer une bonne répartition de la lumière dans l'espace intérieur en manipulant la géométrie du local et ces caractéristiques surfaciques : forme, couleur et texture bien sûr plus le dimensionnement des ouvertures.

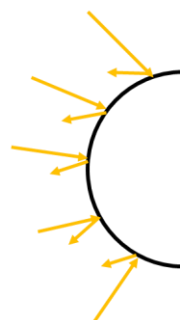
Forme :



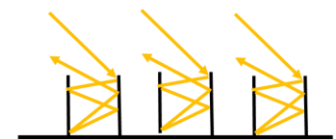
Surface plane



Surface concave

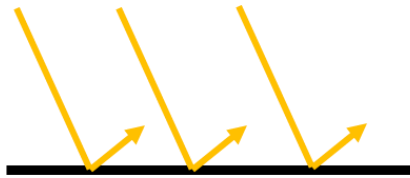


Surface convexe

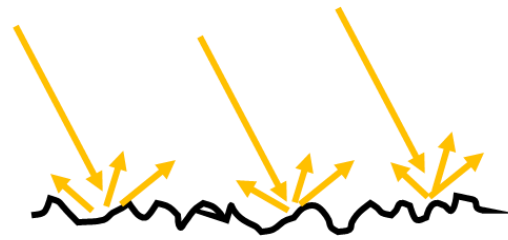


Obstacles

Texture :



Surface lisse



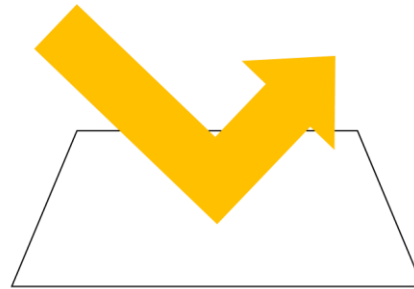
Surface rugueuse

Couleur :

Plus la couleur est claire plus la valeur de la réflexion lumineuse est élevée.



Réflexion lumineuse: 5%



Réflexion lumineuse: 20%

Contrôler

On parle de dispositifs conçu pour contrôler l'entrée de la lumière des baies pour raison de protection, on trouve :

Protection fixe tels que les casquettes, brise soleil, débord de toiture...etc.

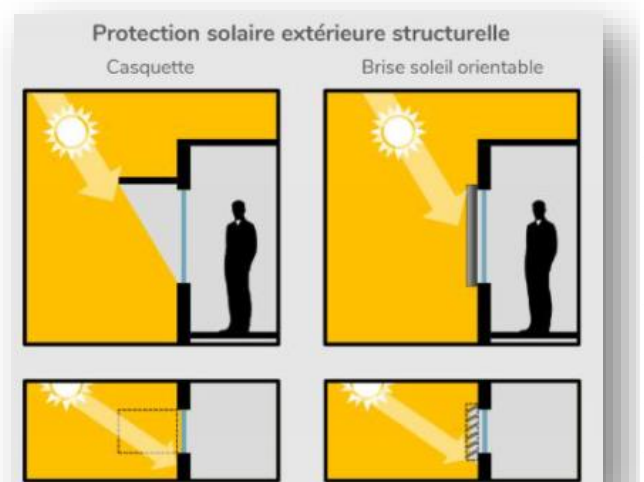


Figure 29; protection solaire structurelle

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels>

Protection mobile tels que les stores, volets roulants, volets battants, panneaux coulissants, intelligent skins...etc.

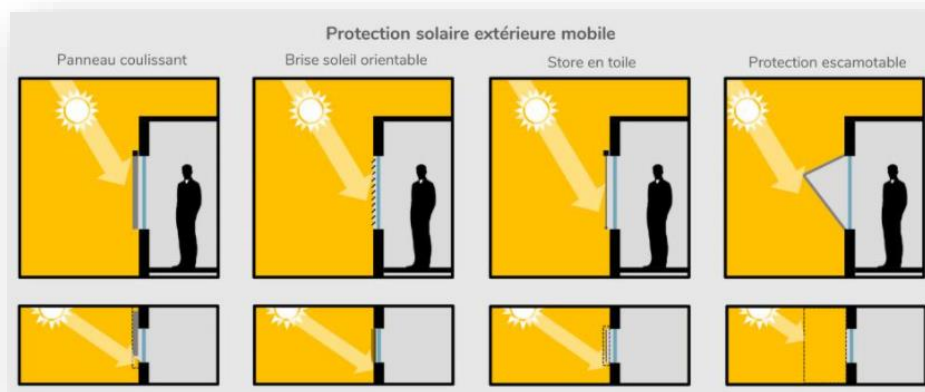


Figure 30: protection solaire extérieure mobile

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels>

Protection solaire naturelle : la végétation.

On parle des éléments architecturaux qui se trouve autour qui est considéré comme sources potentielles d'ombrage. L'implantation d'un cadre végétal contribue à la gestion des apports solaires.

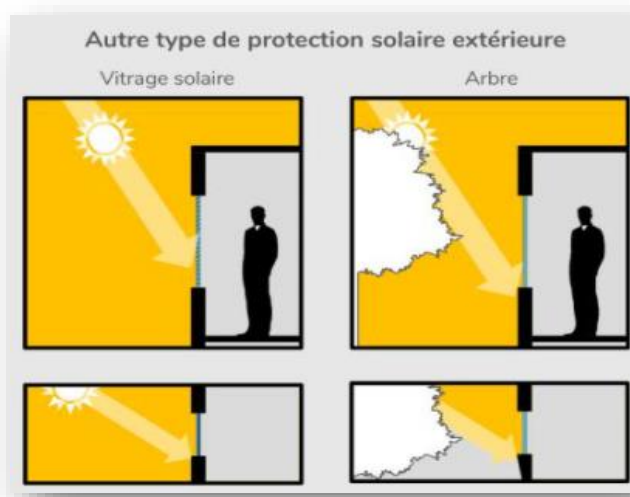


Figure 31: protection solaire végétale

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels>

4. L'acoustique

Le comportement du son à l'intérieur du local est lié au différentes parois qui le constitue. Les caractéristiques spécifiques des matériaux utilisés dans le domaine acoustique et le caractère relativement récent des produits de ce secteur peuvent parfois créer des techniques nouvelles de construction lors de la conception du projet. Cela est plus vrai en raison du manque observé dans la qualité des matériaux utilisés, capable d'orienter la sélection de la conception du projet, de combiner des solutions acoustiques existantes avec les aspects fonctionnels répétés et le résultat esthétique final.

4.1. Comportement acoustique matériaux

Utilisation des matériaux qui ont un indice d'affaiblissement R le plus élevé sen des matériaux qui empêchent la transmission de son aériens. Un matériau qui aide dans la réduction de temps de réverbération.

4.1.1. *Indice d'affaiblissement* : L'indice d'affaiblissement en transmission (R), aussi appelé performance acoustique, d'une paroi définit sa capacité d'isolation acoustique. L'efficacité d'une paroi à isoler du bruit dépendra de la masse de la paroi et de la fréquence du bruit dont on veut s'isoler. (VADEMECUM DU BRUIT ROUTIER URBAIN 10 VOLUME I L'étude acoustique dans l'urbanisme et l'architecture).

L'affaiblissement est plus important pour les sons aigus que pour les sons graves. L'affaiblissement diminue dans un intervalle (entre 300 et 900 Hz) appelé « fréquence critique ».

Les matériaux peuvent être classés en trois catégories :

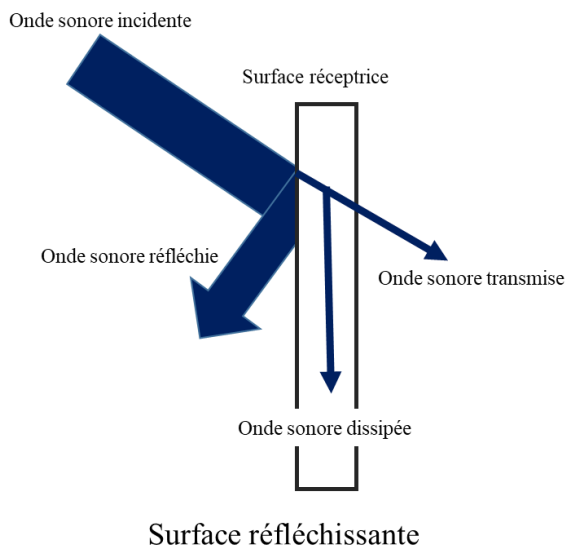
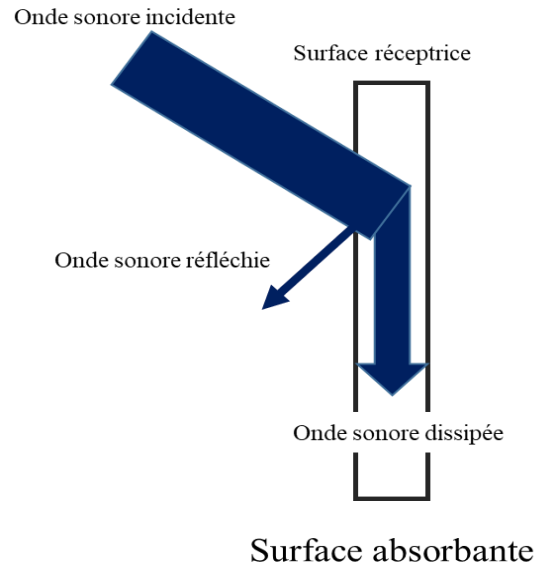
- Les matériaux lourds, comme le béton, ont une densité élevée, leur taux d'absorption l'est donc aussi. La fréquence critique de ces matériaux est basse, se situant au niveau de sons déjà faibles avant d'être atténués, elle n'influe donc pas sur la qualité de l'isolation.
- Les matériaux mi-lourds, briques et plâtres, par exemple, ont une densité et un affaiblissement faibles. Leur fréquence critique est proche de 500 Hz, la voix humaine est donc moins atténuée.
- Enfin, le bois, les briques creuses ou le verre sont définis comme matériaux légers. Leur densité est encore plus faible que celle des deux catégories précédentes, par conséquent, leur affaiblissement l'est aussi.

4.1.2. *La loi de masse* : L'indice d'affaiblissement d'une paroi simple dépend principalement de sa masse surfacique m_s (kg/m^2). D'un point de vue physique il dépend principalement de la densité mais aussi de nombreux paramètre physique comme l'élasticité mais aussi de sa structure (continue, alvéolaire etc.) et des phénomènes vibratoires associés.

4.1.3 Comportement du son au niveau d'une surface

Absorption : lorsque le matériau utilisé est de nature solide, moins élastique, lors de la réception de l'onde sonore ces particules se déforment mais elles ne reprennent pas leur forme initiale donc aucune réémission d'onde alors on dit que l'onde est absorbée.

Réflexion : lorsque le matériau utilisé est de nature élastique, ces particules se déforment lors la réception de l'onde sonore mais elles reprennent leur forme initiale avec réémission de l'onde.



A l'intérieur de l'espace, au sein de local on remarque la présence des différents matériaux une catégorie avec propriété d'absorption plus à leurs fonction principale cette propriété n'est pas leur raison d'être mais une conséquence de leur existence.

L'autre catégorie c'est des matériaux installés au premier lieu pour l'absorption de l'énergie acoustique et la réduction du temps de réverbération.

On trouve

- Les matériaux fibreux : les rideaux, les tapis, les moquettes.
- Les résonateurs groupés.
- Les panneaux fléchissant.
- Matériaux hybrides.

5. Synthèse

La lumière est un moyen pour créer un environnement intérieur charmant et féérique ce que nous remarquons dans la mosquée iranienne Nassir-Ol-Molk ou la lumière est filtrée d'une manière exceptionnelle. La lumière de soleil traverse les carreaux de vitrage colorés et retombe sur le sol recouvert de tapis persan qui donne à l'espace un environnement spirituel fantastique.

Le photographe japonais Koach a été époustoufflé par la beauté de cette mosquée, qui s'apprécie mieux à la lueur du matin. Il explique:

« On ne peut voir la lumière à travers le vitrail qu'au petit matin. Elle a été construite pour recevoir la lumière du matin, et si vous la visitez à midi, il sera trop tard. La vue des rayons du soleil à travers les vitraux colorés, qui retombent ensuite sur le tapis persan, est tellement envoûtante qu'elle semble venir d'un autre monde. Même si vous êtes la personne la moins croyante au monde, vous sentirez probablement vos mains se rejoindre naturellement en signe de prière lorsque vous verrez l'éclat de cette lumière. Les constructeurs de cette mosquée ont peut-être voulu montrer leur "foi" à travers la lumière du petit matin qui scintille à travers le vitrail. » le photographe japonais Koach, 2013.



Figure 32: mosquée Nasir Al Molk, Shiraz, Iran

Auteur : Koach

Des chercheurs ont effectué des recherches sur les mosquées anciennes pour analyser et étudier la qualité acoustique dans ces dernières afin d'améliorer la qualité acoustique des mosquées de nouvelle génération, un exemple d'étude sur la qualité du son et son intelligibilité dans les grands mosquées Sulaymānīyah et Sainte Sophie en Turquie et les résultats abordent l'impact de la géométrie de l'édifice et les formes des parois intérieurs et les matériaux de finition sur le comportement du son et la qualité de l'écoute dans la salles de prière.



Figure 33: mosquée sainte Sophie, Turquie

Source <https://www.gettyimages.fr>



Figure 34 : Mosquée Sulaymānīyah, Turquie

Source <https://www.gettyimages.fr>

6. Conclusion

L'architecture islamique s'accorde principalement aux édifices religieux qui est principalement les mosquées. Une variété de plans architecturaux selon la zone géographique et la civilisation chacune avec ces caractéristiques formelles mais il n'empêche toutefois d'un certain membres éléments qui se sont imposés par l'usage.

La mosquée est tout un complexe complet de fonction, elle n'est pas seulement l'endroit pour accomplir les cinq prières mais elle est tout une institue où l'homme se forme culturellement, culturellement et se prépare à comprendre et affronter de la vie.

L'architecture est un moyen de moduler et modeler la qualité de la lumière. La maîtrise de cette dernière et son contrôle est assuré par l'élément architectural qui est la baie qui assure le passage de flux lumineux de l'extérieur à l'intérieur, se caractérise par sa position sur l'enveloppe de l'édifice et ces caractéristiques géométriques, par contre la distribution intérieure et la qualité de l'environnement est dû aux caractéristiques surfaciques des parois internes.

L'obtention d'une bonne qualité acoustique dans un espace fermé est lié aux caractéristiques des parois soit aux choix des matériaux utilisés tout en prenant compte de leurs indice d'absorption, les caractéristiques surfaciques, la texture des parois pour assurer la propagation du son et obtenir un temps de réverbération optimal de but de garantir une bonne intelligibilité de la parole.

Chapitre 03 :
Méthodologie et cas d'étude

<u>Chapitre 03</u> :	41
1. Processus de méthodologie	43
2. Simulation	45
2.1. Présentation de logiciel utilisé	45
2.1.1. La lumière naturelle.....	45
2.1.2. L'acoustique	46
3. Cas d'étude.....	48
4. Partie empirique : prise de mesures.....	56
4.1. La lumière	56
4.2. L'acoustique.....	59
5. Conclusion	60

1. Processus de méthodologie

Notre recherche est basée sur :

La méthode expérimentale scientifique, collection des données dans notre cas c'est d'effectuer des prises de mesures, les analyser pour examiner les phénomènes lumière et son dans l'espace d'étude « salle de prière mosquée ».

Les mesures sont prises au sein de la salle de prière de la mosquée sidi soufi sur 84 points espacés de 1.50m créant une grille, pendant trois moments de la journée.

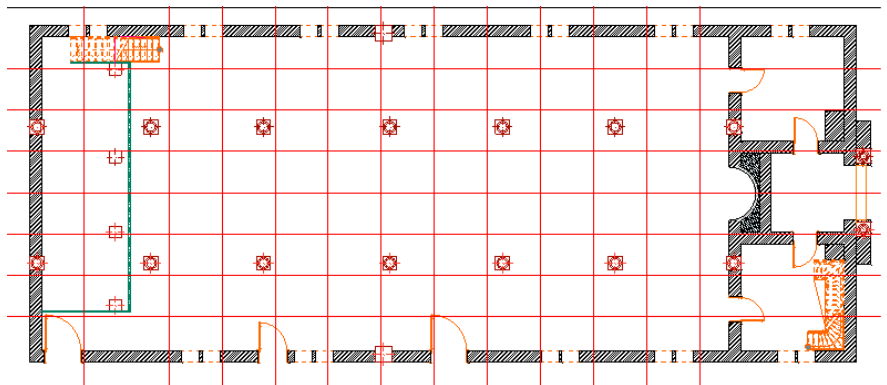


Figure 35: la grille des prise de mesures

Source : auteur

Suivant la grille on commence par le 1^{er} point situé à la droite de mur de la qibla à l'aide d'un luxmètre on a eu les résultats suivant classés dans un tableau pour chaque période de la journée

h	h	13h → 14h	14h → 16h	16h → 18h	18h → 20h
1	07	07	07	07	07
2	08	08	08	08	08
3	09	09	09	09	09
4	10	10	10	10	10
5	11	11	11	11	11
6	12	12	12	12	12
7	13	13	13	13	13
8	14	14	14	14	14
9	15	15	15	15	15
10	16	16	16	16	16
11	17	17	17	17	17
12	18	18	18	18	18
13	19	19	19	19	19
14	20	20	20	20	20
15	21	21	21	21	21
16	22	22	22	22	22
17	23	23	23	23	23
18	24	24	24	24	24
19	25	25	25	25	25
20	26	26	26	26	26
21	27	27	27	27	27
22	28	28	28	28	28
23	29	29	29	29	29
24	30	30	30	30	30
25	31	31	31	31	31
26	32	32	32	32	32
27	33	33	33	33	33
28	34	34	34	34	34
29	35	35	35	35	35
30	36	36	36	36	36
31	37	37	37	37	37
32	38	38	38	38	38
33	39	39	39	39	39
34	40	40	40	40	40
35	41	41	41	41	41
36	42	42	42	42	42
37	43	43	43	43	43
38	44	44	44	44	44
39	45	45	45	45	45
40	46	46	46	46	46
41	47	47	47	47	47
42	48	48	48	48	48
43	49	49	49	49	49
44	50	50	50	50	50
45	51	51	51	51	51
46	52	52	52	52	52
47	53	53	53	53	53
48	54	54	54	54	54
49	55	55	55	55	55
50	56	56	56	56	56
51	57	57	57	57	57
52	58	58	58	58	58
53	59	59	59	59	59
54	60	60	60	60	60
55	61	61	61	61	61
56	62	62	62	62	62
57	63	63	63	63	63
58	64	64	64	64	64
59	65	65	65	65	65
60	66	66	66	66	66
61	67	67	67	67	67
62	68	68	68	68	68
63	69	69	69	69	69
64	70	70	70	70	70
65	71	71	71	71	71
66	72	72	72	72	72
67	73	73	73	73	73
68	74	74	74	74	74
69	75	75	75	75	75
70	76	76	76	76	76
71	77	77	77	77	77
72	78	78	78	78	78
73	79	79	79	79	79
74	80	80	80	80	80
75	81	81	81	81	81
76	82	82	82	82	82
77	83	83	83	83	83
78	84	84	84	84	84



Figure 36: à gauche tableau des prise de mesure (lumière), à droite le luxmètre

Source : Auteur

Suivant la même grille des prises de mesures de la lumière nous avons effectué les prises de son à l'aide d'un sonomètre que nous avons classé dans le tableau pour chaque condition.

Prise	Source	Amplitude	Fréquence	Amplitude	Fréquence	Amplitude	Fréquence
1	36	36	36	36	36	36	36
2	36	36	36	36	36	36	36
3	36	36	36	36	36	36	36
4	36	36	36	36	36	36	36
5	36	36	36	36	36	36	36
6	36	36	36	36	36	36	36
7	36	36	36	36	36	36	36
8	36	36	36	36	36	36	36
9	36	36	36	36	36	36	36
10	36	36	36	36	36	36	36
11	36	36	36	36	36	36	36
12	36	36	36	36	36	36	36
13	36	36	36	36	36	36	36
14	36	36	36	36	36	36	36
15	36	36	36	36	36	36	36
16	36	36	36	36	36	36	36
17	36	36	36	36	36	36	36
18	36	36	36	36	36	36	36
19	36	36	36	36	36	36	36
20	36	36	36	36	36	36	36
21	36	36	36	36	36	36	36
22	36	36	36	36	36	36	36
23	36	36	36	36	36	36	36
24	36	36	36	36	36	36	36
25	36	36	36	36	36	36	36
26	36	36	36	36	36	36	36
27	36	36	36	36	36	36	36
28	36	36	36	36	36	36	36
29	36	36	36	36	36	36	36
30	36	36	36	36	36	36	36
31	36	36	36	36	36	36	36
32	36	36	36	36	36	36	36
33	36	36	36	36	36	36	36
34	36	36	36	36	36	36	36

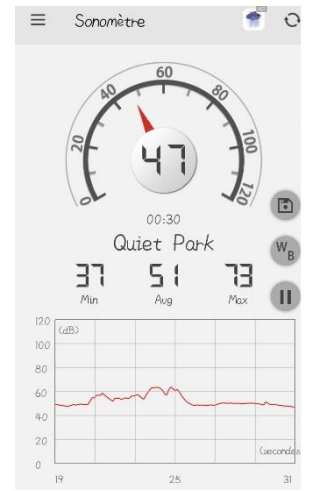


Figure 37: à gauche tableau des valeurs des prises de mesure (le son), à droite de sonomètre

Source : auteur

Ces résultats sont traités est traduit on carte d'éclairage et du son.

Recherche fondamentale : consiste l'analyse d'exemple et investigation pour obtenir des réponses des problèmes.

Présentation des logiciels de simulation utilisé dans l'étude des deux phénomènes son et lumière et donner leurs avantages et utilités.

Simulations informatiques sur les deux phénomènes lumière et son afin d'étudier leur comportement dans l'espace en effectuant les manipulations nécessaires sur les conditions et les paramètres d'expérimentation, après comparaison des résultats avec les résultats obtenus des prises de mesures.

2. Simulation

2.1. Présentation de logiciel utilisé

2.1.1. La lumière naturelle

Présentation de logiciel de simulation ArchiWIZARD

ArchiWIZARD vous permet de valider vos hypothèses de conception et d'éditer les rapports réglementaires officiels pour valider vos projets vis-à-vis des nouvelles exigences de la RT 2012.



Figure 38: logo ArchiWIZARD

Source: <https://fr.graitec.com/archiwizard>

Etude du potentiel solaire

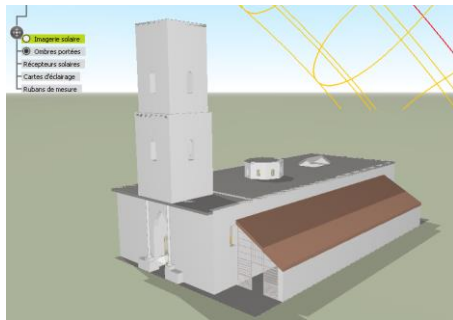


Figure 39: la volumétrie Sidi Soufi Source: auteur

1^{ère} étape : la modélisation

L'utilisation de la maquette numérique 3D la prise en compte complète des éléments de projet et de son environnement. Après faire rentrer les données climatiques de la ville de Bejaia, régler l'échelle adéquat, la date de la journée de l'année choisie et passer à la simulation.

2^{ème} étape : La simulation nous donne analyse en détail l'ensoleillement et l'irradiation du projet et aussi avoir une analyse solaire détaillée (résultats horaires d'irradiation sur une façade, bilan de masquage, rayonnement direct, diffus, réfléchi, ...)

Simulation d'éclairage et d'accès à la lumière naturelle

on insère la carte d'éclairage dans le volume et en réglant les paramètres (type d'analyse (on choisi éclairement), les valeurs maximales et le type de rendu de la carte) on obtient des cartographies d'éclairage précises.

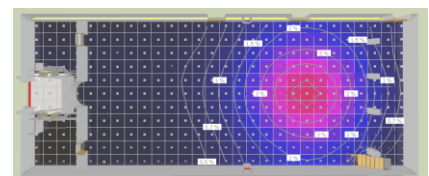


Figure 40: carte d'éclairage sidi soufi Source : auteur

Aussi une analyse en détail le flux lumineux à l'intérieur de projet l'étude de Facteur Lumière Jour sur le projet. (GRAITEC GROUP, s.d.)

2.1.2. L'acoustique

Elaboration de modèle d'analyse on va premièrement déterminer l'espace qui est dans notre cas la salle de prière de la mosquée, ensuite l'emplacement de la source sonore en réglant la hauteur prenant en considération la hauteur humaine plus la hauteur de minbar.

La simulation de but d'étudier le comportement de l'onde sonore durant sa propagation dans l'espace car elle se fait réfléchiée par tout objet à l'intérieur de la salle.

Pour se faire on a choisi l'utilisation de logiciel Ecotect pour simuler l'ambiance sonore avec possibilité de réglage et modélisation librement.

ECOTECT

Ecotect est un outil complet de conception de bâtiments et d'analyse environnementale qui couvre la gamme complète des fonctions de simulation et d'analyse nécessaires pour vraiment comprendre comment la conception d'un bâtiment fonctionnera et fonctionnera.

Il permet enfin aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'appliquer tous les outils nécessaires pour un avenir économe en énergie et durable sans oublier le confort acoustique. (AUTODESK, s.d.)

Première étape : la modélisation

La modélisation d'une maquette 3D de cas d'étude sur Archicad et l'importer sur l'interface ECOTECT.

Deuxième étapes positionnement de la source sonore

La source sonore doit être positionnée dans la salle en respectant la hauteur humaine et régler la fréquence de la voix humaine.

Après on commence la simulation en réglant les fréquences de la source sonore et enregistrer les résultats sur format photo.

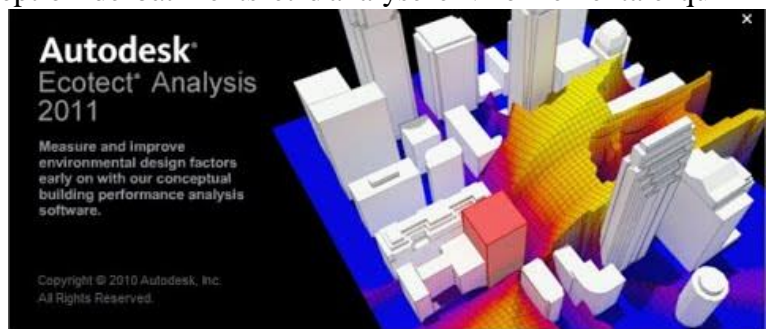


Figure 42: logo ECOTECT

Figure 41: volumétrie de cas d'étude
Source : Auteur

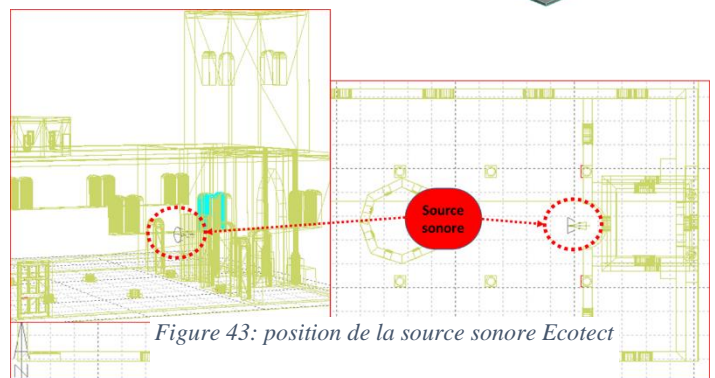
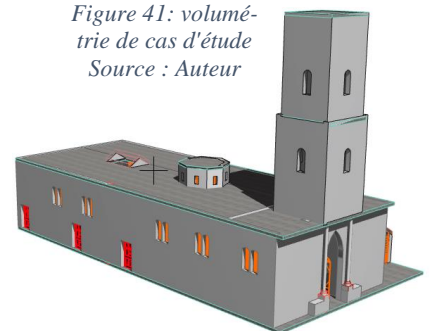


Figure 43: position de la source sonore Ecotect

Source : auteur

Dans notre cas on va baser sur un type de lecture en apercevant des particules ou des flèches colorées qui renvoient à une palette clé qui indique le son direct, le son réfléchi utile, le son masqué, l'écho, la réverbération et les limites ou bordures sonores.

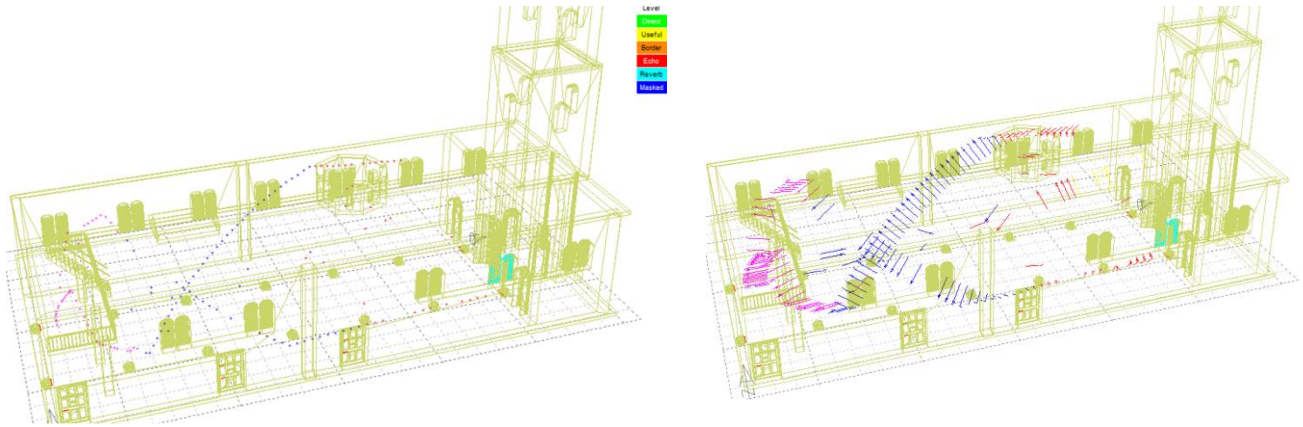


Figure 44: visualisation de comportement des ondes sonore dans la salle de prière avec logiciel ECOTECT

Source: auteur

Après l'obtention des résultats on va les organiser, interpréter et après avoir confronté les hypothèses et les comparer au résultats on va tirer les recommandations nécessaires.

3. Cas d'étude Mosquée Sidi Soufi.

Pour notre étude on est tombé sur le choix de la mosquée SIDI Soufi comme notre cas d'études.

La mosquée sidi soufie situé à l'ancien ville de Bejaïa sur les hauteurs, donne sur la rue Fatima à l'est et rue Djouder R au sud.

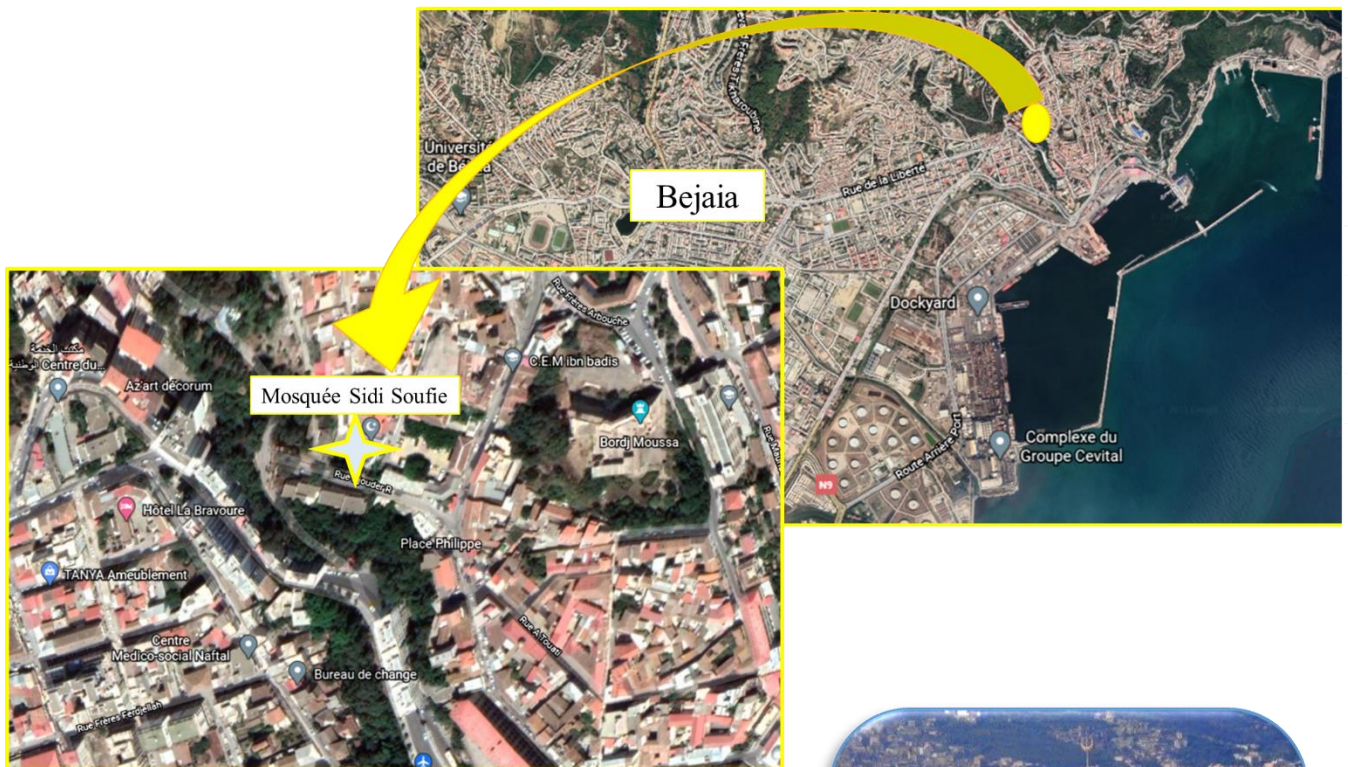


Figure 45: situation géographique de Sidi Soufie, Bejaia, Algérie,

Source: Google earth

La mosquée de sidi soufi est l'une des plus anciennes mosquées de la ville de Bejaia, elle a été construite en 1889

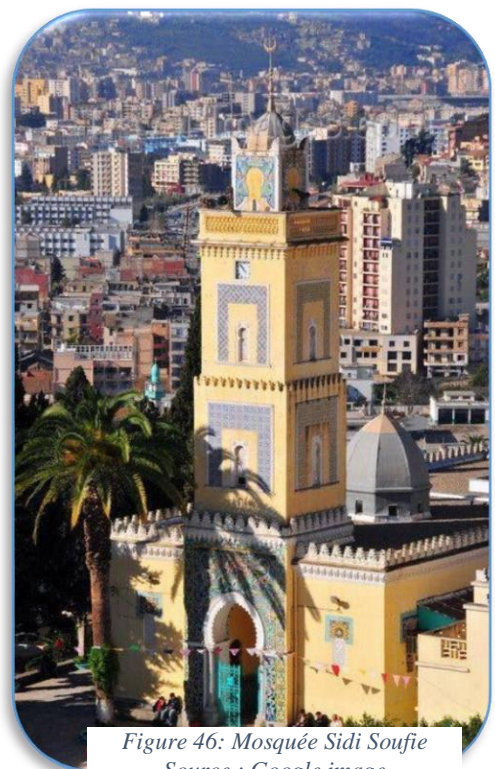


Figure 46: Mosquée Sidi Soufie
Source : Google image

Elle est constituée de : une salle qui mène vers la salle de prière, à côté se trouve le bureau de l'imam.

La mosquée a connu une extension en 1936 dans le côté ouest dont ils ont rajouté des colonnes à la salle de prière avec une mezzanine et une salle d'ablution, sa surface deviendrai 319,2 m² après

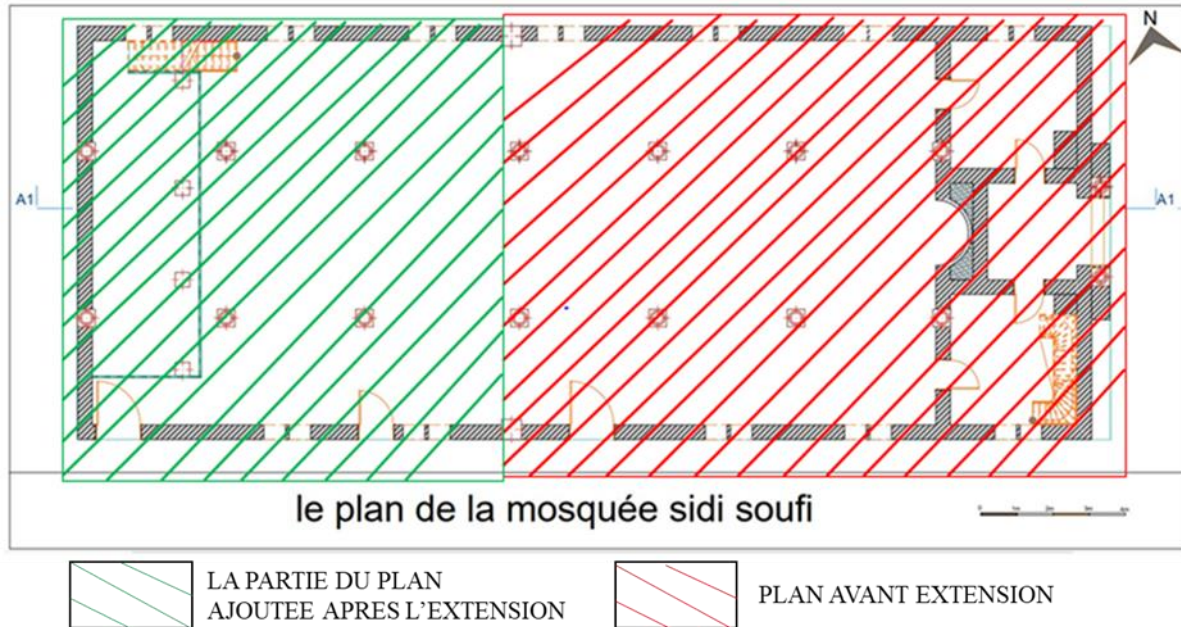


Figure 47: Plan de la mosquée Sidi Soufie

Source: auteur



Figure 48: Façade principale de Sidi Soufie

Source: auteur



Figure 49: Façade latérale Sidi Soufie

Source : auteur

■	Avant l'extension	Après l'extension
La forme de plan et dimensions	Plan a forme rectangulaire (16.30 m *11.40m)	Plan a forme rectangulaire (28m *11.40)
Niveaux	RDC	RDC (Mezzanine) Sous-sol
Nombre des fenêtres (G2Fx)	7 fenêtres : 5 fenêtres dans la salle de prière 1 fenêtre dans le bureau de l'imam 1 fenêtre dans la salle qui mène vers la salle de prière	12 fenêtres : 10 fenêtres dans la salle de prière 1 fenêtre dans le bureau de l'imam 1 fenêtre dans la salle qui mène vers la salle de prière
Nombre des portes (G2Px)	5 portes : 3 portes vers la salle de prière 1 porte vers le bureau de l'imam 1 porte vers la salle qui précède la salle de prière	7 portes : 5 portes vers la salle de prière 1 porte vers le bureau de l'imam 1 porte vers la qui précède la salle de prière

Nombre de colonne (G2Cx)	10 colonnes : 8 colonnes dans la salle de prière 2 colonnes dans l'entrée de la mosquée	16 colonnes : 14 colonnes dans la salle de prière 2 colonnes dans l'entrée de la mosquée
Nombre d'arc (G2Ax)	7 arcs : 6 arcs dans la salle de prière 1 arc à l'entrée de la mosquée	13 arcs : 12 arcs dans la salle de prière 1 arc à l'entrée de la mosquée
Nombre de chapiteaux (G2CHx)	10 chapiteaux : 8 chapiteaux dans la salle de prière 2 chapiteaux à l'entrée de la mosquée	16 chapiteaux : 14 chapiteaux dans la salle de prière 2 chapiteaux dans l'entrée de la mosquée
Nombre d'escaliers	1 escalier dans la salle qui précède la salle de prière	2 escaliers : 1 escalier dans la salle qui précède la salle de prière 1 escalier dans la partie ajoutée côté ouest pour la mezzanine
Les espaces annexes de la mosquée	Hall d'entrée Bureau de l'imam Salle qui précède la salle de prière La salle de prière	Hall d'entrée Bureau de l'imam Salle qui précède la salle de prière La salle de prière Mezzanine Salle d'ablution

Tableau 1: lecture architecturale de la mosquée Sidi Soufie

Source: auteur

Les ouvertures

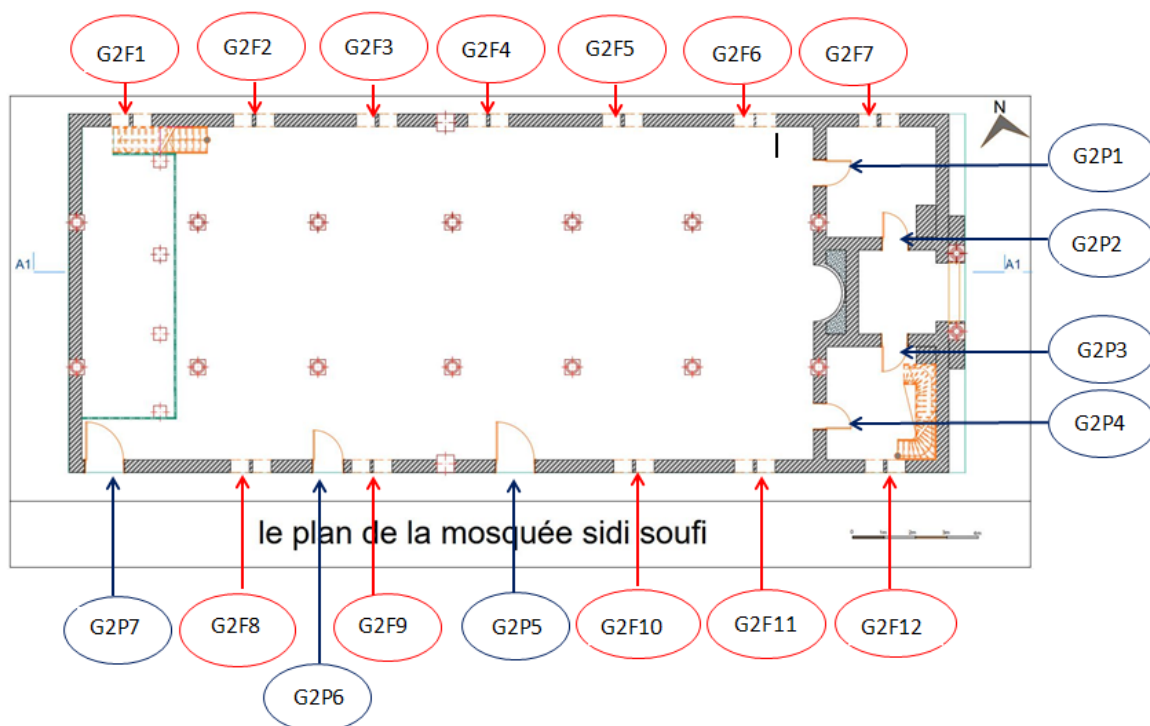


Figure 50: plan représentatif des ouverture de la mosquée Sidi Soufie

Source : auteur

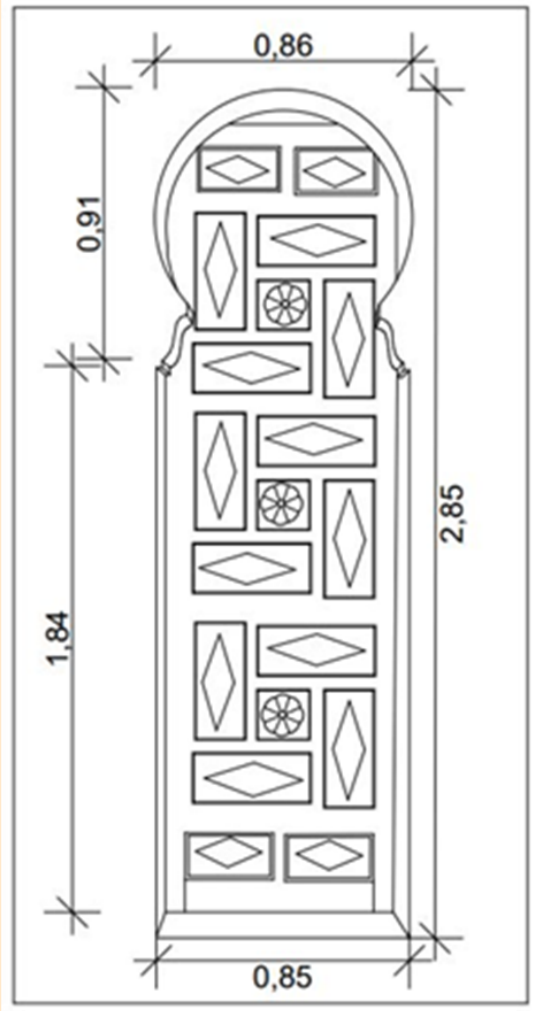
L'élément architectural	Porte	Dessin et dimensions
Code	G2P1 G2P2 G2P3 G2P4	
Forme	Une forme Rectangulaire précédé d'un arc plein Cintre outrepassé	
Orientation	Est	
Niveau	RDC	
Matériaux	Porte en bois surmontée d'un arc en plein cintre en maçonnerie	
Commentaire	<p>Ce type de portes ce trouve dans :</p> <p>L'entrée vers le bureau de l'imam</p> <p>L'entrée vers la salle qui précède la salle de prière</p> <p>L'entrée vers la salle de prière cotée EST</p>	

Tableau 2: liste de type de porte

Source : auteur

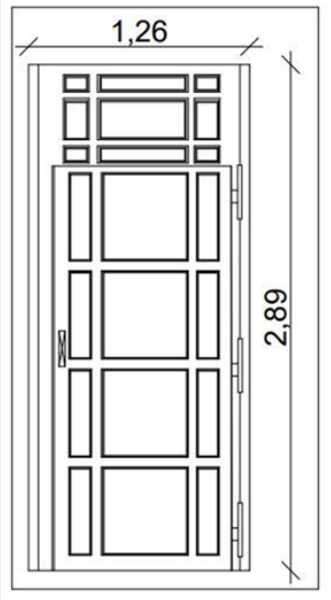
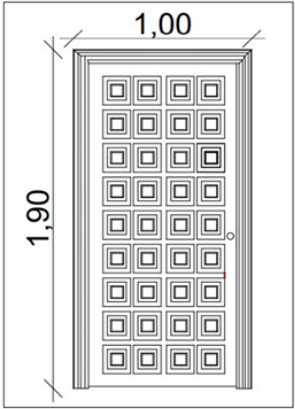
L'élément architectural	Porte	Dessin et dimensions
Code	G2P5 G2P7	
Forme	Une forme rectangulaire	
Orientation	SUD et OUEST	
Niveau	RDC	
Matériaux	Portes en bois	
Commentaire	Ce type de portes ce trouve dans : L'entrée vers la salle de prière cotée sud La porte 7 est ajoutée après l'extension	
Elément architectural	Porte	
Code	G2P6	
Forme	Une forme rectangulaire	
Orientation	SUD	
Niveau	RDC	
Matériaux	Porte en bois	
Commentaire	Cette porte se trouve dans : L'entrée vers la salle d'ablution cotée sud ajoutée après l'extension	

Tableau 3: liste de type de porte

Source : auteur

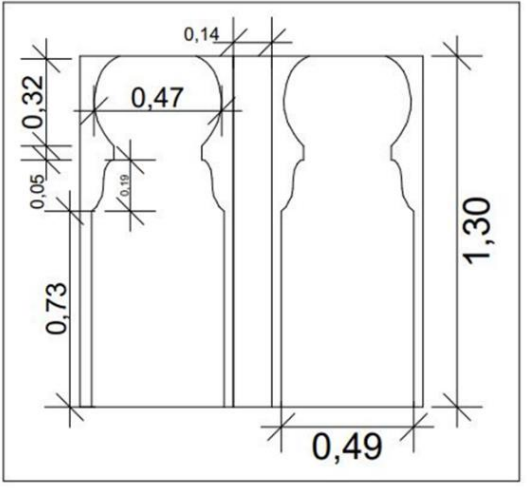
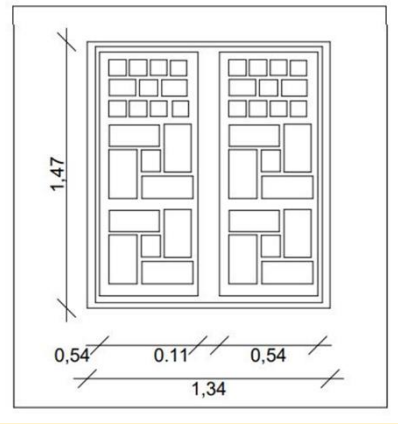
L'élément architectural	Fenêtres	Dessin et dimensions
Code	G2F1 G2F2 G2F3 G2F4 G2F5 G2F6 G2F7 G2F8 G2F9 G2F10 G2F11 G2F12	
Forme	Forme rectangulaire suivi par un arc plein cintre outrepassé	
Orientation	NORD et SUD	
Niveau	RDC	
Matériaux	Fenêtres composé de : Arc en maçonnerie Cadre en bois Ouvrant en bois et en verre	
Commentaire	La disposition des fenêtres offre un bon éclairage et une bonne aération pour la mosquée	

Tableau 4: liste de type de fenêtre

Source : auteur

4. Partie empirique : prise de mesures

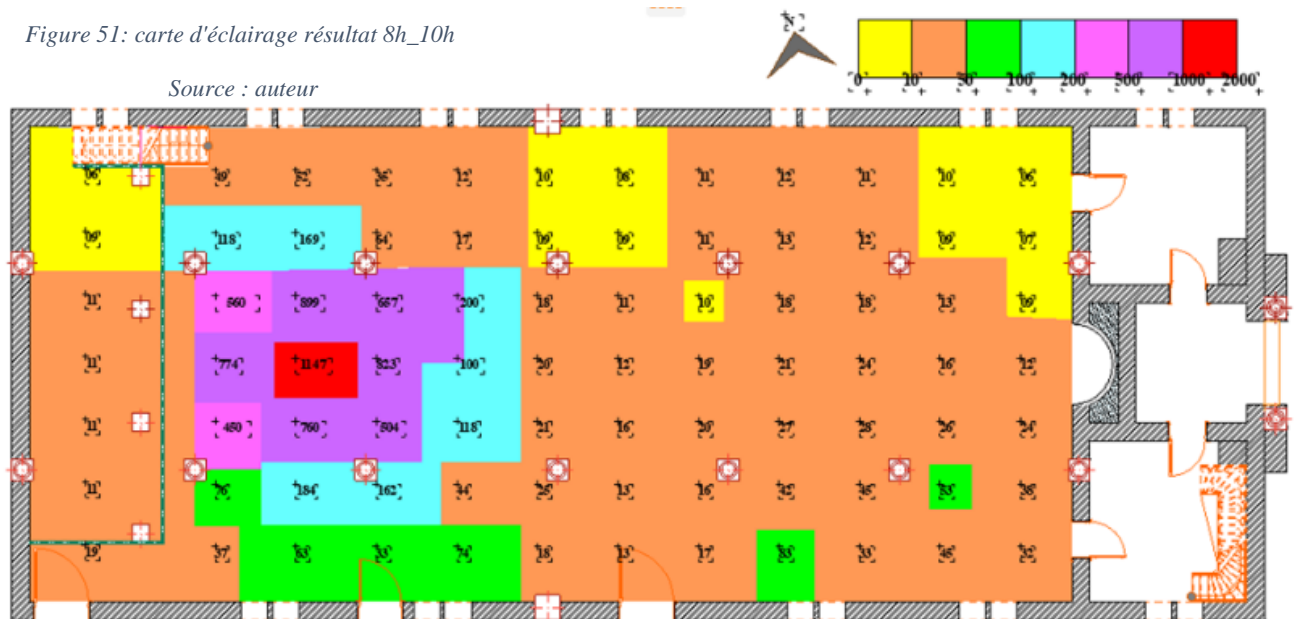
4.1. La lumière

Dans le cadre d'étude de la qualité de la lumière de la mosquée de sidi Sofie. On a effectué des prises de mesures l'aide d'un luxmètre afin de valider les futurs résultats.

Ces mesures sont prises au sein de la salle de prière de la mosquée sidi soufi sur 84 points espacés de 1.50m pendant trois moments de la journée. Les résultats de mesures de l'éclairage nous a permis de réaliser des cartes d'éclairage ci-dessus :

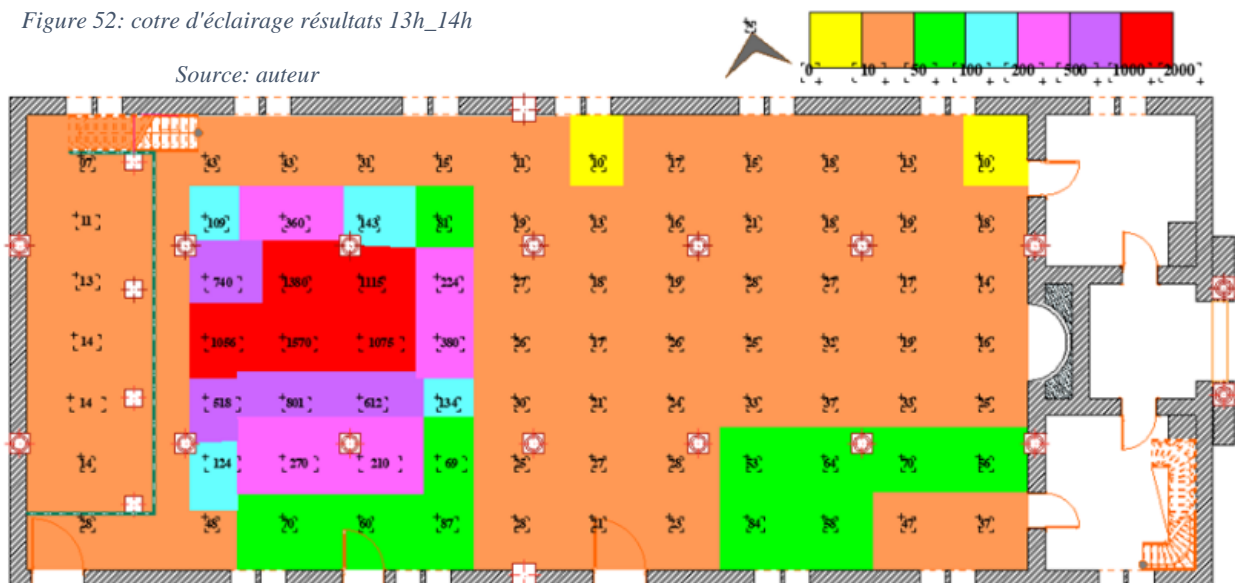
Les résultats de 18 avril entre 8h et 10h00

Figure 51: carte d'éclairage résultat 8h_10h



Les résultats de 18 avril entre 13h et 14h30

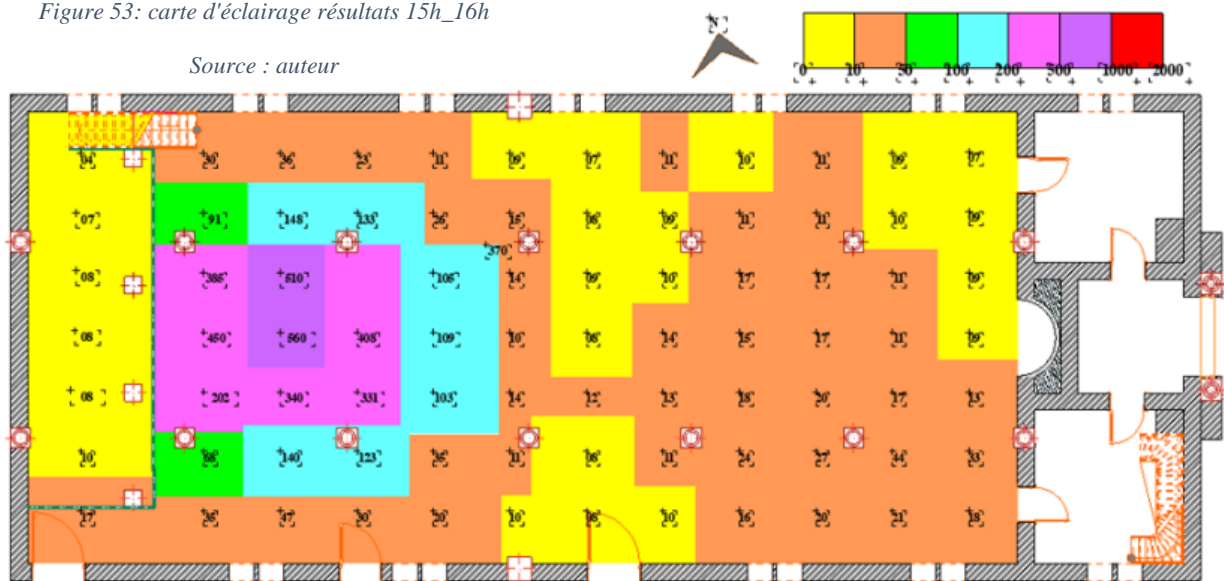
Figure 52: carte d'éclairage résultats 13h_14h



Les résultats de 18 avril entre 15h et 16h

Figure 53: carte d'éclairage résultats 15h_16h

Source : auteur



Dans les trois résultats des carte d'éclairage on remarque que la tache solaire ou les valeurs d'éclairage sont comprises entre 200 lux au 2000 lux à l'arrière de la salle sous le lanterneau, contrairement aux autres coins de la salle où les valeurs sont soit très faibles et autre moyennement éclairé.

La pénétration de la lumière à l'intérieur de la salle de prière se fait par un éclairage zénithal par un lanterneau et la coupole.



Figure 54: ouverture de toiture mosquée sidi soufie

Source: auteur

L'ouvertures zénithale induit une large pénétration de lumière diffuse car elle s'ouvre sur la totalité de la voute céleste; De plus la lumière entre par le plafond, ce qui limite les phénomènes d'éblouissement

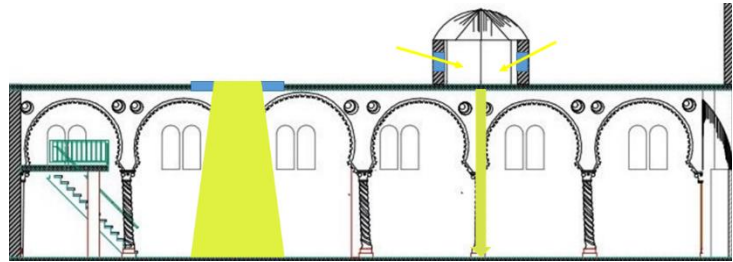


Figure 55: quantité de lumière pénétrante à la salle

Source : auteur

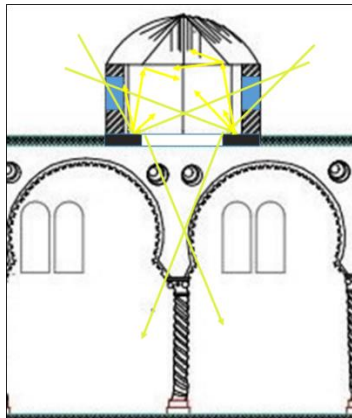


Figure 56: coupe sur la coupole
Source : auteur

La coupole ne permet pas une bonne pénétration de la lumière à cause de sa forme où la lumière est enfermée dans cette dernière et ne rentre pas suffisamment à la salle.

La salle de prière aussi reçoit la lumière naturelle par les ouvertures latérales mais très faible de matière de la quantité et même la qualité à cause la profondeur, la taille et le type des vitrages.

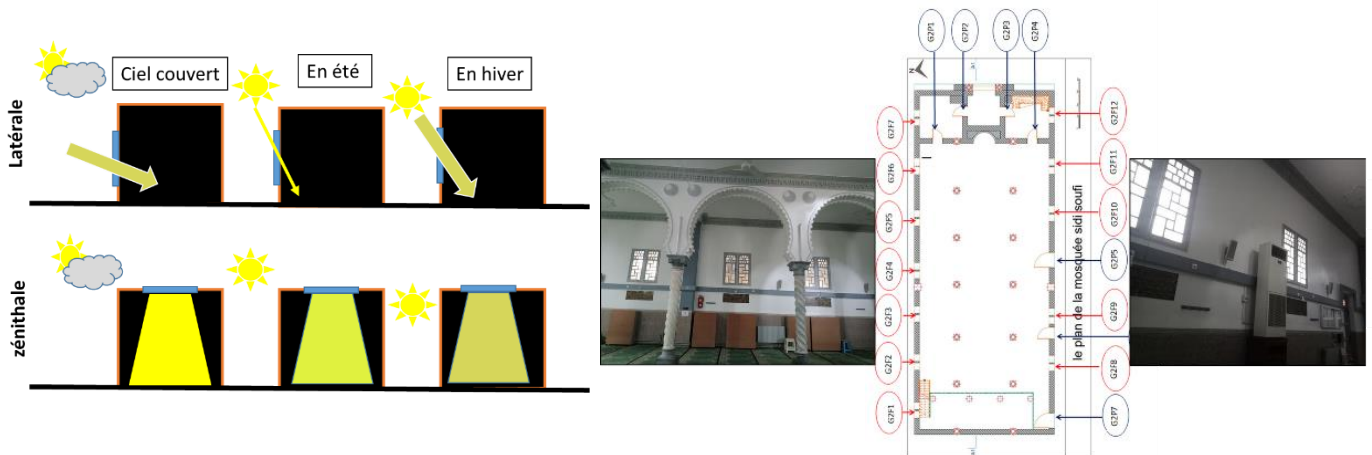


Figure 57: à gauche l'efficacité de l'éclairage zénithal, à droite fenêtres de la salle de prière

Source : auteur

L'éclairage latéral fournit une lumière dirigée mais limitée en profondeur, contrairement à l'éclairage zénithal le plus uniforme

4.2. L'acoustique

Dans le cadre d'étude de la qualité du son dans la mosquée de sidi Sofie. On a effectué des prises de mesures l'aide d'un sonomètre afin de valider les futurs résultats.

Ces mesures sont des prises de mesures de niveau sonore au sein de la salle de prière de la mosquée sidi Soufie sur 84 points espacés de 1.50m dans trois condition déferentes.

La salle de la mosquée du plan rectangulaire comporte une série de colonne de deux parallèles au mur de la Qibla et de trois perpendiculaires à ce dernier. Le sol est recouvert en moquette, les murs finis avec la peinture la partie basse en faïence. Les ouvertures disposées répétitivement et horizontalement dans la partie haute des deux façades latérales de petite taille.

Les résultats des prises de mesures de niveau sonore

1^{er} cas : sans source sonore



Figure 58: carte de niveau sonore résultat 1er cas : sans source sonore

Source : auteur

2^{ème} cas avec source sonore sans amplificateur

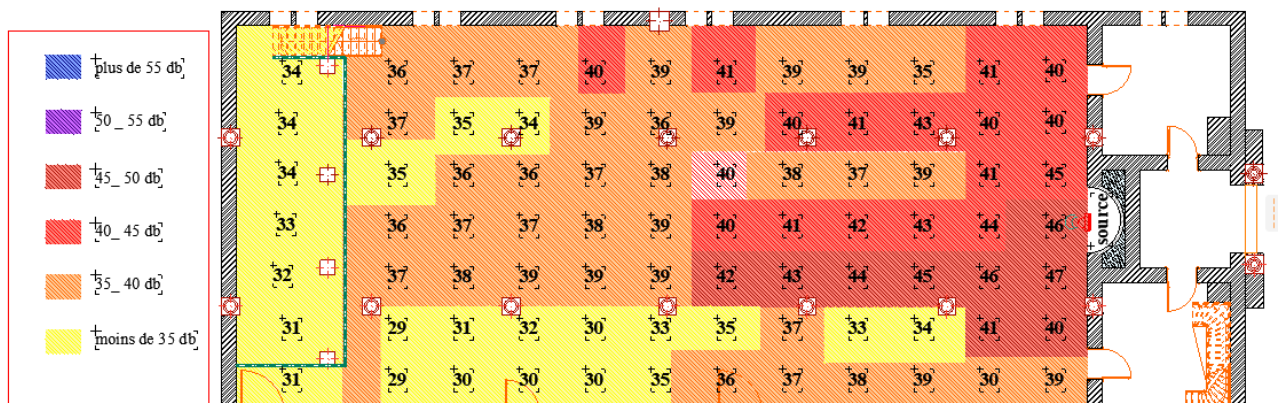


Figure 59: carte de niveau sonore résultat 2ème cas avec source sonore sans amplificateur

Source : auteur

3^{ème} cas : avec source sonore, amplificateur, microphone

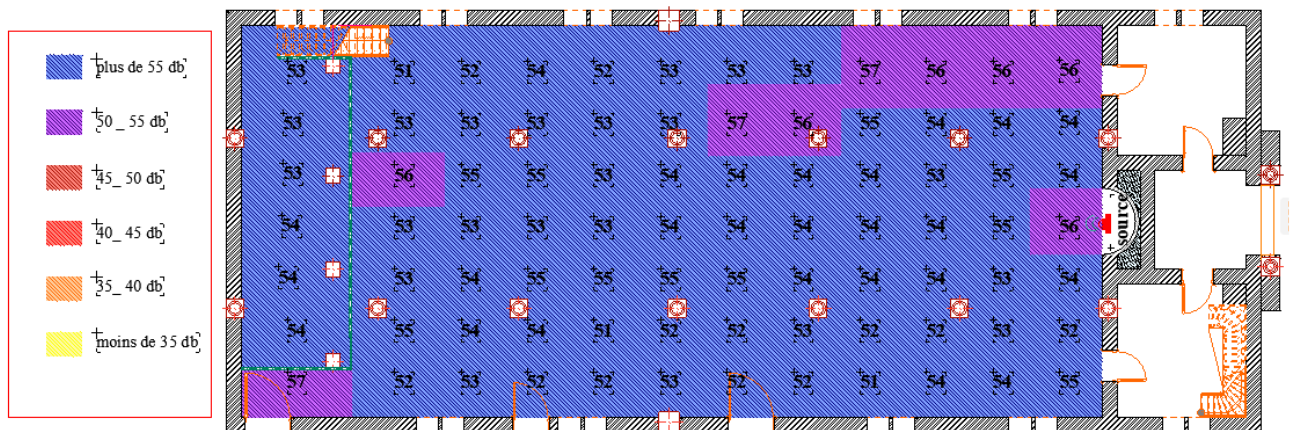


Figure 60: carte de niveau sonore 3^{ème} cas avec source sonore et amplificateur

Source: auteur

Les prises de mesure traitent le niveau sonore dans chaque point désigné dans la salle. Les valeurs de niveau sonore dans les trois cas sont plus élevées dans la zone proche de mur de la qibla à proximité de la source sonore et se décroissent dans la zone la plus éloignée mais au centre de la salle les valeurs sont presque stables.

On remarque quelque décalage de niveau sonore qui revient au phénomène d'écho dans la salle et aussi à la présence des colonnes comme obstacle et surface de réflexion.

Durant l'opération des prises de mesure nous avons remarqué la présence de l'écho.

5. Conclusion

Les prises de mesures effectuées nous montrent l'état des lieux de la mosquée, de côté de la lumière la salle de prière est sombre faiblement éclairé dans la majorité de son volume elle nécessite des travaux de correction pour permettre un bon éclairage et une autonomie lumineuse suffisante.

De côté acoustique la qualité de son est moyenne, avec la présence de l'écho et la différence de niveau sonore dans les zones de la salle les plus proches.

Chapitre 04 :
Simulation informatique

<u>Chapitre 04 :</u>	61
1. Introduction :	63
2. Validation des résultats de l'ambiance lumineuse par la simulation.	63
2.1 Les résultats de la simulation de la lumière	63
2.1.1. Les résultats de l'imagerie solaire	63
2.1 Synthèse de l'étude de l'ambiance lumineuse	67
3. Validation des résultats de l'ambiance acoustique par la simulation.....	68
3.1. Synthèse de l'étude de l'ambiance acoustique.....	70
4. Recommandations spécifiques au cas d'étude	71
5. Recommandations générales	71

1. Introduction :

Les simulations informatiques sont des moyens qui nous permettent de réaliser des études paramétriques sur le bâtiment et nous aident à tester rapidement l'influence de la géométrie de l'édifice et de vérifier l'impact de tel ou tel choix de paramètre instantanément donc il constitue un moyen efficace pour détecter les problèmes afin de proposer des solutions qui nous aidera dans la conception.

2. Validation des résultats de l'ambiance lumineuse par la simulation.

La simulation effectuée permettra d'étudier les niveaux d'éclairage dans la salle de prière dans les journées les plus défavorables.

Pour notre simulation on s'est basé sur les données climatiques de la ville de Bejaia. Pour type de ciel c'est couvert pour que ce travail soit plus révélateur des données réelles du site.

2.1 Les résultats de la simulation de la lumière

2.1.1. Les résultats de l'imagerie solaire

Pour la journée du 18/04

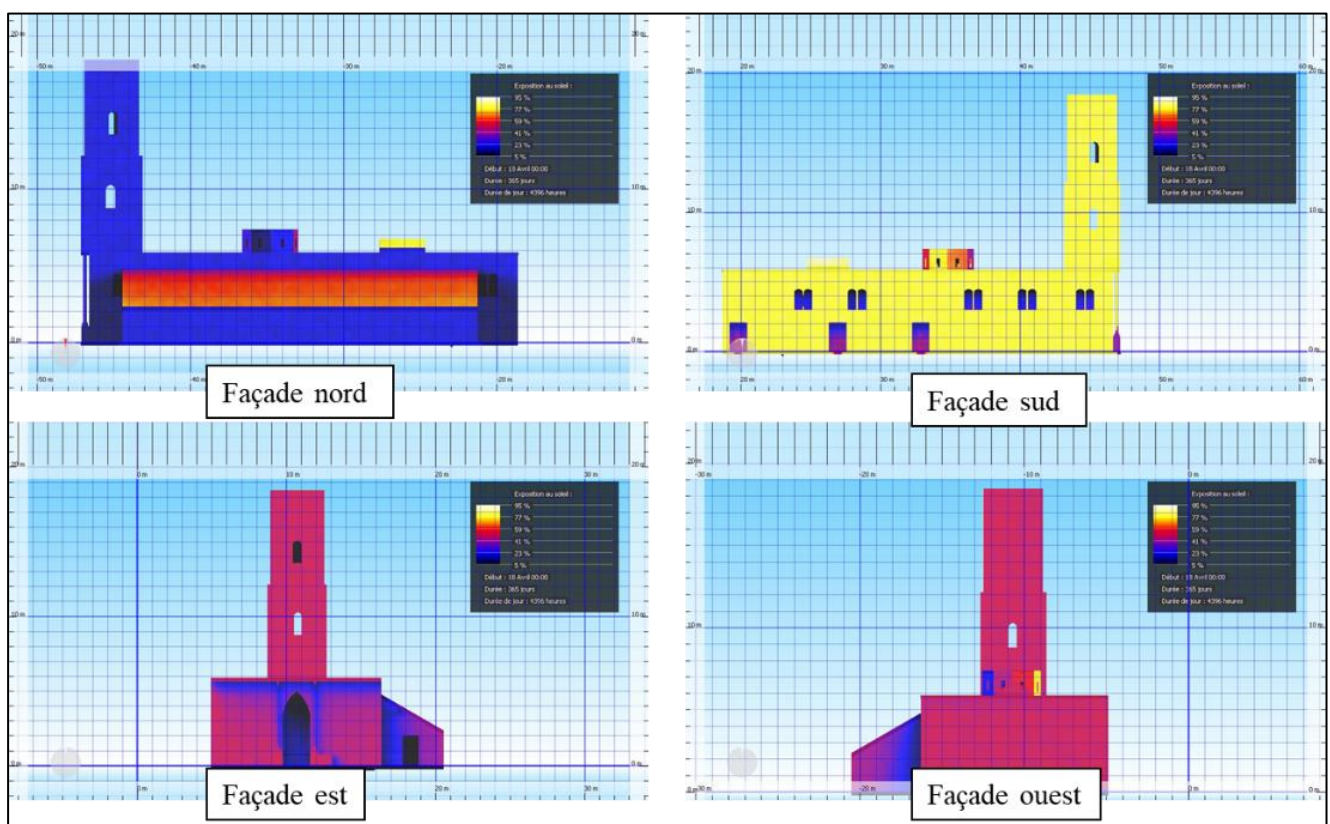


Figure 61 :résultat d'imagerie solaire /Source: ArchiWIZARD

Les deux façades Est et Ouest sont moyennement exposées au soleil, par contre la façade nord est faiblement ensoleillée, la façade la plus ensoleillée est la celle orientée sud, ces résultats sont reliés au soleil et sa position pendant cette période de l'année le 18 avril c'est-à-dire printemps le soleil se lève à notre gauche, exactement à l'est ; il passe au sud 6 heures plus tard, à une heure que l'on convient de nommer « midi vrai », et sa hauteur au-dessus de l'horizon (maximale à ce moment) est égale à la différence entre 90° et la latitude du lieu.

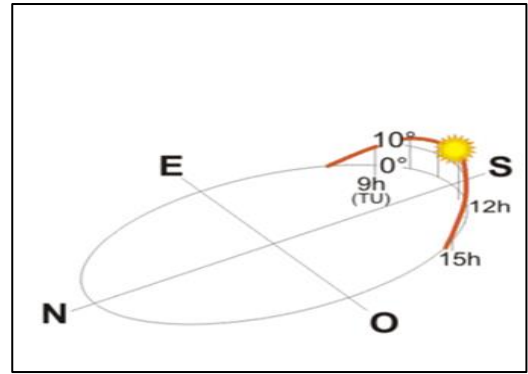


Figure 62: course du soleil

La carte d'éclairage

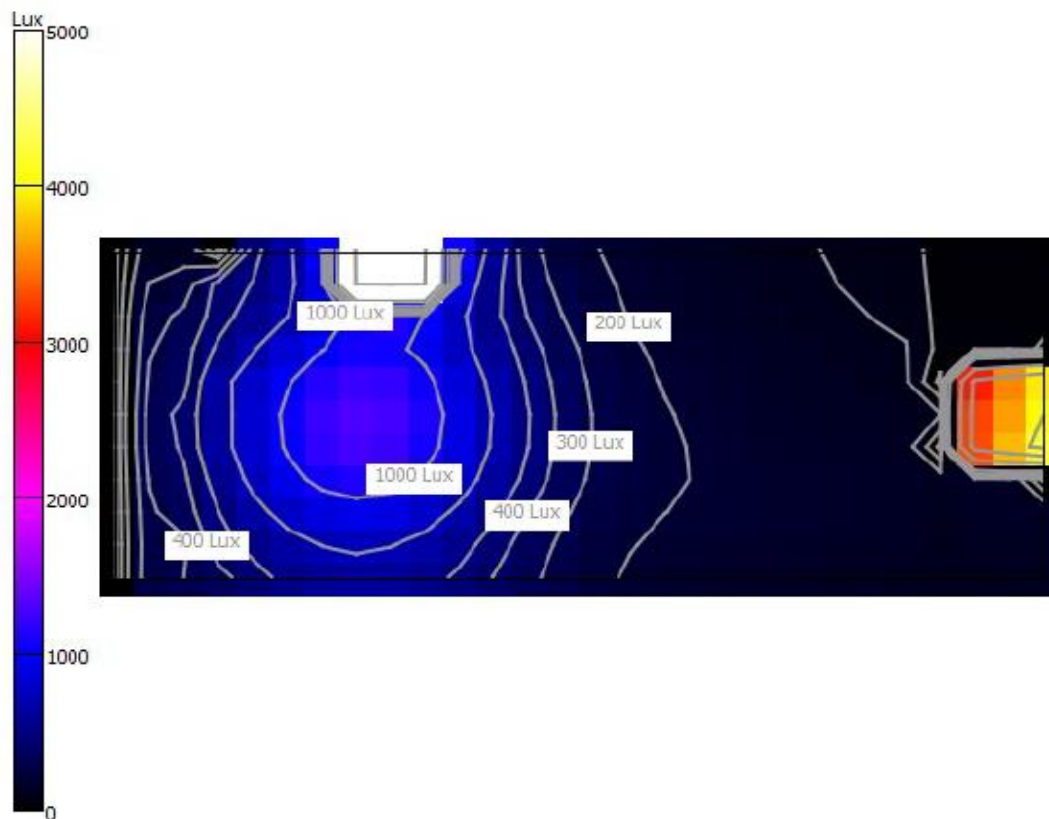


Figure 63: carte d'éclairage

Source : ArchiWIZARD

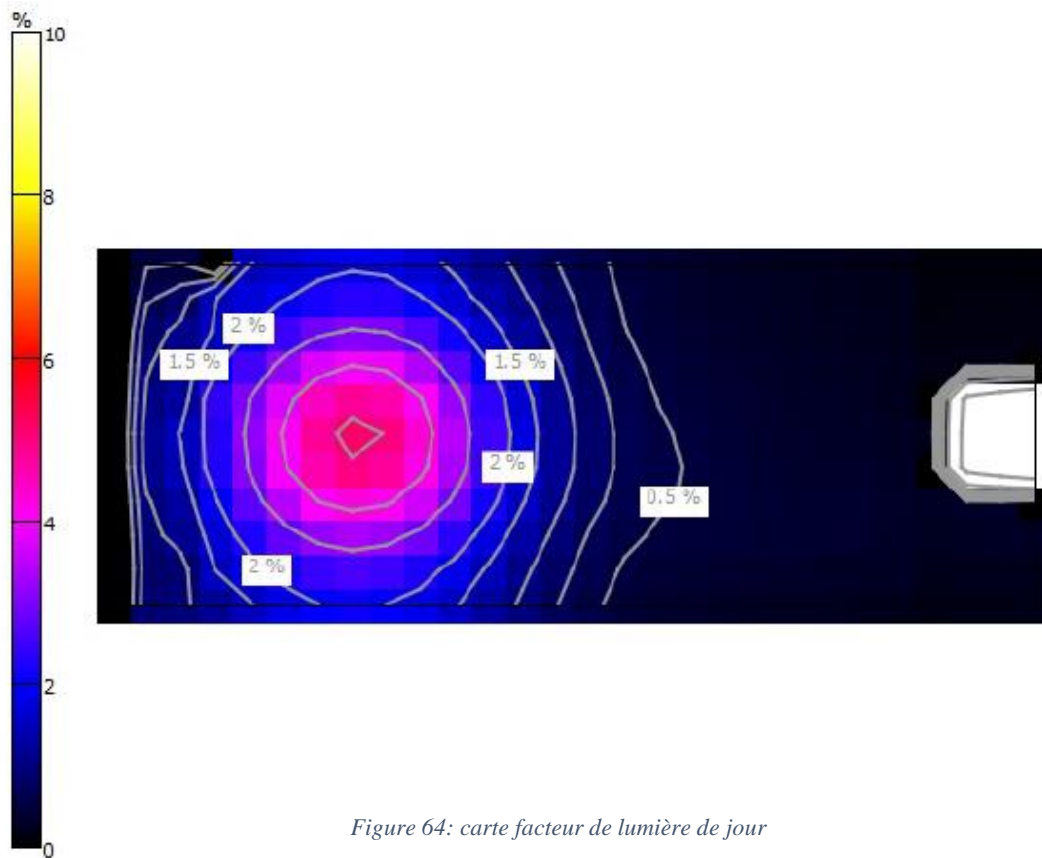


Figure 64: carte facteur de lumière de jour

Source : ArchiWIZARD

Pour la journée du 21/06

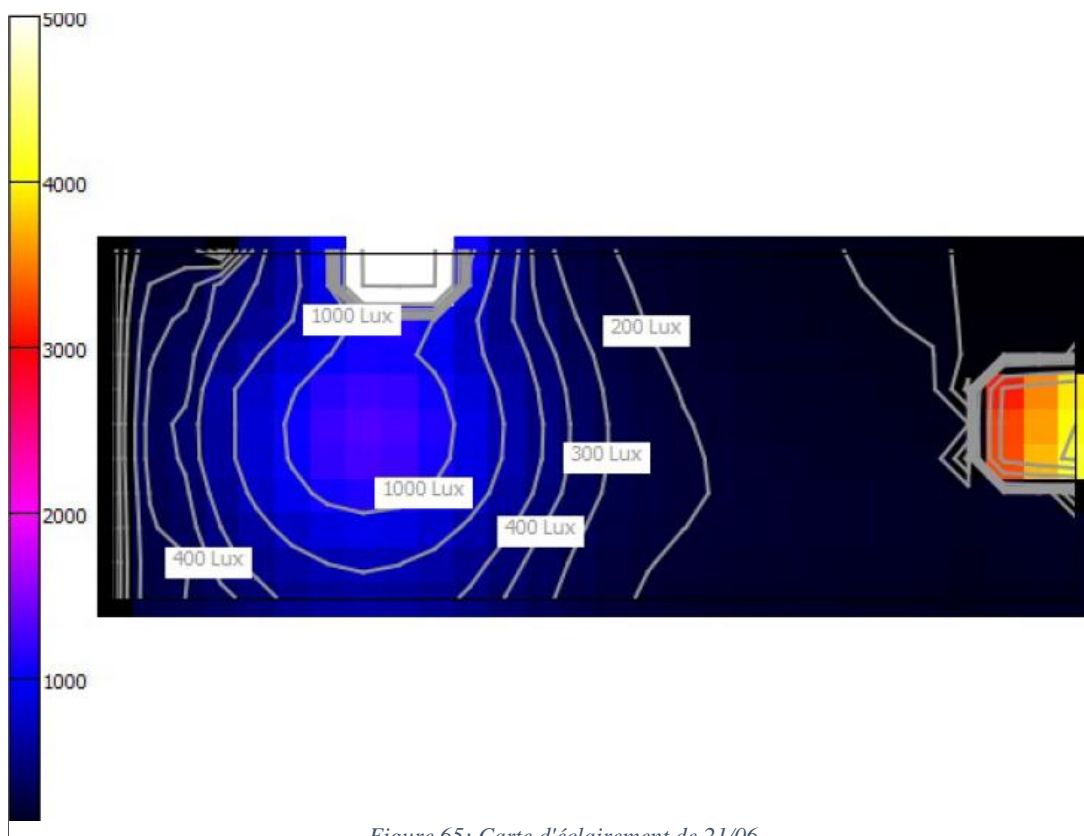


Figure 65: Carte d'éclairément de 21/06

Pour la journée 21/12

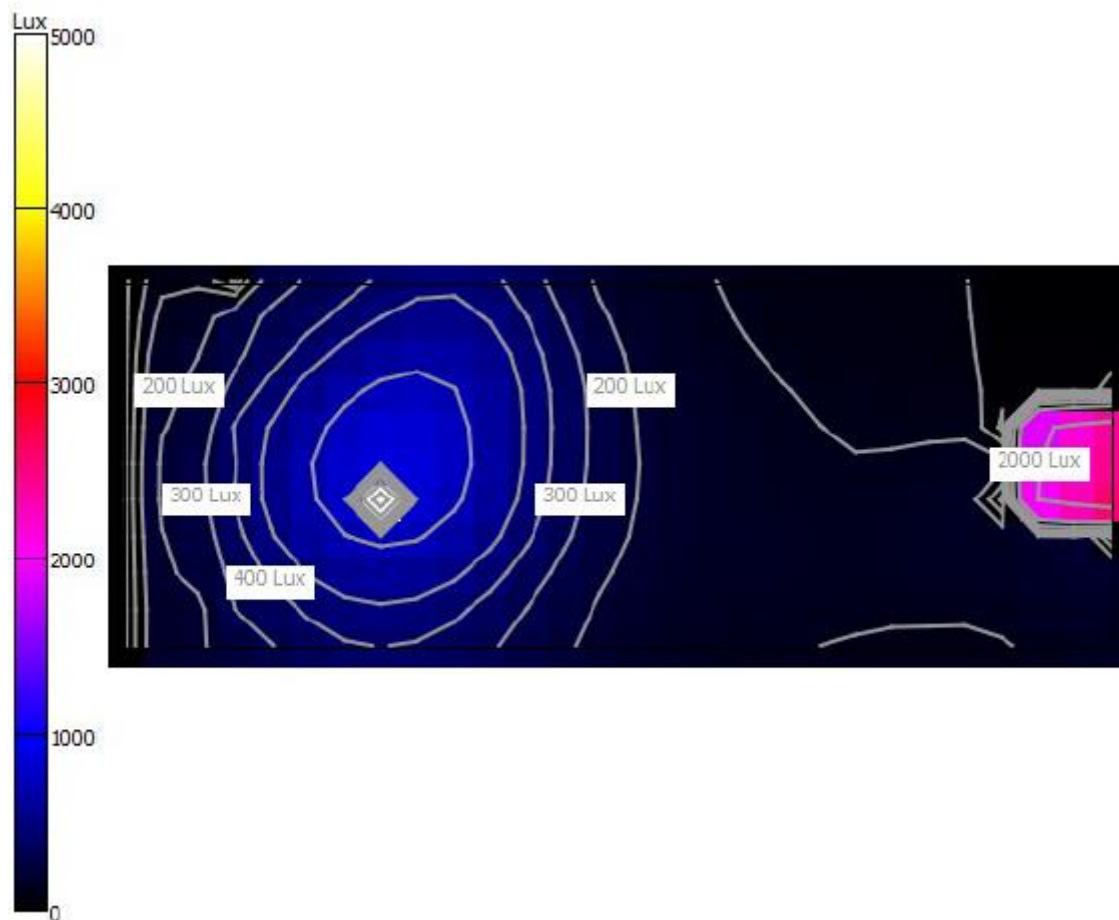


Figure 66: carte d'éclairage 21/12

La salle dispose d'une mauvaise répartition de la lumière, les valeurs de l'éclairage et le facteur de lumière du jour sont bonnes mais on remarque une immense différence entre les valeurs maximales et minimales qui revient à une alternance des zones sombres et des zones de lumière.

La salle semble être séparée, la partie arrière la tâche de lumière est concentrée dans la zone sous le lanterneau par contre les autres zones de la salle et la mezzanine sont faiblement éclairées ce qui est remarqué lors des prises de mesures, on remarque aussi même si la coupole est percée de petites baies mais sa forme ne permet pas une pénétration suffisante de la lumière.

Sous le ciel couvert les valeurs de facteur de lumière de jour sont indépendantes de la saison et l'orientation des baies ce qui permet une mesure objective de la quantité de l'éclairage à l'intérieur de la salle.

Le facteur de lumière du jour est l'indice qui nous permettra d'optimiser les apports de la lumière naturelle et nous aidera à apporter le confort visuel à l'intérieur de salle de prière en

assurant un éclairage naturel optimal et augmenter la qualité intrinsèque de la salle à capter la lumière naturelle.

Le facteur de lumière de jour est le rapport entre la lumière disponible à l'extérieur du local et la qualité de lumière pénétrée à l'intérieur. En sachant le FLJ on déduit les éclairage internes.

Donc faut assurer une pénétration raisonnable de lumière en fonction de la saison avec :

- La tailles des baies.
- Propriétés de vitrage.
- Couleur et propriété des surfaces internes.

Les valeurs de facteur de lumière du jour sont très élevées dans la zone sous lanterneau elle est très clair qu'on risque d'éblouissement, par contre pour les autres zones à proximité des fenêtres mêmes celles éloignées et la mezzanine sont sombres peu éclairées.

2.1 Synthèse de l'étude de l'ambiance lumineuse

Les prises de mesures approuvent la fiabilité des résultats de la simulation effectuée par rapport à la distribution de l'éclairage dans la salle de prière.

Dans ce cas on va se contenter de continuer les études et les simulations pour d'autres journées de l'année de saison différentes en se basant sur les simulations et les résultats de logiciel.

Cette étude nous permettra de comprendre l'impact des décisions de l'architecte sur l'éclairage lors de sa conception de ce type d'espace, soit sur la disposition et les caractéristiques géométriques des baies, l'orientation, situation, matériaux de vitrage en prenant en compte l'indice de transmission, et les matériaux intérieurs de la salle en prenant en compte l'indice de réflexion.

3. Validation des résultats de l'ambiance acoustique par la simulation.

La simulation est réalisée pour analyser le comportement de l'onde sonore dans la salle de prière et étudier le phénomène de réverbération.

En prenant compte des matériaux de construction et de finition des internes : sol, mur et plafond, et les fréquences nécessaires.

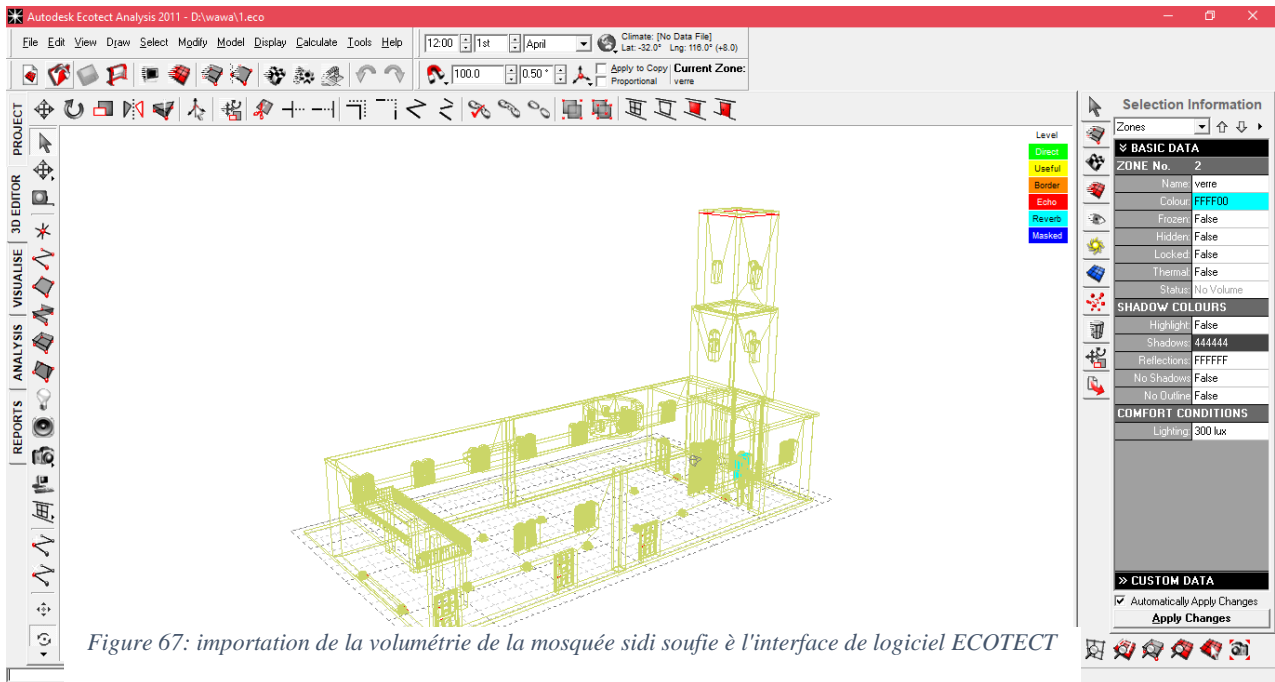


Figure 67: importation de la volumétrie de la mosquée sidi soufie à l'interface de logiciel ECOTECT

Source: auteur

L'étude se fait pour le critère du temps de réverbération afin de trouver les solutions adéquates pour assurer une compréhension du message verbal, une bonne intelligibilité par diminuer se dernier et d'augmenter les surfaces absorbantes et maîtriser l'écho.

Il n'existe pas de temps de réverbération préconisé car on ne trouve pas un T_r optimal donc on essaye de préconiser par rapport à la fonction de l'espace et son volume.

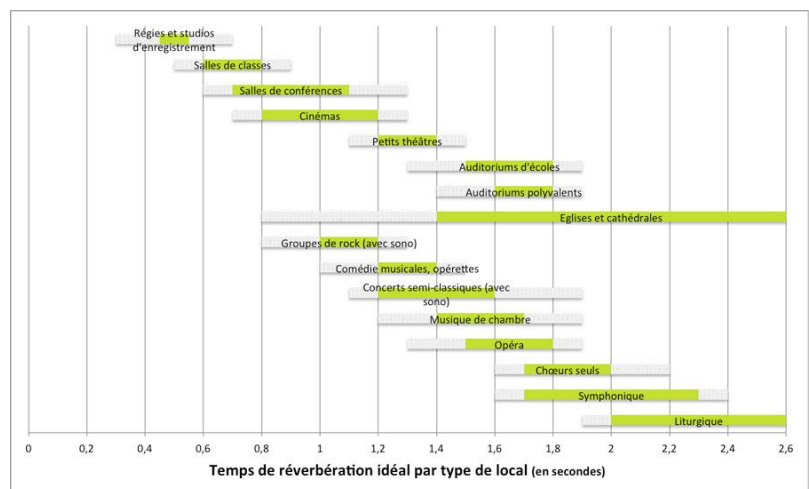


Figure 68: exemples de temps de réverbération pour chaque édifice

Les résultats de la simulation nous donnent les statistiques de temps de réverbération.

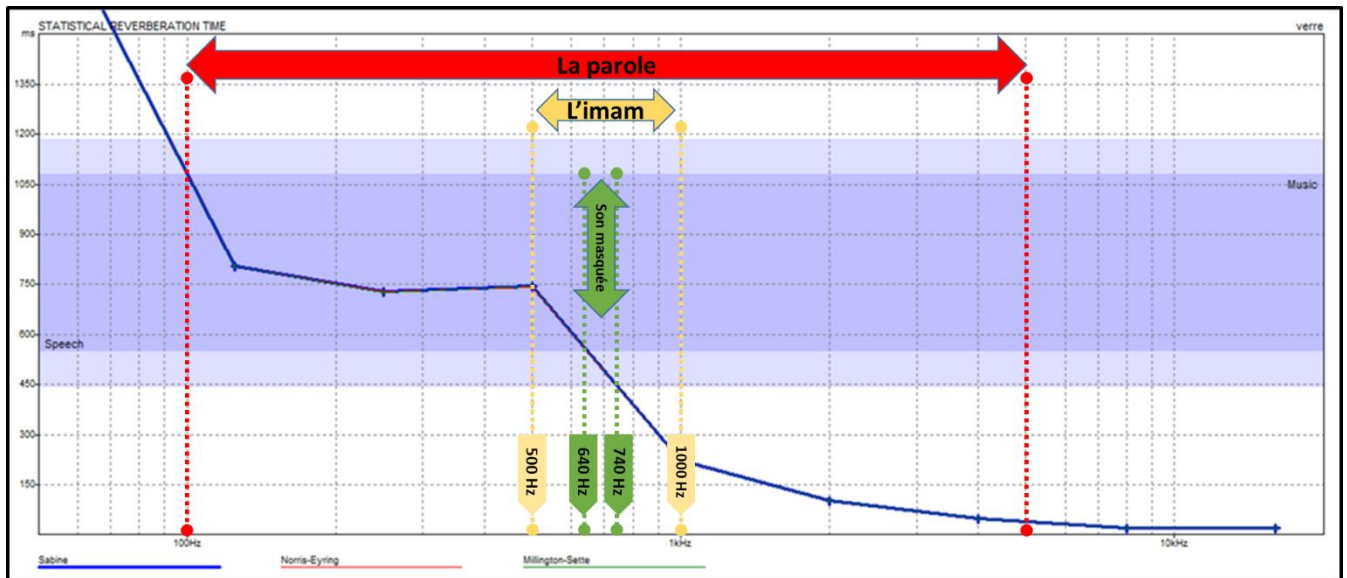


Figure 69: statistiques de temps de réverbération de la salle de sidi soufie

Source: ECOTECT

On observe une allure de la courbe de variation de Temps de réverbération en fonction de fréquence.

Dans la salle de prière le son provient au fidèles tout d'abord directement et puis réfléchi une fois ou plusieurs fois. Quand le son réfléchi soit distinct du son direct on parle de phénomène d'écho, s'il est pas distinct du son direct mais semble d'être prolongé dans cette situation on a deux sons successifs trop proches l'oreille humaine ne peut pas distinguer l'un de l'autre dégagées des réflexions successives d'ondes directes on parle de la réverbération.

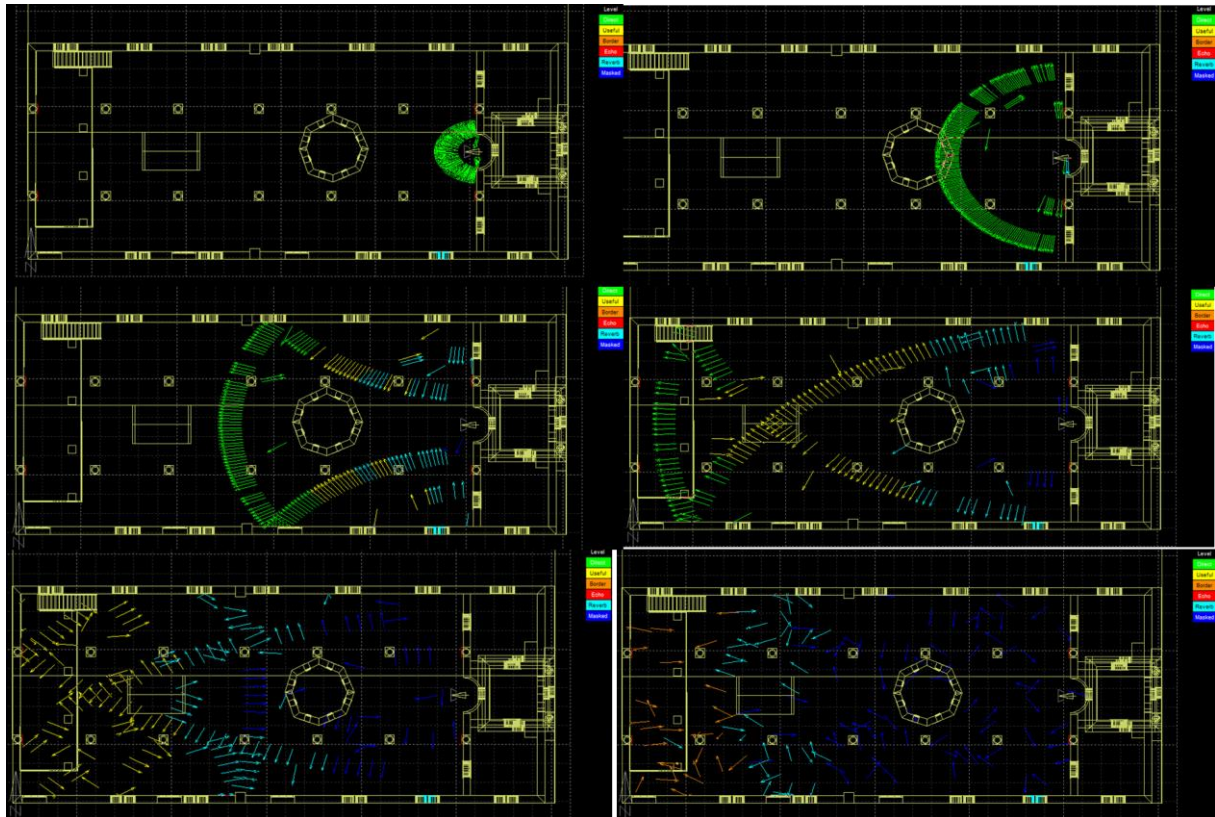


Figure 70: l'apparition du son masqué dans la salle de prière Source : ECOTECH

La figure ci-dessus montre le comportement des ondes sonores après leurs interactions avec les parois intérieures et l'apparition du son masqué dans la salle.

Les premières propagation et réflexions du son direct nous donne le son utile auditif il le suit le son réverbéré mais après ça on aura l'apparition du son masqué qui dure jusqu'à la fin des séries de réflexion restantes.

Ce comportement et le résultat de la qualité des matériaux et les caractéristiques surfaciques des parois de la salle de prière.

3.1. Synthèse de l'étude de l'ambiance acoustique.

Cette étude nous aidera à comprendre et réfléchir sur le comportement du son et les décisions à prendre en compte durant la conception par rapport à la forme de l'espace conçu, la texture des surfaces interne mur sol et plafonds et le choix des matériaux de construction et de finition en prenant compte de coefficient d'absorption afin de modifier et régler la réverbération comme aussi de supprimer les effets désagréables tels que les résonances.

4. Recommandations spécifiques au cas d'étude

Par rapport au cas d'étude qui est la mosquée de Sidi Soufie après l'étude effectuée nous avons des modifications à appliquer pour assurer un bon éclairage interne et une bonne qualité acoustique.

Par rapport à la lumière :

- ✓ La position des fenêtres est défavorable car elles sont profondes dans la paroi, la taille des fenêtres est insuffisante surtout avec la couverture de la majorité des fenêtres de côté nord donc nous optons pour un autre type de vitrage pour le nombre restant qu'il soit clair transparent qui permettra le passage d'une bonne quantité de lumière.
- ✓ La réfection de la coupole par une autre d'un modèle qui aura d'ouvertures permettant la pénétration de la lumière d'une façon zénithal qui éclairera la partie sombre de la salle.

Par rapport au son nous optons pour une correction acoustique :

- ✓ Agissez sur la texture des parois : texture, relief et matériaux pour modifier la qualité d'absorption et de réflexion pour estomper l'écho et optimiser le temps de réverbération.
- ✓ Une bonne qualité de tapis/moquette.
- ✓ Finition avec un enduit acoustique
- ✓ Utilisation des capteurs acoustiques muraux ou les panneaux poreux perforés de plâtre ou du bois.

5. Recommandations générales

Après la recherche effectuée et les études appliquées nous avons pu ressortir une liste de recommandations à appliquer sur notre projet fin d'étude de but d'assurer une bonne ambiance lumineuse et sonore dans notre espace de prière.

En général pour une bonne qualité de confort visuel dans les salles

- ✓ L'orientation de l'édifice et sa forme pour bénéficier des avantages de la lumière naturelle.
- ✓ Le choix de type d'éclairage le plus performant à utiliser.
- ✓ Augmenter la surface des ouvertures pour maximiser la quantité de la lumière.

- ✓ Le dimensionnement des ouvertures pour éclairer au fond de l'édifice et assurer une uniformité d'éclairage.
- ✓ La position et emplacement des ouvertures, plus la fenêtre est élevée plus on profite d'un éclairage plus profond dans la salle.
- ✓ Le choix des matériaux de transmission, plus le facteur de transmission est élevé plus la quantité de lumière pénétrante est élevée.
- ✓ Le choix des caractéristiques des parois intérieures de texture et couleur et reliefs.

Pour une bonne qualité de confort acoustique dans les salles faut prendre en compte :

- ✓ Durant la conception réfléchir sur la formes et le volume.
- ✓ Le choix des matériaux de construction choisissant les plus isolants.
- ✓ La texture et les reliefs des parois intérieures.
- ✓ Les produits utilisés dans la finition pour les parois intérieures, ils doivent être de bonne qualité d'absorption.

Chapitre 05 :
Application de la recherche sur le projet fin d'étude

<u>Chapitre 05 :</u>	73
1. Introduction	75
2. Choix du site	75
2.1 Justification de choix	75
2.2. La zone du climat méditerranéen	75
2.3. Plan d'action	77
3. Analyse d'exemples	79
4. Synthèses	82
5. Programmation architecturale	84
6. Idéation et analyse morphogénèse.....	85
6.1. Présentation du projet	85
6.2 Processus de conception	85
6.3. La métaphore	86
7. Etude de la qualité lumineuse et sonore de l'avant-projet	89
8. Conclusion	93

1. Introduction

Les son et lumière sont deux phénomènes compliqués étudier dans différentes dimension dans notre cas on parle d'eux comme phénomène créateurs d'atmosphère et d'ambiance dans l'espace et en parallèle comme phénomène producteur de sensation visuelle et auditive décomposés et exécuter selon leurs grandeurs physiques, ils jouent un rôle important dans la définition de la qualité de confort de l'espace conçu. Comme dans notre cas des salles de prières des mosquées on doit assurer un bon confort visuel et sonore pour qu'il soit un espace performant et permet le bon déroulement de l'activité qui est l'accomplissement des prières.

2. Choix du site

2.1 Justification de choix

D'après un constat on a remarqué le manque presque l'absence des mosquées dans la zone industrielle, malgré l'augmentation de nombre de population à cause de phénomène de l'urbanisation de l'espace est l'augmentation de secteur d'habitat, donc c'est une occasion de d'offrir aux habitants un espace culturel pré deux pour accomplir les prières, réciter le coran et se rapprocher du dieu.

2.2. La zone du climat méditerranéen

Un climat se définit grâce à différentes données météorologiques. Les températures et les précipitations sont déterminantes en la matière. Elles permettent de définir de grandes zones climatiques. Ainsi le climat méditerranéen fait partie de la famille des climats tempérés. Il se caractérise par un ensoleillement important, de fréquents vents violents, des étés chauds et des hivers doux humides.

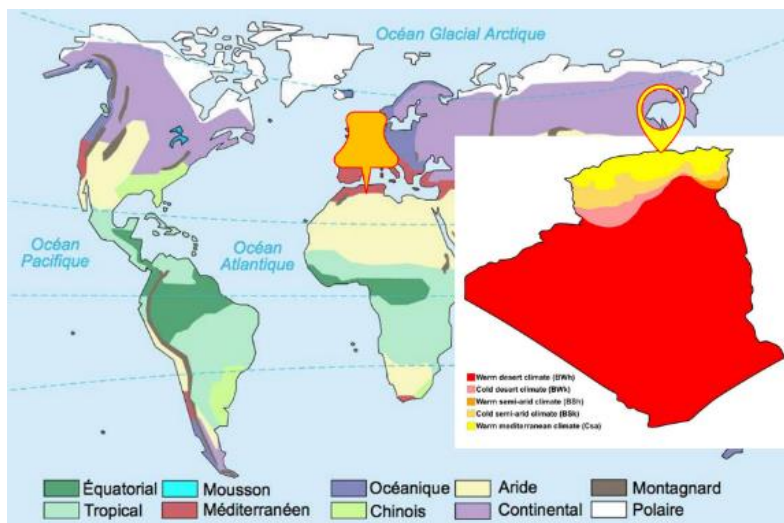


Figure 71: carte des zones climatiques Source: Google image

La course du soleil wilaya de Bejaia.

La région profite d'un l'ensoleillement à cause de sa situation permettant de profiter de trajectoire est ouest.

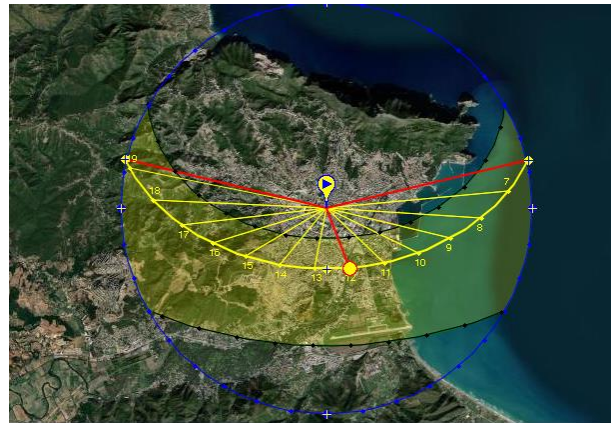


Figure 72: course de soleil wilaya de Bejaia Source: <https://www.sunearthtools.com>

Le terrain est situé en Algérie, wilaya de Bejaia exactement dans la zone industrielle dans la zone jute.

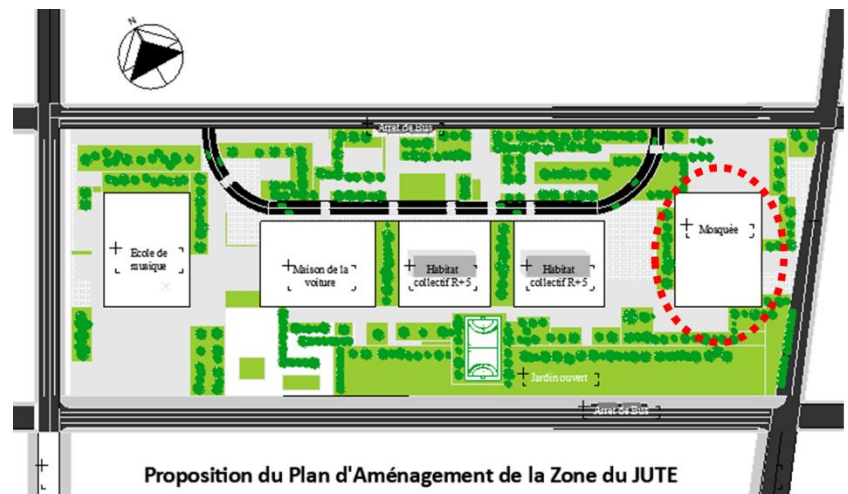


Figure 73: proposition d'aménagement de la zone de JUTE

Source: auteur

Orientation Le terrain est orienté nord- est, sud-ouest donc bien profiter de trajectoire est ouest qui nous ouvre les possibilité d'un bon éclairage et de captage de la lumière naturelle et l'exploiter

Accessibilité accessible par trois côtés de côté nord-est, est et ouest

Forme de terrain Le terrain d'une forme régulière rectangulaire avec quatre façades ouvertes.

Voirie La parcelle de terrain est desservie par une voie principale et deux voies secondaires ce qui nous pose le problème de nuisance sonore par le trafic

Les ondes de de bruit son guider et par les vents dominants nord-est et est en été et par les vents dominants nord-ouest et ouest en hiver

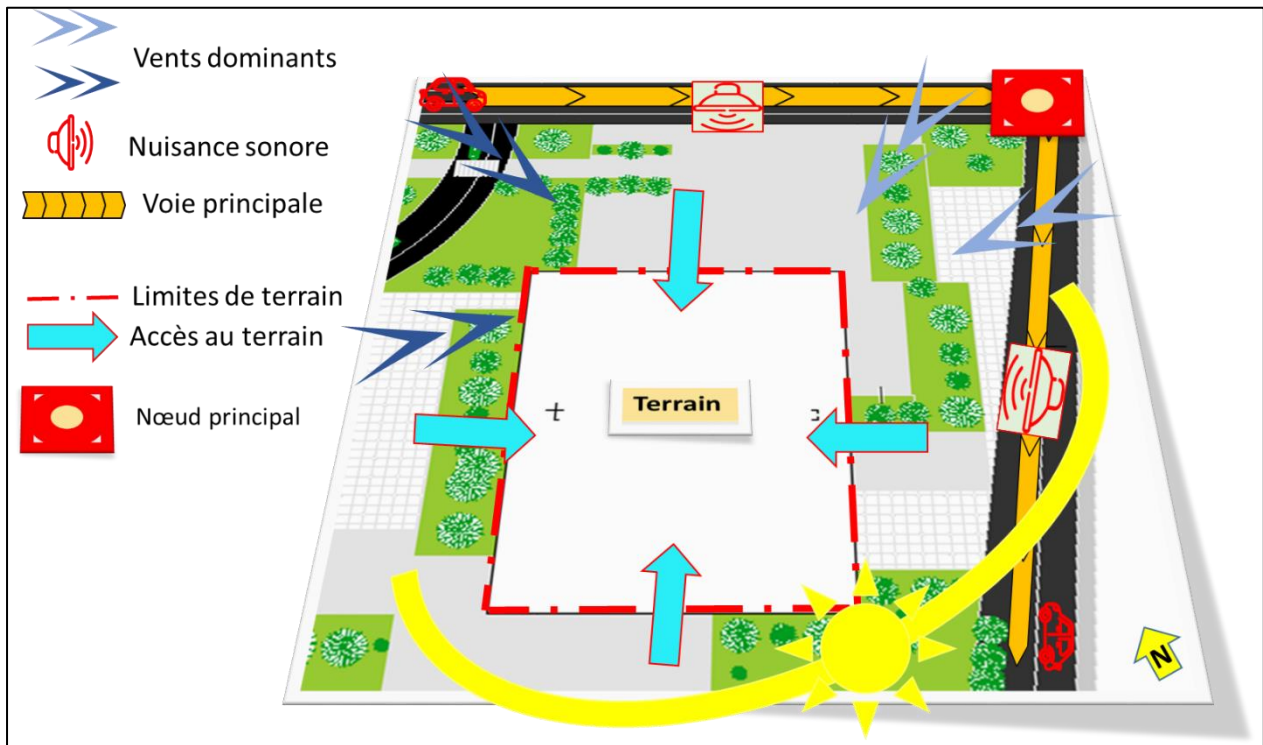


Figure 74: Schéma des principes

Source : auteur

2.3. Plan d'action

01 Nous avons commencé par la fixation des axes majeurs de la composition et les axes de perception visuelle. Deux lignes de forces existantes se présente par les deux voies principales.

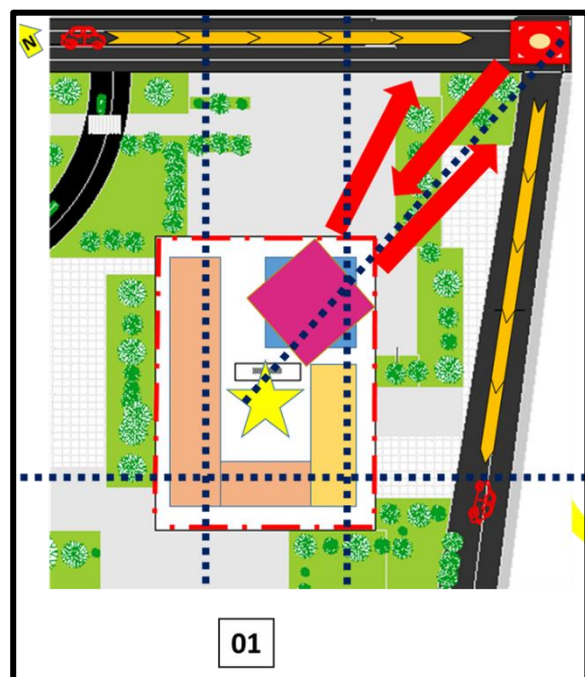
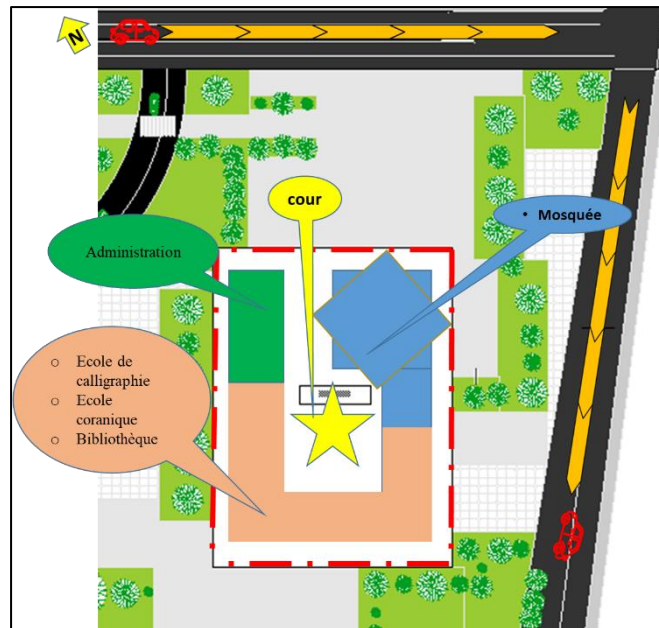


Figure 75: définition des axes majeurs pour le projet
Source : auteur

Le zoning : la disposition des entités

Figure 76: zoning: disposition des entités de projet

Source: auteur

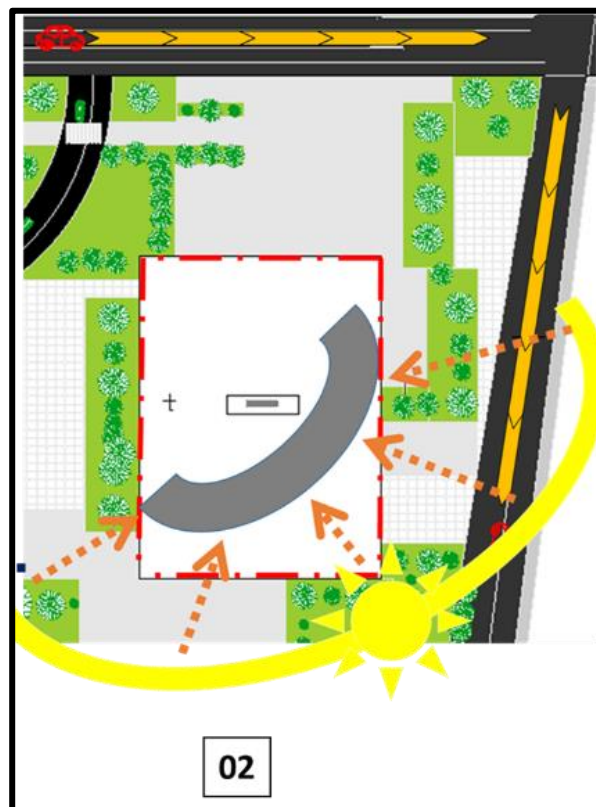


02

Suivant la course du soleil nous essayons de profiter au maximum de la lumière naturelle donc ça nous ouvre une possibilité d'exposer le maximum de façade pour capturer le maximum de lumière.

Figure 77: le projet et la lumière naturelle

Source : auteur

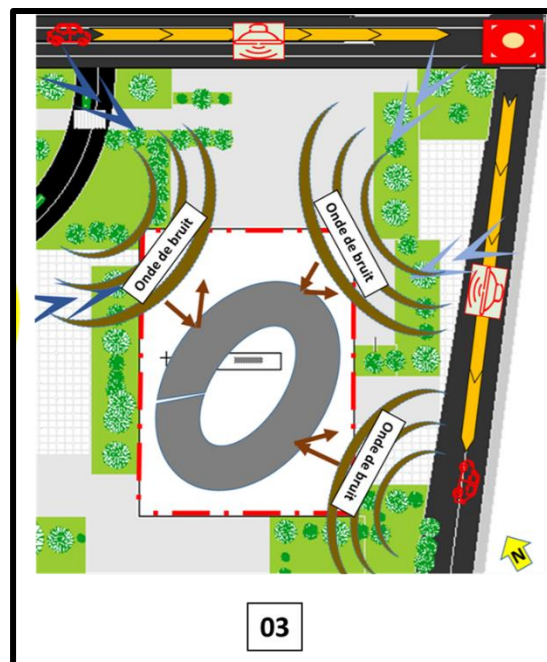


03

Jouer sur la forme de volume pour éviter au maximum les ondes de bruit de trafic des boulevards orienter et guider par les vents dominants au centre de terrain avec la création de surface de réflexion.

Figure 78: l'isolation au bruit

Source: auteur



3. Analyse d'exemples

Nous avons analysé le cas de sidi soufie mais cette exemple reste toujours de côté technique et insuffisant de côté architectural et très ancien aussi donc l'analyse des deux exemples ci-dessous nous aidera à enrichir nos connaissances sur l'architecture des mosquées contemporaines.

Exemple 01 : La grande mosquée d'Alger

Présentation du projet

Situation : Alger, Algérie

Maître de l'ouvrage : La République algérienne démocratique et populaire.

Client : Agence Nationale de Réalisation et de Gestion de la Mosquée d'Alger (ANARGEMA).

Architecte : KSP Engel und Zimmermann, Frankfurt am Main.

Délai de construction : 2010 – 2014.



Figure 79: La grande mosquée d'Alger, Algérie

Source: Google image

Description

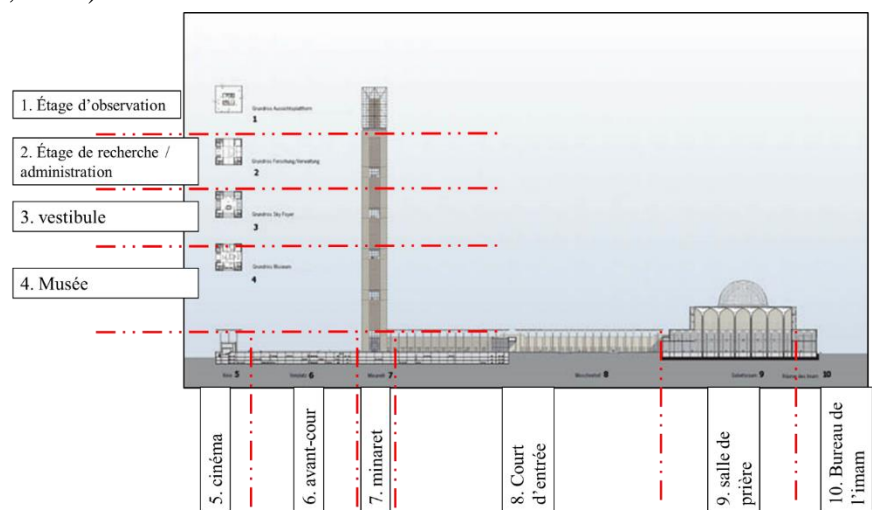
La grande mosquée est la troisième plus grande mosquée du monde, derrière celles du Masjid al-Haram à La Mecque et du Masjid al-Nabawi à Médine.

Constituant un véritable pôle attractif à caractère religieux, culturel et scientifique, "Djamaa El Djazaïr" se distingue à l'échelle internationale par son minaret, le plus haut au monde, long de 267 mètres et sa salle de prière de 20.000 m² pouvant accueillir jusqu'à 120.000 fidèles.

Déployée sur une superficie totale de 27,75 hectares sur le territoire de la commune de Mohammedia, la Grande mosquée d'Alger dispose de 12 bâtiments indépendants dont une grande bibliothèque riche d'un fonds bibliothécaire d'un million de livres et pouvant recevoir 3.500 personnes. (Algérie press service, 2021)

Figure 80: disposition des espaces intérieurs de la grande mosquée d'Alger

Source: auteur



Exemple 02 : la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie

Présentation du projet

Situation : Büyükçekmece/Istanbul, Turquie

Maître de l'ouvrage : La République de Turquie

Client : Présidence des affaires religieuses.

Architecte : Emre Arolat Architects, Istanbul

Délai de construction : 2014



Figure 81: la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie

Source: Google image

Description

La mosquée occupe un espace de 1 200 mètres carrés et peut accueillir 650 personnes. Le fait qu'elle se trouve à sept mètres sous terre fait apparaître la mosquée comme faisant partie du paysage lui-même.

Lors de la construction de la mosquée Sancak Lâr à Istanbul, l'architecte ottoman Emre Ortal n'a utilisé ni l'ornement classique et ni le style architectural connu dans les mosquées ottomanes. Les visiteurs de cette mosquée auront l'impression d'entrer dans une grotte souterraine.



Figure 82: plan de masse de la mosquée Sancak Lâr à Istanbul, Turquie

Source : <https://www.archdaily.com/>

Grâce à la conception urbaine moderne, l'architecte a essayé de jeter la lumière sur l'essence de l'islam. Par conséquent, il a concentré sur les composantes de construction basées sur la simplicité loin de la complexité des bâtiments modernes.

Le terrain incurvé de la mosquée suggère aux fidèles le sens de l'entrée sous terre. Le plafond est conçu d'une manière merveilleuse qui permet à la lumière du soleil de s'infiltrer verticalement vers l'intérieur de la mosquée et en fait une partie de la nature. (Istanbul The Guide, 2014)

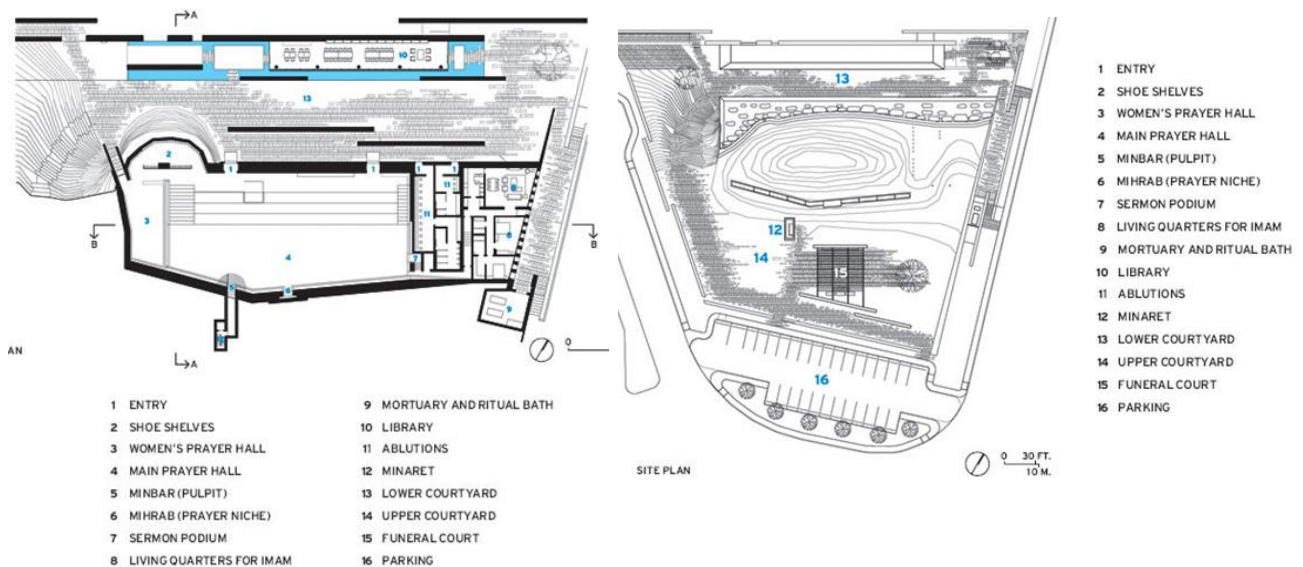


Figure 83: les plans de la mosquée Sancak Lâr à Istanbul, Turquie

Source : <https://www.archdaily.com/>

L'entrée de la salle de prière communique avec un jardin défini par un salon de thé, un espace commun et une bibliothèque. La présence d'un bassin d'eau peu profonde et les géométries essentielles invitent au calme de l'esprit pour se préparer à entrer dans la salle de prière.

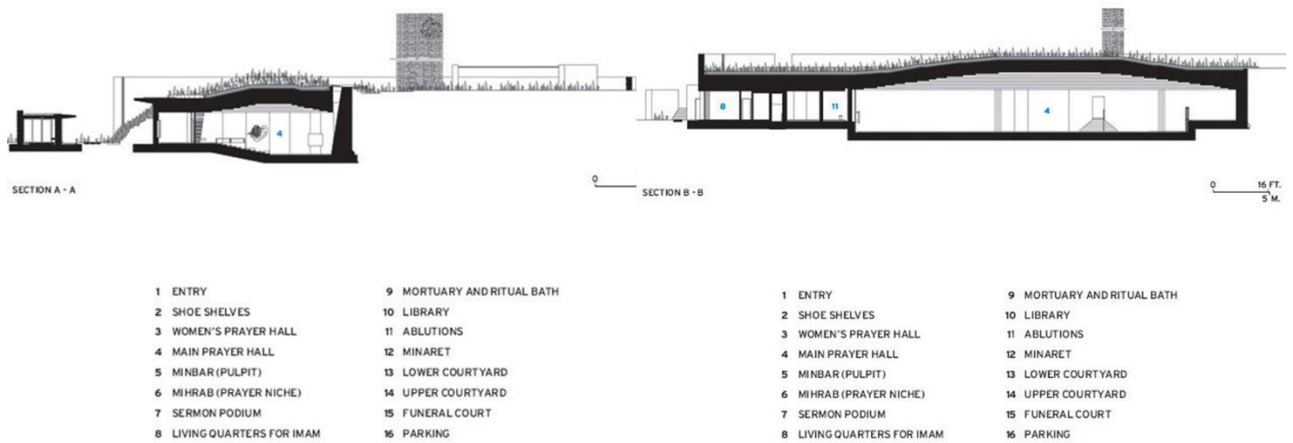


Figure 84: les coupes de la mosquée Sancak Lâr à Istanbul, Turquie

Source : <https://www.archdaily.com/>

4. Synthèses



Projet	LA GRANDE MOSQUÉE D'ALGER	LA MOSQUÉE SANCAK LÂR À ISTANBUL
Caractéristiques		
LA SITUATION ARCHITECTE	Alger, Algérie KSP Engel und Zimmermann, Frankfurt am Main	Istanbul, Turquie Emre Arolat Architects
SUPERFICIE TERRAIN FORME	S=275.000 m ² Plat, forme régulière Plan simple hypostyle	S=7400 m ² En pente, forme irrégulière, triangulaire Plan irrégulier, souterraine
DATE D'INAUGURATION	2012_2019	2011_2014
COMPOSITIONS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salle de prière Homme ➤ Esplanade ➤ Une galerie pour les femmes ➤ Un Centre de congrès(1500participants) ➤ Un centre de recherche /administration ➤ Une école coranique ➤ Centre culturel (bibliothèque ; salle multimédia, une vidéo, cinémathèque) ➤ Un musée ➤ Des magasins ➤ Un restaurant ➤ Un bureau d'observation ➤ Un bureau d'imam ➤ Vestiaires et espace d'ablution ➤ Parkings pour 6000 véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salle de prière Homme ➤ Salle de prière femme ➤ Salle d'ablution ➤ Appartement de l'imam ➤ Cour inférieure ➤ Cour supérieure ➤ Bain mortuaire et rituel ➤ Librairie ➤ Parking
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	Éléments préfabriqués Béton Acier	La brique Béton Acier

Tableau 5: tableau comparatif des exemples

Source: auteur

Exemple 01	Exemple 02	Mon projet
Situation : Alger, Algérie Maître de l'ouvrage : La République algérienne démocratique et populaire Client : Agence Nationale de Réalisation et de Gestion de la Mosquée d'Alger (ANARGEMA) Architecte : KSP Engel und Zimmermann, Frankfurt am Main Délai de construction : 2010 - 2014 Coûts de construction : Ca. 900 millions EUR Longueur totale : 600 m Superficie totale brute : 370 000 m ² Surface de terrain : 275.000 m ²	Situation : Büyükçekmece/Istanbul, Turquie Maître de l'ouvrage : La République de Turquie Client : Présidence des affaires religieuses. Architecte : Emre Arolat Architects, Istanbul Coûts de construction : \$1.125 million Délai de construction : 2014 Longueur totale : 600 m Superficie totale brute : 1.290 m ² Surface de terrain : 7400 m ²	Situation : Bejaia, Algérie Architecte: KACI Amel Surface de terrain : 5040 m ²
Style contemporain	Style Contemporain	Style contemporain
Plan hypostyle Forme simple régulière	Plan irrégulier Forme irrégulière souterraine	Plan régulier Forme irrégulière
Ornementations Arcs Coupoles Colonnes Moucharabieh	Absence d'ornementations Absence d'arcs Absence de coupoles Absence de colonnes	Coupole Colonnes Moucharabieh
Espaces annexes Espaces verts Cours	Espaces annexes Cours	Cour Espaces annexes Espaces verts

Tableau 6: tableau récapitulatif

/Source: auteur

5. Programmation architecturale

D'après l'analyse architecturale des exemples et l'exploration des espaces constituant les mosquées nous avons opté pour un programme architectural adapté pour notre projet fin d'étude.

<i>Espaces</i>	<i>Composantes</i>	<i>Espaces surfaciques</i>
<i>Cour</i>	Cour	150 _ 200 m ²
<i>Esplanade</i>	Esplanade	
<i>Salle de prière hommes</i>	Mihrab	
	Minbar	
<i>Salle de prière femme</i>	Mihrab	
<i>Salle d'ablution</i>	WC	50 _ 100 m ²
	Salle de bain	
	Espace d'ablution	
<i>Administration</i>	Bureau de directeur	40_ 45m ²
	Bureau d'association	35_ 40m ²
	Salle de réunion	55_ 65m ²
	Locaux technique	40_ 45m ²
<i>Une école coranique</i>	Accueil	
	Classes	40_ 50 m ²
	Sanitaires	16 _ 20 m ²
<i>Une école de calligraphie et de littérature arabe</i>	Accueil	
	Ateliers	45 _ 55m ²
	Salles multifonction	55 _ 65 m ²
	Sanitaires	30 _ 40 m ²
	Espace de stockage	20_ 25m ²
<i>Bibliothèque</i>	Accueil	
	Salle de lecture	80_ 150m ²
	Rayonnement	40 _ 50m ²
	Sanitaires	16 _ 20 m ²
	Archives	20_ 35 m ²
<i>Bureau de l'imam</i>	Bureau	35_ 40m ²
<i>Restaurant</i>	Salle de consommation	
	Sanitaires	16 _20m ²
	Espace de préparation	12 _ 16m ²
	Cuisine	16_ 20m ²
	Espace de stockage	20_ 25m ²
	Chambre froide	12m ²
	Local de personnel	16m ²

<i>Appartement de l'imam</i>	Chambres	20 _ 30m ²
	Séjour	45 _ 50m ²
	Cuisine	16 _ 20m ²
	Sanitaires	16 m ²
<i>Parking</i>	Espace parking	

Tableau 7: programme architectural de projet fin d'étude

Source : auteur

6. Idéation et analyse morphogénèse

6.1. Présentation du projet

Le projet est le fruit de la recherche effectuée, un essai de réaliser un espace dynamique et performant où les fidèles s'isolent du monde extérieur, laissent la vie et ces difficultés et se libèrent pour le culte et se rapprochent du Dieu miséricordieux. Nous voulant concevoir un projet qui assure une isolation de bruit extérieur de la vie quotidienne, avec le travail sur l'intérieur afin de créer cet espace compréhensif, clair et serein permettant le passage de message religieux. Tout en profitant de la lumière naturelle la moduler et modeler pour créer et animer les espaces, réaliser un environnement spirituel, féérique et garantir un confort visuel, une représentation et sensation de la foi.

Le projet est entièrement fonctionnel, il permet à l'utilisateur de découvrir la religion islamique et de s'approfondir dans la compréhension du coran, le message du dieu dans la mosquée et l'école coranique. Aussi d'apprendre la culture arabe et pleines d'autre grâce à sa disposition d'une école de calligraphie pour la maîtrise de la langue et d'une bibliothèque.

6.2 Processus de conception

Après avoir déterminé les concepts par rapport au terrain et son environnement immédiat.



Figure 85: schéma des principe

Source: auteur

Nous avons obtenu le plan initial suivant

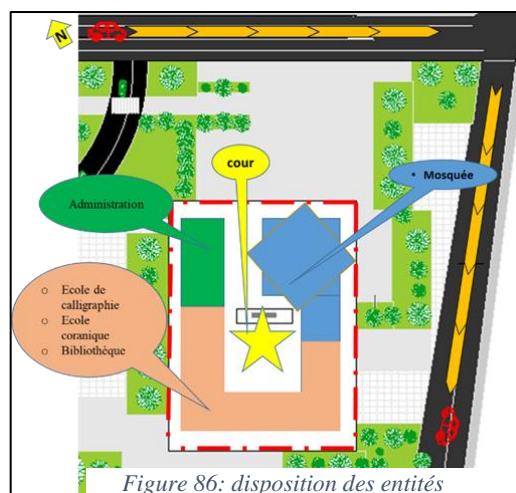


Figure 86: disposition des entités

Source: auteur

6.3. La métaphore

D'autre côté, la culture arabe islamique est riche et inspirante. Les lettres alphabétiques arabe représentent un trésor riche de sens et de signification, et l'art de la calligraphie ne cesse pas d'inventer de s'exceller dans l'écriture de ces dernières.

Dieu annonce dans sourate el kahf le verset 24 « وَأَذْكُرُ رَبِّكَ إِذَا نَسِيتَ » et dans sourate El Hajr verset 98 « وَأَعْبُدُ رَبَّكَ حَتَّىٰ يَأْتِيَكَ الْيَقِينُ » Dieu nous ordonne à prier car c'est la solution pour tous les problèmes et le moyen de se sauver de tourment du dieu.

La mosquée est la place où le fidèle soit en contact direct avec dieu par ces prières. La forme du corps humain quand le fidèle prosterne devant dieu sur le tapis nous donne la forme de la lettre (س) et la lettre (ل) nous illustre le fidèle debout dans sa prière.

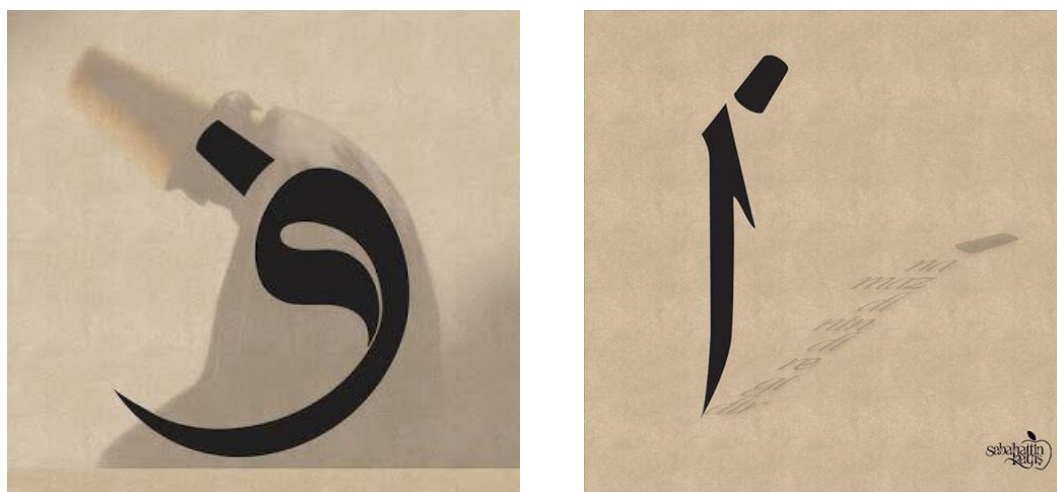


Figure 87: lettres arabe (س) et (ل)

Les deux lettres se suivent dans les deux versets du Coran, nous avons pris en compte cette combinaison.



Figure 88: calligraphie des deux lettres (ج) et (ل)

Les esquisse de forme :

Premier essai

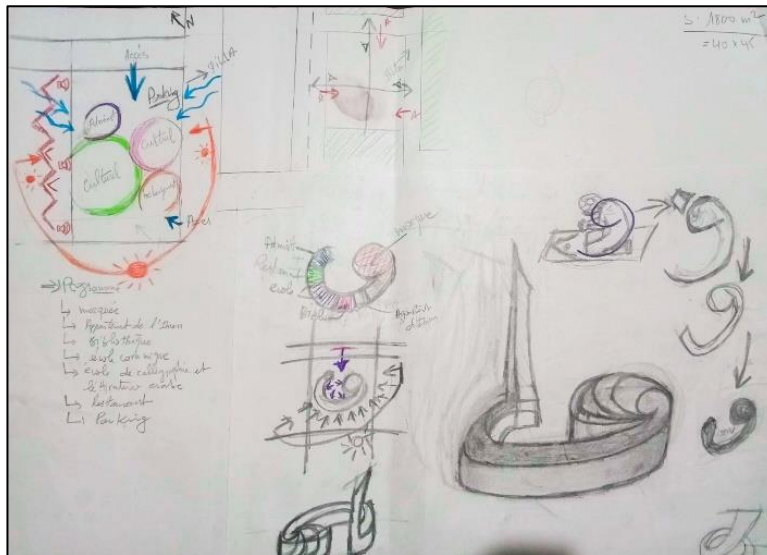


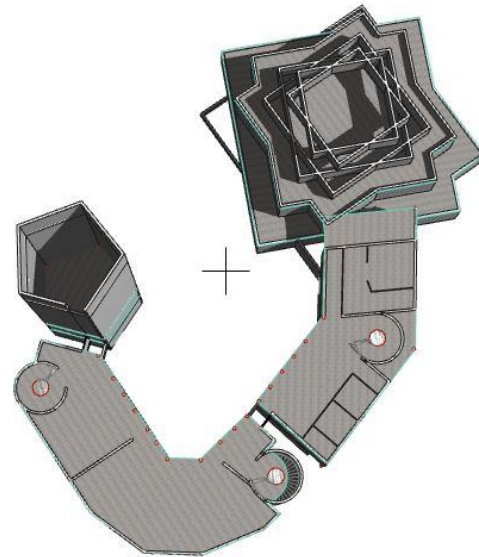
Figure 89: esquisse de projet

Source : auteur

Volumétrie initiale du projet

Figure 92: volumétrie initial du projet

Source : auteur



7. Etude de la qualité lumineuse et sonore de l'avant-projet

La qualité lumineuse :

Course du soleil

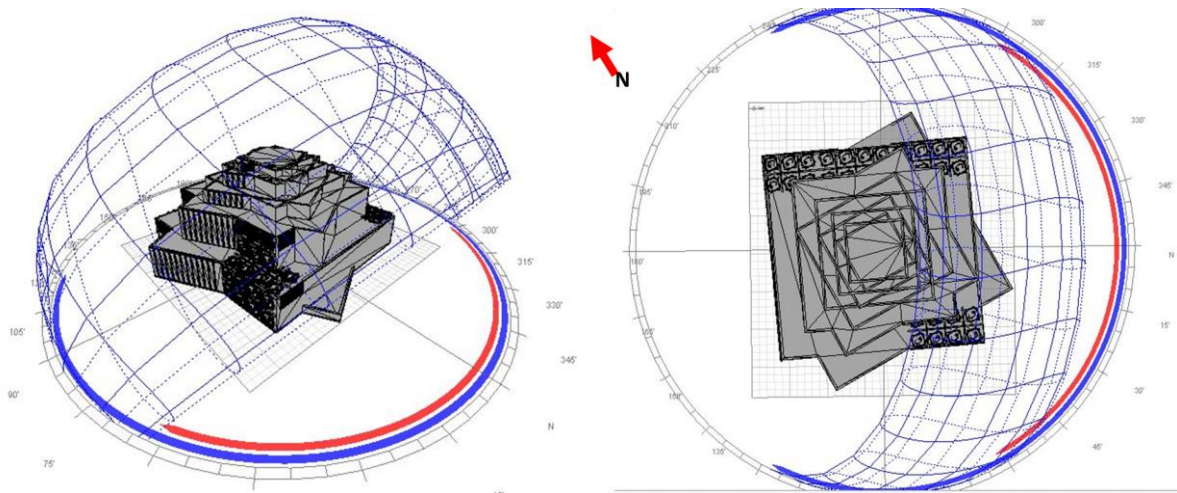


Figure 93: la course solaire

Source : ECOTECH

La mosquée est orientée est vers la qibla donc les façades sont profitées de la lumière des heures de matin. Par contre la façade sud et sud-est profite d'un éclairage optimal. Pour cela nous devant trouver des solutions pour avoir un éclairage intérieur uniforme et assurer une bonne autonomie lumineuse de l'espace. Les solutions et les dispositifs sont à ajouter et appliquer dans le projet fin d'étude dans la période prochaine durant l'accomplissement de la conception et tous va être ajouter au mémoire.

Simulation pour le 21/12 :

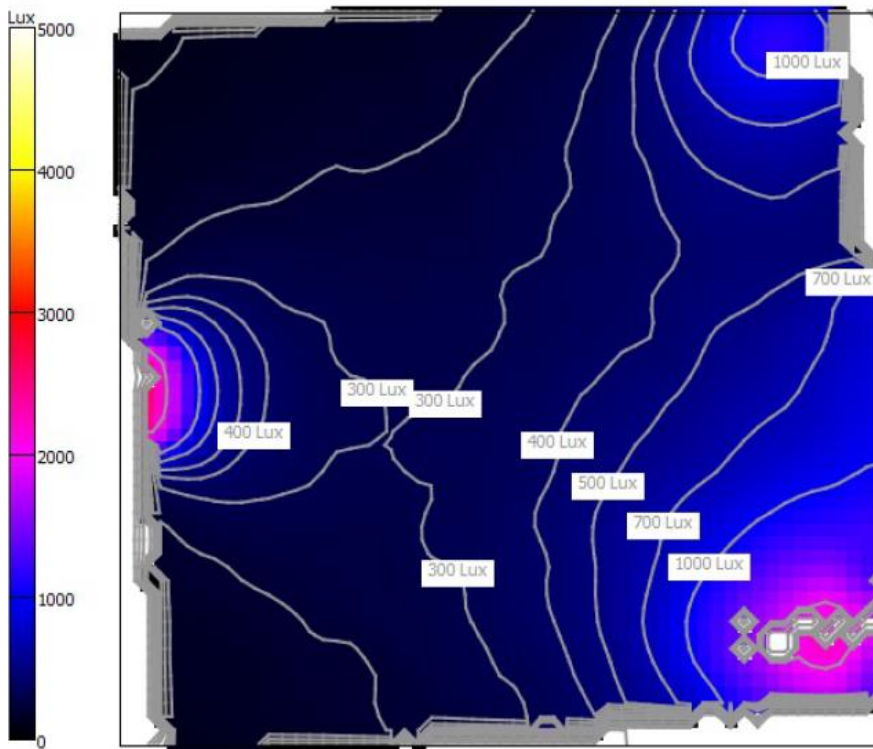


Figure 94: carte d'éclairage

Source: ArchiWIZARD

Résultats de simulation de 21/06

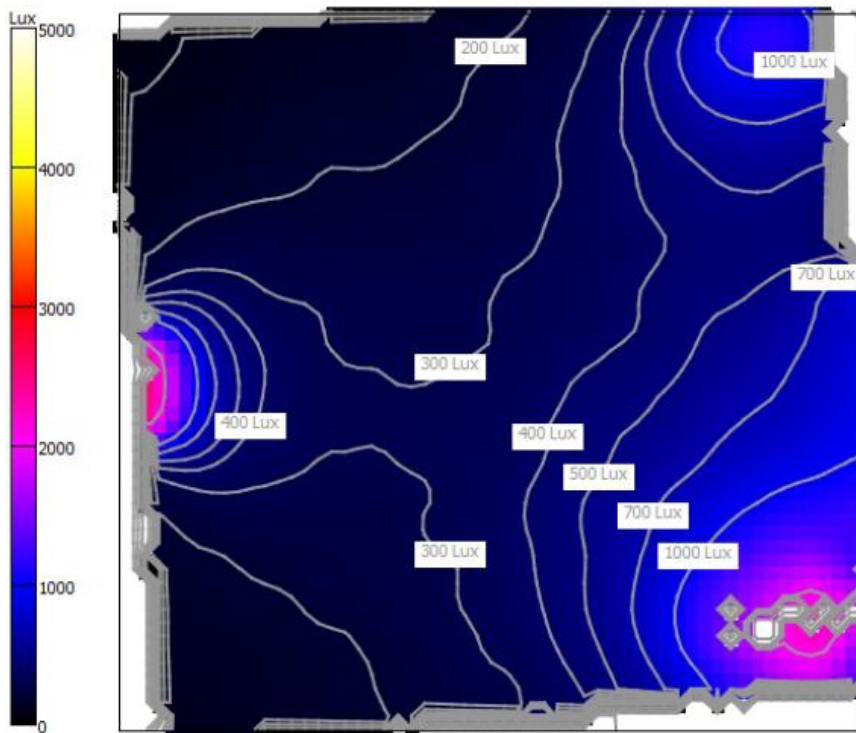


Figure 95: carte d'éclairage

Source : ArchiWIZARD

Résultats de simulation de 21/03

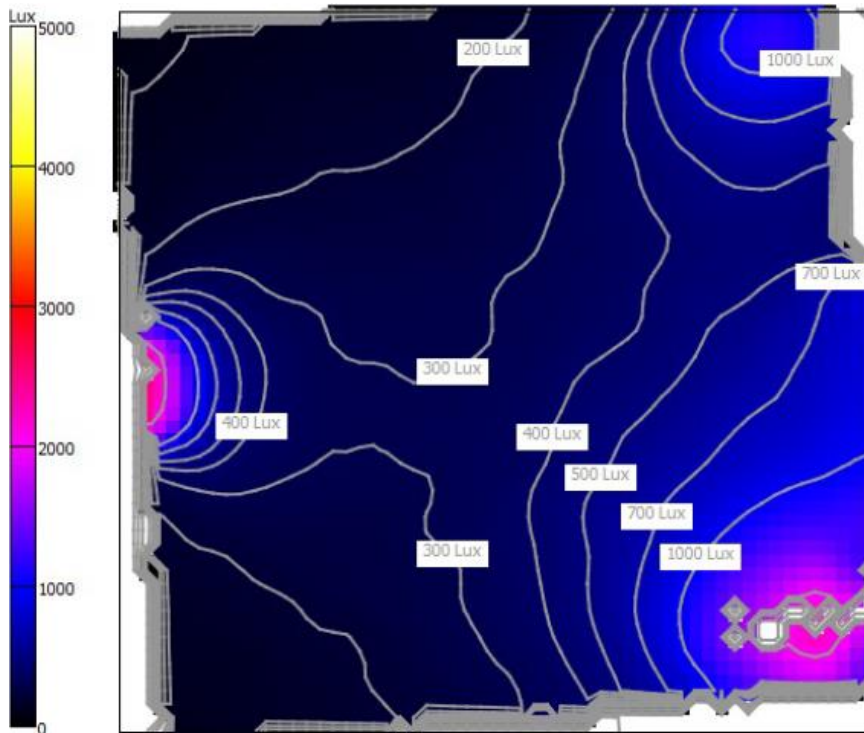


Figure 96: carte d'éclairage

Source: ArchiWIZARD

Les résultats ci-dessus présente des cartes d'éclairage de la salle de prière dans les jours les plus défavorables de l'année.

Ces résultats nous permettraient de savoir l'état de la qualité lumineuse de la salle dès le début et penser à des changements et les actions futures durant la continuité de la conception architecturale.

Les résultats de simulation dans les trois moments de l'année montrent une incohérence de la distribution d'éclairage dans la salle de prière, les coins la partie de la salle orienté nord est sombre. Et d'autre partie sont excessivement éclairés qu'elles risquent d'éblouissement. Donc faut penser à des solutions architecturales qui permettraient la pénétration d'une quantité optimale de la lumière à l'intérieur de la salle.

La qualité acoustique

Résultat de simulation :

D'après avoir positionner la source sonore dans la place de mihrab au mur de la qibla, nous avons lancé la simulation pour voir le comportement des ondes sonore au sein de la salle de prière, les résultats ci-dessous présente le processus et le phénomène précédent :

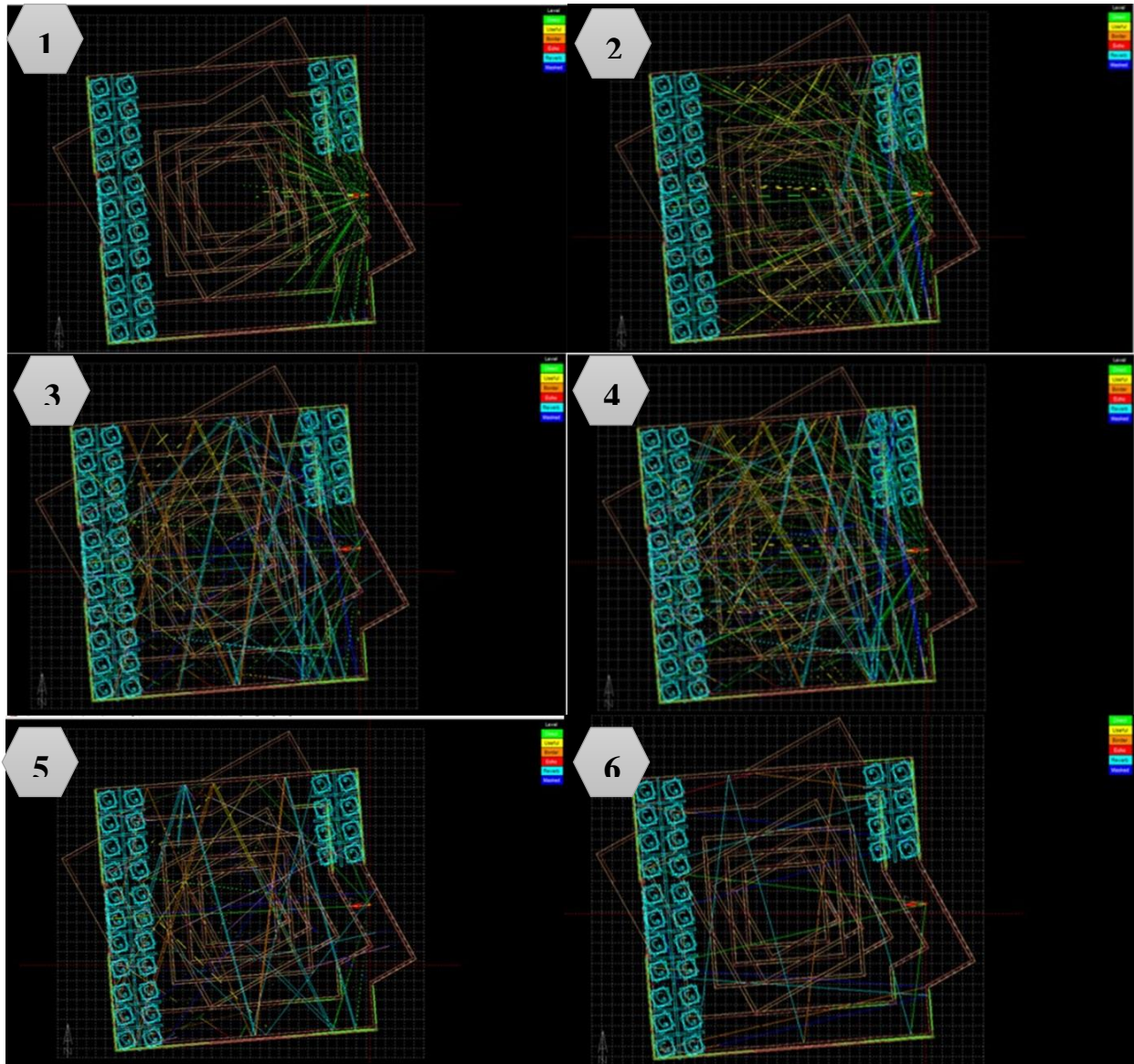


Figure 97: résultats de la simulation acoustique

Source: ECOTECT

Le problème qui se révèle c'est la présence de phénomène de réverbération, donc nous allons intervenir sur la qualité des matériaux (capacité d'absorption et de réflexion) et les caractéristique surfacique (texture et relief) pour optimiser le temps de réverbération et éliminer aussi le son masqué afin d'assurer une bonne intelligibilité de la parole.

8. Conclusion

Les mosquées à grande échelle sont généralement se forme de complexes en intégrant des espaces annexes de fonction culturel, éducatif et bien sur l'administration.

La conception des mosquées ne se délimite pas dans le cadre des anciens plans et forme mais c'est de créer cet espace isolé avec cette atmosphère spirituelle pour accomplir les prières.

Les espaces principaux composant l'entité culturelle sont toujours la salle de prière équipée de mihrab et minbar comme éléments essentiels pour orienter les fidèles vers la Qibla plus les salles d'ablution et les sanitaires bien sûr.

L'ajout des espaces annexes tels que les écoles coraniques et centre culturel aide à compléter la fonction globale de l'espace.

La cour comme espace ouvert et les esplanades permet d'un côté de donner l'occasion à découvrir les espaces comme permettent la pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur.

L'analyse de site que nous avons effectué nous a permis de distinguer les potentialités et les qualités de site qui nous exploiterons durant notre conception de projet fin d'étude tous ces derniers sont synthétisés dans le schéma de structure organisé. De cela nous avons élaboré un plan d'action de toutes les premières étapes élaborées dans la conception de projet en prenant en compte de profiter de la lumière de soleil au maximum et de s'isoler de bruit de l'extérieur.

Nous sommes inspirés de la richesse de la calligraphie arabe en se focalisant sur les deux lettres (ج) et (ل) et leurs significations dans quelques versets de Coran pour obtenir la forme initiale du projet.

Les simulations d'avant-projet de la lumière naturelle et de son bruit nous a permis de détecter les problèmes au niveau de la salle soit pour la quantité et la qualité de lumière pénétrante et aussi pour le comportement des ondes acoustique et la qualité d'écoute.

Conclusion générale

Les lieux de culte étaient toujours des espaces sensibles car ils reçoivent des usagers particuliers qui pratiquent une activité spirituelle et intangible. Le défi donc c'est de créer un environnement qui exprime l'aspect de confort, tranquillité, sécurité et isolation pour révéler la foi. La lumière consistait toujours un moyen de présentation de l'aspect spirituel et divin dans l'espace, la qualité de son et donne à l'espace un aspect de majesté, grandeur et de prestige plus à la transmission de message religieux.

La qualité de la lumière naturelle dépend généralement de type de ciel, le moment de l'année, l'orientation, l'environnement physique de la bâtisse. Le confort visuel concerne les niveaux optimaux des grandeurs physiques de ce phénomène tels que l'éclairement et la luminance sans oublier type de la propagation dans l'espace. D'autre part la qualité de confort acoustique est en relation de la qualité et types des matériaux qui constituent les parois intérieures et aux valeurs optimales des grandeurs physiques de phénomène aussi pour éviter l'écho et la réverbération qui détériore l'intelligibilité de son.

La mosquée est un édifice multifonctionnel : lieu culturel, culturel et éducatif. L'architecture islamique s'accorde à l'architecture des mosquées qui est l'édifice principale dans notre religion, elle se distingue par ces différents types de plan et les éléments architecturaux qui la compose. La maîtrise de la lumière en architecture consiste à la capter et la transmettre de l'extérieur à l'intérieur par le seul élément architectural qui est la baie, la distribuer en jouant sur les caractéristiques surfaciques des parois intérieures, la contrôler en employant les dispositifs de protection. La bonne qualité de confort acoustique est fournie par le choix des matériaux qui aident à l'absorption de l'énergie acoustique et l'affaiblir ce qui maintient une bonne intelligibilité de la parole.

Les prises de mesures nous a permis de savoir l'état de la salle de prière de la mosquée sidi Soufie. De côté visuel la salle est faiblement éclairée dans sa totalité ce qui impose un recours à l'éclairage artificiel donc elle nécessite des corrections spécialement sur les baies. De côté acoustique on remarque la présence de l'écho dû à la qualité des matériaux de finition et leurs performance acoustique : d'absorption et de transmission.

Donc pour la continuation des études, des simulations sont effectuées. Les résultats de ces dernières sont presque similaires aux ceux des prises de mesures ce qui les confirme et nous ouvre l'opportunité de continuer les études par outils informatiques sous des paramètres choisis.

Par la fin des recommandations spécifique au cas d'études et d'autres à appliquer sur le projets fin d'études sont retirées.

La conception de l'avant-projet est faite tout en prenant en considération les données de terrain et son environnement immédiat avec les données climatiques pour mieux profiter de la lumière naturelle et l'exploiter dans le projet et aussi d'assurer une bonne isolation acoustique des espaces.

Bibliographie

Ouvrages

BESENE, O., FIORI, S., MILLER, F., & SERIEX, C. (s.d.). *Architecture et lumière*.

BURCKHARDT, T. (1999). *Le langage de l'art islamique: L'art de l'islam*. Sindbad.

Corbusier, L. (1923). *Vers une architecture*. Editions Flammarion.

ISADORE, K. L. (1923). *Silence et lumière*. Paris: ED.De Lintean.

LUCERO, V. (2011). *Light Up Your Home: The Most Inspiring Hardcover*. (É. L. (Acc), Éd.)

YVES, C. (2010). *PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ; ÉNERGIE GRISE DES MATÉRIAUX ÉCOLOGIQUES*. Le Moniteur Momento. le Moniteur.

Articles

BALLESTA, S. (2018, Mai 23). De la « rédemption » des édifices religieux. Entre rupture et continuité.

BELAKEHAL, A. (2018, Aout 10). LES AMBIANCES LUMINEUSES DANS LES MOSQUEES.

BENMAGHSOULA, Z. H. (2017, novembre 02). RELATIONS ENTRE COMPOSANTE ACOUSTIQUE ET CONCEPTION ARCHITECTURALE : CARACTERISATION ET AMELIORATION ACOUSTIQUE DE L'ESPACE DE LA MOSQUEE.

BERNARD, P., & FONTOYNONT, M. (s.d.). Maîtrise de l'éclairage naturel dans le projet architectural.

BONNERIC, J. (2013, Janvier). Une archéologie de la lumière en Islam : conditions d'étude d'un phénomène immatériel dans les mosquées médiévales. Consulté le Février 24, 2021, sur <https://www.ifao.egnet.net>

BONNERIC, J. (2019, Janvier 19). Introduction. Une approche pluridisciplinaire pour un thème marginalisé : la lumière comme objet historique. Consulté le Février 23, 2021, sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01986973>

CALISKAN, M., & SU, Z. (2014, Juin). Une discussion sur l'acoustique de la mosquée Süleymaniye pour son état d'origine. *researchgate*.

POLACK, J. D., ALRUTZ, H., & R.SCHROEDER. (1983). Acoustique-Une nouvelle méthode pour décrire la réverbération., Consulté le Mars 13, 2021, sur <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6315862m.r=r%C3%A9verb%C3%A9ration.langFR>

SARAOU, S., BELAKEHAL, A., BENNADJI, A., & ATTAR, A. (2018, juillet). TOPOLOGIE SPATIO-SONORE DE L'ESPACE ARCHITECTURAL MUSEAL. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/335843102>

VADEMECUM DU BRUIT ROUTIER URBAIN 10 VOLUME I L'étude acoustique dans l'urbanisme et l'architecture. (s.d.). Consulté le Mars 26, 2021, sur https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/vademecum_f10_fr.pdf

WUYTS, D. (2008). Réverbération et absorption acoustique.

Mémoires et thèses

MARZOUGUI, N. (2018, juillet 20). *Lumière*. Consulté le Décembre 31, 2020, sur https://issuu.com/nestrinmerzougui/docs/m_moire_dnsep_extrait_issuu_v2

Sites Web

(s.d.). Consulté le Mai 5, 2021, sur <https://idinterdesign.ca/>

(s.d.). Consulté le Mars 11, 2021, sur : <https://www.guidebatimentdurable.brussels>

(s.d.). Consulté le mars 22, 2021, sur www.transima-dz.com

(s.d.). Consulté le janvier 2, 2021, sur www.floornature.eu

(s.d.). Consulté le février 23, 2021, sur archive.org

(s.d.). Consulté le avril 04, 2021, sur www.imtilak.net

(s.d.). Consulté le mars 29, 2021, sur www.regie-energie.qc.ca

(s.d.). Consulté le mai 6, 2021, sur www.behance.net

(s.d.). Consulté le mai 7, 2021, sur tel.archives-ouvertes.fr

(s.d.). Consulté le avril 17, 2021, sur www.a-doc.com

(s.d.). Consulté le avril 27, 2021, sur environnement.brussels

(s.d.). Consulté le mai 13, 2021, sur www-energie.arch.ucl.ac.be

(s.d.). Consulté le janvier 11, 2021, sur thesis.univ-biskra.dz

Algérie press service. (2021, Mai 05). Consulté le juin 06, 2021, sur <https://www.aps.dz/regions/108834-grande-mosquee-d-alger-un-chef-d-oeuvre-architectural-et-religieux-multifonctionnel>)

ARCH Daily. (s.d.). Récupéré sur <https://www.archdaily.com/>

Assurer le confort visuel au moyen de la lumière naturelle. (2019, Mars 26). Consulté le Juin 28, 2021, sur Guide Bâtiment Durable: <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/2-capter-la-lumiere-naturelle.html?IDC=7970>

AUTODESK. (s.d.). Consulté le Avril 05, 2020, sur <https://web.archive.org/web/20080724093511/http://squel.com/products/ecotect>

Correction et traitement acoustique. (s.d.). Consulté le Juin 01, 2021, sur Made In Acoustic : Traitement et Isolation Acoustiques, Belgique: <http://www.madeinacoustic.com/fr/correction-acoustique>

Getty images. (s.d.). Consulté le Avril 4, 2021, sur <https://www.gettyimages.fr/>

GOOGLE, i. (s.d.). Récupéré sur <https://www.google.com/imghp?hl=FR>

GRAITEC GROUP. (s.d.). Consulté le Avril 12, 2021, sur <https://fr.graitec.com/archiwizard>

MICHAUD, c. (s.d.). Issue. Consulté le Février 15, 2021, sur https://issuu.com/cecilemichaud/docs/cecile_habiter_la_lumiere

Annexes :

Annexe 01 : Analyse architectural des exemples

Exemple 01 : La grande mosquée d'Alger

Présentation du projet

Situation : Alger, Algérie

Maître de l'ouvrage : La République algérienne démocratique et populaire.

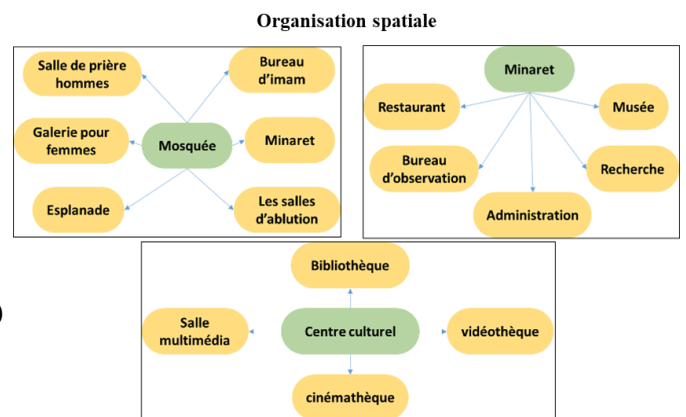
Client : Agence Nationale de Réalisation et de Gestion de la Mosquée d'Alger (ANAR-GEMA).

Architecte : KSP Engel und Zimmermann, Frankfurt am Main.

Délai de construction : 2010 – 2014.

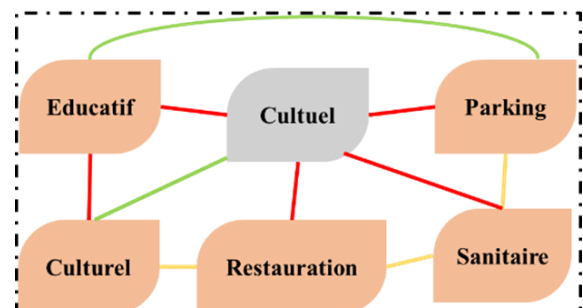
Le programme :

- Salle de prière Homme
- Esplanade
- Une galerie pour les femmes
- Un Centre de congrès(1500participants)
- Un centre de recherche /administration
- Une école coranique
- Centre culturel (bibliothèque ; salle multimédia, une vidéo, cinémathèque)
- Un musée
- Des magasins
- Un restaurant
- Un bureau d'observation
- Un bureau d'imam
- Vestiaires et espace d'ablution
- Parkings pour 6000 véhicules



Organigramme fonctionnel

Relation forte ————
Relation moyenne ————
Relation faible ————



Exemple 02 : la mosquée Sancak Lār à Istanbul, Turquie

Présentation du projet

Situation : Büyükçekmece/Istanbul, Turquie

Maître de l'ouvrage : La République de Turquie

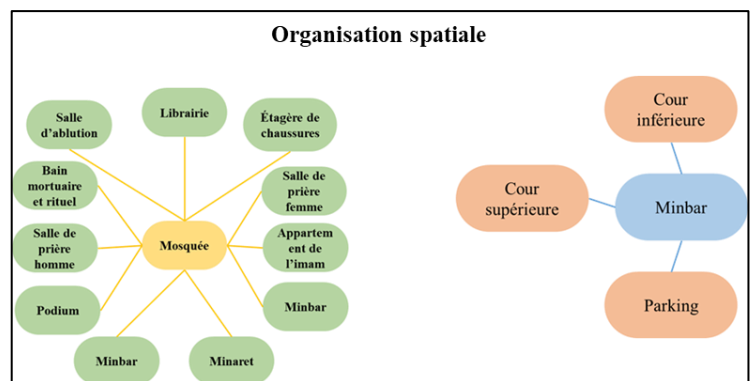
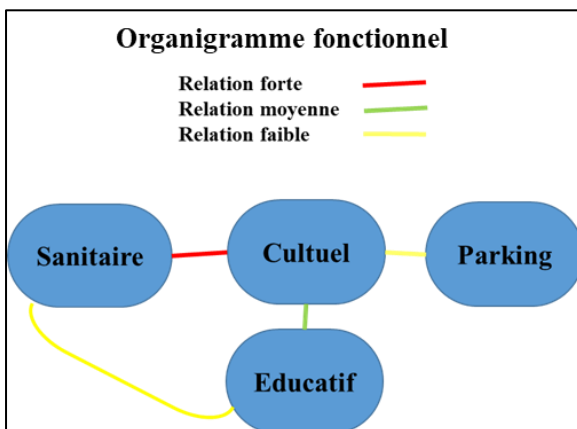
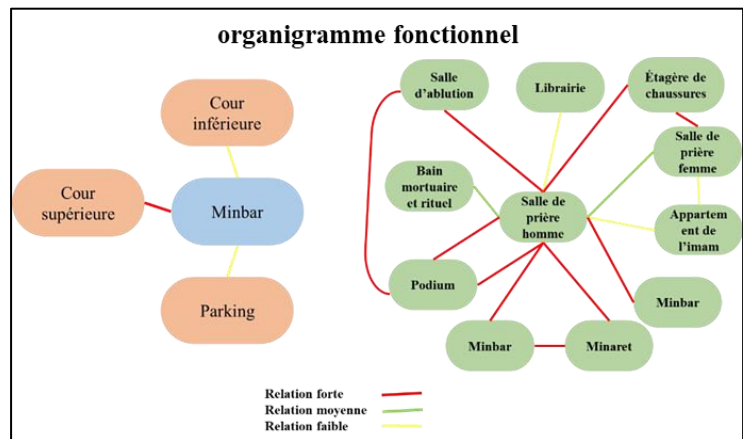
Client : Présidence des affaires religieuses.

Architecte : Emre Arolat Architects, Istanbul

Délai de construction : 2014

Programme

- Salle de prière Homme
- Salle de prière femme
- Salle d'ablution
- Appartement de l'imam
- Cour inférieure
- Cour supérieure
- Bain mortuaire et rituel
- Librairie
- Parking



Le projet fin d'étude



PLAN D'ENSEMBLE
ECHELLE 1/200



