



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

SEGHIER Salah Eddine

DOMAINE : ARCHITECTURE, URBANISME ET

METIER DE LA VILLE

FILIERE : ARCHITECTURE

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

Thème

MUSEE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DURABLE DANS LA VILLE DE LAGHOUAT

**Etude de cas : l'effet de la toiture ventilée et la façade en double peau
sur le confort thermique dans les salles d'exposition**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr REZZOUG AEK	M.A.B	Président
Mr MERDJANI HAMZA	M.A.A	Examineur 1
Mr SAAD SAOUD WAHID	M.A.A	Examineur 2
Mr BEN HOHO MED NAIM	M.A.A	Rapporteur
Mme BAALI SAIDA	M.A.A	Co-Rapporteur

Promotion : 2016/2017



UNIVERSITE AMAR THELIDJI- LAGHOUCAT



FACULTE DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE DEPARTEMENT : D'ARCHITECTURE RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et métier de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème : Culture, conception d'un musée des sciences et technologie durable dans la ville de Laghouat

Présenté par : SEGHIER Salah Eddine

Encadré par : Mr BEN HOHO MED NAIM

Mme BAALI SAIDA

Résumé : Depuis l'antiquité L'homme a été considéré comme la source de pollution de l'environnement (désertification, érosion des sols, déforestation, etc.)

Cette situation a eu une incidence directe sur l'architecture et le confort des usagers, et a conduit à l'apparition des bâtiments qui ne disposent pas des concepts de confort ni d'économie, ce qui a émergé l'apparence d'un nouveau concept d'architecture appelé l'architecture bioclimatique qui cherche à adapter au mieux les bâtiments et son environnement et à établir une relation entre eux.

La ville de Laghouat a connu un développement scientifique et technologique grâce à la mise en place des instituts scientifiques pour différents branches, ainsi que de nombreux clubs scientifiques et culturels, mais la ville souffre encore du manque d'équipements pour l'exposition et la promotion de ces potentialités scientifiques et technologiques.

Dans notre projet qui est la réalisation d'un musée des sciences et technologie durable à Laghouat , nous avons visé à créer un espace d'exposition qui répond aux besoins de la ville , et participe à l'état de développement de la ville dans tous les domaines en plus de son rôle dans l'encouragement de la créativité et l'innovation et la réduction de la consommation énergétique et l'amélioration du confort pour les employés et les visiteurs par l'intégration des solutions architecturales bioclimatiques tel que le mur végétalisé, la façade en double peau, le chauffage solaire, la double toiture ventilée...etc , Compatible au climat de la région où l'été est chaud et sec et l'hiver froid et rigoureux

Mots clés : Pollution, l'architecture, le confort, l'architecture bioclimatique, Laghouat, sciences et technologie, musée

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة عمار ثليجي – الأغواط

كلية الهندسة المدنية والهندسة المعمارية
قسم : الهندسة المعمارية
ملخص مذكرة الماستر

الميدان: هندسة معمارية , تخطيط و مهن المدينة
الشعبة: هندسة المعمارية
التخصص: هندسة معمارية وبيئة
عنوان المذكرة: ثقافة , تصميم متحف للعلوم و التكنولوجيا مستدام بمدينة الأغواط
تقديم : صغير صلاح الدين

الأستاذ المؤطر: بن حوحو نعيم
بعلي سعيدة

ملخص المذكرة: منذ القدم اعتبر الإنسان المصدر الأول للتلوث البيئي (التصحر، انجراف التربة , انعدام الغطاء النباتي , ... الخ) مما أثر مباشرة على الهندسة المعمارية و راحة المستخدمين على حد سواء , و أدى إلى ظهور مباني تفتقر إلى مفاهيم الراحة و الاقتصاد مما نتج عنه ظهور مفهوم جديد للعمارة تدعى بالعمارة البيئية تسعى إلى أفضل تلائم بين المبنى و بيئته و إنشاء علاقة في ما بينهما.

تعرف مدينة الأغواط تطورا علميا وتكنولوجيا غير مسبوق من خلال إنشاء كليات علمية بتخصصات مختلفة وكذا العديد من النوادي العلمية والثقافية الا أن المدينة تفتقر الى مرافق عرض وتعزيز للعلوم والتكنولوجيا.

في مشروعنا هذا والمتمثل في إنشاء متحف مستدام للعلوم والتكنولوجيا بمدينة الأغواط سعينا إلى توفير فضاء للعرض يلبي احتياجات المدينة وتطورها الدائم والدفع بعجلة التنمية وتربية النشء على التطور و الإبداع و تشجيع الابتكار والحد من الاستهلاك الطاقوي وكذا توفير أساليب الراحة القصوى للعاملين والزائرين على حد سواء من خلال دمج حلول معمارية بيئية بامتياز مثل: الجدار النباتي , الواجهات ذات الغلاف المزدوج , السخان الشمسي , السقف المزدوج المهوى ... الخ مما تتوافق وطبيعة المنطقة الشبه جافة الحارة صيفا والباردة شتاء.

الكلمات المفتاحية: التلوث، الهندسة المعمارية، الراحة، العمارة البيئية، الأغواط، علوم وتكنولوجيا، متحف

Remerciement

Avec l'aide de dieu tout puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail.

En premier lieu, je remercie mes chers parents qui ont tout fait pour que je réussisse dans ma vie, que dieu me les protège.

Je remercie mes encadreur Mr BEN HOUHOU Med Naim et Melle BAALI Saida pour leur disponibilité, pour leur suivi, leurs nombreux conseils et leurs critiques constructives pour l'élaboration de ce travail de recherche.

Merci beaucoup à mes frères ABDELMAJID, AISSA et ma sœur HABIBA qui m'ont permis de mener ces études, m'ont soutenu et m'ont tant encouragé durant ces années d'études.

Je tiens à remercier YACINE, AYOUB, KHALED, HAMOUDA , ABDEERAHIM ,NASRO et MEBARKA pour leur amitié, leur soutien inconditionnel et leur encouragement .

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

SALAH EDDINE

Sommaire

Introduction général
Problématique
Les objectifs du projet
L'hypothèse
Méthodologie de recherche
Organisation du mémoire

Chapitre I : Recherche thématique

I-1 L'architecture Bioclimatique	01
Introduction.....	01
I-1-1 Aperçu historique	01
I-1-2 Concepts lié à la bioclimatique	02
I-1-3 Principes De Base De L'architecture Bioclimatique.....	06
Synthèse	07
I-2 Le Thème (La Culture)	09
I-2-1 Motivons Du Choix Du Thème	09
I-2-2 Définition de la culture	09
I-2-4 Définition de la science	09
I-2-5 Définition de la technologie	10
I-2-6 la culture à travers le monde	10
I-2-7 la culture algérienne	10
I-2-7 la culture algérienne	11
I-2-9 les musées	12
Synthèse.....	14
I-3 Analyse Des Exemples	15
I-3-1 Les critères de choix des exemples	15
I-3-2 musée d'Académie des sciences de Californie	16
I-3-3 Musée d'histoire naturelle de Shanghai	27
I-3-4 MUSE Musée de Science	41
Synthèse Des Exemples	50

Chapitre II : Programmation

Introduction	51
IV- 1 Programme Qualitatif	51
IV- 2 Programme Quantitatif	63
Synthèse	64

Chapitre III : Projet Architecturale

III-1 Etude Contextuelle	65
Introduction	65
III-1-1 Échelle territoriale	65
III -1-2 Échelle Urbaine	69
III -1-3 Échelle Locale	72
Synthèse	76

III- 2 La Conception Architecturale	77
Introduction	77
III-2-1 l'idée du projet	77
III-2-2 La genèse de projet	77
III-2-3 Description de projet	82
III-2-4 Les concepts bioclimatiques	87
Synthèse	94
IV- Etude technique	
Introduction	95
IV- 1 Le système structurel	95
IV - 2 Les joints	99
IV - 3 Bardages (façades)	100
IV - 4 les cloisons	101
IV - 5 Les faux plafonds	102
IV - 6 Les revêtements de sol	103
IV - 7 Menuiserie	104
IV - 8 Les solutions bioclimatiques	105
IV - 9 Les Corps d'états secondaires	107
IV- 10. La protection contre l'incendie	110
IV- 11. Système de sécurité	111
V- La simulation	
V-1 l'effet de la toiture ventilée et la façade en double peau sur le confort thermique dans les salles d'exposition	112
Introduction	112
V-1-1 Problématique	112
V-1-2 Les objectifs	112
V-1-3 Méthodologie de recherche	113
V-1-4 Partie théorique	113
V-1-5 Partie expérimentale	128
Conclusion	136
Conclusion Générale	137

Liste Des Figures

N.F	Titre De La Figure	N P
Figure 1	Structure de travail	IV
Figure I.1	historique de l'architecture durable	1
Figure I.2	stratégie du chaud	7
Figure I.3	stratégie du froide	7
Figure I.4	stratégie de la ventilation	8
Figure I.5	classification des équipements culturels par les catégories, élaborées parmi des définitions	12
Figure I.6	l'Académie des sciences de Californie	16
Figure I.7	Vue aérienne sur l'Académie des sciences de Californie	16
Figure I.8	plan de masse de l'Académie des sciences de Californie	17
Figure I.9	vue aérienne sur l'Académie des sciences de Californie	17
Figure I.10	la façade principale d'Académie des sciences de Californie	18
Figure I.11	la façade postérieure d'Académie des sciences de Californie	18
Figure I.12	Académie des sciences de Californie	19
Figure I.13	Plan Sous-Sol D'Académie des sciences de Californie	19
Figure I.14	Plan RDC D'Académie des sciences de Californie	20
Figure I.15	Vue En 3D sur l'Académie des sciences de Californie	20
Figure I.16	Toiture D'Académie des sciences de Californie	21
Figure I.17	Toiture D'Académie des sciences de Californie	22
Figure I.18	coupe schématisée sur le dôme D'Académie des sciences de Californie	22
Figure I.19	coupe schématisée sur l'Académie des sciences de Californie	23
Figure I.20	Atrium D'Académie des sciences de Californie	23
Figure I.21	Les types de l'atrium	24
Figure I.22	atrium Centrale	24
Figure I.23	choix de l'éclairage dans l'atrium Centrale	25
Figure I.24	modification de la distribution lumineuse en fonction de l'inclinaison des parois d'un atrium	26
Figure I.25	organisation de la ventilation par l'atrium	26
Figure I.26	Musée d'histoire naturelle de Shanghai	27
Figure I.27	Vue aérienne sur le Musée d'histoire naturelle de Shanghai	27
Figure I.28	Vue aérienne sur le Musée d'histoire naturelle de Shanghai	28
Figure I.29	Musée d'histoire naturelle de Shanghai	28
Figure I.30	tube coquillage	28
Figure I.31	La Façade principale du Musée d'histoire naturelle de Shanghai	29
Figure I.32	Vue Globale Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	30
Figure I.33	Le détail de mur cellulaire Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	30
Figure I.34	le mur vivant Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	31
Figure I.35	La façade nord Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	32
Figure I.36	La toiture Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	32
Figure I.37	l'accès de terrasse	33
Figure I.38	les espaces de Sous-sol 3 de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	34
Figure I.40	les espaces de Sous-sol 1 de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	35
Figure I.40	plan de RDC de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	36
Figure I.42	les espaces de 1 ^{ER} ETAGE de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	37
Figure I.43	Plan de 2 ^{Emme} ETAGE de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	38
Figure I.44	coupe schématisée sur les technique bioclimatique de Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	39
Figure I.45	hall d'accueil de Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	39
Figure I.46	vue aérienne sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	40

Figure I.47	vue intérieur sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	40
Figure I.48	vue intérieur sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai	40
Figure I.49	MUSE musée de Science	41
Figure I.50	vue aérienne sur le MUSE musée de Science	42
Figure I.51	vue aérienne sur le MUSE musée de Science	42
Figure I.52	Esquisse de MUSE musée	43
Figure I.53	La Façade principale de MUSE musée	43
Figure I.54	La Façade est de MUSE musée	44
Figure I.55	le détaille de La Façade est de MUSE musée	44
Figure I.56	La Façade ouest de MUSE musée	44
Figure I.57	La Façade nord de MUSE musée	45
Figure I.58	Plan De RDC	46
Figure I.59	coupe sur l'atrium centrale de musée	46
Figure I.60	Plan De 1er étage	47
Figure I.61	Coupe sur le MUSE musée	47
Figure I.62	les techniques de MUSE musée	49
Figure I.63	la certification LEED OR	49
Figure II.1	galerie d'art d'Ontario, canada	52
Figure II.2	musée de francfort	52
Figure II.3	Position de l'éclairage muséale	53
Figure II.4	Position de l'éclairage des tableaux	53
Figure II.5	Position de l'éclairage des vitrines	54
Figure II.6	la disposition de l'éclairage mural	54
Figure II.7	la disposition de l'éclairage des œuvres	54
Figure III.1	Situation géographique de la ville de Laghouat	65
Figure III.2	Carte administrative de la wilaya de Laghouat	65
Figure III.3	Aéroport de Laghouat - Moulay Ahmed Medeghri	66
Figure III.4	Laghouat l'accessibilité terrestre	66
Figure III.5	fréquence des cieux ensoleillés, intermédiaires et nuageux	67
Figure III.6	Courbe de température annuelle	67
Figure III.7	Courbe de l'humidité annuelle	68
Figure III.8	Rose des vents de la ville de Laghouat	69
Figure III.9	Les différentes phases de développement urbain de la ville.	69
Figure III.10	Systèmes routiers	70
Figure III.11	les différents équipements culturels dans la ville de Laghouat	70
Figure III.12	Les éléments architectoniques de Laghouat	71
Figure III.13	Plan de Situation de site d'intervention	72
Figure III.14	Vue de site d'intervention	73
Figure III.15	l'accessibilité vers le site d'intervention	73
Figure III.16	L'environnement immédiat de site d'intervention	74
Figure III.17	les dimensions de site d'intervention	74
Figure III.18	Profil d'élévation A-A du site d'intervention	75
Figure III.19	Profil d'élévation B-B du site d'intervention	75
Figure III.20	Les Vents du site d'intervention	75
Figure III.21	La genèse de projet 1 ^{er} étape	77
Figure III.22	La genèse de projet 2 ^{ème} étape	78
Figure III.23	La genèse de projet 3 ^{ème} étape	79
Figure III.24	La Matérialisation Du L'idée De Projet	81
Figure III.25	L'implantation Du Projet	81
Figure III.26	L'affectation Des Entités Du Projet	82
Figure III.27	La Façade Est	85
Figure III.28	La Façade Sud	85

Figure III.29	La Façade Ouest	86
Figure III.30	La Façade Nord	86
Figure III.31	Façade Est En Double Peau	84
Figure III.32	Façade Ouest En Double Peau	88
Figure III.33	Façade Sud Végétalisée	88
Figure III.34	Vue En 3D coté EST	90
Figure III.35	Vue En 3D coté SUD-EST	91
Figure III.36	Vue En 3D coté SUD	92
Figure III.37	Vue En 3D coté NORD	93
Figure IV.1	le système structurel	95
Figure IV.2	poteau en béton armée	96
Figure IV.3	les éléments principaux d'un plancher à corps creux	96
Figure IV.4	exemple de portique métallique poteau en H et poutre en I	97
Figure IV.5	exemple de plancher collaborant	97
Figure IV.6	Type de poutre en treillis	98
Figure IV.7	Poutre en treillis	98
Figure IV.8	plancher en dalle pleine	98
Figure IV.9	structure tridimensionnelle d'une géode	99
Figure IV.10	détail joint de dilatation	99
Figure IV.11	la fixation de la façade double peau	100
Figure IV.12	principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilé naturellement sur plusieurs niveaux.	100
Figure IV.13	le mur interactif	101
Figure IV.14	Détail de fixation du faux plafond	101
Figure IV.15	faux plafond en aluminium	101
Figure IV.16	porte d'entrée principale coulissante à ouverture automatique	104
Figure IV.17	porte d'aluminium	104
Figure IV.18	atrium Centrale	104
Figure IV.19	fonctionnement de la façade double peau	107
Figure IV.20	Le détail de mur végétalise	107
Figure IV.21	le fonctionnement de chauffage solaire	107
Figure IV.22	Bouche de soufflage de centrale de climatisation	108
Figure IV.23	ampoule de type «cool beam»	108
Figure IV.24	ampoule «led»	109
Figure IV.25	Les Avantages des ampoules LED	109
Figure IV.26	détecteur d'incendie	110
Figure IV.27	sprinklers	110
Figure IV.28	Eclairage de sécurité	110
Figure IV.29	IP caméra de surveillance	111
Figure IV.30	détecteur de mouvement	111
Figure V.1	capture de l'énergie solaire	117
Figure V.2	stockage de l'énergie solaire	117
Figure V.3	conservation de l'énergie solaire	117
Figure V.4	distribution de l'énergie solaire	118
Figure V.5	la protection contre les rayons solaires	118
Figure V.6	l'isolation des parois	118
Figure V.7	la ventilation de jour	118
Figure V.8	refroidissement naturelle de l'Aire	119
Figure V.9	Correspondances entre PMV et PPD	120
Figure V.10	Système à Apport Direct Non Diffus	121
Figure V.11	Système à Apport Direct Diffus	122
Figure V.12	l'effet de serre	122

Figure V.13	fonctionnement de serre	123
Figure V.14	fonctionnement Mur Trombe	123
Figure V.15	fonctionnement Toitures Bassin	124
Figure V.16	Mur d'eau	124
Figure V.17	orientation des capteurs solaire	125
Figure V.18	Les occultations fixes	126
Figure V.19	Les occultations mobiles	126
Figure V.20	Protection Naturelle	127
Figure V.21	fonctionnement du tour à vent	128
Figure V.22	fonctionnement de la façade double peau	129
Figure V.23	détaille de la double toiture ventilée	129
Figure V.24	plan 1 ^{er} étage	130
Figure V.25	température de cas initial en été	131
Figure V.26	modèle simplifié de la salle d'exposition en cas initiale	131
Figure V.27	température de la salle d'exposition en cas amélioré par la façade en double peau en été	132
Figure V.28	modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré 1	132
Figure V.29	température de la salle d'exposition en cas amélioré par la double toiture ventilée	133
Figure V.30	modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré 2	133
Figure V.31	température de la salle d'exposition en cas amélioré finale	134
Figure V.32	modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré finale	134
Figure V.33	température de la salle d'exposition en cas initiale dans la période hivernale	135
Figure V.34	température de la salle d'exposition en cas initiale dans la période hivernale	136

Liste Des Tableaux

N.T	Titre De Tableau	N P
Tableau I.1	Les critères de choix des exemples	15
Tableau I.2	Les Surfaces Des Entités De MUSE musée	45
Tableau II.1	les exigences de l'accueil de musée	55
Tableau II.2	les exigences de l'accueil des Boutiques	55
Tableau II.3	les exigences de Cafétéria	56
Tableau II.4	les exigences de Salle exposition temporaire	56
Tableau II.5	les exigences de Salle exposition permanente	54
Tableau II.6	les exigences de Comptoir de prêt	54
Tableau II.7	les exigences de Salle de Lecture	58
Tableau II.8	les exigences d'Espace Périodique	58
Tableau II.9	les exigences de l'Auditorium	59
Tableau II.10	les exigences de Salle d'informatique et internet	59
Tableau II.11	les exigences de l'accueil de Salle Audiovisuel	60
Tableau II.12	les exigences des Ateliers	60
Tableau II.13	définition de CRAZY LABO	61
Tableau II.14	les exigences de Secrétariat	61
Tableau II.15	les exigences de Bureau de direction	62
Tableau II.16	les exigences de Bureau de service	62
Tableau II.17	les exigences de l'Archives	63
Tableau II.18	programme quantitatif	64
Tableau III.1	Extrait des caractéristiques de la zone D	66
Tableau III.2	Les températures de la ville de Laghouat	67
Tableau III.3	l'humidité de la ville de Laghouat	68
Tableau III.4	Evolution des précipitations pendant une décennie à la ville de Laghouat	68
Tableau IV.1	Les revêtements des sols de notre musée	103
Tableau V.1	Les Paramètres Influent Sur La Sensation Du Confort Thermique	113
Tableau V.2	Les facteurs Du Confort Thermique	116
Tableau V.3	Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques	119



PARTIE
INTRODUCTIVE

Introduction Générale

L'Algérie est confrontée actuellement à de sérieux problèmes de pollution. Ces pollutions sont engendrées par le rejet d'eaux industrielles non traitées, les émissions de gaz nocifs, la production de déchets dangereux, la déforestation, la désertification, et la dégradation de l'écosystème,

Le secteur du bâtiment et de la construction est l'un des secteurs qui affecte le plus sur l'environnement (le bâtiment représente environ 40 % des émissions de CO2 des pays développés, 37 % de la consommation d'énergie et 40 % des déchets produits.) et qui pose de sérieux problèmes environnementaux Conséquente de notre mode de vie d'une part et d'autre part sur le visage de notre équipement qui a un effet directe sur le confort des usagers.

Causant progressivement à l'émergence d'une architecture dite L'architecture bioclimatique redécouverte des principes de construction qui permettaient aux bâtisseurs d'autrefois de composer avec le climat. Elle recherche un équilibre entre la conception et la construction de l'habitat, son milieu (climat, environnement,...) et les modes et rythmes de vie des habitants.

Au vu de cette situation alarmante l'Algérie a adopté une stratégie de développement durable reposant sur différents axes. Il s'agit de politiques mises en place d'une façon progressive, à travers des instruments de planifications et d'actions qui concernent notamment la gestion de ses actifs naturels et la lutte contre la pollution, des choix économiques et sociaux, et l'implication des différents acteurs de la société au processus de développement soutenable.

La culture algérienne est riche, variée et très ancienne, chaque région, chaque ville ou oasis constitue un espace culturel particulier. La Kabylie, les Aurès, l'Algérois, Haut-plateaux, la vallée du Mزاب, le Gourara, le Hoggar, la Saoura sont chacune des régions avec des particularités culturelles et parfois linguistiques et le Musée c'est le miroir qui reflète la culture dans une société .il constitue donc un bon moyen qui favorise la diffusion et vulgarisation de la science, la technologie, l'art et l'innovation.

on a remarqué qu'il y'a un manque de musées dans la ville de Laghouat donc on a voulu proposer la réalisation d'un musée des sciences et technologie durable pour préserver et promouvoir la culture et l'encouragement de développement technologique et scientifique et contribuer au progrès social et économique de la région sud de notre pays d'une part , et d'autre part pour obtenir le meilleur confort aux usagers et de consommer le moins d'énergie possible.

Problématique

Les sciences et les technologies sont vastes et variés et Jouent un rôle important dans le développement et la prospérité des sociétés et servent l'être humain et réalisent son bien-être.

- ❖ Comment concevoir un musée durable de sciences et technologie qui pourra sensibiliser les visiteurs sur l'importance de la science et la technologie dans notre vie , et pour l'initiation de la créativité et l'encouragement de l'innovation et prendre en considération la typologie architecturale et les conditions climatiques de la ville de Laghouat et assurer le confort intérieur ?
-

Les objectifs du projet

- Le musée des sciences et technologie est un espace interactif destiné aux visiteurs qui sont divisés en deux catégories :

- Par niveau d'éducation : écolier – lycien – universitaire (étudiants) – chercheur ...etc.

- Par les tranches d'âges : enfants – jeunes – adultesetc.

- Concevoir un projet durable qui économise la consommation énergétique et assure les conditions de confort optimal aux usagers à travers les techniques d'architectures bioclimatiques.
- Création des espaces qui se conjugue (reflet) l'importance de développement durable dans notre vie pour initier les générations futures.
- Notre musée permettra le développement du tourisme et les activités culturelles et de loisirs dans la ville de Laghouat.
- Notre musée est fréquenté par les familles c'est pour cela que ce projet donne aux enfants et à leurs parents le plaisir de comprendre et découvrir les médias, les sciences et la technologie.
- Faire de notre musée de science et technologie un pôle attractif qui attire les populations de la ville de Laghouat.
- Créer un espace de publicité pour les Inventions des étudiants.
- Suivre le développement technologique et ses utilisations dans divers domaines de la vie.
- promouvoir aux enfants et aux jeunes l'intérêt de la science et de la technologie.
- initier les enfants sur l'importance des soins de santé.
- Sensibiliser les générations futures sur l'importance de la science et la technologie dans notre vie.
- Initier les jeunes sur le développement de leur créativité et encourager l'innovation.
- Stimuler la science-fiction chez les enfants.
- Mettre à la disposition des étudiants un lieu de découverte et de recherche scientifique.
- Encourager l'utilisation des technologies de l'information comme un outil couramment utilisé.

L'hypothèse

- La réalisation d'un musée durable par l'usage des techniques de l'architecture bioclimatique aura un impact positif sur l'environnement et l'amélioration du confort des visiteurs.
-

Méthodologie de recherche

Le travail est élaboré selon deux axes, le premier théorique qui est appuyée sur la bonne compréhension des différents concepts lie à l'architecture durable plus un traitement total sur les aspects théorique d'un Musée dans le cadre du développement durable.

La deuxième partie consacrée à la conception architecturale et au travail de simulation.

Organisation du mémoire

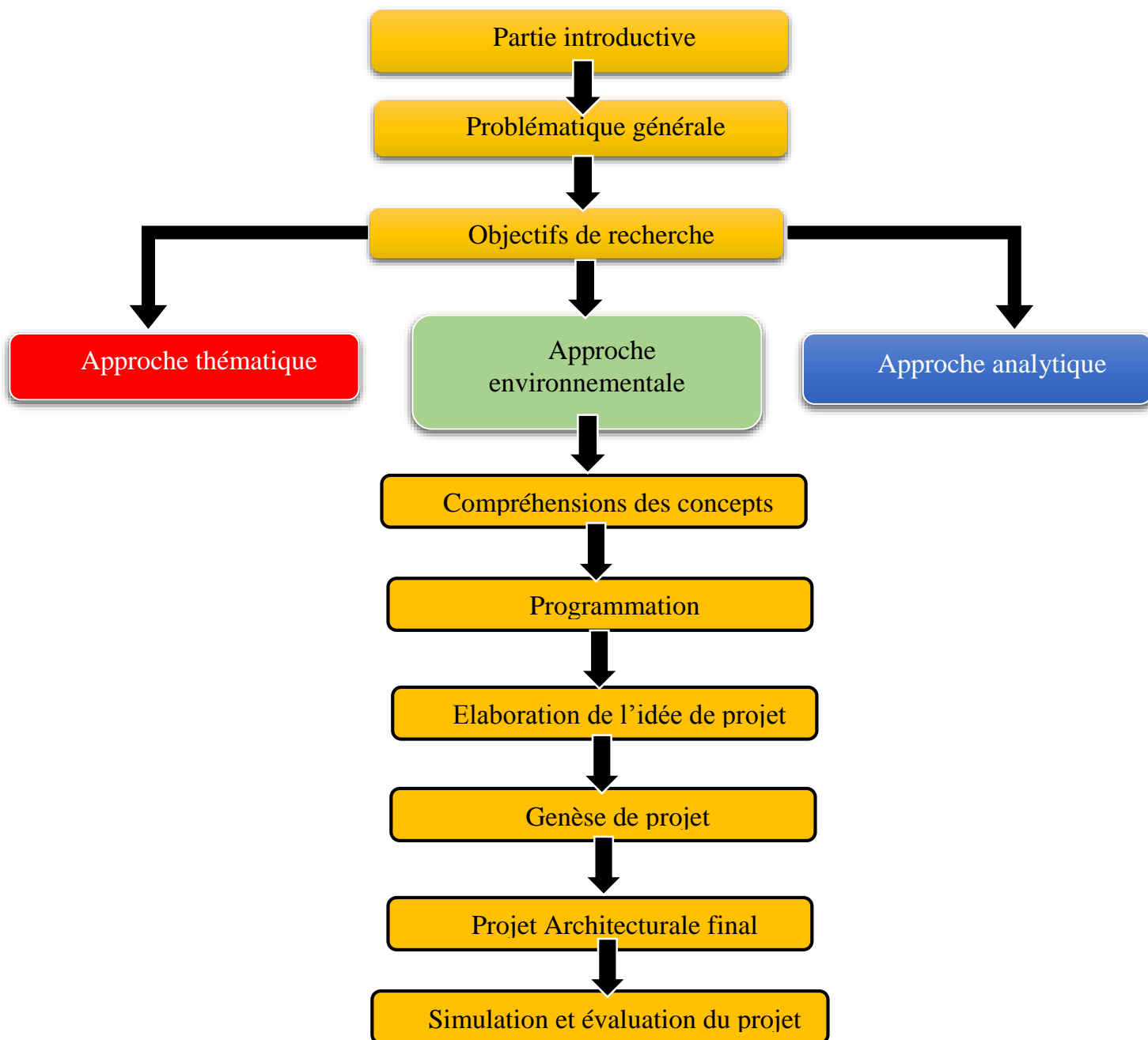


Figure 1 : Structure de travail



***CHAPITRE I
RECHERCHE
THEMATIQUE***

I-2 Le Thème (La Culture)

Laghouat comme toutes les villes algériennes souffre d'un déficit en matière d'équipements culturels. Et par rapport à la place qu'elle occupe Laghouat entre les villes par sa richesse en patrimoine culturel matériel et immatériel, témoignage d'une histoire architecturale et artistique marqué par l'empreinte de différentes civilisations qui ont donné à la ville de Laghouat l'identité d'une ville d'art et d'histoire.

Et aussi par ses poètes, sa littérature, son théâtre, la calligraphie arabe et arabesques décoratives, et l'image qu'elle a donné annuellement des festivités qui ont un cachet touristique indéniable, Ces festivités ont un caractère traditionnel : courses hippiques, fantasias ...etc. il est impératif de créer une structure de valorisation de culture pour la sauvegarder et l'évoluer.

I-2-1 Motivation Du Choix Du Thème

- D'après notre analyse sur la ville de Laghouat on a remarqué d'une part que la ville est riche culturellement d'autre part il y a un manque d'équipements culturelles.
- Donc pour assurer la valorisation de cet héritage culturel on s'est orienté vers le thème culture.

I-2-2 Définition de la culture

A- selon l'UNESCO

«La culture, dans son sens le plus large, est considérée comme l'ensemble des traits distinctifs, spirituels et matériels, intellectuels et affectifs, qui caractérisent une société ou un groupe social. Elle englobe, outre les arts et les lettres, les modes de vie, les droits fondamentaux de l'être humain, les systèmes de valeurs, les traditions et les croyances.»¹⁷

B- selon LAROUSSE

La culture est l'ensemble des connaissances acquises.

C'est l'ensemble des structures sociales, religieuses, de manifestations intellectuelles et artistiques qui caractérisent une société donnée. ¹⁸

I-2-4 Définition de la science

1- Ensemble de connaissance ou des objectifs sur la nature, sur la société, sur l'homme sa pensée et ses réalisations.

2-ensemble bien organisé de connaissances relatives à certaines catégories de faits ou de phénomènes.

3- l'ensemble des connaissances humaines qui obéissent à des lois, découlent de la recherche et sont vérifiables par l'expérience.

4- Ensemble des travaux des sciences ; connaissance exacte, universelle et vérifiable exprimée par des lois.

5- Ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet (domaine) et une méthode déterminés, et fondées sur des relations objectives vérifiables.¹⁹

¹⁷ <https://www.bak.admin.ch/bak/fr/home/themes/definition-de-la-culture-par-l-unesco.html>

¹⁸ Dictionnaire la rousse : <http://www.larousse.fr>

¹⁹ Dictionnaire la rousse : <http://www.larousse.fr>

I-2-5 Définition de la technologie

« La technologie est l'application de la connaissance aux buts de la vie humaine, ou de changer et manipuler l'environnement de l'homme. » Le mot technologie est employé pour dénoter les sens suivants :

- L'utilisation des outils et matériels issus de l'application de la technologie.
- L'application du savoir pour créer les outils et pour faciliter la vie
- Les techniques, les méthodes, les procédures et les compétences utilisées pour augmenter la productivité, rendre les systèmes d'organisation plus efficaces et la vie plus aisée.
- La manipulation des sources de l'énergie pour rendre la vie plus aisée.²⁰

I-2-6 la culture à travers le monde

Chaque pays conçoit sa culture en conformité avec les caractères nationaux qui lui sont propres. Mais il apparaît que la définition de la culture est directement liée à l'idéologie ou à la croyance dominante de la nation concernée. De ce fait, la culture se construit selon :

- les caractéristiques.
- les besoins.
- les aspirations de la société.
- le converge.
- la cohésion nationale.
- l'affirmation de la nation.²¹

I-2-7 la culture algérienne

L'Algérie a connu un nombre assez important des civilisations qui se sont succédé sur cette terre depuis la préhistoire jusqu'au début de XIXe siècle.

En commençant par les berbères passant par les numidiens, les romains et les vandales et arrivant à la civilisation arabo-islamique et après la colonisation française.

Ce qui a légué à l'Algérie un héritage culturel digne de considération et par lequel elle a pu construire une culture riche et propre à elle.

Après l'indépendance, l'Algérie a lancé des politiques au but de rechercher et de revaloriser l'identité culturelle de l'Algérie surtout celle de l'arabo-islamique et la transmission d'une image claire et précise sur la culture algérienne au reste du monde, par l'organisation des congrès, séminaires et festivals tant sur le territoire national que dans les autres pays : L'année de l'Algérie en France, Alger capitale de la culture arabe, Tlemcen capitale de la culture islamique ...etc.

²⁰ <http://lewebpedagogique.com/aoudedutic/files/2010/10/Définition-de-la-technologie.pdf>

²¹ Mémoire de fin d'études : ZIDI Abdullah et NEDJAR Abdelhak, centre culturel, 2011-2012

I-2-8 les équipements culturelles

I-2-8-1 Définition

Selon Claude Mouillard :

« un équipement culturel est une institution, également à but non lucratif, qui met en relation les œuvres de création et le public, afin de favoriser la conservation de patrimoine, la création et la formation artistiques et plus généralement, la diffusion des œuvres de l'art et de l'esprit, dans un bâtiment ou un ensemble de bâtiments spécialement adaptés à ces missions »²²

I-2-8-2 Les utilisateurs Des Équipements Culturels

- ❖ Créateurs : artistes, écrivain poètes.
- ❖ Médiateurs : journalistes intellectuels, critiques.
- ❖ Public : public professionnel, public amateur, usagers.
- ❖ Décideurs : pouvoirs publics, entreprises culturels, producteurs.

I-2-8-3 Les Rôles Des Équipements Culturels : Les équipements culturels ont pour mission de contribuer au développement d'une culture vivante et populaire et les buts visés par la construction de ces équipements sont multiples et qu'on peut résumer comme suit :

- ❖ Offrir à tout le monde la possibilité de se cultiver et pratiquer l'activité désirée.
- ❖ Encourager l'échange d'idée, d'expérience, augmenter le contact entre individus.
- ❖ L'évolution du niveau d'instruction et de connaissance.
- ❖ L'affirmation d'identité culturelle algérienne et favoriser le développement sous toutes ses formes.

I-2-8-4 Classification des équipements culturels

Les équipements culturels diffèrent selon la nature du projet et son utilité, ils sont classés chaque commune selon son programme et ses besoins, aussi sur le plan national et international, Nous avons restreint ces types ou classements en ce qui suit :

A- par catégories : nous distinguant 4 catégories des équipements culturels

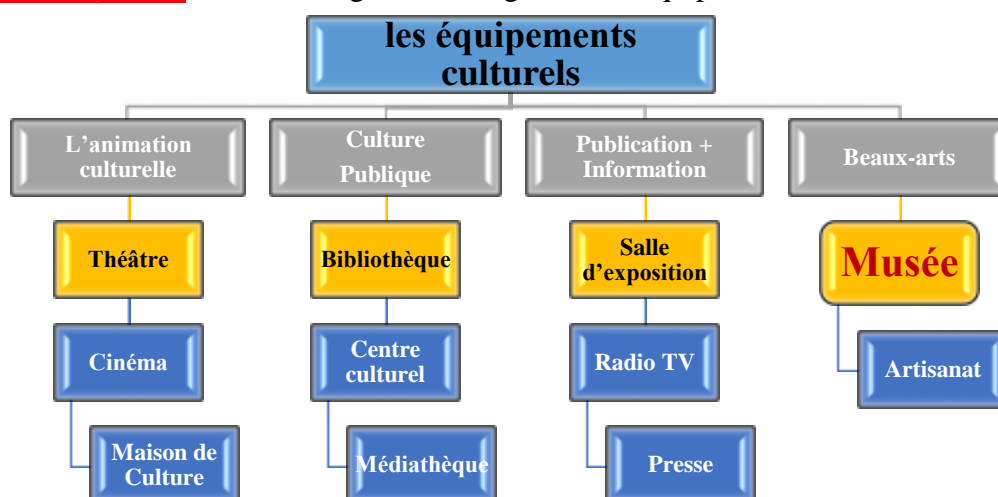


Figure I.5 : classification des équipements culturels par les catégories, élaborées parmi des définitions,

Source : Auteur

²² <https://www.societe.com/societe/sarl-claude-mouillard-379742679.html>

B- Autre classification :

- **La taille :** on retient les critères du budget, de la fréquentation et des surfaces.
- **La notoriété :** on distingue les équipements culturels en fonction de leurs notoriétés, en s'appuyant sur les critères suivants :
 - la qualité des artistes reçus (des artistes de dimension internationale).
 - les retombées médiatiques.
 - la part de public international
- **La fonction :** on reprend ici les fonctions de conservation, de diffusion, de création de formation, et on opère ce classement en mettant l'accent sur le rôle prioritaire des différents types d'équipements.²³

I-2-9 les musées :

I-2-9-1 Motivation du choix de projet

Le Musée est un véhicule de la culture dans une société .il constitue donc un bon moyen qui favorise la diffusion et vulgarisation de la science, la technologie, l'art et l'innovation.

- ❖ On a remarqué qu'il ya un manque de musée dans la ville de Laghouat,

Sachant que La ville de Laghouat a un pôle universitaire connu digne d'une ville universitaire dotée d'une faculté des sciences et d'une faculté de technologie regroupant plus de 15 départements dans divers sciences et une faculté en médecine tandis que la wilaya souffre du manque d'espaces d'expositions et de publicité.

Donc pour compléter ce développement et ouvrir des nouveaux horizons pour les étudiants et tous les tranches d'âges et pour diffuser la science et la technologie dans notre ville,

- ❖ **On a voulu proposer la réalisation d'un musée de science et technologie pour générer une certaine attention et l'intérêt du grand public.**

I-2-9-2 Définition de musée selon ICOM

Un musée est une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation. ²⁴



I-2-9-3 Définition de musée selon LAROUSSE

Lieu, édifice où sont réunies, en vue de leur conservation et de leur présentation au public, des collections d'œuvres d'art, de biens culturels, scientifiques ou techniques. En apposition, avec ou sans trait d'union à un nom de lieu, indique que ce lieu est remarquable par l'abondance de monuments, de vestiges anciens ²⁵

²³ page Facebook Université de batna -architecture

²⁴ ICOM (Conseil international des musées)

²⁵ Dictionnaire la rousse : <http://www.larousse>.

I-2-9-4 Définition de musée selon le Petit Robert

Un musée est un lieu dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique et artistique en vue de leur conservation et de leur présentation au public ²⁶

I-2-9-5 Définition de Musée des Sciences et technologie

- C'est un centre d'exposition à caractère scientifique et technologique.
- C'est un lieu de savoir ; d'éducation et de formation.
- C'est un lieu d'information et de communication.
- C'est un lieu de rencontre, d'écoute et d'échange des savoirs.
- C'est un lieu de diffusion et d'animation.
- C'est un lieu qui regroupe les spécialistes, les universitaires, les ingénieurs, les amateurs et le grand public, pour les rapprocher et pour créer un échange de connaissances et du savoir.

I-2-9-6 Historiques Des Musées

Les 1^{ers} musées, ont été des établissements religieux, à l'époque les hommes de pouvoirs et de culte, réunissaient des trésors déposés dans les temples en -guise de reconnaissance et de témoignage envers les dieux.

Lorsque ces derniers furent morts, les temples deviennent des musées.

- Au 14^{ème} siècle, cette passion de la collection des œuvres d'arts fut à la renaissance, par la découverte de l'art antique dans le sol de l'Italie, ce n'est qu'à partir de 1902 que les musées européens renoncèrent à cette image de chefs-d'œuvre, car voilà 100 ans que les musées sont ouverts au grand public.²⁷

I-2-9-7 Le Rôle des musées

Les musées actuels cherchent à remplir deux rôles contradictoires : un rôle didactique et un rôle de préservation, La fonction didactique est d'exposer les pièces les plus représentatives des différents courants artistiques, de montrer les relations entre ces courants, et d'éclairer le visiteur avec une ample documentation. Le rôle de préservation, qui donne au musée une dimension sacramentelle, met au contraire en avant la nécessité de préserver les œuvres pour les générations futures, et de les présenter telles qu'en elles-mêmes, pour inciter le visiteur à ne pas les appréhender comme le produit d'une époque, mais à les considérer du point de vue de la pure esthétique.

Le premier rôle implique de faire des expositions larges, abondamment documentées, et de toujours montrer les pièces les plus importantes et les plus célèbres. La nécessité de préservation incite au contraire à garder le plus possible en réserve les pièces les plus importantes pour les réserver au travail du spécialiste, et à exposer les pièces les moins connues pour permettre au visiteur de s'abstraire de ses idées préconçues sur le type d'œuvre considérées.

Le musée se voit attribuer plusieurs fonctions essentielles : collecter, conserver et exposer. Etudier et enrichir leurs collections.²⁸

²⁶ Dictionnaire le Petit Robert : <http://www.le-dictionnaire.com>

²⁷ www.museebal.fr/sites/default/files/img/PDF02/Role-et-fonctions-des-musees.pdf

²⁸ www.museebal.fr/sites/default/files/img/PDF02/Role-et-fonctions-des-musees.pdf

I-2-9-8 Les types des musées

- **Artistique** : ensemble d'œuvres d'art, tableaux, sculptures... choisies pour leurs intérêts stylistique, artistique, ou encore montrant les différentes phases de la carrière d'un artiste (musée Picasso par exemple).
- **Historique** : Eléments réunis autour d'un thème historique représentatif d'une époque (le XIXe par exemple avec musée d'Orsay) ou de la vie d'un homme célèbre (musée Victor Hugo) ou d'un événement (musée de la première guerre mondiale)...
- **Culturel** : Objets dont la réunion permet de mettre en avant les particularités d'un pays, d'une région, d'une époque (musée du costume, des arts et métiers, musée d'Afrique et d'Océanie, musée du monde arabe...)
- **Universelle ou Général** : musée regroupant plusieurs départements, qui ont chacun un thème différents (musée du Louvre, musée de l'Evêché ...)
- **Les musées spécialisés**

Synthèse

Laghouat est une ville riche dans le domaine culturel, artistique et scientifique tandis qu'elle souffre du manque d'infrastructures convenables à la conservation et la valorisation de ces potentialités.

Donc on a voulu proposé la réalisation d'un musée (Culturel) des sciences et technologies durable à la ville de Laghouat pour générer une certaine attention et l'intérêt du grand public.

I-3 Analyse Des Exemples

I-3-1 Les critères de choix des exemples

Pour mieux comprendre les diverses fonctions d'un musée de science et technologie et assimiler le programmes du notre projet et la logique d'un projet durable on a essayé de faire l'analyse des exemples, pour montrer les particularités architecturale de notre projet à travers quelques critères :

L'exemple	Le développement durable	Le climat
musée d'Académie des sciences de Californie	- On peut inspirer les techniques bioclimatiques et écologiques utilisé.	climat tempéré
Musée d'histoire naturelle de Shanghai	- On peut inspirer les aspects formels de projet et les idées passives -les systèmes structuraux - Des aspects architecturaux harmonieux	subtropical humide
Muse musée de science	- Des aspects architecturaux harmonieux - On peut inspirer les techniques bioclimatiques et les solutions passives.	

TABLEAU I.1 : Les critères de choix des exemples **Source :** Auteur

Le choix a été porté sur 03 exemples, les plus représentatifs.

I-3-2 musée d'Académie des sciences de Californie

I-3-2-1 Fiche technique du projet :

- **Nom du projet :** musée d'Académie des sciences de Californie.
- **Architecte :** Renzo Piano
- **Lieu :** San Francisco, CA 94118, états-unis
- **surface :** 9 870 m²
- **Climat :** Le climat méditerranéen est un type de climat tempéré (ou « tempéré chaud » ou « subtropical de façade ouest », selon les considérations), qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.
- **Date d'achèvement :** 2008
- **cordonnées :** 37° 46' 11" N, 122° 28' 0" O



Figure I.6 : l'Académie des sciences de Californie **Source :** <https://www.gralon.net>

I-3-2-2 La définition de projet

Une des dernières créations de l'architecte Renzo Piano, L'Académie des sciences de Californie, est l'un des plus grands écomusées du monde, Sa situation est parfaite pour un écomusée "vert" au milieu du Parc du Golden Gâte.

I-3-2-3 la Situation :

- Situé dans l'un des poumons verts de San Francisco, le Golden Gate Park, Californie, États-Unis.

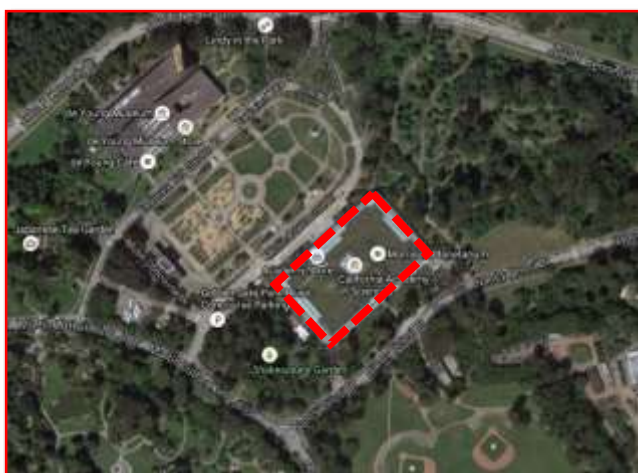


Figure I.7: Vue aérienne sur l'Académie des sciences de Californie **Source :** Google Earth

I-3-2-4 Accessibilité

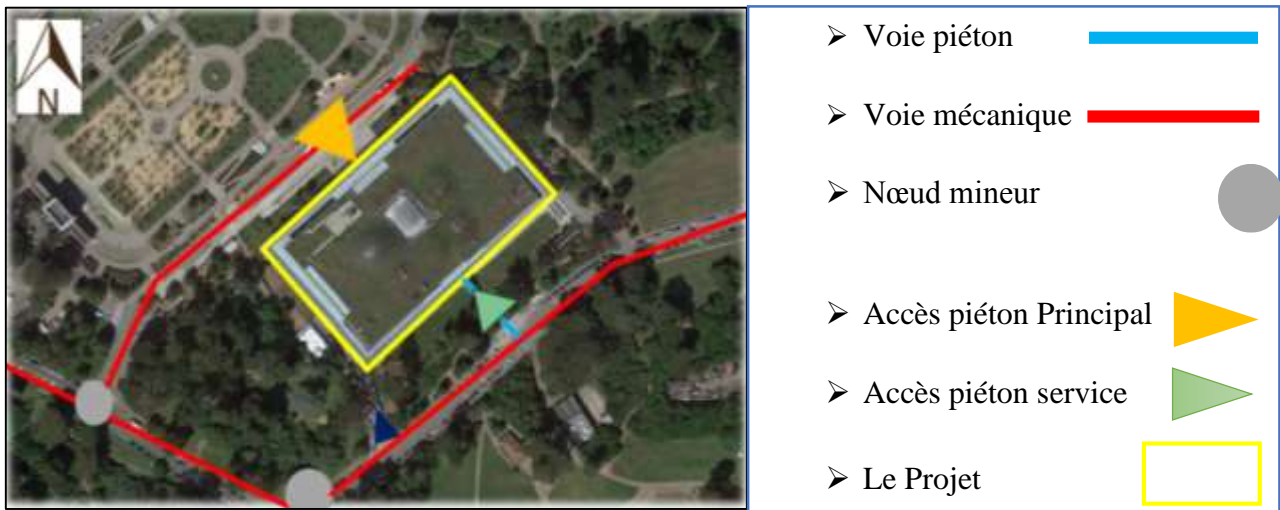


Figure I.8 : plan de masse de l'Académie des sciences de Californie **Source :** Google Earth

I-3-2-5 La Volumétrie

L'ensemble du complexe est composé d'un monobloc sous forme d'un carré comme un morceau du parc qui a été coupée et a levé 10 m au-dessus du sol. Le toit est plat à son périmètre, comme un paysage naturel, devient de plus en plus vallonné comme il se déplace loin du bord pour former une série de dômes de différentes tailles hausse à partir du plan du toit. Les deux dômes principaux couvrent les planétariums et de pluie expositions forestières. Les dômes sont tachetés avec un motif de puits de lumière automatisés pour ouvrir et fermer la ventilation.



Figure I.9 : vue aérienne sur l'Académie des sciences de Californie **Source :** <http://www.architectfuture.com>

I-3-2-6 Les façades

A- La façade principale



Figure I.10: la façade principale d'Académie des sciences de Californie **Source :** <http://www.architectfuture.com>

- L'entrée principale apparente et remarquable avec quelques marches.
- toiture vitrée avec des Panneaux photovoltaïque intégré, Et joue le rôle d'un brise de soleil. L'utilisation des couleurs claire on se pose que pour des raisons climatiques.

B- La façade postérieure



Figure I.11 : la façade postérieure d'Académie des sciences de Californie **Source :** <http://www.architectfuture.com>

- les façades en verre, ce qui permet un éclairage naturel.
- La verrière a été traitée pour contenir une très faible teneur en fer.
- Cette caractéristique améliore la clarté et élimine la teinte verte habituellement constatée.
- L'entrée secondaire avec une passerelle.

C- Les façades latérales



Figure I.12 : Académie des sciences de Californie **Source :** <http://www.architectfuture.com>

- Les façades latérales en verre pour l'éclairage naturel
- Avec des entrées secondaires remarquable et apparente
- Avec l'apparence des dômes pour des raisons climatique

I-3-2-7 Étude intérieur

Le musée se compose de zones très uniques comme un aquarium, un planétarium et un livre vert à l'intérieur, outre les salles d'exposition différents, contrairement galeries traditionnelles ont été conçus pour beaucoup de lumière naturelle.

A- sous-sol : se trouve le grand aquarium : haut de plus de 7 mètres

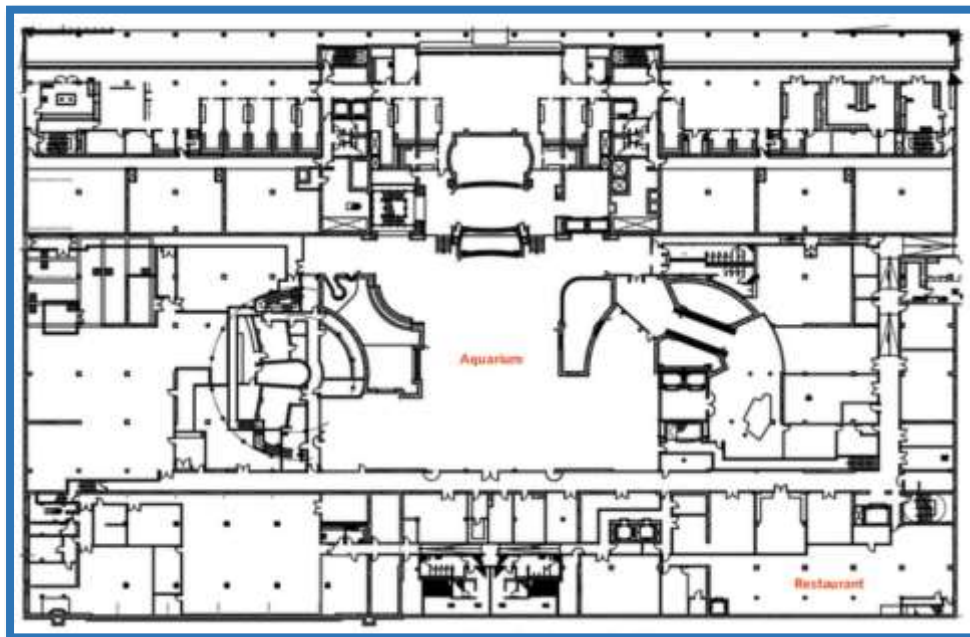


Figure I.13 : Plan Sous-Sol D'Académie des sciences de Californie **Source :** <https://www.archdaily.com>

Chapitre I : Recherche thématique

Agarium : Parmi les caractéristiques les plus importantes de l'immeuble comprennent un grand réservoir d'eau, qui abritera les requins du musée et autres créatures des profondeurs. Un ascenseur permettra à la promenade publique à travers et au-dessous de ces grands réservoirs.

B- Rez-de-chaussée :

Les pièces du rez-de-chaussée proposent aux visiteurs un diorama sur les milieux naturels africains et une serre présentant la forêt équatoriale. Des lieux d'exposition sur les séismes et sur la protection de l'environnement, un café et une boutique occupent le reste de ce niveau.

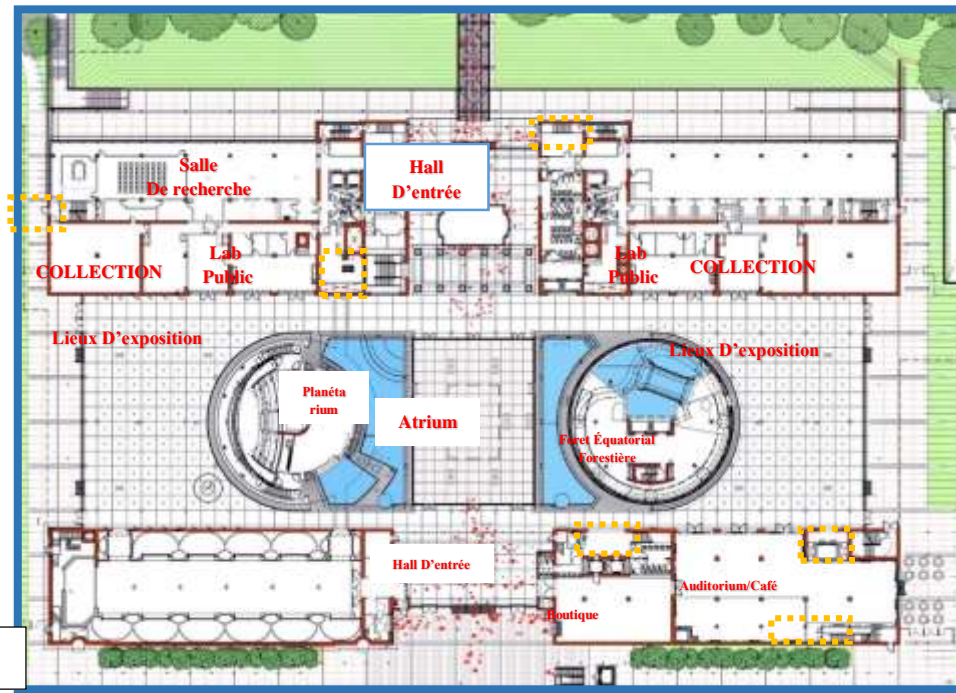


Figure I.14 : Plan RDC D'Académie des sciences de Californie **Source :**

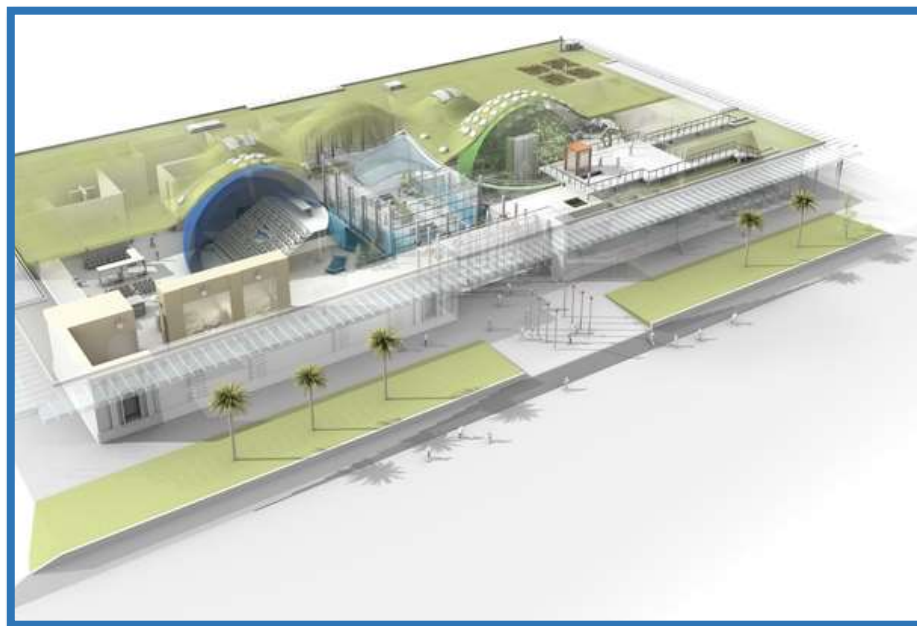


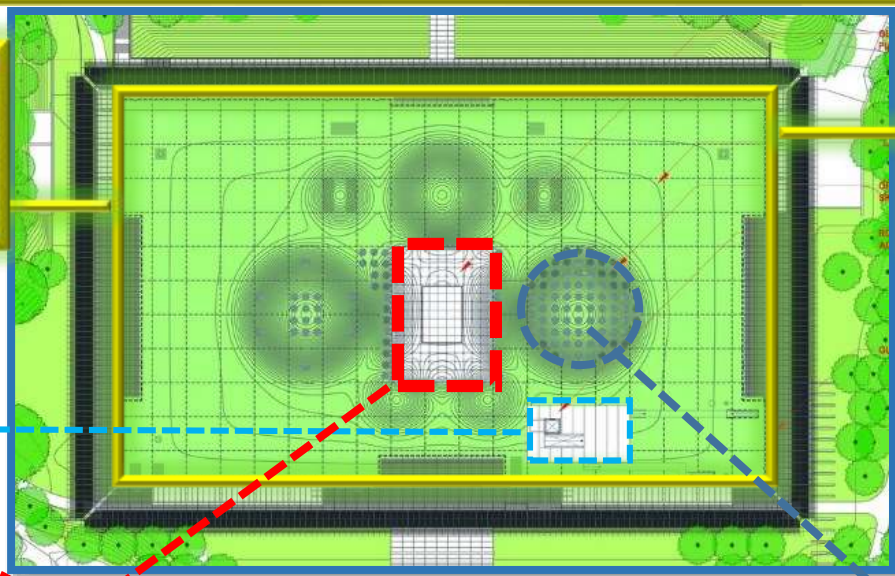
Figure I.15 : Vue En 3D sur l'Académie des sciences de Californie **Source :** <https://www.archdaily.com>

C- Le toit

Le toit est plat à son périmètre et comme un paysage naturel, devient de plus en plus ondulant comme il s'éloigne du bord pour former une série de dômes de diverses tailles montant du plan de toit.

Les deux dômes principaux couvrent les expositions du planétarium et de la forêt tropicale. Les dômes sont parsemés d'un modèle de puits de lumière automatisé pour ouvrir et fermer pour la ventilation. La toiture est accessible pour les visiteurs.

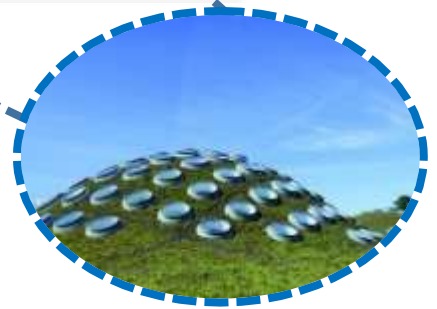
- Le toit en acier / verre, qui mesure environ 4 800 m², est équipé d'un système photovoltaïque intégré.
- Les six pouces de substrat de sol sur le toit agir comme isolation naturelle, et chaque année permettra de garder environ 3,6 millions de gallons d'eau de pluie de devenir des eaux pluviales



L'accès des visiteurs vers Terrasse sur le toit



Dôme pour ventilation avec des puits puits de lumière



Atrium

Figure I.16 : Toiture D'Académie des sciences de Californie **Source :** élaborée par l'auteur

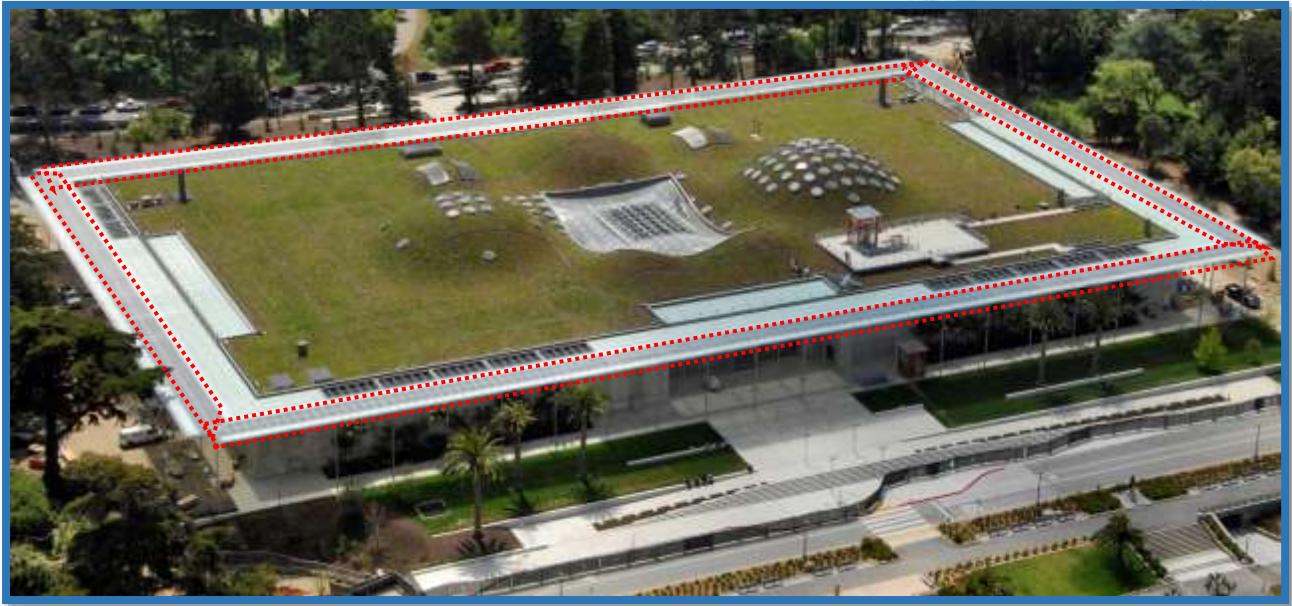


Figure I.17 : Toiture D'Académie des sciences de Californie **Source** <https://www.archdaily.com>

Les cellules photovoltaïques sont contenues entre les deux panneaux de verre qui forment la verrière transparente autour du périmètre du toit vert, Ils fournissent plus de 5% de l'électricité nécessaire au musée. Il a également 60.000 cellules photovoltaïques pour produire de l'énergie et des panneaux solaires pour produire l'eau chaude. Les propriétés d'isolation thermique réduire l'utilisation de la climatisation.

I-3-2-8 Les techniques

- Les pentes escarpées du toit agissent également comme un système de ventilation naturelle, canalisation de l'air frais dans la place en plein air sur les jours ensoleillés. Les puits de lumière fonctionnent comme des sources lumineuses ambiantes et un système de refroidissement.
- La hausse de la toiture provoque un stockage de chaleur dans les zones plus élevées, la chaleur qui peut alors être expulsé par les ouvertures (ouvrant automatiquement) appropriées dans les mois d'été.

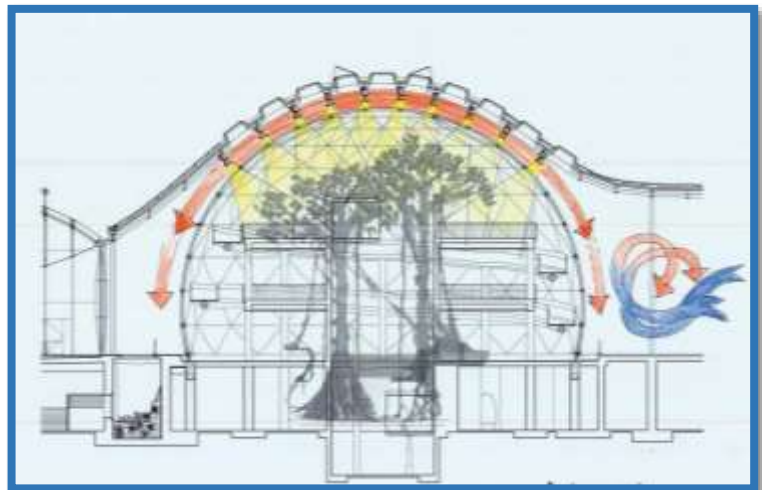


Figure I.18 : coupe schématisée sur le dôme D'Académie des sciences de Californie **Source** : <https://www.archdaily.com>

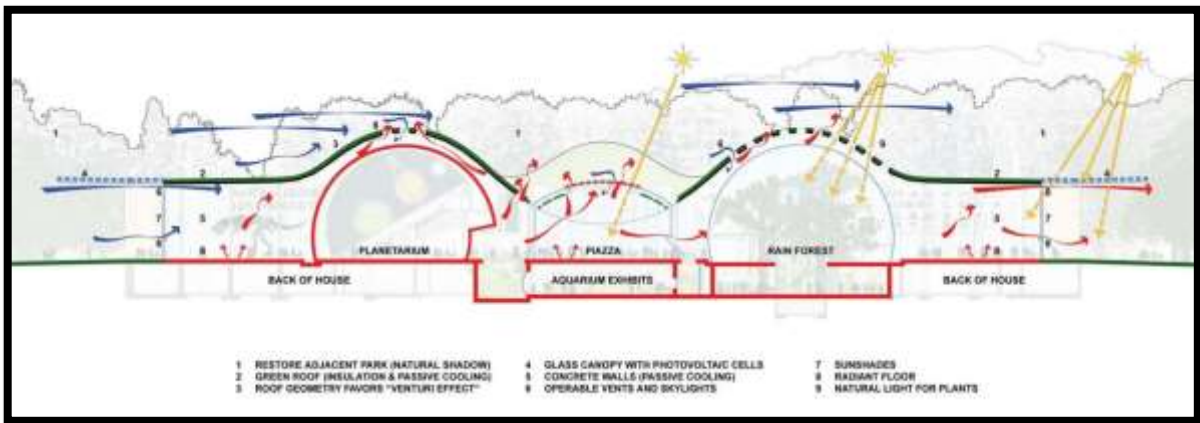


Figure I.19 : coupe schématisée sur l'Académie des sciences de Californie Source : <https://www.archdaily.com>

Les puits de lumière fournissant la lumière naturelle à la forêt tropicale et à l'aquarium, sont conçus pour ouvrir et fermer automatiquement. Comme l'air chaud monte toute la journée, les puits de lumière s'ouvrent pour permettre l'échappement d'air chaud du haut de l'Académie tandis que les persiennes au-dessous aspirent l'air frais aux étages inférieurs sans avoir besoin d'énormes ventilateurs ou de liquides de refroidissement chimiques.



Figure I.20 : Atrium D'Académie des sciences de Californie Source : <https://www.archdaily.com>

Le toit vert qui a pour fonction d'isoler thermiquement l'intérieur, et la mésange permis verts récupération des eaux pluviales et de sauver environ 13 millions de litres par année. Parlant de l'eau, celle requise pour l'aquarium, minimisant ainsi l'utilisation de l'eau potable.

- pour la construction du musée, ont été employées 120 tonnes de matériel résultant de la démolition de l'ancienne Académie, que le 100% des 'acier est utilisé Recyclé
- En ce qui concerne l'isolation thermique, il est prévu que le 85% de déchets industriels, y compris Blue jeans recyclés et le coton.
- Tous les choix ont été faits dans un durable, comme l'a dit la même Renzo Piano lors de la cérémonie d'ouverture, à donner à les générations futures un outil avec lequel pour donner Terre toute l'aide dont il a besoin.

A- Définition de l'atrium (dans cet exemple)

Un atrium est créé "en ouvrant le cœur d'un large bâtiment". Sous ce regard, c'est un puits de lumière qui est recherché, C'est un espace convivial, nœud de communication au sein du bâtiment.²⁴

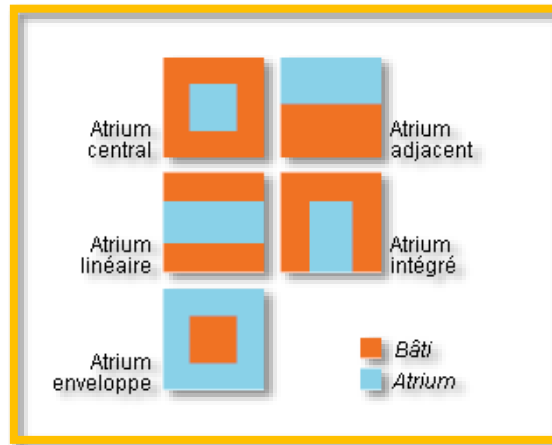


Figure I.21 : Les types de l'atrium **Source :** [https://www.energieplus-](https://www.energieplus-lesite.be)

- 1- **Un Outil De Climatisation Passive :** Thermiquement, un espace tampon est créé : un espace dont la température est à l'équilibre entre la température extérieure et celle du bâtiment
- 2- **Choix de la ventilation :** la présence de l'atrium modifie l'organisation de la ventilation du bâtiment. Les mouvements d'air dépendront de la saison et de l'effet recherché.

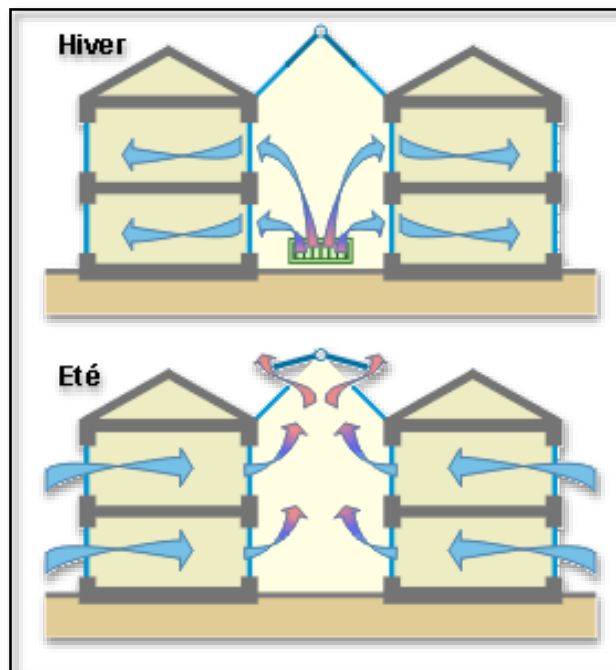


Figure I.22: atrium Centrale **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

²⁴ Site internet : [https://www.energieplus-](https://www.energieplus-lesite.be)

- **En hiver :** l'air de l'atrium est sensiblement plus chaud que l'air extérieur. Si la prise d'air est réalisée dans l'atrium, un préchauffage de l'air neuf hygiénique des locaux est réalisé. En quelque sorte, c'est la chaleur du bâtiment lui-même qui est recyclée.
- **En été :** on peut tirer profit de l'effet de cheminée afin de créer un mouvement d'air traversant, de l'extérieur vers l'atrium. Lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les structures comprises dans l'atrium. Une ventilation efficace pourra s'établir à condition de disposer d'ouvrants au niveau du sol et de la toiture (afin de tirer profit de l'effet de cheminée).

3- Choix du chauffage

En principe, un atrium ne doit pas être chauffé, sa température doit être "flottante".

Même si la température intérieure d'un atrium est souvent inférieure à 20°C en hiver, elle est toutefois largement suffisante pour certaines activités (circulations, loisirs). D'autre part, dès qu'un peu de soleil pénètre dans l'atrium l'occupant a très rapidement une sensation de confort quand bien même la température de l'air y est inférieure à 20°C. On isolera donc les parois communes au bâtiment principal.

Privilégier le chauffage par rayonnement

Tout chauffage à air chaud va générer une stratification des températures dans le hall : l'air chaud montera, augmentant encore les pertes thermiques, tandis que les occupants auront froid au niveau du sol.

Sans hésitation, un mode de chauffage par rayonnement doit être choisi. Par exemple sous forme d'un chauffage par rayonnement dans le sol.

Chauffer près de la source

Une autre manière de gérer le chauffage du lieu consiste à combattre le froid à sa source. Les grandes surfaces vitrées vont créer des coulées d'air froid désagréables pour l'occupant. Un rideau de chaleur peut combattre localement cet effet : placement de convecteurs statiques au pied de la vitre, jet d'air chaud dynamique, ...

4- Choix de l'éclairage

- Le niveau de lumière naturelle dans l'espace vitré peut être maximalisé par l'utilisation de revêtements réfléchissants ou de vitrages clairs. De cette façon, la lumière naturelle est fournie aux pièces adjacentes et il n'est pas nécessaire d'éclairer artificiellement l'atrium durant la journée.
- L'inclinaison des murs de l'atrium (par exemple de 10°) permet un accroissement important de lumière, car la composante directe augmente.
- Cependant, le coût, la possibilité d'éblouissement et les pertes énergétiques à travers la toiture s'accroissent également..

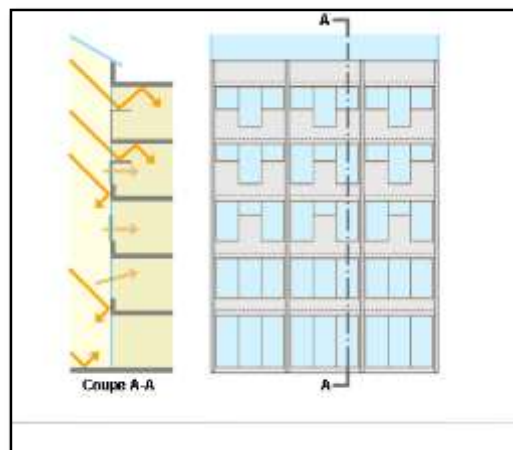


Figure I.23 : choix de l'éclairage dans l'atrium Centrale **Source :**
<https://www.energieplus-lesite.be>

Chapitre I : Recherche thématique

- La pénétration en profondeur de la lumière naturelle est privilégiée par des surfaces de parois claires et réfléchissantes.
- Dans cette logique, on peut imaginer des vitrages réfléchissants pour les étages supérieurs.

Pour favoriser la pénétration de lumière dans les étages inférieurs, on peut adopter un pourcentage de vitrage différent suivant les étages. Le gain est double :

- la réduction des espaces vitrés des étages supérieurs limite l'éblouissement,
- les murs clairs de ces étages réfléchissent la lumière vers les étages inférieurs

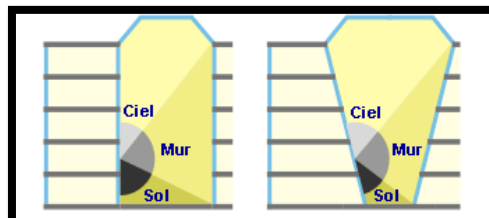


Figure I.24 : modification de la distribution lumineuse en fonction de l'inclinaison des parois d'un atrium

Source : <https://www.energieplus-lesite.be>

5- Limiter les apports solaires

- Des dispositifs d'ombrage amovibles sont essentiels en été pour éviter les surchauffes.
- Rappelons ici que des vitrages horizontaux captent 2 fois plus d'énergie solaire que des vitrages verticaux orientés vers le sud. On privilégiera donc un apport de lumière par des ouvertures vitrées verticales, Nord ou Sud suivant le désir d'un rayonnement direct.

6- Organiser la ventilation

Il est utile d'analyser la distribution du rayonnement solaire direct sur les parois intérieures de l'atrium. Si le sol n'est pas "atteint", les parois verticales chauffées vont échanger leur chaleur par convection avec l'air ambiant. Un "bouchon d'air chaud" va se former en partie supérieure de l'atrium. Ce n'est pas grave (puisque l'occupant vit sur le sol de l'atrium) pour autant que l'excédent puisse être évacué par ventilation.

Deux difficultés apparaissent :

- 1- Concilier protections solaires et ventilation.
- 2- Apporter l'air en partie inférieure. A défaut, on tentera la ventilation transversale.

En quelque sorte, c'est le principe de la voiture décapotable qui doit être adopté.

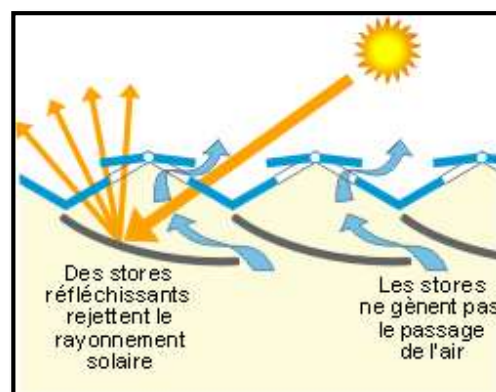


Figure I.25 : organisation de la ventilation par l'atrium

Source : <https://www.energieplus-lesite.be>

I-3-3 Musée d'histoire naturelle de Shanghai

I-3-3-1 Fiche technique du projet :

- **Nom du projet** : Musée d'histoire naturelle de Shanghai

- **Architecte** : Perkins/will architects (est un cabinet d'architecture basé à Chicago aux États-Unis.)

- **Lieu** : 510 Bei Jing Xi Lu, Jingan Qu, Shanghai Shi, China

- **Superficie** : 44517 m²

- **Gabarit** : R+2 +avec les trois étages inférieurs

- **Climat** : subtropical humide

- **Date d'achèvement** : 19 Avril 2015



Figure I.26 : Musée d'histoire naturelle de Shanghai **Source** : <http://perkinswill.com>

I-3-3-2 La définition de projet

le musée d'histoire naturelle de Shanghai est compatible avec la conception de jardin chinois en ce qu'il s'approche de l'esprit de la nature., , offre aux visiteurs la possibilité d'explorer le monde des animaux anciens, l'histoire humaine et l'évolution des animaux et des plantes Grâce à son intégration avec le site, Bâtiment représente l'harmonie de l'homme et la nature et est une abstraction des éléments fondamentaux de l'art et du design chinois. Le musée se trouve à côté d'un parc de sculptures urbaines.

Sa conception doit répondre à des exigences de durabilité très strictes. La direction du musée a demandé à Royal HaskoningDHV de former une équipe de développement durable internationale et multidisciplinaire pour superviser tous les aspects des processus de conception et d'ingénierie structurale. Afin d'obtenir les ambitions élevées et d'obtenir la certification LEED Gold

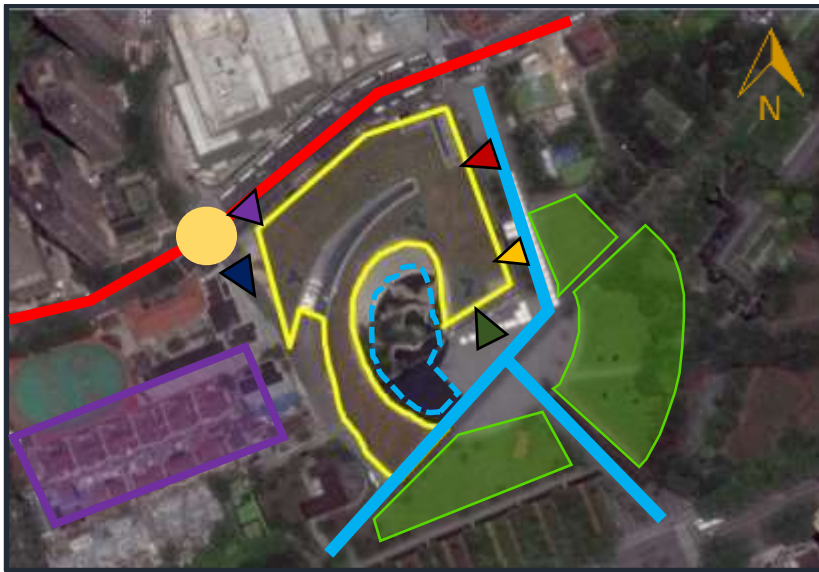
I-3-3-3 la Situation :

Le musée est situé dans le centre-ville de Shanghai (à l'est de la Chine.), dans le Jing An Sculpture Park.et dans un Paysage urbain.



Figure I.27 : Vue aérienne sur le Musée d'histoire naturelle de Shanghai **Source** : Google Earth

1-3-3-4 Accessibilité



LEGENDE	
Voie piéton	
Voie mécanique	
Nœud mineur	
Accès piéton Principal	
Accès piéton service	
Accès piéton secondaire	
Accès mécanique	
Accès de parking	
Projet	
Placette (sculpture Park)	
Ilots Résidentiel	
jardin chinoise	

Figure I.28 : Vue aérienne sur le Musée d'histoire naturelle de Shanghai **Source :** élaborée par l'auteur

Le musée est délimité par une voie mécanique, et voie piéton en face de l'entrée de musée Elle est conçue comme une seule entité de gabarit : R+2

-L'entrée principale est orientée vers le côté sud.

- Le forme de musée est irrégulière.

1-3-3-5 La Volumétrie

"L'organisation générale de la forme et la construction a été inspiré par le coquillage, l'une des plus pures formes géométriques trouvées dans la nature», Perkins will architecte



Figure I.29 : Musée d'histoire naturelle de Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>



Figure I.30 : tube coquillage **Source :** <http://clipart-library.com>

I-3-3-6 les façades



Les éléments naturels sont Représentés à travers les façades du bâtiment :

A- La Façade sud (principale) :



Figure I.31 : La Façade principale du Musée d'histoire naturelle de Shanghai

Source : <http://trends.archiexpo.fr>



 Mur-rideau En verre
 Brise soleil

L'entrée principale remarquable et attractive par mur-rideau pour :

- La légèreté
- Profiter de l'éclairage naturel
- Assurer la continuité visuelle avec l'extérieur



Figure I.32: Vue Globale Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <http://trends.archiexpo.fr>

 Mur-rideau En verre
 Mur-cellulaire

La paroi cellulaire centrale représentant la structure cellulaire des plantes et des animaux, Le mur cellulaire est la caractéristique emblématique, Composé de trois couches, chacune avec son propre motif géométrique unique et sa forme organique, le mur a forme conique elliptique. Au cœur se trouve la couche principale, la couche cellulaire structurale, qui met l'accent sur les cellules organiques comme blocs structurels de la nature. Une couche intérieure, l'enveloppe imperméable à l'eau du bâtiment, est formée par le mur-rideau en verre et en meneaux en aluminium.

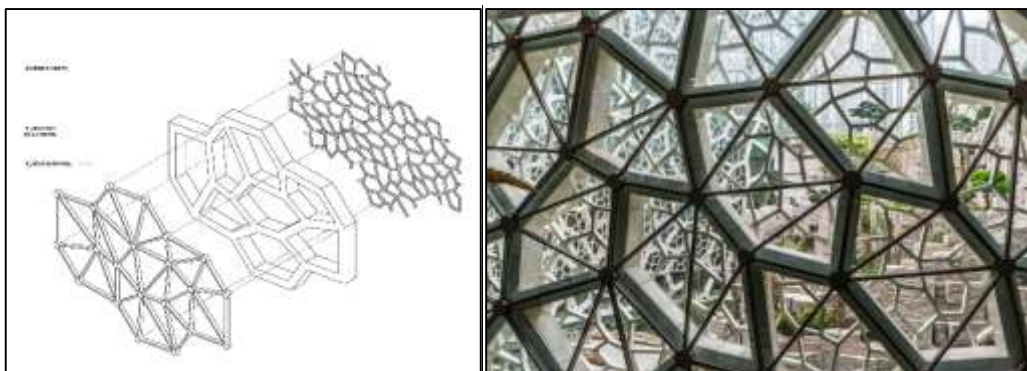


Figure I.33 : Le détail de mur cellulaire Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <http://trends.archiexpo.fr>

B- La façade est (Latérale Droite) :



Figure I.34 : le mur vivant Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <http://www.contemporist.com>

Le mur vivant de l'est signifiant la végétation de la terre, Ces caractéristiques focalisent prise de conscience sur les éléments fondamentaux du monde naturel : les plantes, la terre et l'eau.

La végétation représente 80% de surface de mur avec des grandes baies vitrées pour l'éclairage naturel et un grand écran publicitaire.

B-1 Les Avantages de mur végétalisé :

- Pour protéger les bâtiments contre l'effet corrosif des pollutions urbaines (pluie...pollution atmosphérique)
- -intérêt visuel et esthétique
- -le mur végétalisé permet une meilleure régulation thermique du bâtiment
- -pour améliorer qualité d'air
- -isolation phonique ²⁵

²⁵ Site internet : <http://www.lejardineur.net>

C- La façade Nord :

Le mur de pierre du nord suggérant le déplacement des plaques tectoniques et les parois du canyon érodées par les rivières



Figure I.35 : La façade nord Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>

D- Le toit :

Le toit en spirale devient une cinquième façade, dominée par les immeubles de grande hauteur qui entourent le parc de sculptures. Accessible aux visiteurs par des escaliers à l'extérieur, le toit offre une plate-forme panoramique sur le jardin en son cœur, et double comme un système de collecte des eaux pluviales avec rangement dans l'étang de la cour.



Figure I.36 : la toiture Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>

PERKINS + WILL a également fait le toit vert pour :

-l'aspect esthétique de toiture.

-le rafraîchissement par évapotranspiration et l'élévation de l'humidité ambiante de l'air.

-la fixation des poussières (lutte contre la pollution atmosphérique.

-diminution des variations thermique annuelles à l'intérieur du bâtiment.

-protection contre le bruit grâce à l'effet d'isolation.



Figure I.37 : l'accès de terrasse **Source :**
<http://perkinswill.com>

I-3-3-7 Étude intérieur

Sous-sol 3 :

Dans cet étage on se trouve 5 salles d'expositions et un labo de recherche :

1-La salle d'exposition de La vie colorée / 2-la salle d'exposition trésors de la terre / 3-la salle d'exposition Attaché à la Terre / 4-la salle d'exposition de la diversité écologique / 5-La salle d'exposition Techniques de survie / 6-laboratoires d'exploration / 7- hall de accueil / 8-boutique / 9-jardin chinois

On remarque que dans tous ces espaces d'exposition de cet étage l'utilisation de l'éclairage artificielle :

- éclairage artificielle d'ambiance
- éclairage artificiel décret projeté sur les objets sans éclairer la totalité de salle

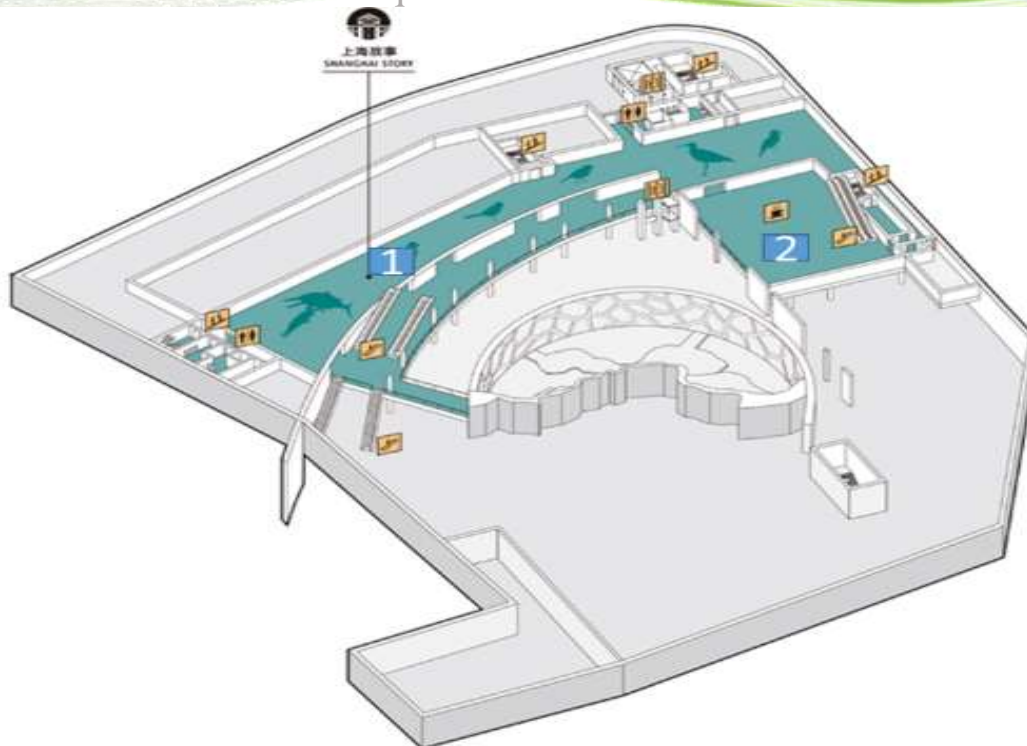


Figure I.38 : les espaces de Sous-sol 3 de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>

Sous-sol 2 :

Dans cet étage on se trouve une salle d'exposition avec une cafétéria

1-la salle d'exposition (Les environs de Shanghai) : Dans cette salle nous pouvons examiner le passé, le présent et l'avenir Natural de Shanghai et L'éclairage dans cette salle est un éclairage artificiel.

2- Le Café qui utilise l'espace de loisirs du Musée pour introduire un thème culturel, prend l'histoire du Musée d'histoire naturelle de Shanghai comme point de départ pour une lecture de la culture de la ville / 3-dépôts /4-les ateliers



Figure I.39 : les espaces de Sous-sol 2 de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>

Sous-sol 1 :

Dans cet étage on se trouve deux salles d'expositions :

1-la salle d'exposition le Chemin futur. Est une salle créer pour sensibiliser les gens du changement climatique et montrer le chemin pour préserver la vie Natural à la future

La salle est fermé ne dispose aucune ouverture à l'extérieur, l'éclairage est purement artificiel

2-la deuxième salle d'exposition c'est Les voies de l'évolution, il raconte l'histoire de l'évolution des vies Natural / 3-parking / 4-hall d'exposition temporaire / 5-des boutiques

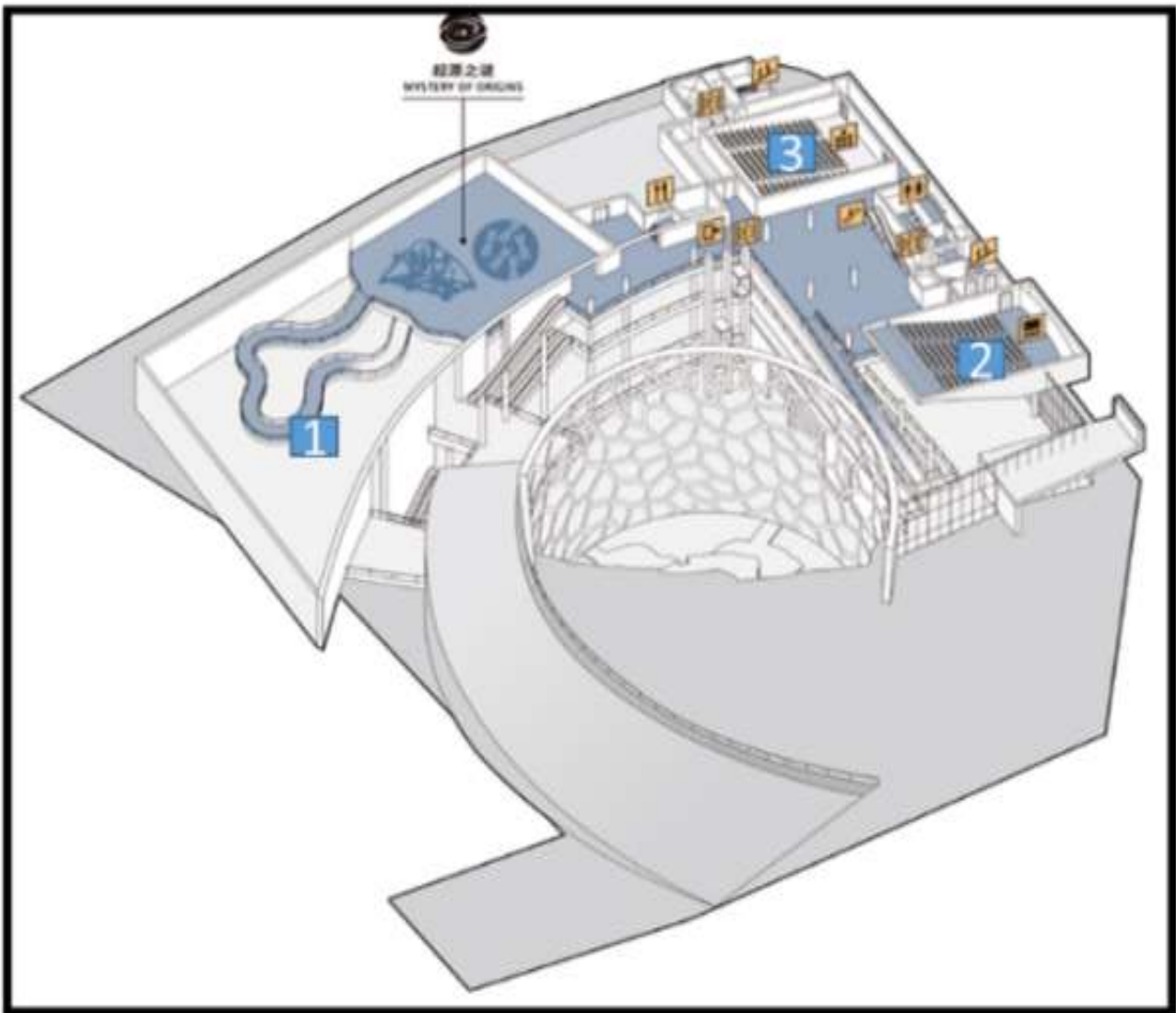


Figure I.40 : les espaces de Sous-sol 1 de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :** <http://perkinswill.com>

D- RDC :

1-La salle d'exposition la Rivière de la vie c'est une grand salle ouvert sur la salle début mystérieux tectoniques accessible par une parcours sinueux

- Éclairage de salle est une combinaison de l'éclairage Natural indirect obtenu par des ouvertures dans la façade nord avec l'éclairage artificiel pour l'ambiance

2-La salle d'exposition Redécouverte de la nature / 3-la salle des spectacles multimédias à grande échelle "Epic of Nature" dépend des bâtiments du Musée et se concentre sur le contenu des expositions du Musée. Son thème central est «Le temps et le progrès»,

L'éclairage de la salle est un éclairage artificiel

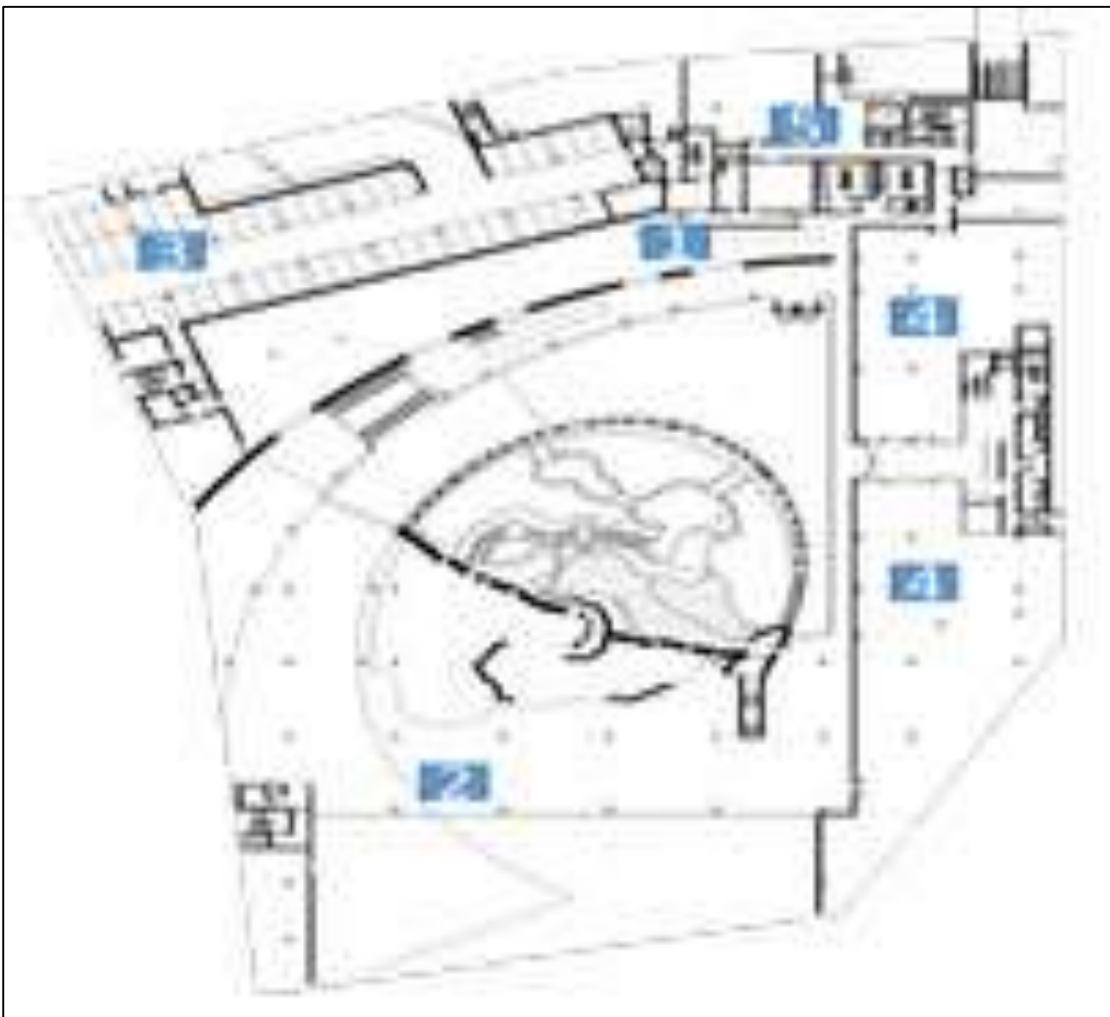


Figure I.41 : plan de RDC de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source :**
<http://perkinswill.com>

1^{ER} ETAGE :

Dans ce niveau on se trouve une salle d'exposition et deux salles de cinéma

- 1-La salle d'exposition il raconte l'histoire de création de L'univers de le Bige Bang Le type d'éclairage : c'est un éclairage artificielle d'ambiance
- 2- Le cinéma 4D du musée se trouve au 1 étage, Il peut accueillir 180 personnes
- 3- Salle de lecture

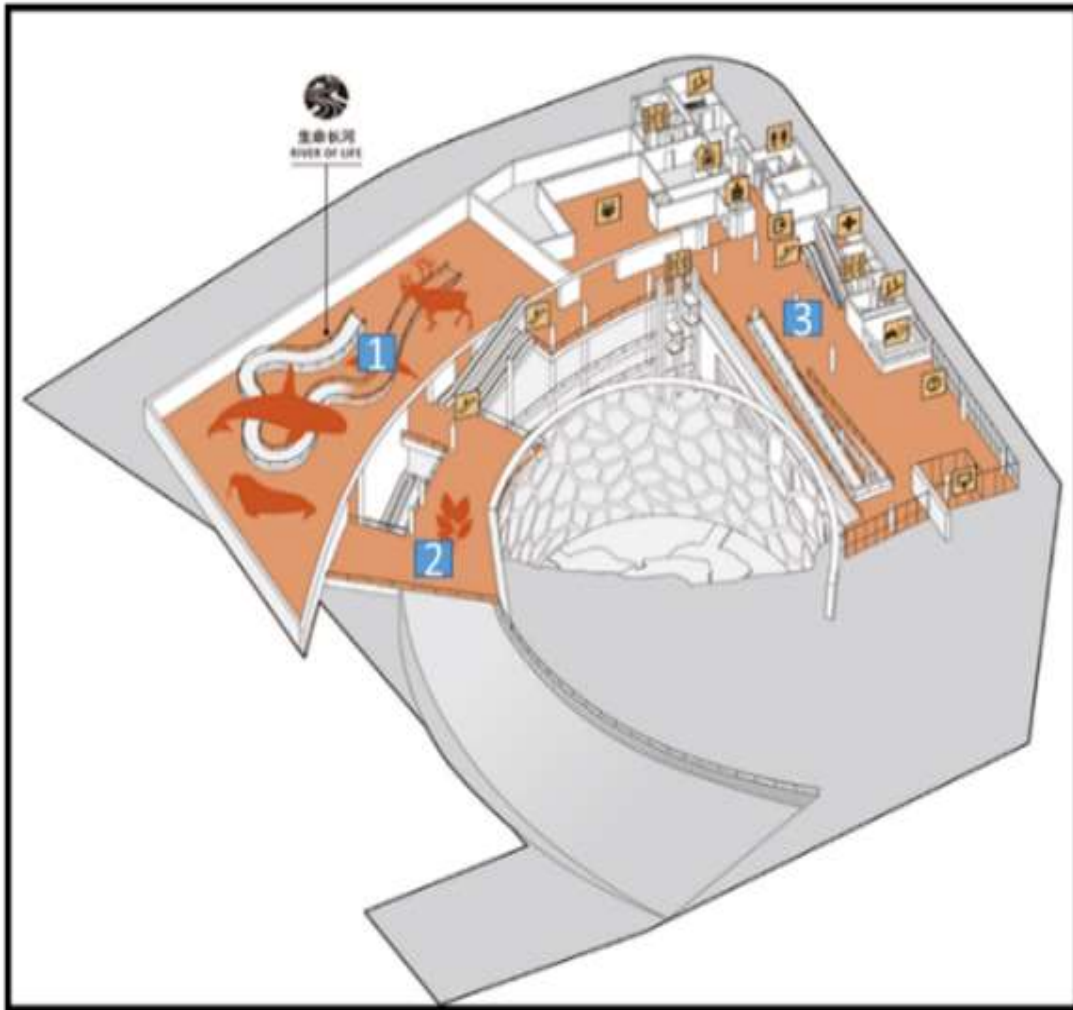


Figure I.42 : les espaces de 1^{ER} ETAGE de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <http://perkinswill.com>

Le deuxième étage

- 1-administration / 2-la salle d'exposition début mystérieux tectoniques / 3- Salle D'animation 4d

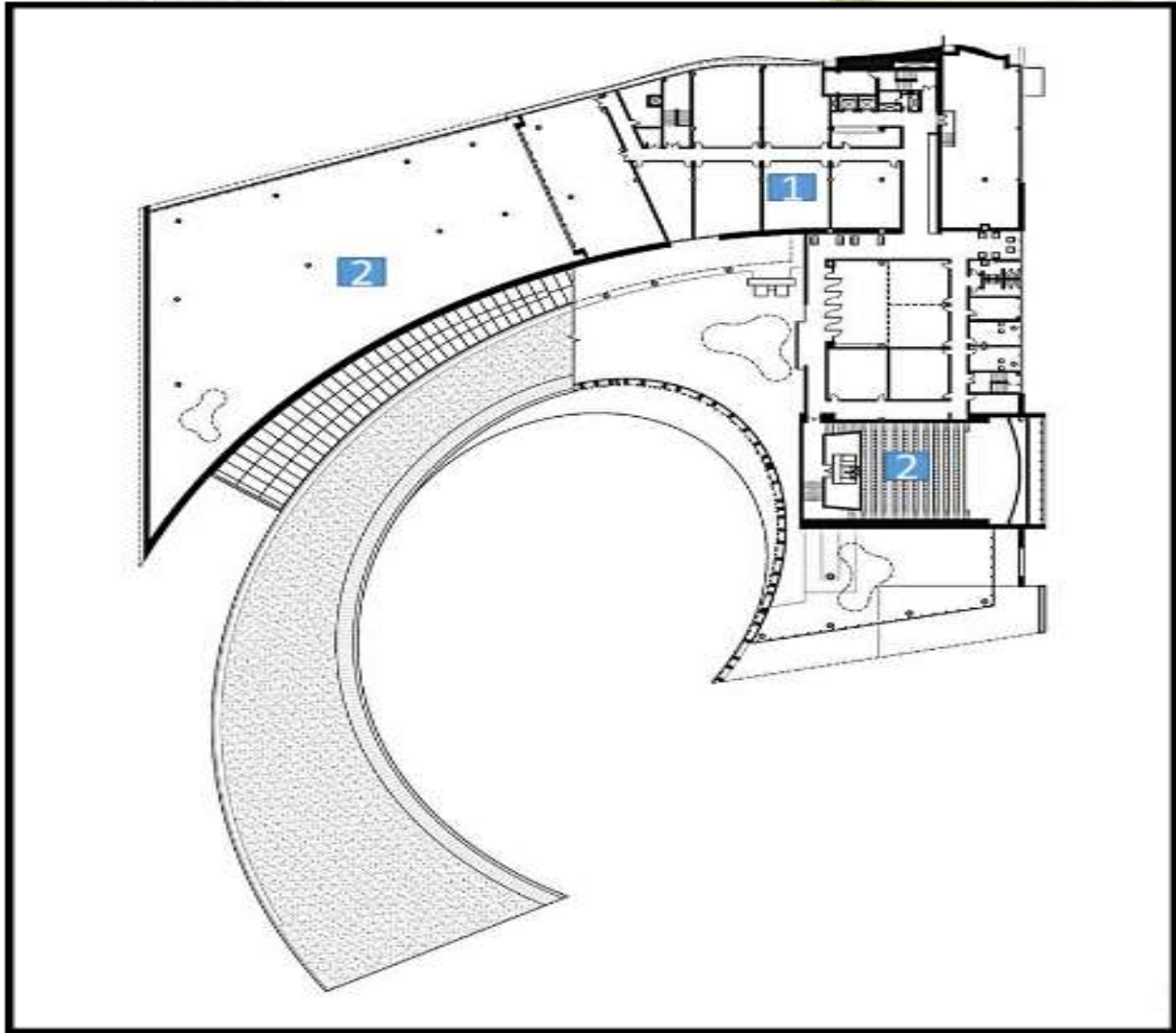


Figure I.43 : Plan de 2^{ème} ETAGE de Du Musée D'histoire Naturelle De Shanghai **Source** : <http://perkinswill.com>

I-3-3-8 Les techniques

La conception durable utilisée dans le projet comprend **un grand bassin ovale qui favorise le refroidissement par évaporation. L'étang est alimenté par l'eau grise recyclée et eau de pluie recueillie au sommet d'un toit vert du musée.** En outre, le bâtiment arbore un mur vert, et un **système géothermique** va vers le maintien d'une température confortable.

- Perkins + Will a également fait mention d'une "**peau de bâtiment intelligent**" qui maximise la lumière du jour et minimise le gain solaire.

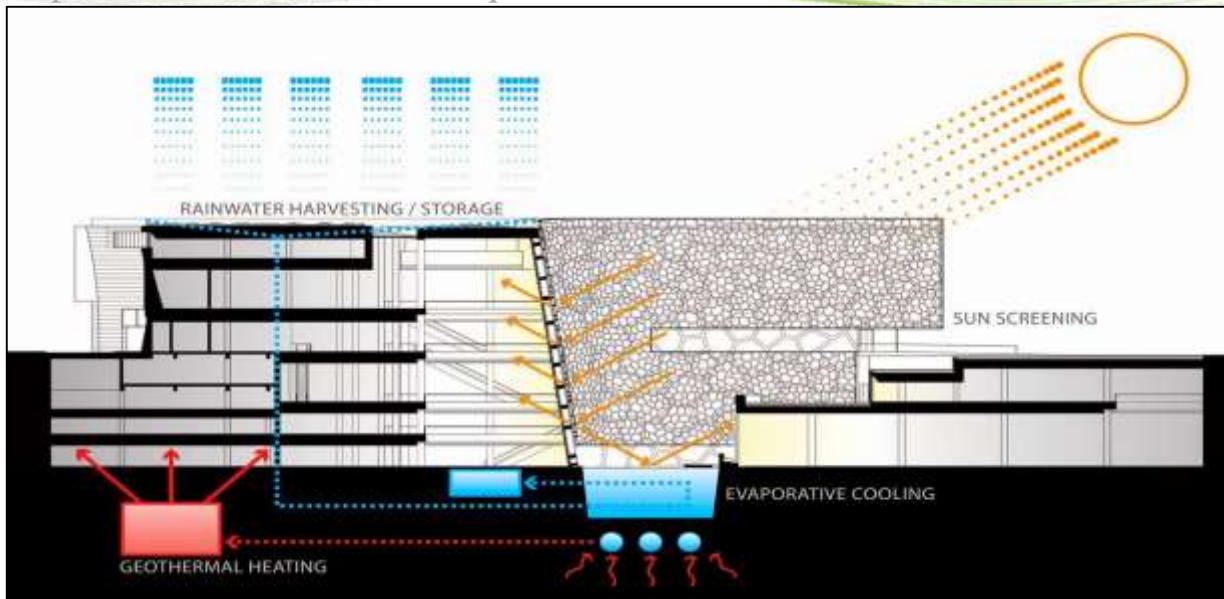
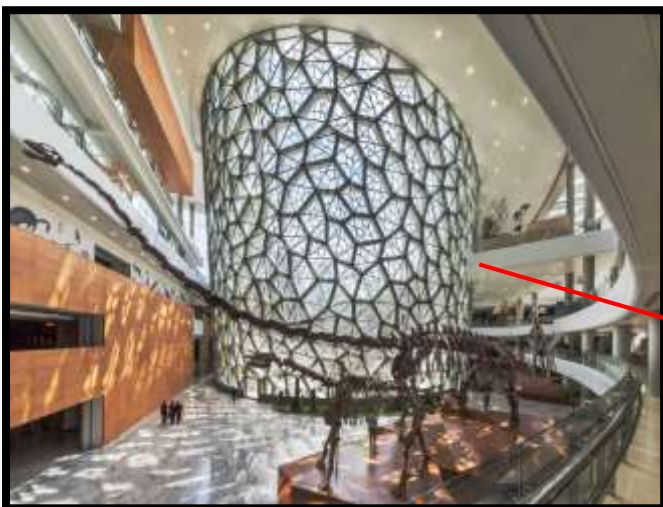


Figure I.44 : coupe schématisée sur les technique bioclimatique de Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <http://perkinswill.com>

- Avec **des atriums** Pour favoriser la pénétration de lumière naturelle dans les différentes entités de musées.



Un atrium de 30 mètres de haut qui accueille les visiteurs avec une abondance de lumière naturelle filtrée par un mur de verre

Figure I.45 : hall d'accueil de Musée D'histoire Naturelle De Shanghai
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure I.46 : vue aérienne sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai

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

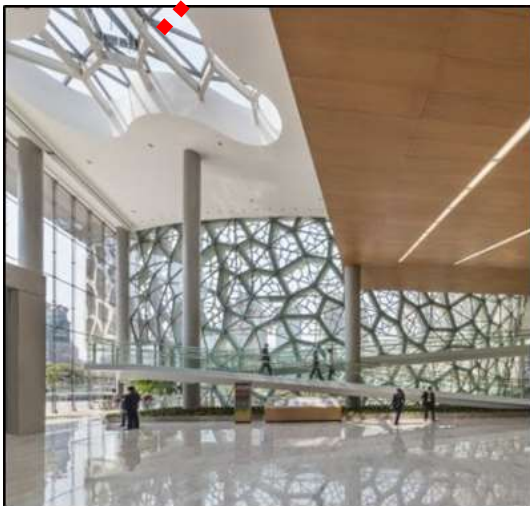


Figure I.47 : vue intérieur sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai

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

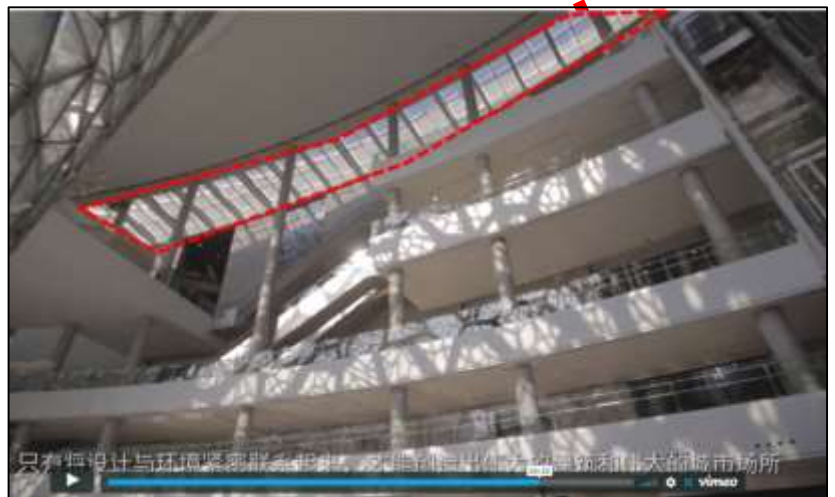


Figure I.48 : vue intérieur sur le Musée D'histoire Naturelle De Shanghai

Source : vidéo sur YouTube sous-titre de "Shanghai Natural History Museum"

Synthèse

- le projet se détermine par son implantation au site urbaine.
- le musée à forme irrégulier et chaque façade symbolise un élément naturel.
- l'utilisation de la végétation en toiture et sur la façade est.
- la façade principale expose vers le jardin (sculpture Park) pour représente l'harmonie de l'homme et la nature.
- l'utilisation de mur vitrée sur la façade principale pour assurer la transparence et attirer le public et favoriser la pénétration de lumière naturelle.
- l'utilisation des couleurs claires dans les espaces intérieurs pour une réflexion confortable
- l'Utilisation des technique passive comme la toiture végétalisée et le mur végétalise et le système géothermique.

I-3-4 MUSE Musée de Science

I-3-4-1 Fiche technique du projet :

Nom du projet : MUSE Musée de Science

Genre : histoire naturelle , la paléontologie

Architecte : Renzo Piano

Lieu : à Trento, en Italie.

Superficie : 12.600 m²

Gabarit : R+5 (deux souterrains et quatre au-dessus du sol)

Climat : Tropical

Date d'achèvement : Juillet 27, 2013



Figure I.49 : MUSE musée de Science
Source : <http://www.cyberarchi.com>

I-3-4-2 La définition de projet

Le nouveau musée des sciences naturelles (MUSE), conçu par Renzo Piano, Construit sur le site industriel d'une ancienne usine de fabrication de pneus Michelin, le musée intègre la durabilité au niveau macro et au niveau micro.

Ce n'est pas seulement un bâtiment durable, mais une intervention urbaine durable conçue pour avoir un impact sur toute la ville, MUSE deviendra une partie intégrante de la ville centrale et accueillera une série d'expositions entièrement consacrées aux sciences naturelles et aux écosystèmes qui entourent Trento.

Le bâtiment éco énergétique vise la certification LEED Silver.

I-3-4-3 la Situation :

MUSE se situé dans une zone de Trente qui accueillait un site industriel et autre résidentielle, au cœur d'un grand parc. Dans un quartier se caractérise principalement par son tissu urbain,



Figure I.50 : vue aérienne sur le MUSE musée de Science
Source : Google Earth

I-3-4-4 Accessibilité :



Figure I.51 : vue aérienne sur le MUSE musée de Science
Source : Google Earth

Le Musée est délimité par deux voies mécaniques, au sud par le chemin MONTE BALDO et à l'est par le chemin de fer. , au nord par l'historique PALAZZO DELLE ALBERE et grand Park, à l'ouest par voie mécanique et la rive gauche de l'Adige.il est conçue comme seul entité de gabarit : R+4, L'entrée principale est orientée vers la voie principale au côté Sud.

I-3-4-5 la volumétrie :

Le MUSE s'étend sur un lot rectangulaire sur 130 mètres de long et 35 mètres de large, Le bâtiment, dont le profil rappelle les sommets des montagnes environnantes, est constitué successivement d'espaces et de volumes, Il a deux étages souterrains et cinq au-dessus du sol, le long desquels sont répartis les itinéraires des visiteurs, qui vont du haut vers le bas.

L'idée architecturale est le résultat de l'équilibre entre le besoin de flexibilité et la réponse, traduite en formes précises et cohérentes



Figure I.52 : Esquisse de MUSE musée **Source :** <https://www.archdaily.com>

I-3-4-6 les façades

A- La Façade sud (principale) :



Figure I.53 : La Façade principale de MUSE musée
Source : <http://www.cyberarchi.com>

- Une entrée principale remarquable et apparente
- Un contraste entre le plein et le vide
- l'utilisation des différents matériaux au niveau de façade - des grandes bai vitrées pour favoriser l'éclairage naturelle et assure une continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieur – et la pierre locale.
- des brises soleil horizontaux

B- La Façade Est :



Figure I.54 : La Façade est de MUSE musée
Source : <http://www.cyberarchi.com>

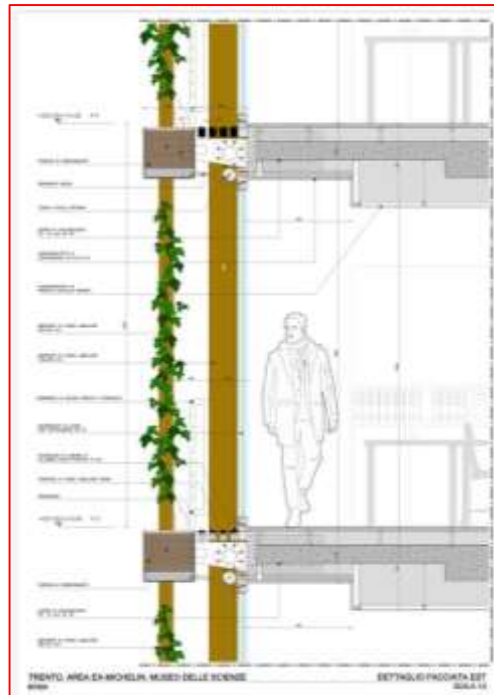


Figure I.55 : le détail de La Façade est de MUSE musée
Source : <https://www.arch2o.com>

- Une façade verte joue également un rôle d'isolant thermique. Et phonique (contre le bruit de la voie ferrée)
- Aussi pour la protection contre l'humidité et la pollution.

C- La Façade ouest :



Figure I.56 : La Façade ouest de MUSE musée
Source : <http://www.cyberarchi.com>

Chapitre I : Recherche thématique

- La façade ouest vitrée complètement pour favoriser l'éclairage naturelle au niveau de la serre tropicale (la serre tropicale est un espace physiquement séparé du reste du musée pour des raisons techniques et climatiques et dédié à la biodiversité, il est située du côté ouest), sachant que l'éclairage naturelle jouent un rôle clé dans la définition de l'environnement naturel.

D- La Façade Nord



Figure I.57 : La Façade nord de MUSE musée
Source : <http://www.cyberarchi.com>

- Cette façade est en face au grand parc.
- Une entrée secondaire apparente.
- l'utilisation des différents matériaux au niveau de façade - des grandes bai vitrées pour favoriser l'éclairage naturelle et assure une continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieur – et la pierre locale.
- Un contraste entre le plein et le vide.

E- LE TOIT

Les toits de verre et de zinc à grand angle s'adaptent aux géométries des bâtiments, ce qui en fait l'une des principales caractéristiques architecturales du projet.

La conception de l'immeuble semble être un hommage aux montagnes environnantes La ligne de toit dynamique se projette entre trois et six étages pour créer un rythme avec les montagnes au-delà et diviser le bâtiment en quatre sections.

I-3-4-7 Étude intérieur

A- RDC

Dans le bâtiment, une vaste place couverte par des murs en verre accueille le visiteur et divise la partie publique du bâtiment de la partie dédiée au personnel.

Les espaces de travail comprennent les bureaux, les laboratoires de recherche, les ateliers, les aires de stockage des collections scientifiques et des expositions, les archives de la bibliothèque et les espaces techniques. L'espace public est constitué d'espaces d'exposition, de petits espaces pour enfants, d'une salle de conférence, de laboratoires, de laboratoires éducatifs, d'une serre tropicale, d'une bibliothèque et d'une cafétéria.

L'exposition se développe sur 6 étages et occupe une superficie d'environ 5.000 mètres carrés. De ce nombre, 2 700 m² sont consacrés à des expositions permanentes, 780 m² à des expositions temporaires, 700 m² à une serre tropicale, 100 m² à un petit coin enfants et 680 m² à des expositions instantanées et à divers événements culturels.

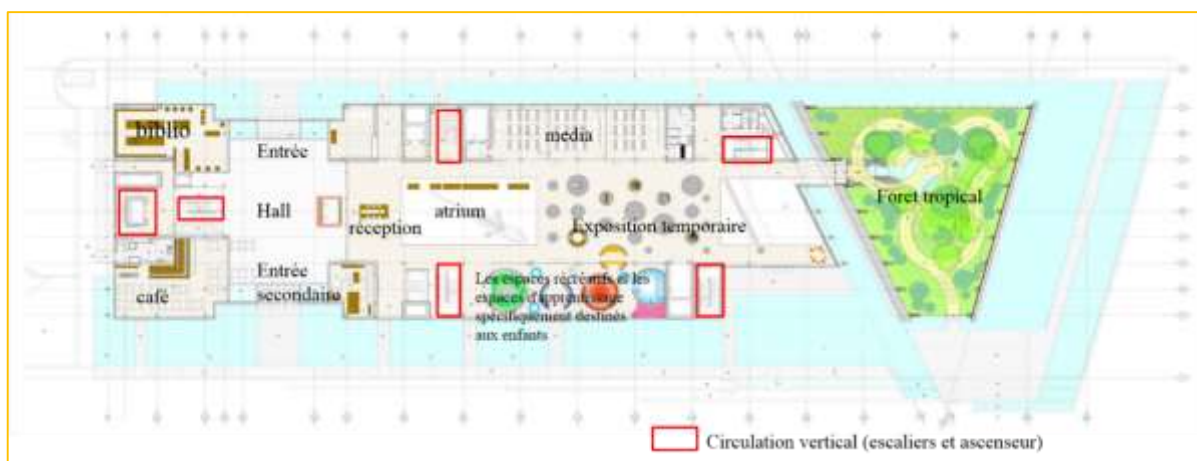


Figure I.58 : Plan De RDC **Source** : <http://www.cyberarchi.com>

B- 1^{er} étage

L'intérieur de musée est composé d'espaces multifonctionnels hybrides et interconnectés.

Les galeries d'exposition, présentant un thème différent à chaque niveau du bâtiment (hauts de montagne, nature / climat alpine, géologie, personnes / durabilité, histoire de la vie sur terre / serre tropicale) sont couplés à des zones présentant des expositions pratiques, des ateliers, Les espaces récréatifs et les espaces d'apprentissage spécifiquement destinés aux enfants et aux écoles. Les galeries, qui doivent idéalement être visitées à partir du haut du bâtiment et descendant progressivement au rez-de-chaussée, sont disposées autour du noyau du musée, un grand vide central conçu pour laisser les visiteurs percevoir le musée comme un ensemble cohérent. A l'intérieur de cet espace en hauteur, une installation imposante est logée, faite d'animaux suspendue dans le vide et agencée de façon à refléter la distribution verticale de la faune alpine.

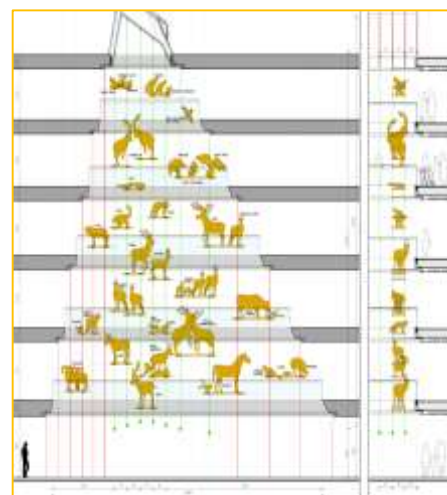


Figure I.59 : coupe sur l'atrium centrale de musée **Source** : <https://www.arch2o.com>

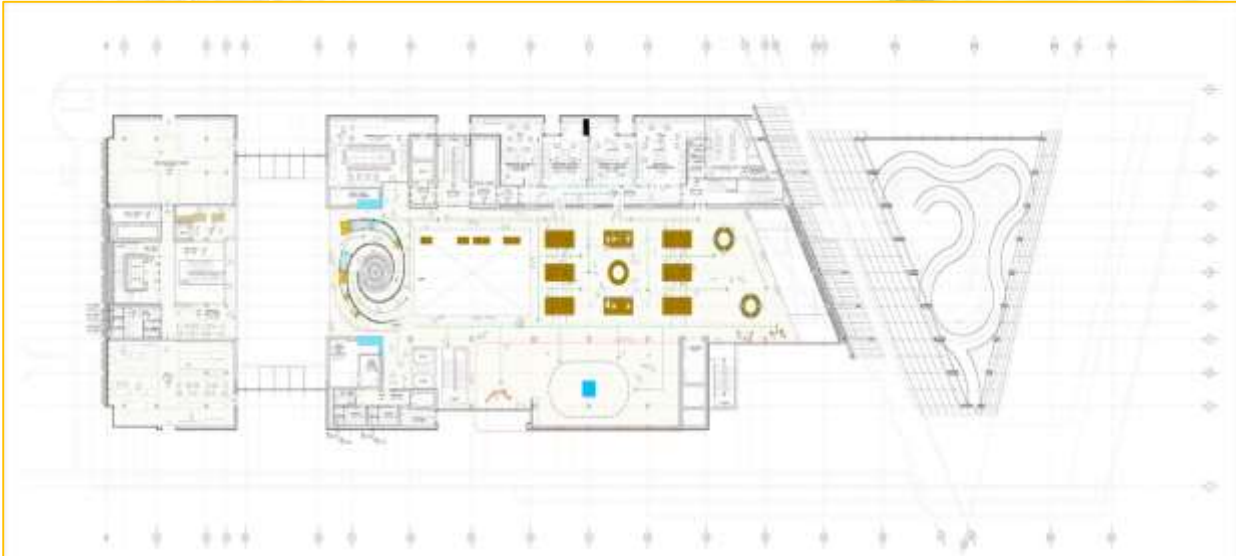


Figure I.60 : Plan De 1^{er} étage **Source** : <http://www.cyberarchi.com>

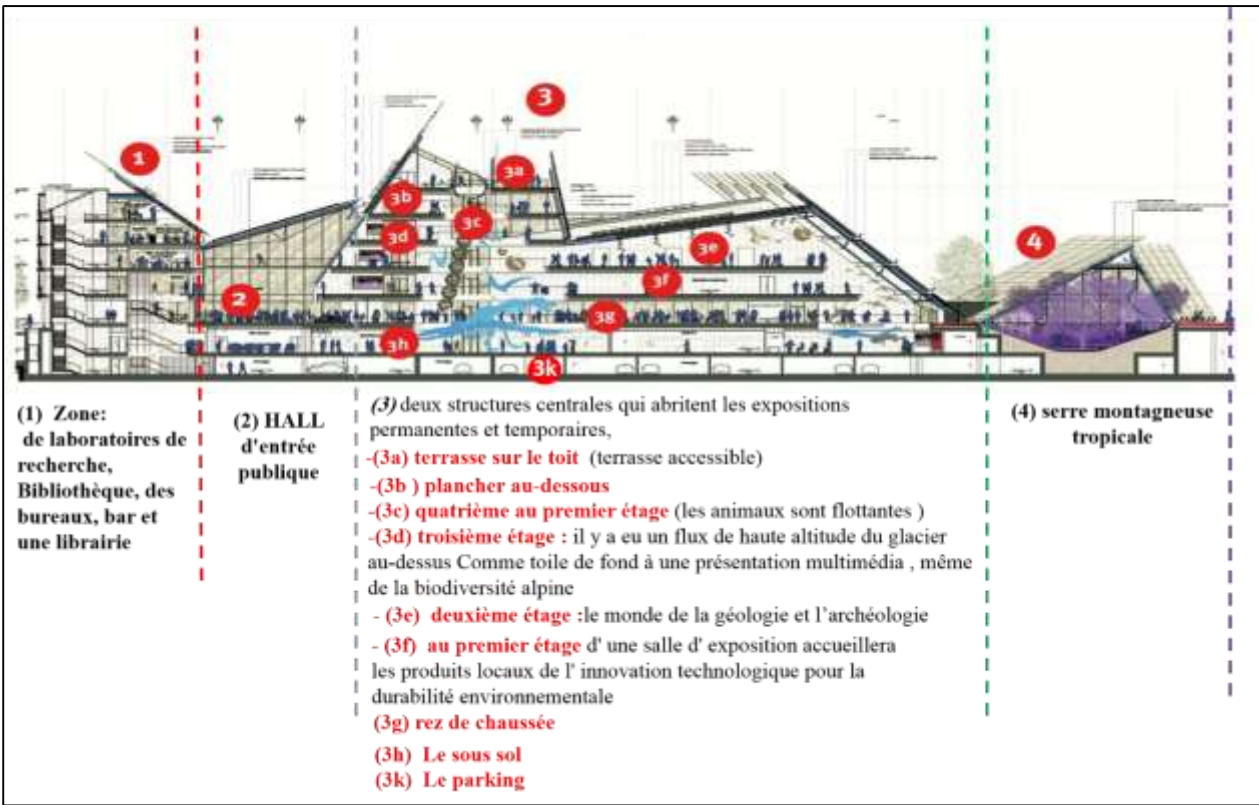


Figure I.61 : Coupe sur le MUSE musée
Source : <http://www.cyberarchi.com>

Entités	Surface m ²
Exposition permanente	3700
Exposition temporaire	500
serre tropicale	600
zone d'enfants	200
zone de réception	600
archive et bibliothèque	800
Magasin et boutiques	1800
Espace d'apprentissage et éducation	500
Labos de recherche	800
Des bureaux de service	900
Salle de conférence (100 places)	200
Administration	900
Surface total	11500

Tableau I.2 : Les Surfaces Des Entités De MUSE musée
Source : Auteur

I-3-4-8 Les techniques

- Les techniques de construction poursuivent des critères de durabilité environnementale et d'économie d'énergie et reposent sur une utilisation large et diversifiée de ressources renouvelables et de systèmes à haut rendement. Le bâtiment utilise des panneaux photovoltaïques et des sondes géothermiques pour soutenir un système central de climatisation, de chauffage et d'électricité qui dessert tout le district.

Les systèmes fonctionnels du musée sont tous centralisés et automatisés, exploitant diverses sources d'énergie renouvelables (notamment l'énergie solaire via l'utilisation de cellules photovoltaïques et de panneaux solaires, ainsi que l'énergie géothermique via l'utilisation de sondes d'échange thermique). Le système énergétique repose sur la conception soignée de la stratification, de l'épaisseur et du type d'isolation utilisés, ainsi que sur les systèmes d'éclairage et d'ombrage, de manière à optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment. Un système automatique de brise-soleil et de rideau actionné par les sondes de température et de rayonnement solaire réduit le rayonnement du soleil pendant les heures d'été plus chaudes et permet plus de soleil entrant pendant les jours froids d'hiver.

- Des solutions d'éclairage et de ventilation naturelles dans certaines parties du bâtiment contribuent à réduire la consommation d'énergie et à rendre les espaces intérieurs plus confortables.

- Des solutions spéciales ont été adoptées pour augmenter les économies d'énergie, comme le réservoir qui recueille l'eau de pluie à des fins sanitaires, irrigue la serre et fournit de l'eau fraîche aux aquariums et aux fossés qui entourent le bâtiment, réduisant ainsi l'utilisation de l'eau (eau de 50%).

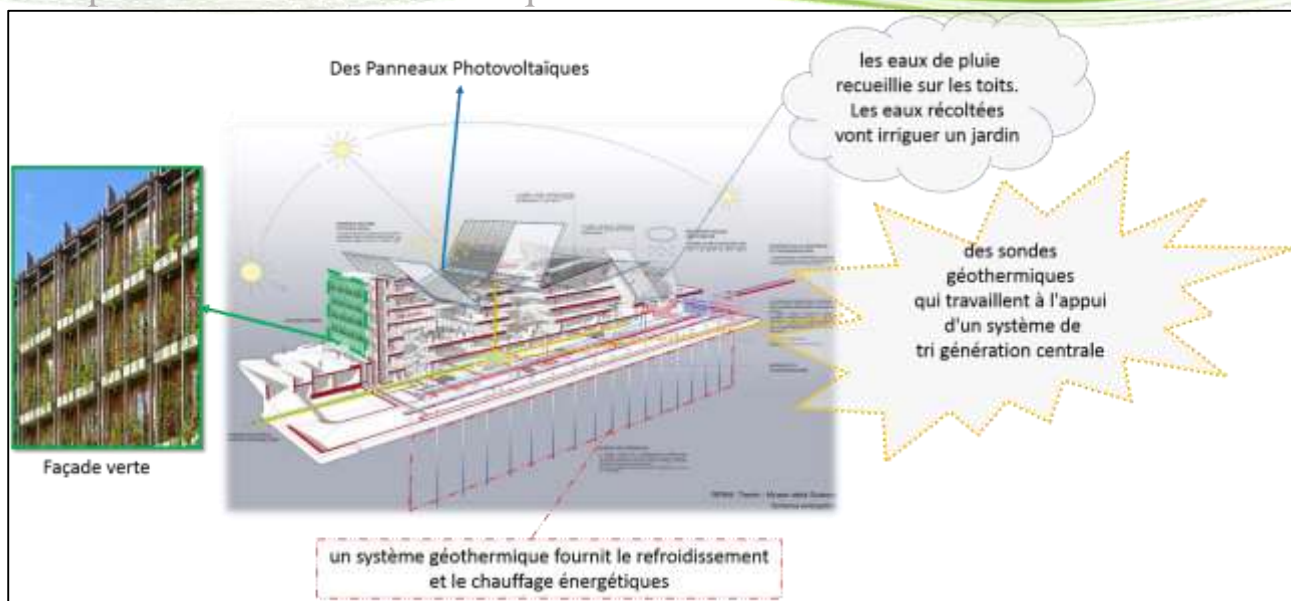


Figure I.62 : les techniques de MUSE musée
Source : <https://www.detail-online.com>

- Le choix des matériaux de construction favorise ceux provenant de sources locales afin de limiter la pollution des transports. Le respect des critères de durabilité et de faible impact est évident dans le choix particulier et plutôt inhabituel d'utiliser du bambou italien pour le revêtement de sol en bois des zones d'exposition. Le bois est une substance constituée principalement de CO₂ séquestré de l'atmosphère pendant la vie de la plante.

- Puisque le bambou ne prend que quatre ans pour atteindre la taille requise pour être découpé en lattes de parquet, il s'agit d'un décapant à CO₂ super efficace et son utilisation dans la construction ou la décoration intérieure est bénéfique pour réduire et limiter les changements climatiques mondiaux.

- Enfin, le projet prévoit la création d'une aire de stationnement pour vélos, équipée de vestiaires et de douches, et d'un nombre limité de places de parking, afin de stimuler l'utilisation des transports en commun par les visiteurs. Le musée, situé près de la piste cyclable, est facilement accessible en vélo. Grâce à la coopération avec le district technologique de Trentino, le projet a suivi les procédures d'obtention de la certification LEED OR.



Figure I.63 : la certification LEED
OR Source : <https://www.cascades.com>

Synthèse Des Exemples

D'après l'analyse des exemples on peut dire que les Musées n'ont pas un programme standard Mais, tous dépendent de sa destination, type, situation, et les besoins de la population concernée. On a remarqué :

Critère	Description
Plan de masse	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Création de jardin offre multiples avantages, il permet d'éloigner le Musée des vibrations de la rue et minimiser le bruit ➤ L'utilisation de la végétation ➤ Variété des accès dans les différentes cotés pour assurer la fluidité ➤ Circulation mécanique limité en périphérique ➤ Aménager l'espace extérieur comme une extension fonctionnelle (continuité d'activité entre le bâti et le non-bâti) ➤ jardin est un élément important commun entre tous les exemples pour cloisonner le bâti contre les nuisances sonores
L'orientation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Expose la façade principale vers le vois principale ➤ Expose l'entrée principale du bâtiment vers l'accès principale de projet
Volumétrie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilise des nouvelles techniques structurelle, concepts (attractivité, dynamisme, modernité), variété formelle reflète la variété fonctionnelle pour donner une particularité. ➤ Assurer la transparence pour attirer le public.
Organisation fonctionnelle et spatiale	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Assurer la hiérarchisation spatiale du public/privé, active/calme. ➤ Séparation d'espace (enfant/adulte). ➤ Eloigner espace de service (administration) dans partie postérieur ➤ Immense hall d'entrée avec façade vitrée donne accès au musée et amenée les visiteurs.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le vitrage isolant pour la continuité visuelle et la vue vers l'extérieur. ➤ utilisation des couleurs claires pour donner une réflexion confortable
Systèmes passives	<ul style="list-style-type: none"> ➤ les verdure (Utilisation de toiture végétalisée/Mur végétalisée/Matériaux locaux. ➤ Façade double peau. ➤ Système géothermique fournit le refroidissement et le chauffage énergétique ➤ Utilisation de l'atrium
Eléments architecturaux	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilisation de Mur Rideau (mur cellulaire) ➤ Utilisation brise de soleil



CHAPITRE II

PROGRAMMATION

Introduction

« Le programme est le fruit d'une instruction, il détermine des exigences et des besoins de tous ordres, activités, surfaces, hauteurs, rapport de proximité et l'éloignement, qualité de lumière, de chauffage, de ventilation, de climatisation... mais il est aussi porteur d'élément symbolique »

Patrick O' Byrne.

D'après la recherche thématique et l'analyse des exemples que nous avons faits, on a élaboré un programme qui répondre aux exigences architecturales, afin de maîtriser la qualité des espaces et leur agencements.

IV- 1 Programme Qualitatif

A- L'accessibilité : C'est l'un des éléments les plus importants de celui-ci et il faut assurée :

- Une entrée principale pour les visiteurs : il doit avoir une grande importance en termes de conception et d'emplacement, et sa superficie doit être proportionnelle à la taille de l'exposition et au nombre de visiteurs (avec une largeur de 1,5 m par 90 personne et ses portes s'ouvrent à l'extérieur.)
- une entrée secondaire : éloignée de l'accès principale
- une entrée de service.¹

B- La circulation qui est l'une des fonctions les plus importantes qui doivent être étudiées attentivement, Et ça se fait par un ordre logique pour les salles d'exposition, et qui est lié à l'objectif de la création du musée.

B-1 circulation des visiteurs : La circulation commence à partir de l'entrée du musée, qui mène à l'entrée, dans lequel toutes les activités de service requis pour les visiteurs (la billetterie l'orientation bancs pour se reposer...), il y a un élément clé qui devrait être renvoyé à un aperçu général du musée pour comprendre le visiteur comment se déplacer entre les sections du musée.

B-2 circulation de service : les musées doit être équipé dans plusieurs autres entrées pour le personnel et les administrateurs et les utilisateurs ...

Leur circulation se fait par des couloirs et les ascenseurs d'une manière privée pour qui ne gêne pas la circulation des visiteurs avec la possibilité de contact entre les deux très réduite sauf si c'est nécessaire.

C- l'exposition : On doit choisir un ou plusieurs de sorte qu'ils sont plus appropriés pour le but des expositions, telles que l'assemblage linéaire ou central ou rayonnement ou d'un cluster ou un réseau d'expositions.

C-1 Les méthodes d'expositions : Les méthodes d'expositions dans musée varient en fonction du type de musée la forme des salles d'expositions et le type et la taille des pièces, on peut résumer ces méthodes dans :

¹ Source livre : Museum .Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE . Iris Bcttcmbourg

Chapitre II : Programmation

- L'affichage sur les murs sous la forme de tableau suspendu comme dans les musées Arts.
- Présentation sous forme de portefeuille accroché sur le mur souvent vitrée.
- L'affichage sur le sol directement sans base, cette méthode est généralement utilisée dans les musées techniques ou des musées avec de grandes expositions.²

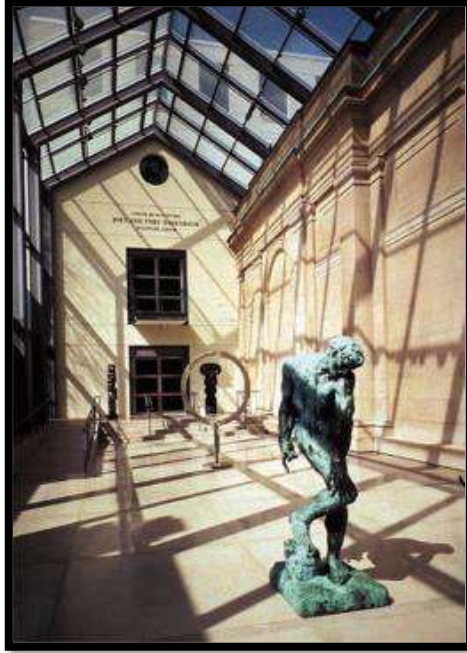


Figure II.1 : galerie d'art d'Ontario, canada **Source :** Magazine ANA ME3MARY

- Affichage sur des supports suspendus comme dans les musées scientifiques.



Figure II.2 : musée de francfort **Source :** Magazine ANA ME3MARY

- L'affichage sur des coffres fixes ou mobiles avec des formes et taille variées basé sur le sol.
- Affichage sur un socle basé sur le sol.
- L'affichage sur des tableaux verticaux.

² Magazine ANA ME3MARY vol 13 .déc. 2012

C-2 Les supports

La texture : elle ne doit pas être attirante ayant comme objet de mettre en valeur l'œuvre exposé.

La forme : doit être simple sans aucune décoration et cela pour qu'il ne soit pas plus attirant que l'œuvre.

La couleur : les œuvres sont mises en valeur par le contraste qui existe entre la couleur du support et la couleur de l'objet.

La disposition : la disposition des supports n'est pas anarchique mais réfléchi de telle sorte de ne pas déranger le parcours des visiteurs ne dégageant l'espace de l'exposition.³

D- L'éclairage

devraient profiter de l'éclairage naturel autant que possible et que ne pas provoquer d'éblouissement à l'intérieur du musée sur la base de la formation du plafond, des murs et des trous dans le plafond ne doit pas être inférieure angle d'inclinaison de son environ 45° , et sont à intensité réglable par des miroirs dans les coins.⁴

- **Bien positionner les appareils d'éclairage**

Pour éclairer les peintures et les sculptures, l'angle d'incidence optimal de la lumière est de 30° . Avec un angle plus ouvert, si l'appareil est éloigné de l'objet à éclairer, l'observateur risque de voir son ombre portée sur le tableau au moment où il se trouve devant. Un angle plus fermé produirait en revanche une lumière rasante, projetant sur le tableau des ombres allongées.

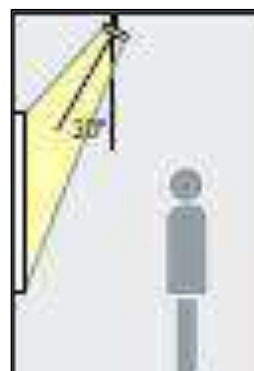


Figure II.3: Position de l'éclairage muséale **Source :** Magazine ANA ME3MARY

- **Réduire l'ombre portée du visiteur**

Deux projecteurs placés sur le côté éclairent les tableaux sans éblouir par réflexion ni former aucune ombre portée sur le tableau quand l'observateur se trouve face à l'œuvre.

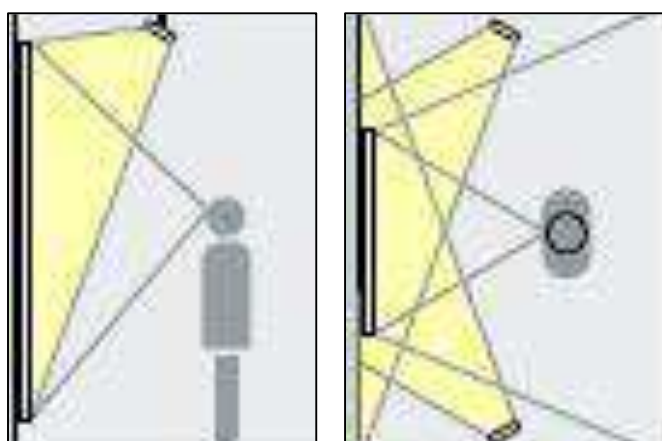


Figure II.4 : Position de l'éclairage des tableaux **Source :** Magazine ANA ME3MARY

³ Magazine ANA ME3MARY vol 13 .déc. 2012

⁴ Brochure «ÉCLAIRAGE POUR MUSÉES ET GALERIES»

- **Éviter tout éblouissement par réflexion**

Les tableaux sous verre peuvent générer des réflexions parasites quand les appareils d'éclairage montés au plafond se reflètent sur la vitre protectrice. Une disposition adéquate des appareils, des faisceaux étroits et des sorties de lumière occultées évitent ces éblouissements par réflexion.

- **Éclairer les vitrines sans éblouir**

Les vitrines peuvent aussi être éclairées par des projecteurs placés à l'extérieur, dès lors que ces projecteurs sont disposés, du point de vue de l'observateur, en dehors des surfaces de réflexion.

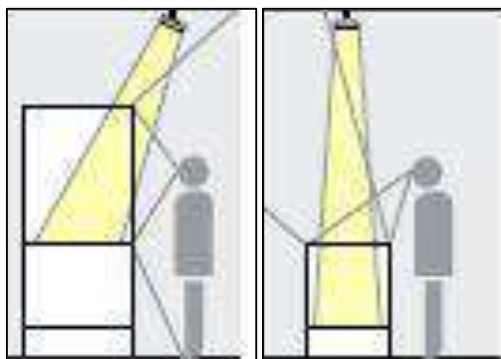


Figure II.5 : Position de l'éclairage des vitrines **Source :** Magazine ANA ME3MARY

- **Bien disposer les appareils d'éclairage mural**

La distance au mur des appareils à faisceau mural doit être d'un tiers de la hauteur sous plafond pour que la lumière soit répartie sur le mur avec homogénéité
L'entraxe des appareils doit être équivalent à la distance d'éloignement du mur.

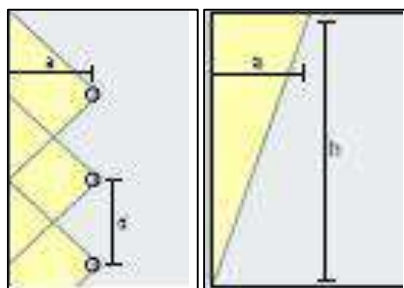


Figure II.6 : la disposition de l'éclairage mural **Source :** Magazine ANA ME3MARY

- **Souligner les murs et les œuvres**

Un éclairage équilibré des salles et de l'exposition résulte de l'association d'un éclairage mural homogène, pour donner un sentiment de clarté, et d'un éclairage d'accentuation, pour modeler les sculptures.

- **Disposer les appareils éclairant des objets imposants**

Plusieurs appareils diffusant un faisceau étroit éclairent à la perfection les œuvres imposantes, sans éblouir l'observateur.

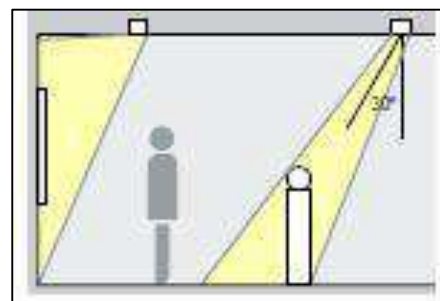


Figure II.7 : la disposition de l'éclairage des œuvres **Source :** Magazine ANA ME3MARY

E- Les exigences des espaces intérieures

L'Accueil	
Définition	l'accueil est une action qui vise à informer, recevoir et orienter le public selon ses besoins et sa demande. C'est un espace tampon collecteur et diffuseur des flux,
Fonction	<p>Réceptionner : La réception des visiteurs./ prendre des informations/affichage de lecture</p> <p>Orienter : Pour offrir la faculté de se déplacer sans se perdre, les cheminements doivent être étudiés pour être facilement perçus et lus</p>
Localisation	-Doit être Placée dans un endroit visible de l'entrée principale. - Son positionnement central permet d'assurer la distribution vers les différentes entités du musée.
Volumétrie	-Un volume généreux et largement ouvert sur l'extérieur est souhaitable. - Double hauteur pour l'accueil permettant un renouvellement d'air rapide
Exigences particulières	s'ouvre directement sur l'extérieur pour des raisons de sécurité l'accueil devra s'ouvrir sur chacun de ces espaces
Équipement	<p>Panneaux d'affichage, Affichage des consignes de sécurité, affichage du règlement intérieur de musée, des comptes rendus du conseil</p> <p>Accueil : Sas d'entrée Information Orientation Affichage</p> <p>Réception : 1. comptoir de réception 2. Bagagerie 3. Service fax et standard</p>



Muse Museum

Tableau II.1 : les exigences de l'accueil de musée
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm Bourg

Boutiques	
Fonction	Espace commercial à caractère culturel et scientifique Où ils vendent tout type des produits technologique et scientifique tel que les livres les photos, les appareils ... etc.
Localisation	En relation proche avec l'espace d'accueil et tous Les accès secondaires de public
Exigences particulières	<ul style="list-style-type: none"> • Espace sécurisé • Elle sera visible par le public dès son entrée dans le hall • être éclairé et bien aéré • bien isolé de l'humidité
Équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Étagères, Bureau, Comptoir de prêt, vitrine



La boutique du Musée de Dieppe

Tableau II.2: les exigences de l'accueil des Boutiques
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm Bourg

Cafétéria + restaurant		
Fonction	Boire, Reposer, Espace De Travail	
Localisation	- Les espaces cafétéria-restaurant peuvent s'ouvrir à la fois sur l'accueil principal et sur l'extérieur (rue et/ou espace privatif comme des terrasses, jardins) au rez-de chaussée du musée -Au 1er étage de l'exposition, l'espace café offre une vue imprenable sur le hall d'entrée	
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • bonne orientation pour assurer un bon éclairage naturel • l'espace ne doit pas être trop éloigné des bureaux principaux • Il doit être correctement chauffé, ventilé et éclairé 	
Equipement	Les tables /chaises hautes et chaises de bar/la machine à café/canapés et de fauteuils/ Un ou plusieurs écrans de télévision peuvent même y être installés.	

Tableau II.3 : les exigences de Cafétéria
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcmbourg


Salle exposition temporaire		
Définition	Espace dominant dans tous les musées, il a pour but de redynamiser le musée En incident les visiteurs.	
Fonction	Introduisant les différents moyens de communication, elle est dotée d'un point d'information afin de réserver la meilleure instruction aux visiteurs.	
Localisation	Située au les niveaux (au niveau de l'accueil,,1er étage et 2ème,,etc)	
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • protéger contre la destruction le vol, l'humidité, la sécheresse, le soleil et la poussière • Isolation phonique des locaux. • La bonne visibilité 	
Equipement	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux d'affichages. 	

Tableau II.4 : les exigences de Salle exposition temporaire
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcmbourg

Salle exposition permanente	
Définition	<p>Espace dominant dans tous les musées, sa fonction est Présentation Et conservation des œuvres des peintres, des sculpteurs, des décorateurs, et des artistes dans tous les domaines de l'art .De façon à permettre la lecture de l'évolution des tendances dans ces domaines</p>
Fonction	<p>Introduisant les différents moyens de communication, elle est dotée d'un point d'information afin de réserver la meilleure instruction au visiteur</p>
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> • s'ouvrent très largement sur l'accueil général ou sur un accueil spécifique lorsqu'ils en comportent un • Ils sont également en étroite relation fonctionnelle avec les espaces de magasins et les ateliers de muséologie
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • Les accès publics aux espaces exposition doivent être évidents ces espaces devront être rigoureusement contrôlables (accès sécurité-incendie et vol-climat) • L'éclairage naturel le meilleur est souvent zénithal, toutefois l'éclairage latéral peut être plus adapté à certains types de musées • circulations fluides et sans entrave, ils répondront aux critères de circuit de visite définis par le responsable du musée • requièrent des ambiances climatologiques particulières (température, hygrométrie) • En aucun cas, ils ne devront s'ouvrir directement sur un extérieur en liaison directe avec la rue. • doivent comporter des locaux de services clos et isolés pour permettre le renouvellement des objets ou la préparation des expositions • Ne pas utiliser les portes tournantes pour ne pas gêner le mouvement des personnes âgées et handicapées. • La Continuité : on doit assurer la continuité des salles d'exposition dans le musée, à la fois verticale et horizontale.
Equipement	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux d'affichages de chaque section



Tableau II.5 : les exigences de Salle exposition permanente
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcmbourg

Comptoir de prêt	
Fonction	<p>Le comptoir de prêt est le point central de la bibliothèque. C'est à cet endroit que s'effectuent toutes les opérations liées à la circulation des documents (prêts, réservations, renouvellement, paiement des frais et des amendes, abonnement, etc.) ainsi que l'aide aux usagers.</p>
Localisation	<p>Situé à proximité de l'entrée principale de la bibliothèque ou la Salle de lecture /salle de périodique</p>



Tableau II.6 : les exigences de Comptoir de prêt
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcmbourg


Salle de Lecture (pour les adultes)		
Fonction	<p>La salle de lecture représente l'espace principal de la bibliothèque, autoriser l'élaboration d'une stratégie spatiale. Susceptible de mettre en contact ou d'éloigner certaines catégories de lecture. Les usages sont (des étudiants, chercheurs, public...)</p>	
Localisation	Positionnement permet d'assurer la distribution vers les différentes entités de Musée	
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • à l'écart des grands flux de circulation (nuisance sonore). • dans tous les cas ils seront isolés acoustiquement • Les rayons du soleil ne doivent pas pénétrer dans la salle. • La salle de lecture est orientée sud, la solution est d'avoir un éclairage zénithal qui permet la pénétration de la lumière blanche du nord. • Le traitement des façades et des fenêtres : par un double vitrage, double fenêtre et ceux-ci ont plutôt des qualités thermiques • Pour le personnel, ils seront en étroite relation fonctionnelle avec les bureaux de conservation, pour le public, ils seront en contiguïté avec l'accueil général • ils ne s'ouvrent pas directement sur un extérieur en relation directe avec la rue. • Les espaces de stockage des documents doivent être isolés de la lumière du jour 	
Équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau de la bibliothécaire, Tables, Chaises, • la connexion internet 	

Tableau II.7 : les exigences de Salle de Lecture
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bettcembourg


Espace Périodique		
Fonction	<p>L'espace périodique est toujours flexible et il a des casiers spéciaux pour périodiques, tables plus longues que dans les salles de lectures pour une même surface, à côté, pièce pour les vieux numéros non encore reliés</p>	
Localisation	<p>-En relation proche avec l'espace de lecture -L'espace périodiques est invitant et visible du comptoir de prêt, du hall d'entrée et de l'extérieur de l'édifice. L'aire de référence est située près du comptoir de prêt pour permettre une aide technique si nécessaire</p>	
Exigences Particuliers	<ul style="list-style-type: none"> • Un bon éclairage naturel ou artificiel. • Une bonne aération • Aménagement de l'espace par un mobilier confortable • L'utilisation des revêtements qui donne à l'espace le confort acoustique 	
Équipement	Bureau de la bibliothécaire, Tables, Chaises, corbeille	

Tableau II.8 : les exigences d'Espace Périodique
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bettcembourg


Auditorium (Salle de conférence et de la projection)		
Fonction	Cet espace accueille les conférences sur différents domaines de communication, pour recevoir des réunions, conférence, fêtes, et des projections.	
Localisation	Positionnement permet d'assurer la distribution vers les différentes entités de Musée avec une sortie vers l'extérieur	
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • La bonne visibilité • La pente est nécessaire pour la visibilité • Isolation acoustique de l'auditorium. • Ils s'ouvrent directement sur l'accueil général et n'ont comme ouverture sur l'extérieur que les issues de secours réglementaires • Ils doivent pouvoir être utilisés en dehors des heures d'ouverture des espaces • Perméabilité par rapport à l'ensemble des espaces de la Musée • Ils sont situés de préférence au rez-de-chaussée ou en sous-sol 	
Equipement	Scène, des sièges, Les draperies, les tentures, les éléments de décoration ou d'habillage flottants	

Tableau II.9 : les exigences de l'Auditorium
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm bourg


Salle d'informatique et internet		
Fonction	une salle équipée par des ordinateurs portables ou des pc du bureau avec des matériel réseau filaire et sans fil.	
Localisation	A proximité de secteur audiovisuel	
Exigences Particuliers	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne organisation du mobilier par rapport à l'éclairage. • Le besoin d'une bonne séparation entre les postes. • La nécessite d'un espace de circulation. • La pose des stores ou de rideaux spéciaux favorisera aussi la rétroprojection • Utilisation d'un éclairage artificiel. • Le confort pour les utilisateurs. • La bonne aération 	
Equipement	Des ordinateurs, Rayonnage, des tables, des chaises	

Tableau II.10 : les exigences de Salle d'informatique et internet
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm bourg


Salle Audiovisuel		
Fonction	C'est l'espace où se trouvent les documents audiovisuels Les Documents sont : Disque, cassette, DVD, ... C'est des documents fragiles et rarement en libre accès	
Localisation	Habituellement près de salle d'informatique ou vidéothèque	
Exigences Particuliers	Une bonne isolation acoustique de cet espace sera indispensable. Pour cela, on peut utiliser le béton armé avec comme isolant : laine de verre.	
Equipement	Bureaux avec des chaises et des postes informatiques avec des casques	

Tableau II.11 : les exigences de l'accueil de Salle Audiovisuel
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttembourg


Ateliers		
Fonction	on entend les espaces dans lesquels se déroulent des fonctions de production, soit : atelier de maintenance du bâtiment ; atelier de muséologie, atelier d'entretien ou de restauration des objets ; laboratoires photographiques ; studio de prise de vues photographiques ; atelier de simulation des équipements ; atelier de reprographie ; atelier d'entretien des véhicules.	
Localisation	peuvent s'ouvrir directement sur l'extérieur, toutefois il demeure préférable de les protéger par une zone tampon contrôlable	
Exigences particulière	Tenir compte des contraintes de fonctionnement (logique des processus) et éviter les ruptures de charge dans les transports. Certains ateliers devront être isolables entre eux et avec le reste des activités pour Des raisons de sécurité. Les ateliers de restauration des objets posent des problèmes spécifiques en fonction de la nature des collections du musée.	
Equipement	Des tables. Matérielle de maintenances	

Tableau II.12 : les exigences des Ateliers
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttembourg

LABORATOIRE SCIENTIFIQUE POUR LES ENFANTS (CRAZY LABO)	
définition	CRAZY LABO met en place des expériences scientifiques qui visent à stimuler la curiosité des enfants de 3 à 12 ans, offrir une activité ludique et scientifique pour enfants diversifier les activités en la rendant éducative à les sensibiliser aux manipulations scientifiques, à les émerveiller devant des réactions spectaculaires.
Fonction	Labo permet à les enfants de faire les expériences et ce dernier sont classées par thème : bien être, les 5 sens, la santé, la couleur, l'énergie, la matière, la chimie de notre quotidien. - Une activité originale, scientifique et ludique à proposer à votre clientèle
Localisation	Pole D'enfant
Equipement	Des Tables et des chaises, Microscopes, Lunettes de sécurité pour enfant de taille, tabliers de laboratoire et des gants de protection en caoutchouc.



Tableau II.13 : définition de CRAZY LABO
Source : élaborée par l'auteur

Secrétariat	
Définition	Service en relation direct avec le responsable d'un service pour faciliter le travail, traiter les documents, assurer la relation entre le directeur et les autres services
Fonction	La réception des visiteurs.
Localisation	A proximité du bureau de directeur
Exigences particulière	<ul style="list-style-type: none"> • Espace sécurisé • Elle sera visible par le public dès son entrée dans le hall
Equipement	Étagères, Bureau avec 2 chaises visiteurs, 1 poste informatique



Tableau II.14 : les exigences de Secrétariat
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm bourg


Bureau de direction		
Fonction	Permet d'assurer la gestion administrative du Musée.	
Localisation	- En relation proche avec l'espace d'accueil. - situés à la fois au centre des espaces de bureaux et proches de l'accueil des visiteurs spécialisés	
Exigences particulière	-Ils doivent être isolés phobiquement et visuellement des autres espaces de bureaux. Ils peuvent être en liaison directe avec les appartements de fonction. - Cet espace, du fait de sa fonction singulière, doit être sécurisé des visiteurs et de l'extérieur	
Equipement	1 bureau 80 x 150 cm au minimum (prévoir l'implantation avec 2 chaises visiteurs), 1poste informatique, des rangements intégrés fermant à clef.	

Tableau II.15 : les exigences de Bureau de direction
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm bourg


Bureau de service		
Fonction	Un lieu de détente et de travail pour l'équipe des travailleurs	
Localisation	En relation courte avec le bureau de direction. Une liaison (visuelle au moins) avec la cour	
Exigences Particuliers	<ul style="list-style-type: none"> • Espace plutôt réservé aux administrateurs. • Elle sera invisible par le public dès son entrée dans le hall 	
Equipement	Bureaux avec des chaises visiteurs, des Poste informatiques et de la photocopieuse	

Tableau II.16 : les exigences de Bureau de service
Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttcm bourg

Archives	
Définition	Espace pour ranger les dossiers, cet Espace doit être sec pour conserver les documents avec éclairage artificiel
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Accueil et renseignement ✓ Rayonnage ✓ Bureau documentaliste ✓ Dépôt
Localisation	Indifférente
Exigences Particuliers	<ul style="list-style-type: none"> • Espace sécurisé. • Une relation avec les locaux du traitement du livre et la salle de lecture et du prêt
Equipement	Des armoires à archives et petite table de consultation et une seul poste d'informatique



Tableau II.17 : les exigences de l'Archives

Source : livre : Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttembourg

F- Aire De Stationnement

Stationnement des véhicules Le stationnement concerne à la fois le public et les services : stationnement des cars et des véhicules privés, stationnement des véhicules de service ou de livraison.

L'implantation des stationnements de service (livraison de produits et d'œuvres) et des stationnements pour les véhicules de service doit respecter ces consignes de sécurité spécifiques : la séparation entre zone des produits et zone des œuvres sera recherchée dans la mesure du possible.

Les zones de déchargement étant en relation directe avec les zones de réserve et de stockage seront contrôlées et devront pouvoir être clôturées. Le stationnement des véhicules privés sera implanté de manière à minimiser les problèmes de sécurité et à réduire les cheminements vers l'accueil du musée.⁵

IV- 2 Programme Quantitatif

L'élaboration de ce programme s'appuie sur les études de cas présentés dans la phase thématique, ainsi nous avons procédé à un croisement de plusieurs programmes pour arriver à une surface plancher totale de répartie comme suit :

⁵ Museum Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE. Iris Bcttembourg

Entité	Espaces	Surface (m ²)
Accueil	Hall dégagement	120
	Accueil générale du public	60
	Accueil groupe et scolaire	35
	Billetterie	10
	Boutique	20
	Cafeteria	30
	Vestiaires	20
	Sanitaires publics	20
	Infirmierie	15
Animation	Ateliers animation	70
	Rangement	15
	Terrasse informatique	60
Expositions	Exposition permanente	650
	Forum	60
	Exposition temporaire	200
Conservation	Ateliers	64
	Réserve	100
Bibliothèque	Gestion et banque de prêt	20
	Lecture/rayonnages enfant/ Adultes/périodiques	80
	Multimédias/audio	40
	Rangement bibliothèque	60
Salle Conférence pour 100 places		220
Gestion Musée		140
Locaux Techniques		50
Surface Totale		2200 m²

Tableau II.18 : programme quantitatif

Source : normalisation des infrastructures et équipements culturels février 2008

Synthèse

Ce chapitre a touché le programme qualitatif et quantitatif des espaces de musée pour avoir à la fin un programme spécifique qui contient tous les surfaces de tous les espaces avec leurs exigences architecturales dans le but de faciliter le passage à l'approche architecturale.



CHAPITRE III
PROJET
ARCHITECTURALE

III-1 Etude Contextuelle

Introduction

On a essayé dans Cette approche d'étudié les variables contextuelles susceptibles d'influencer sur la conception architecturale du notre musée, à travers les trois échelles suivants : territoriale, Urbaine et locale,

L'intérêt de Cette approche est de choisir le site qui accueillir notre musée et de découvrir les différent principes et concept de conceptions appropriées à la région de Laghouat.

III-1-1 Échelle territoriale :

III-1-1-1 Situation géographique de Laghouat :

Laghouat est située au piémont de l'atlas saharien de la côte nord à une altitude de 760 m, constituant la liaison entre le nord et le sud du pays, elle est considérée comme la porte du Sahara. Elle est définie par les coordonnées (latitude de 33 ° 46' N et longitude de 2° 56' E) Le relief de la région est en général avec une faible pente de 0,1 % à 4 %.



Figure III.1 : Situation géographique de la ville de Laghouat
Source : encarta 2010

III -1-1-2 Situation Administrative :

La wilaya Laghouat partage ces limites avec deux wilayas du haut plateau (Tiaret et Djelfa) et deux autres du sud qui sont (El Bayadh et Ghardaia).

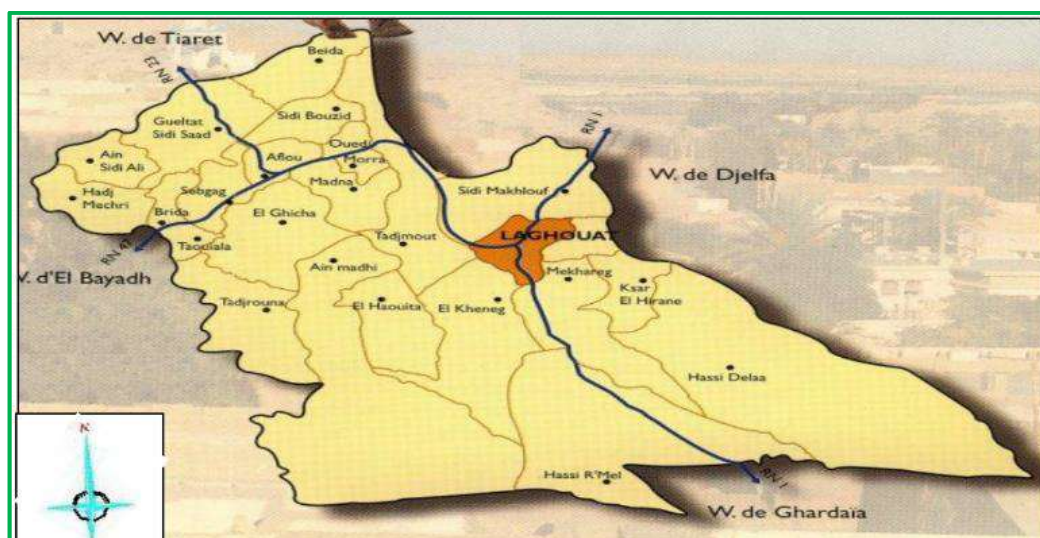


Figure III.2 : Carte administrative de la wilaya de Laghouat
Source : encarta 2010

III -1-1-3 Accessibilité de la ville :

A- Infrastructure aérienne :

La ville est dotée d'un important aéroport
Situé à 14 Km de la ville de Laghouat,
Toutefois son activité reste limitée.



Figure III.3 : Aéroport de Laghouat - Moulay Ahmed Medeghri **Source :** www.billetavion.info

B- Infrastructure routière

- la route nationale N° 01
- la route nationale N° 23



Figure III.4 : Laghouat l'accessibilité terrestre **Source :** Google earth

III -1-1-4 Etudes climatiques :

Sur le territoire Algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A.B.C et D).
La zone de Laghouat se trouve dans la zone D appelée la zone pré Sahara et Sahara.¹

Zone D : pré Sahara et Sahara	
Variations saisonnières	02 saisons, chaude et froide
Précipitations	Pluies rares, torrentielles par moments
humidité	Humidité réduite entre moins de 20% après midi à plus de 40% la nuit
Conditions célestes et rayonnements	Ciel clair pour une grande partie de l'année, rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol
Végétations	Extrêmement clairsemées
Vents	Généralement locaux, les vents de sable et les tempêtes sont fréquents observé généralement pendant les après midi.

Tableau III.1 : Extrait des caractéristiques de la zone D **Source :** Mazouz. S. 2004

A- Le climat lumineux de Laghouat :

La ville de Laghouat se caractérise par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 42 kilo lux et la dominance du ciel clair (la troisième zone).²

¹ Mazouz. S., 2004.

² thèse de Doctorat, N. Zemmouri

A-1 Le type de ciel :

La zone se caractérise par un ciel clair régnant pendant presque toute l’année. Cependant les jours nuageux sont rares. Le soleil dominant a un impact majeur sur les aspects thermique, énergétiques et lumineux.

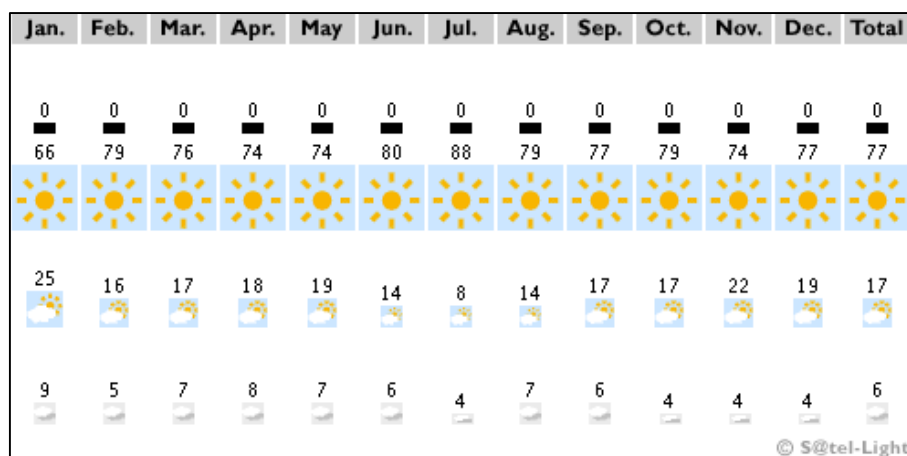


Figure III.5 : fréquence des ciels ensoleillés, intermédiaires et nuageux.

Source : www.satel-light.com

B- La température :

Laghouat est connue par un été très chaud avec des températures moyenne max pouvant atteindre jusqu’à 31,8°C en période estivale et un hiver est très rigoureux, la température moyenne min descend jusqu’à 8,5°C.

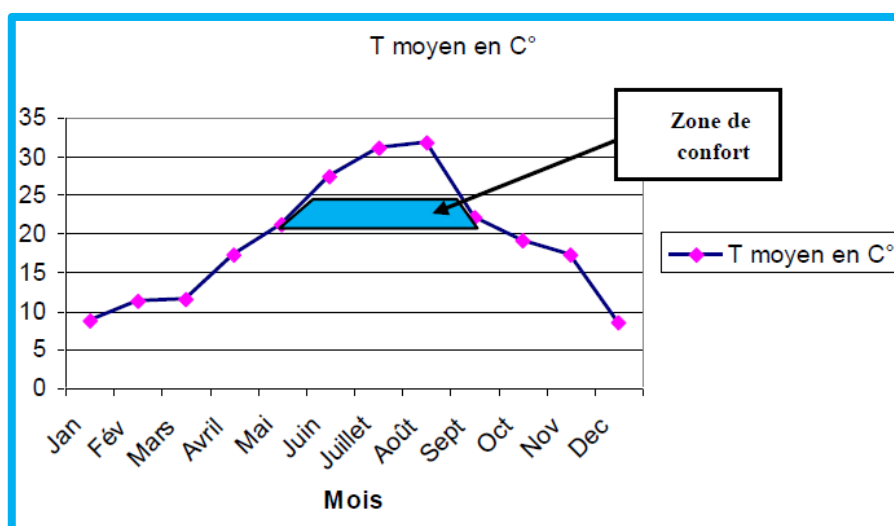


Figure III.6 : Courbe de température annuelle

Source : la station météorologique.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T en (C°)	8,75	11,25	11,5	17,3	21	28	31	31,8	22	19	17,25	8,5

Tableau III.2 : Les températures de la ville de Laghouat

Source : la station météorologique.

C- Humidité relative :

Dans le mois de Janvier on enregistre le taux d’humidité relative le plus élevé (68,2%), et le plus bas (26,4%) pendant le mois de juillet.

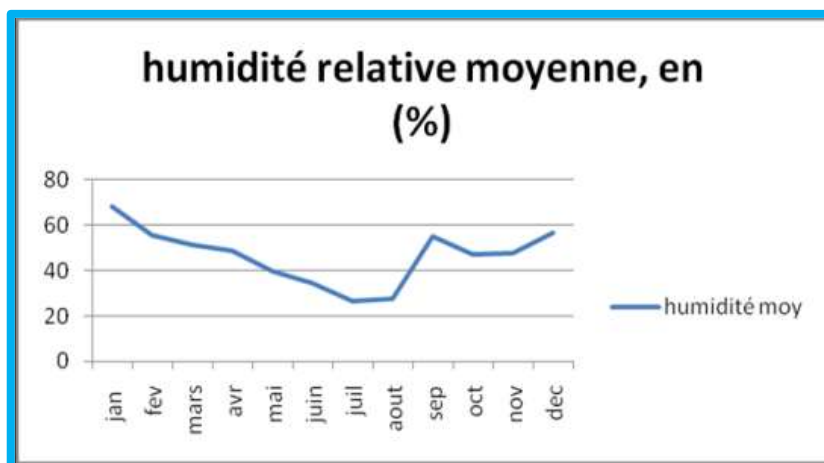


Figure III.7 : Courbe de l’humidité annuelle.
Source : la station météorologique.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
H en (%)	68,2	55,6	51,5	48,4	39,4	34,1	26,4	27,2	55	47,1	47,4	56,5

Tableau III.3 : l’humidité de la ville de Laghouat
Source : la station météorologique.

D- Les Précipitations

Les précipitations sont faibles, elles sont évaluées à mm/an.

La période de sécheresse s’étale de Mai à Octobre soit sur 06 mois de l’année, ce qui est très élevé.

Précipitations											
Années	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Moyenne décennale
Quantité de pluie	236,7	62,7	253,3	88,9	95,0	101,0	154,2	311,9	121,5	252,1	167,73
Nombre de jours	52	24	47	27	44	30	54	53	42	60	43,3

Tableau III.4 : Evolution des précipitations pendant une décennie à la ville de Laghouat
Source : station de météo-2013 - Laghouat

E- Les vents :

-Les vents dominants à Laghouat soufflent de l'ouest, mais aux Changements saisons la fréquence du vent est tout aussi importante du sud-ouest. Il y a très peu de vent d'orientation nord-ouest et presque nul au sud-est.

-Le siroco souffle 65- 70jours par an à partir du mois de mai, il est fréquent du côté nord et ouest.

-Le chehili venant du sud, souvent violent et sa vitesse varie de 15 à30M/S. et de direction sud-ouest fréquence 687heures/mois

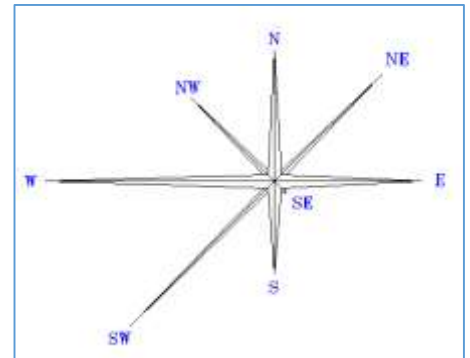


Figure III.8 : Rose des vents de la ville de Laghouat.
Source : la station météorologique.

III -1-2 Échelle Urbaine :

Laghouat tire son nom du mot « ghout » qui signifie maisons et ksour entourés de jardins, d'après Ibn Khaldoun une autre explication est avancée, Laghouat et le nom d'une tribu berbère Maghraoua appelée « Laghouat » ou « Béni El Agouant » qui habitait la région.

III -1-2-1 Synthèse de différentes phases de développement de la ville :

- **la 1ère phase :** l'ancienne ville.
- **la 2ème phase :** les lotissements et les Z.H.U.N 01 et Z.H.U.N 02. Après le dédoublement de la ville par un axe structurant RN01
- **la 3eme phase :** lotissements de l'OASISNORD et des nouveaux quartiers.
- **la 4eme phase :** l'extension vers l'Ouest et l'apparition des nouveaux lotissements tels que EL WIAAM .
- **la 5eme phase :** future extension.

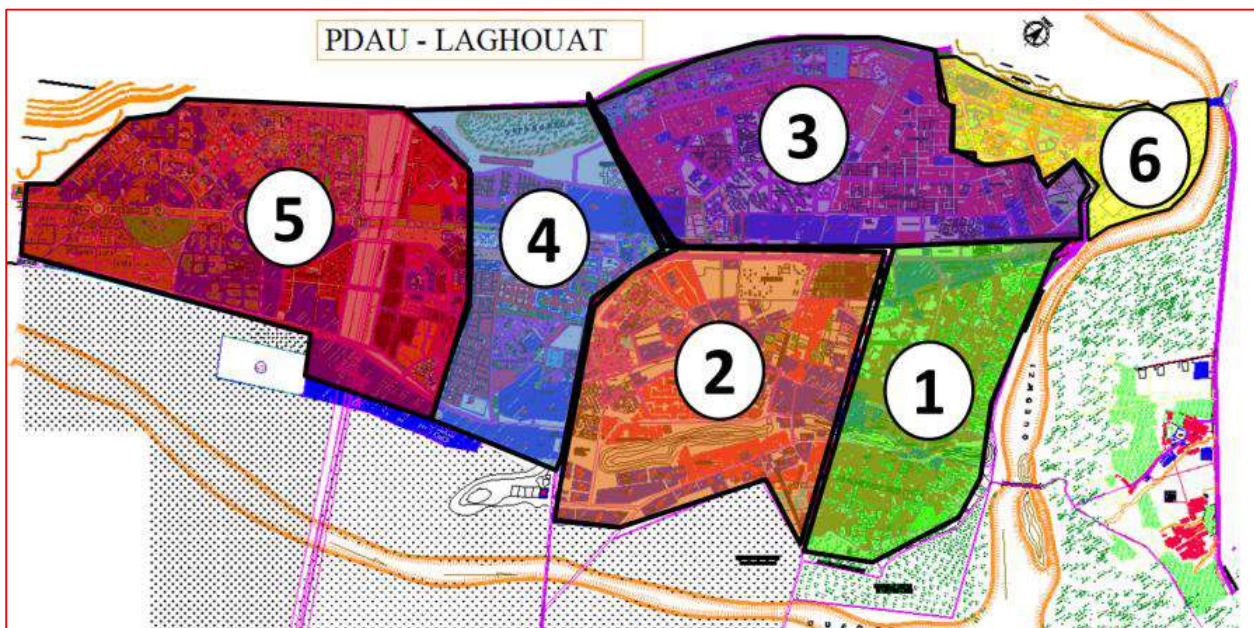


Figure III.9: Les différentes phases de développement urbain de la ville.
Source : (P.D.A.U) de Laghouat révision 2012.

III -1-2-2 Le système routier :

L'analyse de la structure urbaine démontre que la majorité des voies et nœuds majeurs se trouvent sur et à proximité de RN1.

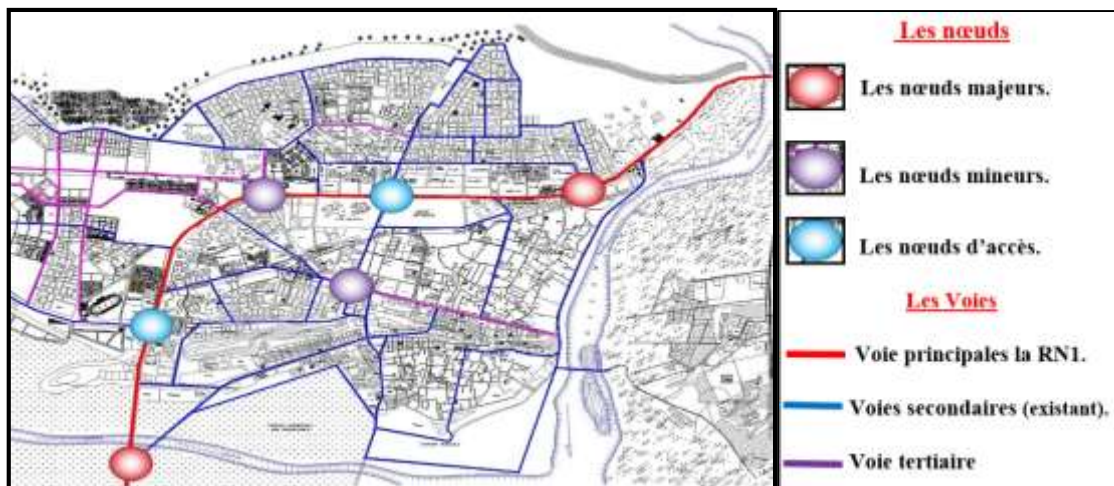


Figure III.10 : Systèmes routiers
Source : P.D.A.U Laghouat, révision 2008

II-1-2-3 Les équipements culturels dans la ville :



Figure III.11 : les différents équipements culturels dans la ville de Laghouat
Source : Google Earthe

III -1-2-4 les potentialités de la ville :

- A- **Situation** : La ville de LAGHOUAT située dans un emplacement stratégique est considérée comme la porte du Sahara, et un point de communication très important entre le nord et le sud.
- B- **Climatique** : la ville de Laghouat est caractérisée par un climat semi-aride, et que deux facteurs climatiques sont les plus importants :
 - 1 - l'ensoleillement.
 - 2 - les vents.
- C- **Scientifiquement** : La ville de Laghouat a bénéficié d'un pôle universitaire digne d'une ville universitaire doté d'une faculté des sciences et d'une faculté de technologie regroupant plus de 15 départements dans divers sciences et une faculté en médecine.

III -1-2-5 La typologie architecturale de la ville de Laghouat :

A- Le style architectural de Laghouat est caractérisé par :

- Tissu compact pour diminuer les surfaces exposées à l'ensoleillement et de se protéger contre les vents.
- Les constructions ont été implantée sur les oasis « les palmeraies » et l'eau ("Ghout " maison entourée de jardins).
- L'intimité et la spécificité de la maison (la sgiffa).
- Façade fermée qui suit le tracé de la rue
- L'utilisation des couleurs claires pour se protéger des Fortes chaleurs et réfléchir le rayon solaire.

B –les éléments architectoniques :




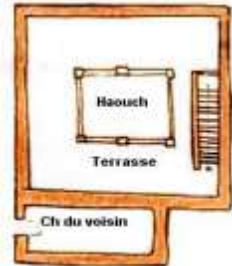
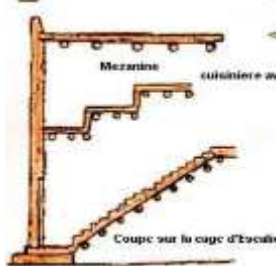
Le patio	Les arcades	Claustras	La terrasse accessible	La mezzanine
		 Claustra à l'intérieur		 Coupe sur la cage d'escalier

Figure III.12 : Les éléments architectoniques de Laghouat

Source : Auteur

III -1-3 Échelle Locale :

III -1-3-1 motivation du choix de site

- Le site se trouve sur un axe important RN n°1 qui est le support de la plupart des équipements principaux dans la ville (hôpital, hôtels, université...).
- Le site se trouve à l'entrée nord de la ville de Laghouat.
- Notre site est à proximité de la gare routière.
- Une situation stratégique offre une perspective qui invite à la découverte architecturale.
- Forme et morphologie adéquate pour notre projet.

III -1-3-2 Situation

Le site d'intervention se situe dans un milieu urbain (CITE EL GWATINE) au Nord-ouest de la ville et il possède une bonne accessibilité à proximité de La route nationale N1.



Figure III.13 : Plan de Situation de site d'intervention

Source : Google earth



Figure III.14 : Vue de site d'intervention
Source : Auteur

III -1-3-3 Accessibilité et flux :

- Le terrain est accessible coté est par un axe principal (RN N°1) et sur la côte sud par un axe secondaire et deux axe tertiaire sure les côtes nord et l'Ouest.



Figure III.15 : l'accessibilité vers le site d'intervention
Source : Google earth

III -1-3-4 L'environnement immédiat :

Le site avec un caractère résidentiel (habitat individuel) et un caractère administratif (Espace réserve pour les équipements).



Figure III.16 : L'environnement immédiat de site d'intervention **Source :** Google earth

III -1-3-5 Caractéristiques de site :

- La forme de terrain est rectangulaire avec une surface de 1.2 Ha,
- Le terrain est plat légèrement.

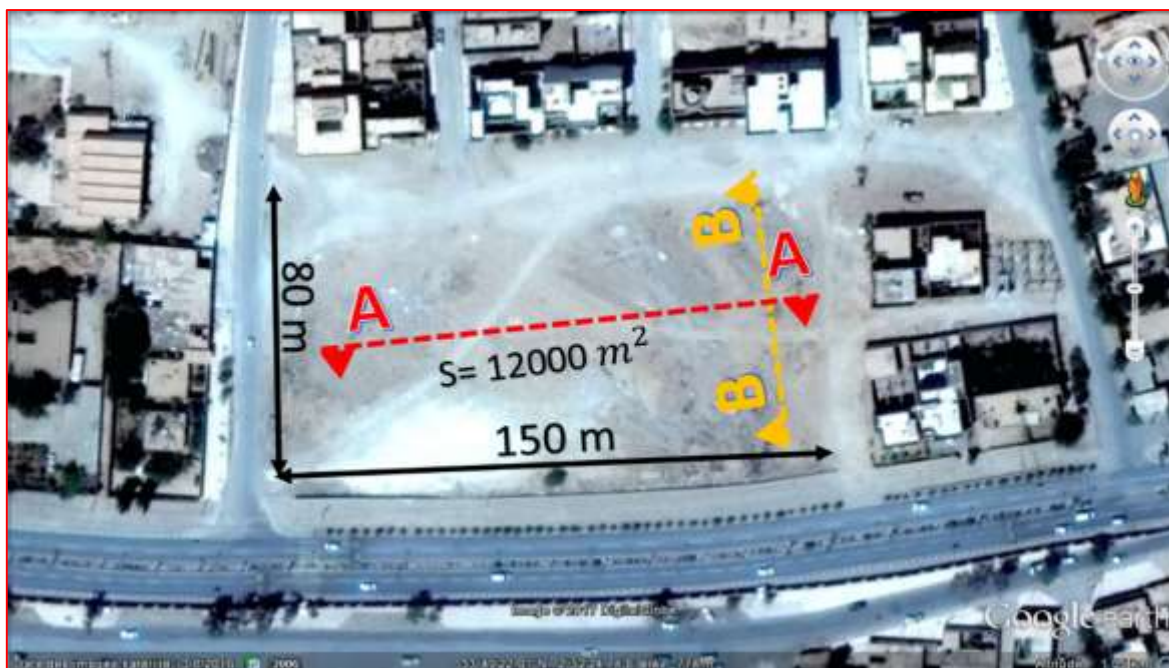


Figure III.17 : les dimensions de site d'intervention **Source :** Google earth



Figure III.18 : Profil d'élévation A-A du site d'intervention
Source : Google earth



Figure III.19 : Profil d'élévation B-B du site d'intervention
Source : Google earth

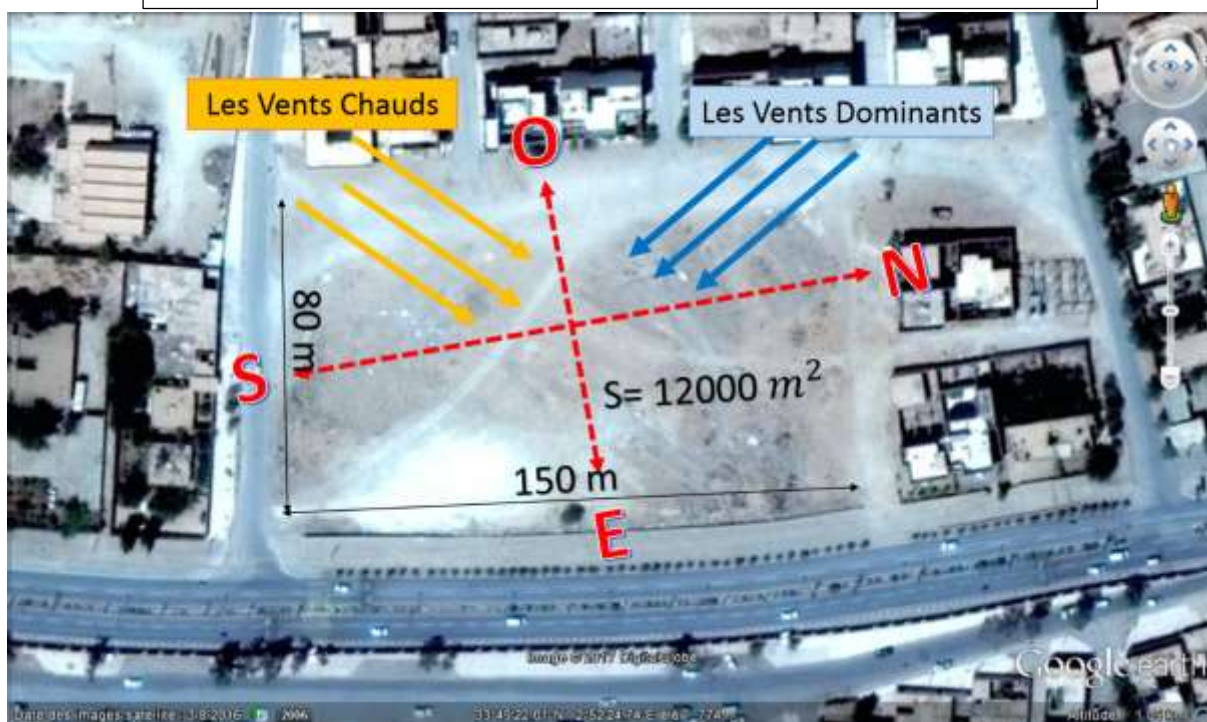


Figure III.20 : Les Vents du site d'intervention
Source : Auteur

- Les vents dominants pendant toute l'année sont de direction nord-ouest D'origine océanique et nordique.
- Les vents d'été (sirocco) viennent du sud-est dont la durée varie de 30 à 40 Jours par ans.

Synthèse

Après l'étude de la ville et l'analyse du site, nous avons extrait quelques éléments conceptuels liés au contexte :

La conception du projet sera basée sur l'implantation des différentes entités du projet tout en intégrant ces derniers avec les éléments structurants du site à savoir les voies, et les potentialités du site ainsi que l'environnement immédiat.

D'après savoir les éléments importants de climat on conclut :

-Température :

- Utilisation des matériaux d'isolations thermique
- Créer un micro climat assuré par le patio les fenêtres les jets d'eau

-L'enseillement :

- prendre en considération l'orientation des façades.
- L'utilisation des brises soleil.

-Vent :

- la forme curviligne pour minimiser les rayons solaires et diminue et la vitesse des vents.
- la création d'une ceinture d'arbre au côté du vent dominant
- L'utilisation des brises du vent

III- 2 La Conception Architecturale

Introduction

« Un projet est un espace vivant tel qu'un corps humain ce qui induit que les espaces qui le constituent doivent être complémentaires et fonctionnels tel que les organes vitaux »

Louis Kahn

La lecture et l'analyse des phases précédentes nous a permis d'entamer la partie architecturale

III-2-1 l'idée du projet

On a entamé notre projet musée durable de science et technologie par une idée philosophique, sachant que la science c'est l'ensemble des connaissances et la technologie c'est les techniques et les théories de l'application de ces connaissances (l'exemple le plus proche c'est les mathématiques qui représentent la science et la calculatrice qui représente la technologie).

La science et la technologie ont un but primordial c'est de résoudre les problèmes.

III-2-2 La genèse de projet

- On a matérialise cette philosophie par deux formes de base l'un représente la science et l'autre représente la technologie.

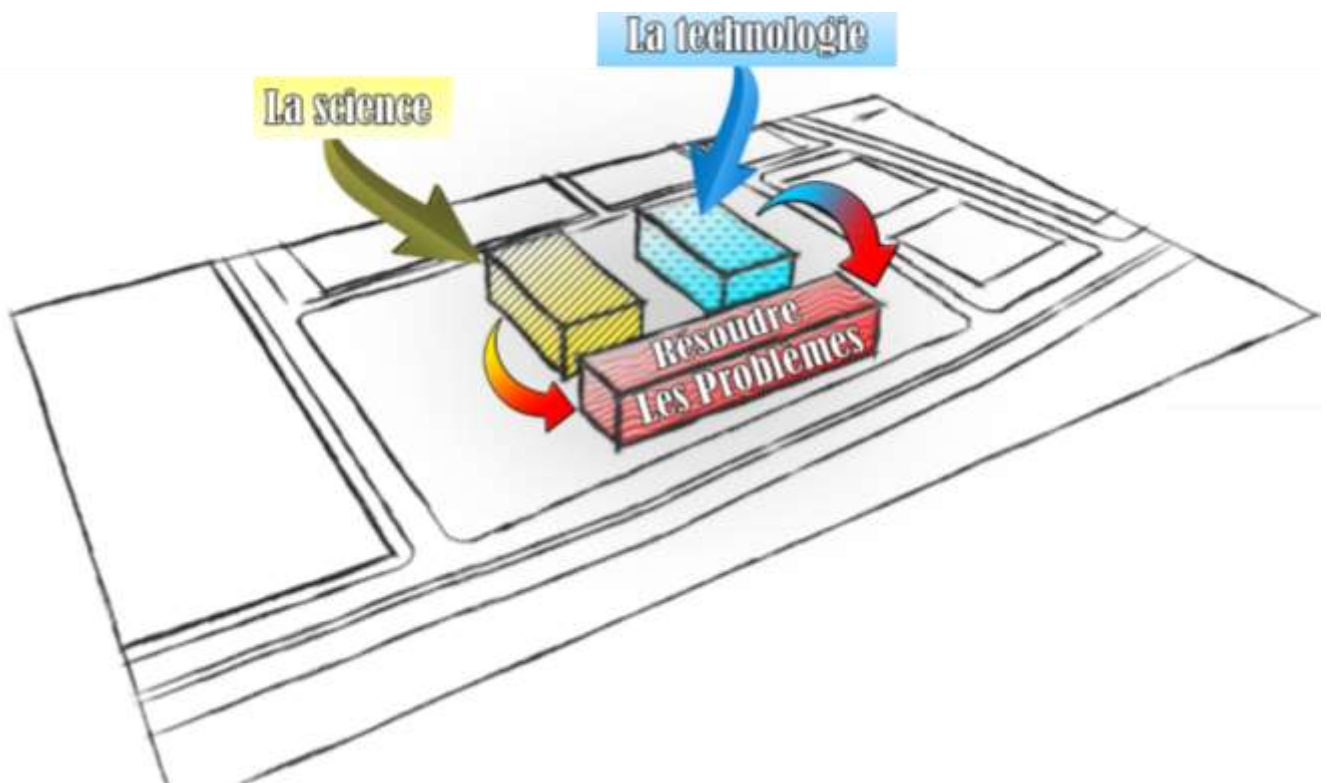


Figure III.21 : La genèse de projet 1^{ER} étape

Source : Auteur

- On a créé une relation entre les deux formes pour concevoir un espace clos qui représente un patio reflétant la typologie architecturale de la ville ,pour alléger le volume , mieux aérer les espaces et capter le maximum d'éclairage naturel.
- Pour changer la direction des vents dominants et les vents chauds vers la périphérie et minimiser les rayons solaires on a choisie des volumes dynamiques.

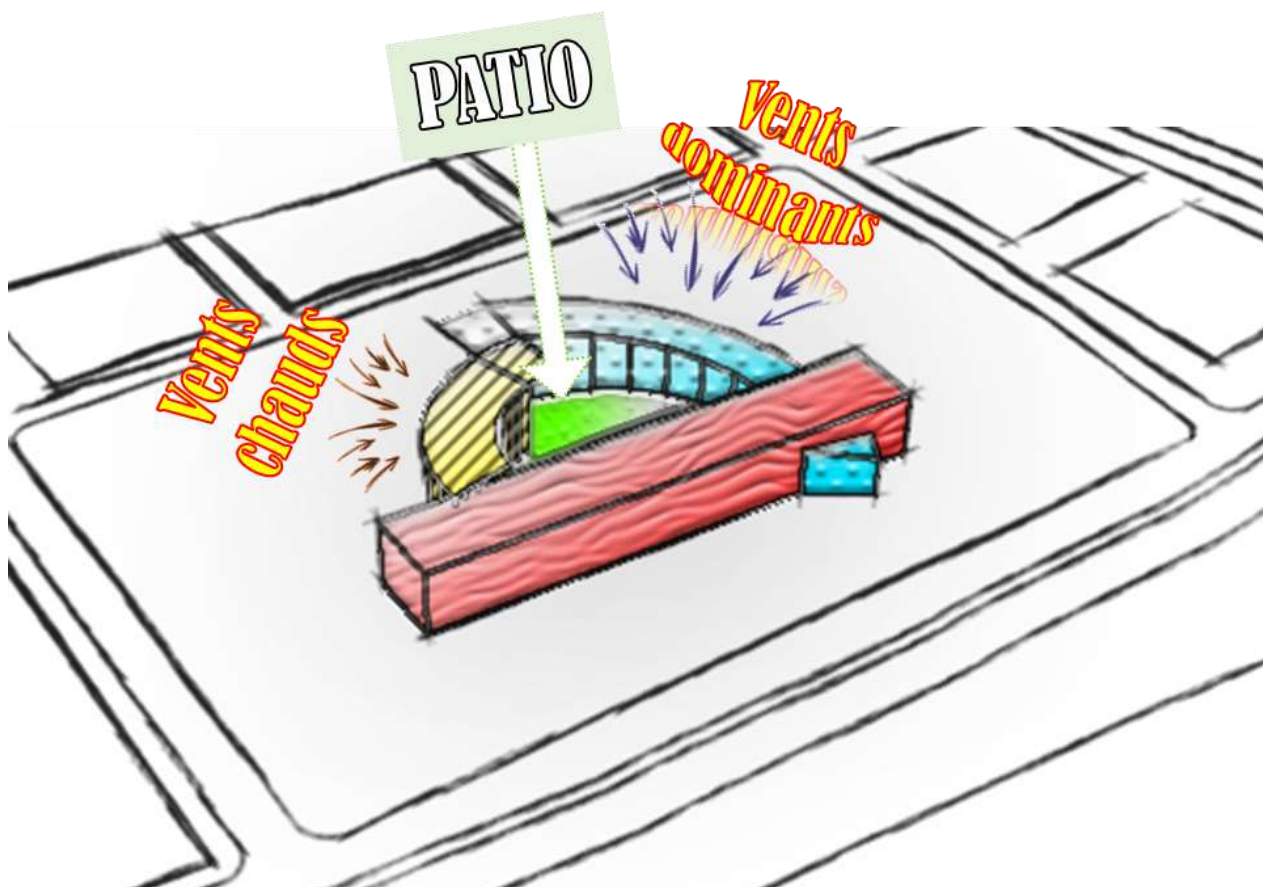


Figure III.22 : La genèse de projet Zemme étape
Source : Auteur

- On a relié entre les deux formes de base par une forme accueillante fluide qui reflète la nature du projet,
- On a ajouté une géode (sous forme d'atome) pour jouer le rôle d'un élément d'appelle et pour montrer la nature du projet.
- On résultant une forme dynamique et futuriste qui s'inscrit dans son temps, Cette forme doit exprimer l'évolution permanente de la science qui nous entoure et le développement technologique.

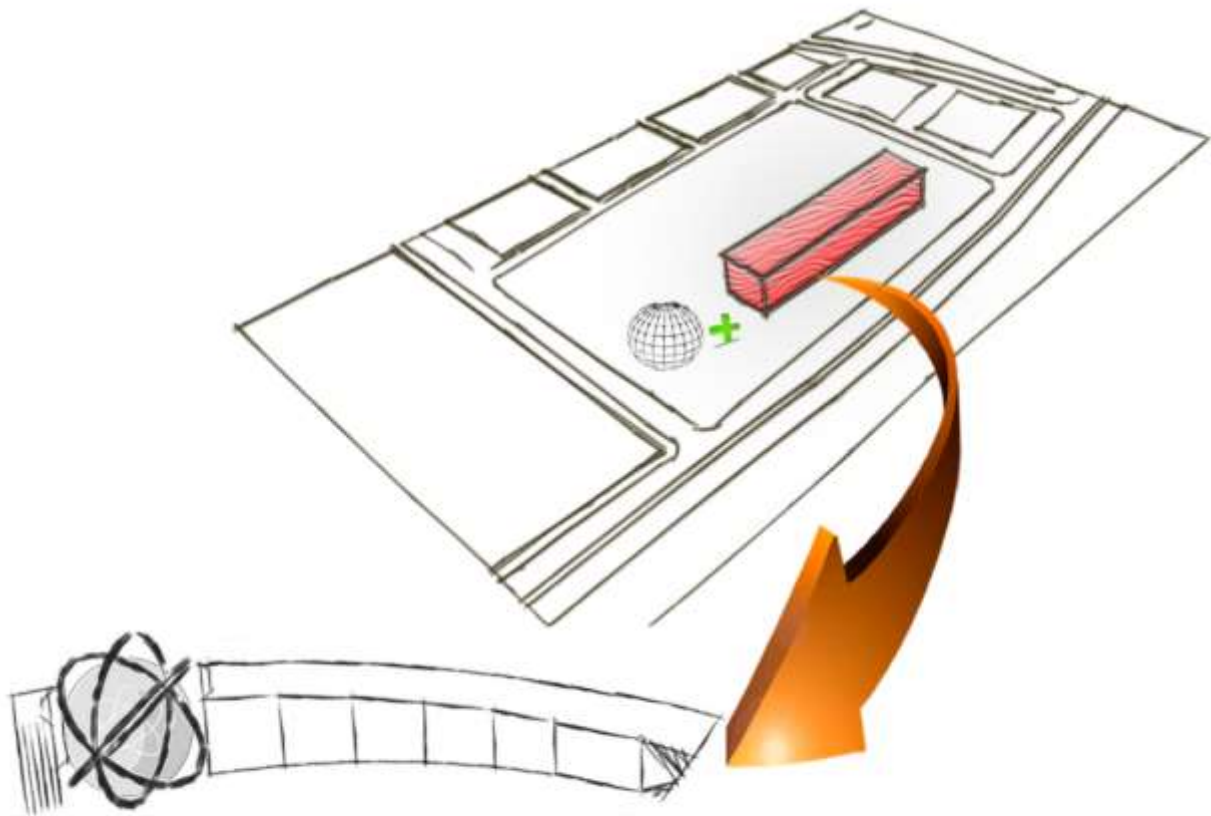


Figure III.23 : La genèse de projet 3eme étape
Source : Auteur

- La disposition de l'élément le plus long sur le front de site sur la façade urbain.

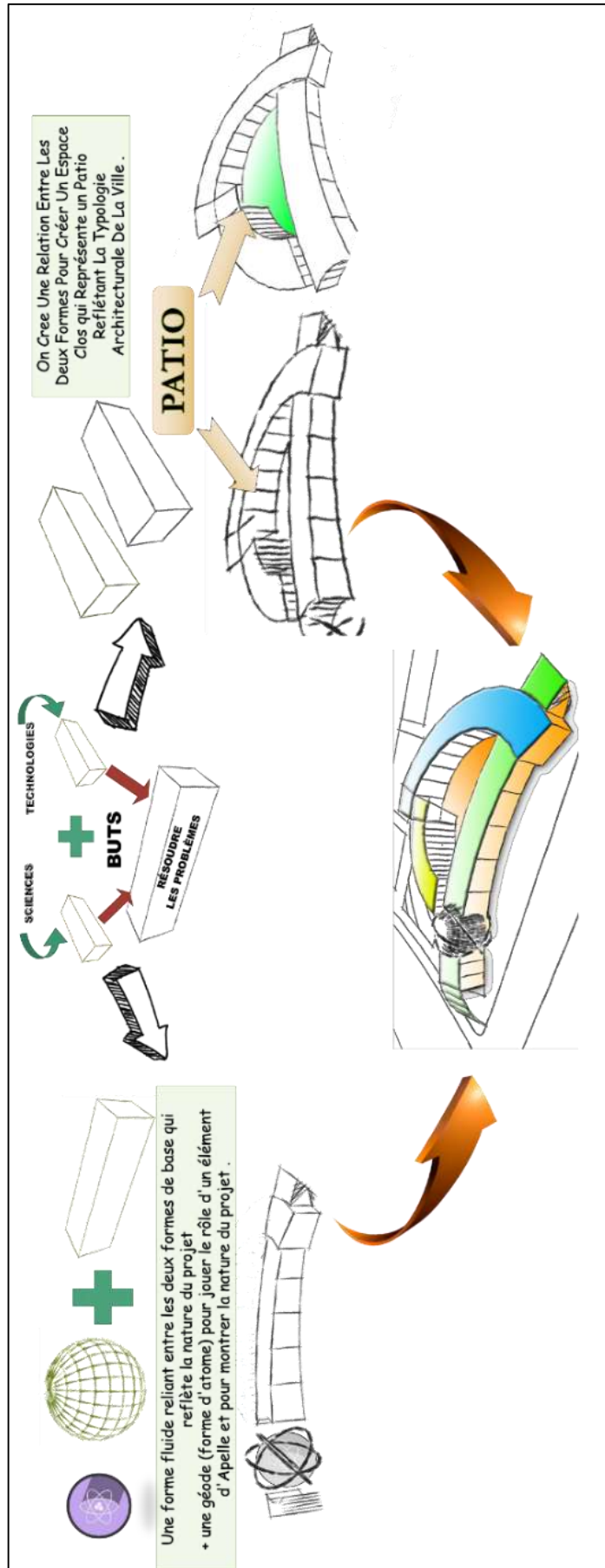


Figure III.24 : La matérialisation de l'idée de projet
Source : Auteur

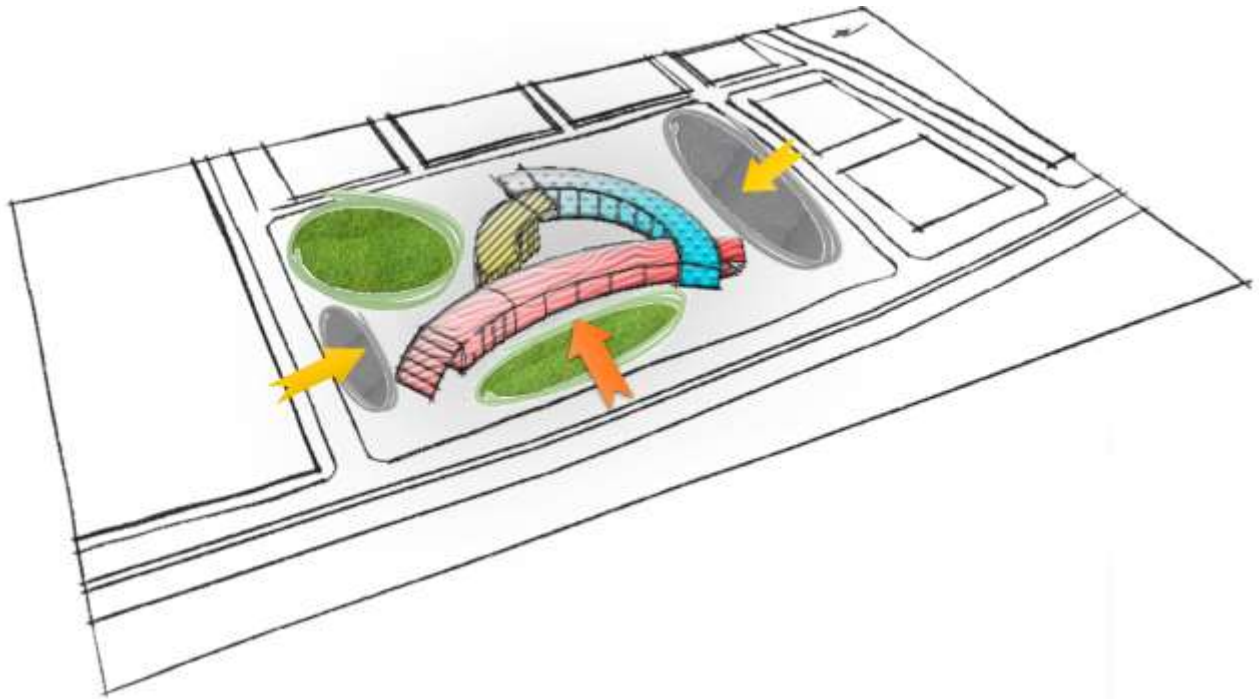


Figure III.25 : l'implantation du projet
Source : Auteur

- on a créé un accès principal pour les piétons au milieu du terrain sur l'axe principal dans un point visible.
- on a ajouté deux accès mécanique sur les axes secondaires l'un vers l'aire de stationnement des visiteurs qui est implante dans le côté nord du projet pour accueillir les visiteurs et faciliter le cheminement, et le deuxième est destiné aux personnels et aux services au côté sud du terrain.
- On a créé une esplanade d'entrée aménagée avec un espace vert et des plans d'eau pour :
 - marquer l'entrée
 - mettre le projet en valeur
 - minimiser les bruits
 - créé un microclimat et intégrer le projet dans son environnement
- On a créé un jardin au côté postérieur du projet pour des raisons climatiques et pour créer un espace de détente

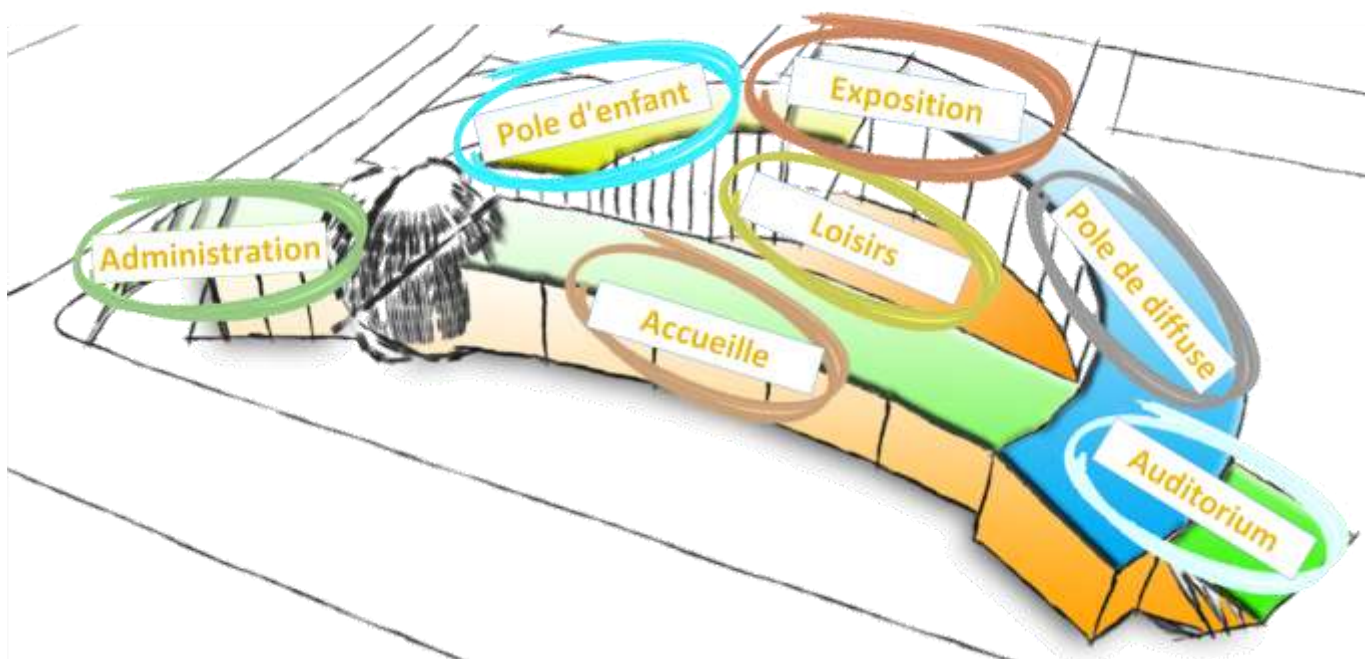


Figure III.26 : l'affectation des entités du projet
Source : Auteur

- On a affecté l'accueil sur la façade principale pour des raisons fonctionnelles, l'air de loisirs dans le patio pour des raisons de sécurité, le pôle de diffusion sur le côté nord pour bénéficier de l'éclairage uniforme, on a respecté la hiérarchie des espaces du bruit et du calme donc on a éloigné les espaces d'exposition de la source des bruits (route n°1).
- L'idée principale dans la conception des façades de notre musée est basée :
 - premièrement sur le respect des impératifs fonctionnels (normes de l'aération et d'éclairage, confort) pour assurer la clarté de notre projet
 - en s'appuyant sur la richesse et la diversité dans le traitement se qui évoquera la curiosité des visiteurs, et l'envie de découvrez le projet.

III-2-3 Description de projet

A- l'implantation

Ce Projet s'étalent sur une surface de 12000 m², se situe sur le haut du terrain aligné avec l'axe principal (route nationale n°01).

Afin de bien marquer l'entrée et l'accès principal nous avons prévu une esplanade d'entrée aménagée avec un espace vert et des plans d'eau pour mettre le projet en valeur et pour minimiser les

bruits, il est entouré par des espaces verts et des jets d'eau pour créer un microclimat l'intégrer dans son environnement, et pour créer un espace de détente.

B- L'accessibilité et les aires de stationnement

Afin de faciliter l'accès et bien gérer les flux et les circuits on a prévu :

- **Un accès principal pour piétons** : au milieu de terrain sur l'axe principal dans un point visible.
- **Un accès mécanique pour les visiteurs** sur l'axe secondaire nord ver l'aire de stationnement des visiteurs.
- **Un accès mécanique pour les personnels** sur l'axe secondaire sud ver l'aire de stationnement du personnel.

Notre projet est accessible par 5 accès :

- accès principale positionné comme continuité de l'axe principale dans un point plus visible sur la façade est bien marqué et apparent
- un accès indépendant pour l'auditorium.
- Un accès pour le planétarium.
- accès secondaire derrière le projet sur le côté ouest qui sera utilisé comme issue de secours
- un accès de service (pour des raisons fonctionnelles).
- **les aires de stationnement**

L'aire de stationnement des véhicules pour accueillir les visiteurs sera implanté d'une manière à faciliter le cheminement et pour minimiser les problèmes de sécurité,

Donc nous avons projeté deux parkings, le premier est destiné aux visiteurs d'une capacité de 30 véhicules se trouve juste à l'entrée mécanique au côté nord et le deuxième est destiné aux personnels et aux services au côté sud du terrain.

C- Organisation des espaces

RDC

Les parcours intérieurs sont conçus selon le principe d'une organisation circulaire à partir du hall d'accueil et d'exposition qui contient un comptoir de réception pour diriger les visiteurs

- des expositions et des écrans tactiles pour initier les visiteurs à la découverte du musée.
- 04 boutiques pour la vente des innovations technologiques et des livres scientifiques).

➤ Parcours 01 au côté nord :

En passant par la cafétéria pour des raisons de confort (odeurs, bruits, etc.), et pour des raisons fonctionnelles doit être absolument isolé du reste des activités du musée, il s'ouvrira à la fois sur l'accueil principal et sur l'extérieur et il se divise en deux parties : espace public de consommation (salle de cafeteria), et espace privé de préparation (cuisine).

- directement vers le sas d'entrée de l'auditorium (en double hauteur avec 300 places cette salle est accessible depuis un accès indépendant à l'extérieur ou à partir du l'intérieur de musée avec une issue de secours à l'arrière de la salle).

- Au même parcours nous rencontrons les espaces de pôle de diffusion qui contient la salle de vidéothèque et audiothèque et la salle d'informatique qui sont implanté sur l'endroit le plus calme.

- A la fin de ce parcours on trouvera la bibliothèque des adultes à l'écart des grands flux de circulation (dans tous les cas la bibliothèque sera isolée acoustiquement), et l'accès secondaire depuis le jardin, qui est le Point de convergence des autres parcours 2 et 3.

➤ Parcours 02 (est au côté sud) :

En allant du hall d'accueil et d'exposition on trouve le restaurant et l'infirmierie (qui sera localisé de manière à faciliter l'évacuation des personnes), et le planétarium (en forme de géode accessible à partir de l'intérieur de musée et à l'extérieur).

Et le pôle d'enfants qui contient une salle des jeux, une salle d'animation, un laboratoire (réservé pour les expériences scientifiques des enfants) et une salle de lecture, localisés tous dans un emplacement plus proche avec les espaces de détente dans une l'orientation sud-ouest pour bénéficier de l'éclairage naturel.

➤ Parcours 03 :

À partir de l'accueil directement vers le patio qui est destiné pour l'aire de loisirs couvert par une pergola.

1er étage

Ce niveau est accessible par deux escaliers pour le grand public au centre de l'équipement est destiné pour :

- les salles d'exposition temporaires et permanentes pour éloigner du reste des activités du musée.
 - deux ateliers clos et isolés pour permettre la réparation des objets ou la préparation des expositions.
 - deux laboratoires pour les chercheurs.
 - une terrasse accessible destinée pour l'exposition en plein air et comme espace de détente pour profiter de la vue vers le jardin de notre projet
-
- L'affectation d'entité administrative dans la côté sud avec une entrée indépendante pour des raisons fonctionnelles avec une relation indirecte avec les différentes entités du projet
 - Un patio central constitue un air de jeux pour mieux aérer les espaces et pour capter le maximum d'éclairage naturel.
 - Pour la circulation verticale on a prévu deux ascenseurs panoramiques et deux escaliers pour le public, et une troisième pour l'administration.
 - Les sanitaires sont suffisants et distribués à chaque entité principale.

D- Les façades



Figure III.27 : LA FAÇADE EST
Source : Auteur



Figure III.28 : LA FAÇADE SUD
Source : Auteur



Figure III.29 : LA FAÇADE OUEST
Source : Auteur



Figure III.30 : LA FAÇADE NORD
Source : Auteur

III-2-7 Les concepts bioclimatiques

Pour Atteindre les objectifs du notre musée qui la Concevoir d'un projet durable qui économise la consommation énergétique et assure les conditions de confort optimal aux usagers à travers les techniques d'architectures bioclimatiques. On essaye d'appliqué le maximum des techniques d'architecture bioclimatique dans notre projet.

A/L'utilisation du patio : Utilisation du patio et de la cour pour exposer les espaces intérieurs à l'ensoleillement (créer un micro climat).

B/ La végétation et les jets d'eau :

La végétation à feuilles caduques procure un ombrage naturel saisonnier permet de profiter de la lumière et l'ensoleillement en hiver tout en créant un ombrage en été.

- Ombrage des façades sud par les plantations à feuilles caduques.
- Une chaîne de plantations d'arbres à feuilles persistantes proposées sur la partie nord-ouest pour briser les vents froids.
- implanté un plan d'eau et les fontaines pour l'amortissement de l'air dans le période estivale. et pour le rafraichissement.

C/ les atriums bioclimatique :

C'est un système passif pour assurer l'éclairage naturel et le confort visuel et thermique à l'intérieur du hall d'accueil et d'exposition et pour la Ventilation naturel. (Pour plus de détails voir le chapitre technique)

D/ la façade en double peau :

On utilise des façades en double peau sur les façades est et ouest pour absorber les variations du climat pour réguler la température intérieure des espaces. Cela permet au bâtiment d'économiser de l'énergie, en protégeant du froid et du vent, ou en stockant de la chaleur comme les serres solaires passives. (Pour plus de détails voir le chapitre technique)



Figure III.31 : façade Est en double peau
Source : Auteur



Figure III.32 : façade Ouest en double peau
Source : Auteur

E/ le mur végétalise (façade sud) : Les façades sud posent un problème d’ensoleillement donc pour assurer la protection solaire on a utilisé une deuxième paroi par l’utilisation d’un mur végétalise sur la façade sud pour minimiser les rayons solaires et assurer le confort thermique et acoustique. Ce mur est équipé par un système d’arrosage automatique par la récupération des eaux pluviales et des eaux usée (Pour plus de détails voir le chapitre technique)



Figure III.33 : façade sud végétalisée
Source : Auteur

F/ La toiture ventilé : L'adaptation des doubles toitures ventilées pour une meilleur isolation thermique.

G/ Le Chauffage Solaire : Par l'intégration des panneaux photovoltaïque sur la toiture et dans la géode, (Pour plus de détails voir le chapitre technique)

H/Matériaux de construction :

- Isolation thermique et l'étanchéité de l'air par l'utilisation des matériaux à une grande résistance et faible conductivité.
- Utilisation des matériaux pour les interfaces de stockage : accumule et restitue la chaleur.
- Utilisation des vitrages isolants.

I/utilisation des couleurs claires :

- Des couleurs réfléchissantes à l'extérieur.
- Des couleurs claires et mates à l'intérieur.



Figure III.34 : Vue en 3D coté EST
Source : Auteur

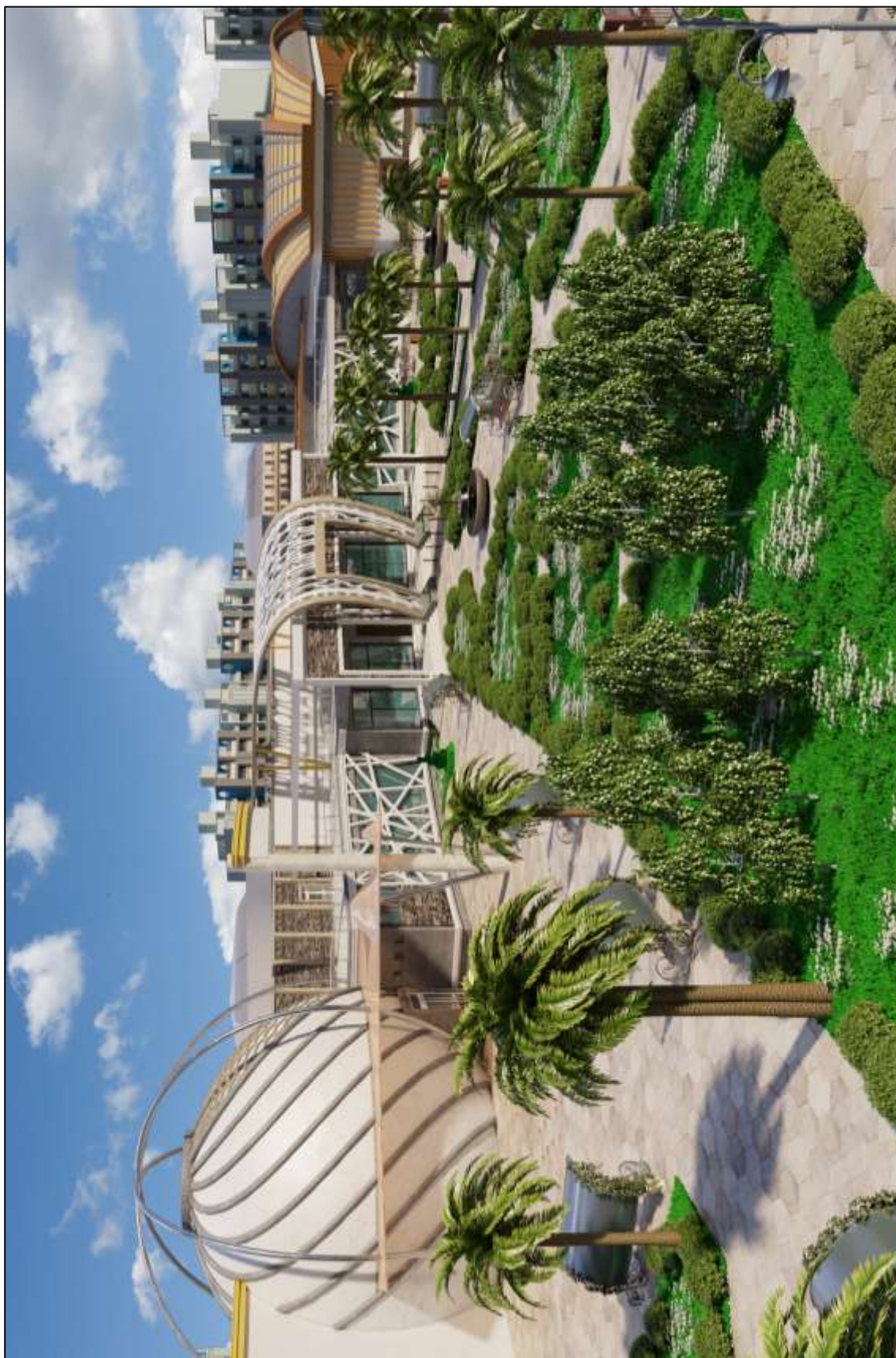


Figure III.35 : Vue en 3D coté SUD-EST
Source : Auteur



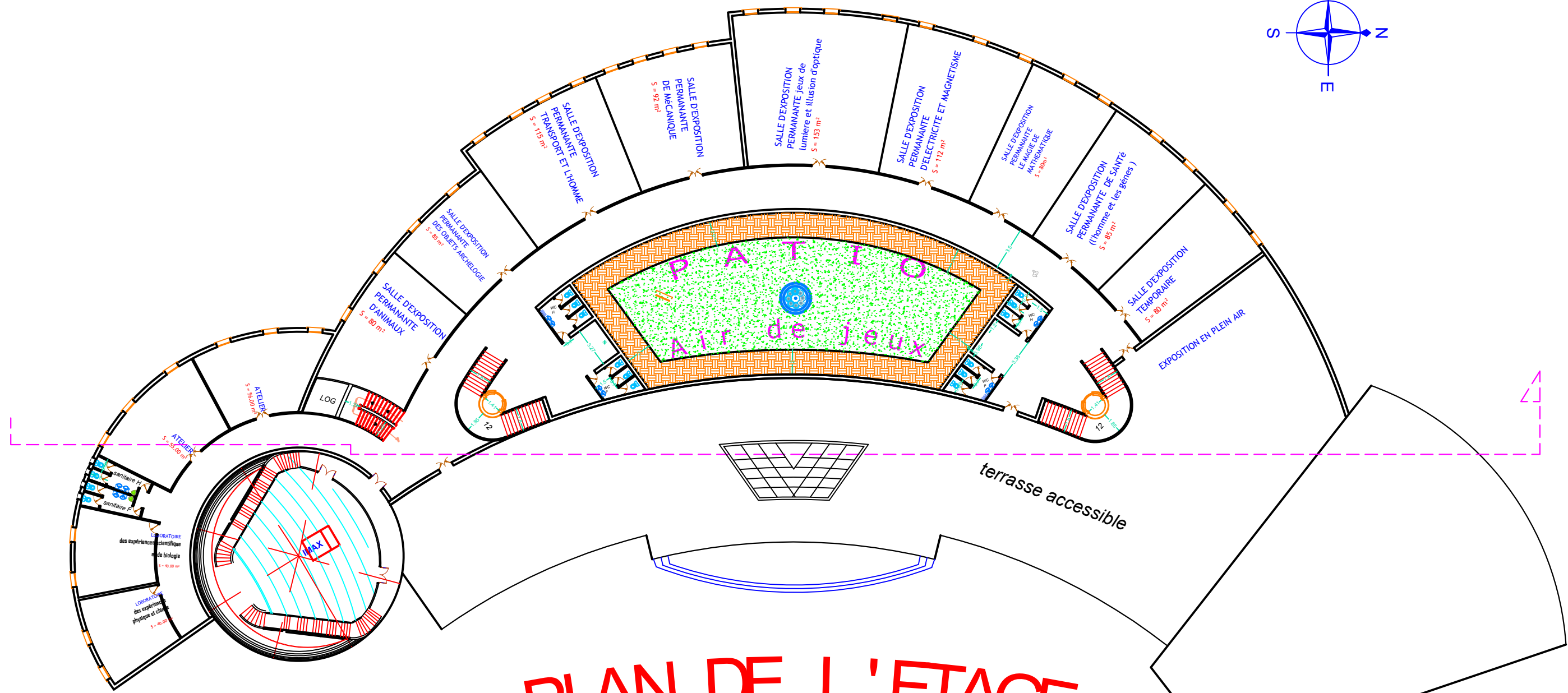
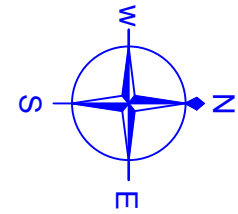
Figure III.36 : Vue en 3D coté SUD
Source : Auteur



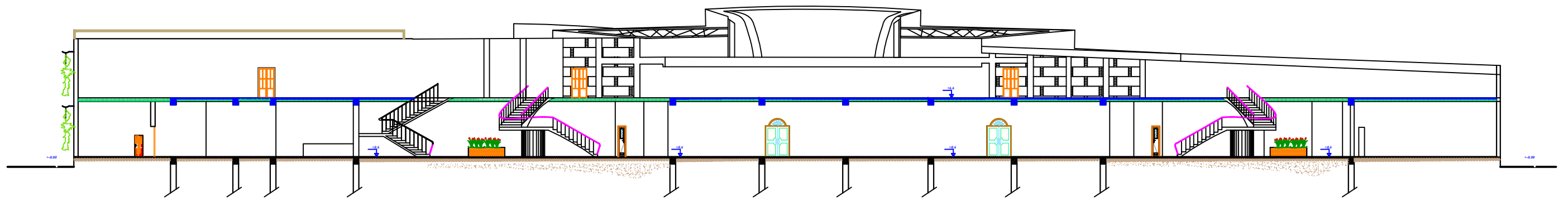
Figure III.37 : Vue en 3D coté NORD
Source : Auteur

Synthèse

On espère avoir réussi à concevoir un musée des sciences et technologie durable qui répond aux besoins de la ville dans le domaine culturel et scientifique et plus de son rôle comme un pôle attractif et avoir un équipement qui assure le confort des visiteurs et les employées qu'on a étudié la fiabilité dans le prochain chapitre



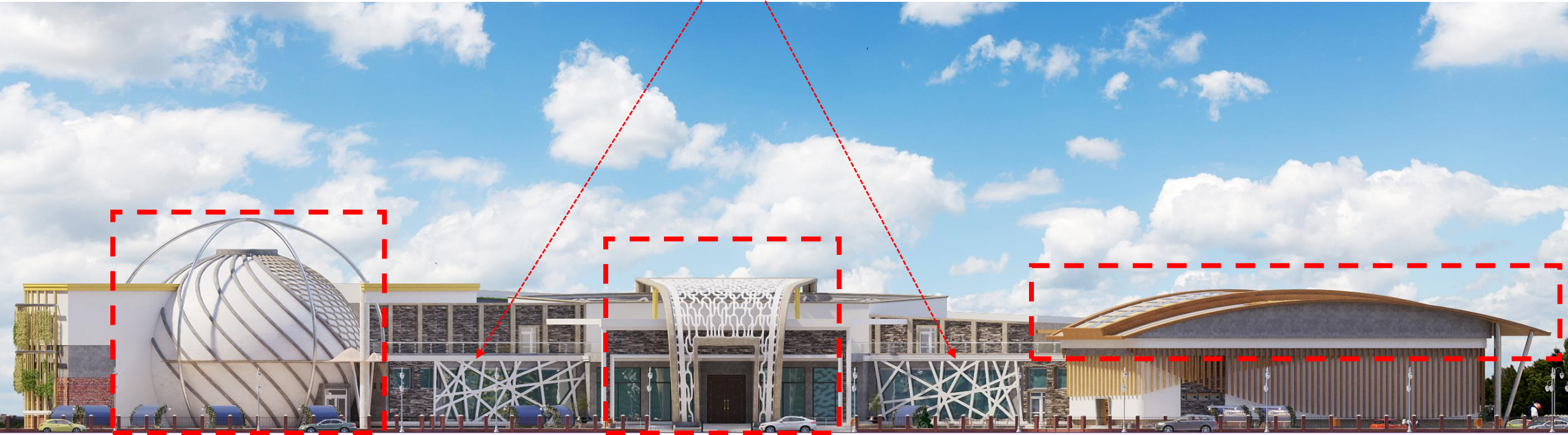
PLAN DE L'ETAGE



Coupe A-A

La Façade EST

Des baies vitrées pour favoriser l'éclairage naturel et assurer la relation entre l'intérieur et l'extérieur avec une façade en double peau avec des motifs modernes pour la protection solaire



Un Traitement spécial de la géode qui est inspirée de la forme d'atome , avec une entrée bien marquée

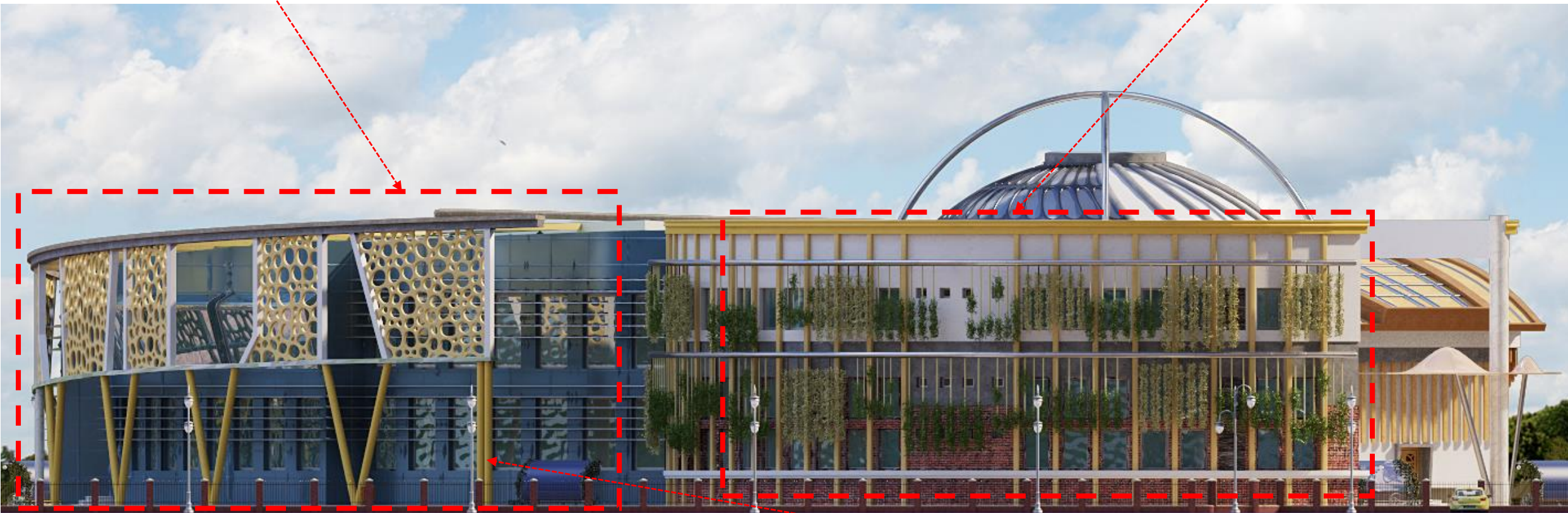
L'utilisation d'un élément décoratif contemporain pour marquer l'entrée principale

Des formes de toiture dynamique qui exprime l'évolution permanente des sciences qui nous entourent

La Façade SUD

Mur en double peau pour des raisons climatiques

L'utilisation d'une façade végétalisée pour minimiser l'effet des rayons solaire,



Revêtement avec des Panneaux composite qui reflète la modernité

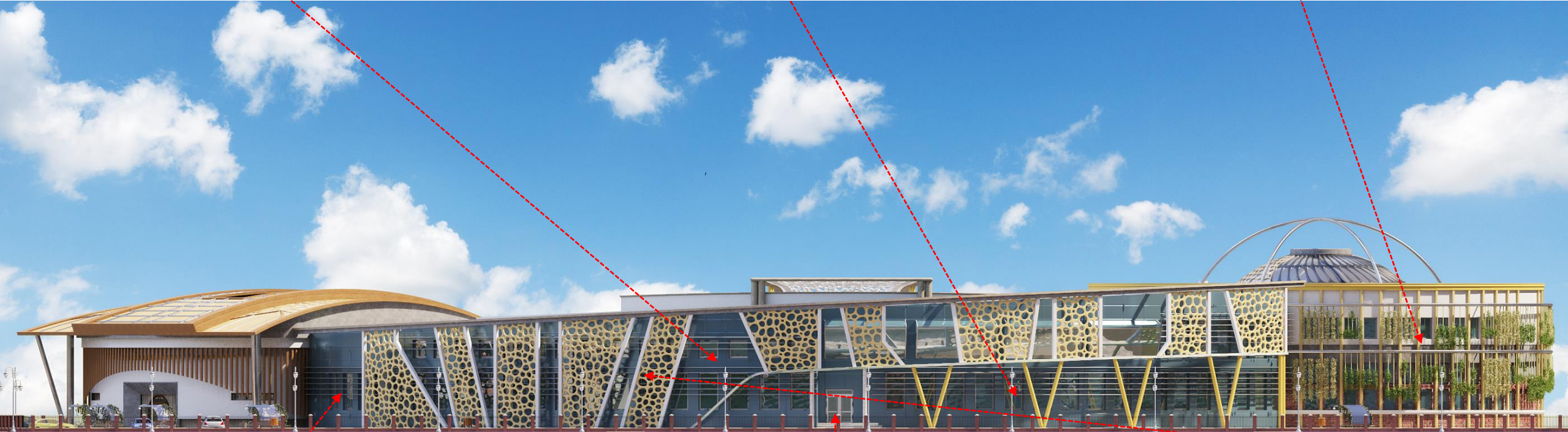
Une structure apparente qui offre une touche de modernité

La Façade OUEST

des brises soleil horizontaux mobiles

Structure apparente qui reflète la modernité

Mur végétalisé pour des raisons climatiques



Revêtement en Panneaux composites

Entrée secondaire bien marquée

L'utilisation de façade en double peau pour des raisons climatiques

La Façade NORD

Entrée De L'auditorium Remarquable
par un auvent

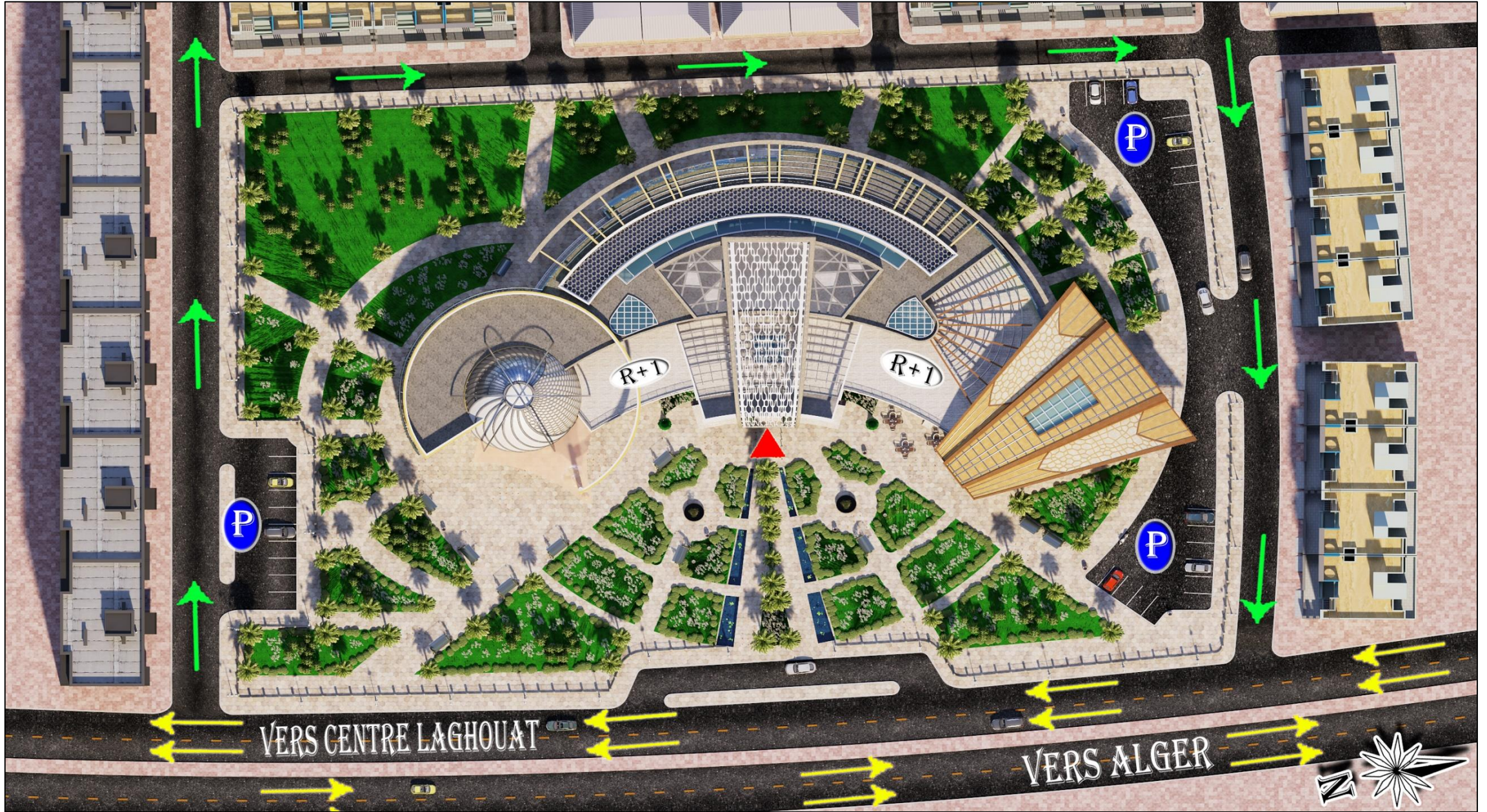
La Gradation de toiture
pour assurer la fluidité



Traitement de l'auditorium
avec des éléments
verticaux

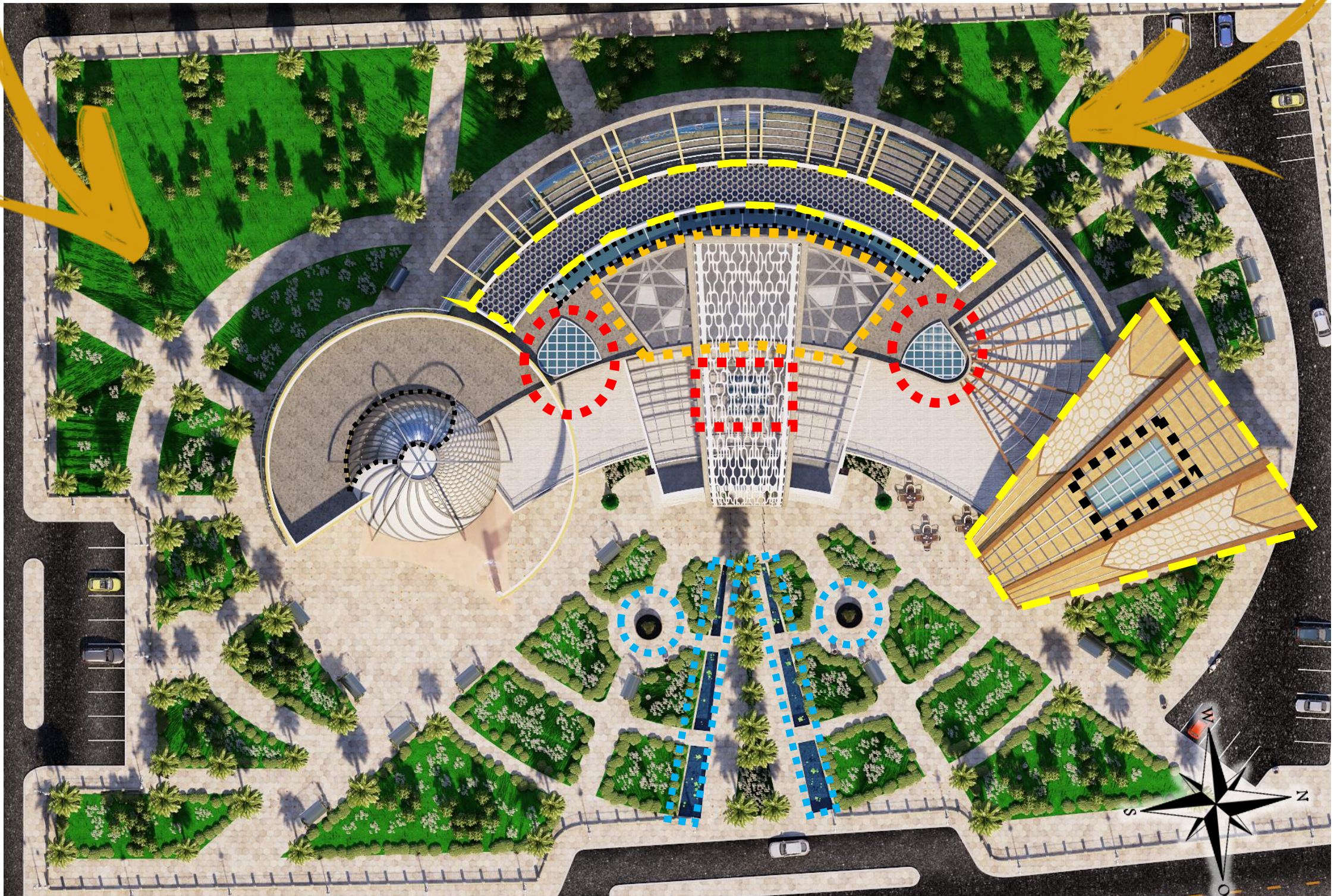
L'utilisation De Vitrage Pour
Exploiter L'éclairage Uniforme

Plan de masse



Des écrans d'arbres à feuilles caduques implantés dans la partie sud

Des écrans d'arbres à feuilles persistances implantés dans la partie nord/ouest



Des atriums



Les plans d'eau



Patio



Double toiture ventilé



Des panneaux photovoltaïques

Figure III.38 : Les concepts bioclimatiques

Source : Auteur



CHAPITRE IV
ETUDE
TECHNIQUE

IV- Etude technique

Introduction

«On ne peut pas parler de l'architecture s'il n'y a pas de constructions.»

Christian Norbert-Schulz Architect norvégien

L'approche technique c'est l'approche qui détermine les différentes formes de réalisation du projet (sa structure, Les seconds œuvres, et la gestion des corps d'état secondaires), elle est aussi pour but de compléter l'approche architecturale pour le projet soit logique et réalisable

IV- 1 Le système structurel

Le choix de la structure a été dicté par la nature et la fonction de chaque entité Ceci en respect des normes de construction. Globalement on a quatre grands types :

- Une structure en béton armé pour le coté est du projet (restaurant, cafeteria, l'infirmierie, les boutiques et l'administration)
- Une structure métallique pour l'auditorium
- Une structure mixte pour le pôle de diffusion et le pôle d'enfant et les salles d'exposition
- Structure tridimensionnelle pour la géode (salle de projection)

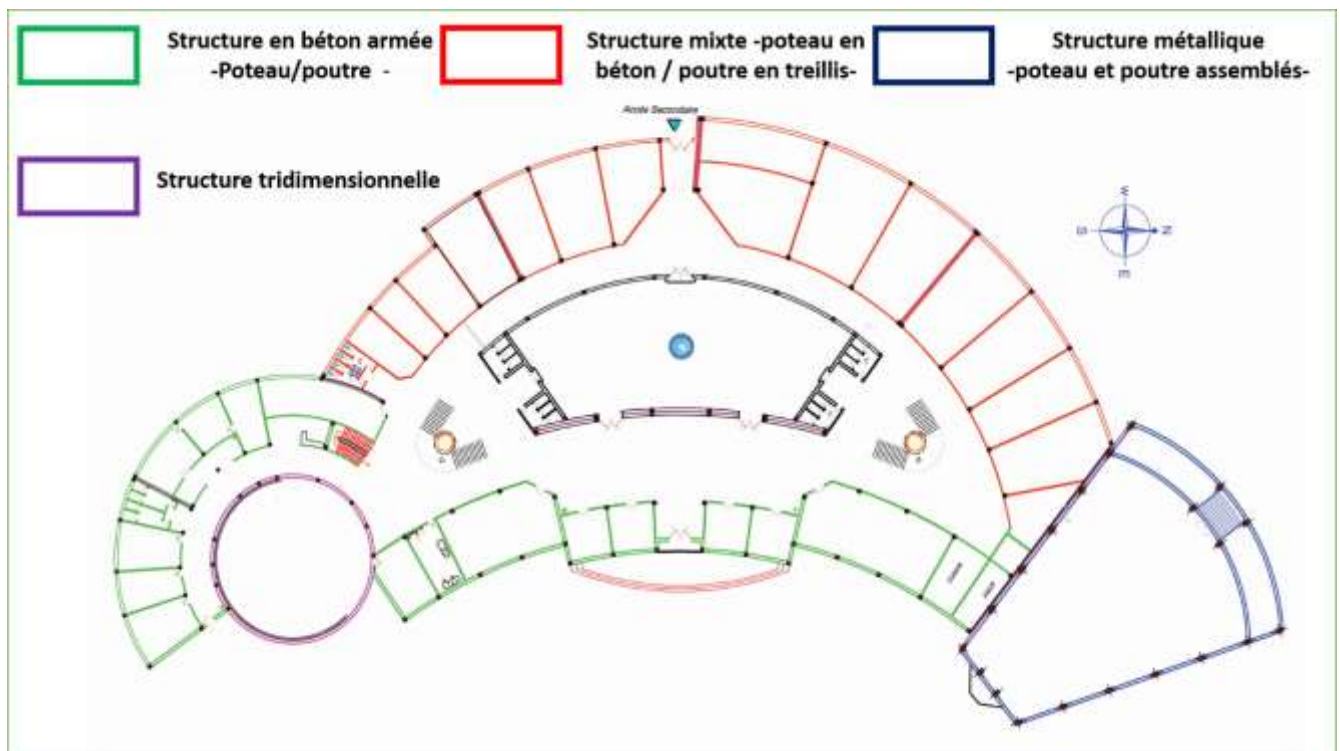


Figure IV.1 : le système structurel **Source** : Auteur

A- La structure en béton armé

Constructions par ossature poutre – poteau : ce system est approprié pour notre musée pour assurer :

- ❖ une bonne résistance aux efforts de compression et de cisaillement.
- ❖ une bonne protection contre l’incendie.
- **L’infrastructure :** Pour ce qui est des fondations on ne peut pas statuer sur le choix, car il relève d’une étude précise sur la résistance du sol, du type d’ouvrage et d’un résultat des calculs des descentes des charges , néanmoins sachant que Le projet doit satisfaire la stabilité donc il est prévu des semelles isolés pour toute la structure du projet.

- **Les poteaux :** Ils constituent les éléments porteurs verticaux ils sont de section carrée de 30x30, Leur rôle Principale est de supporter les charges et transmettre Aux fondations.

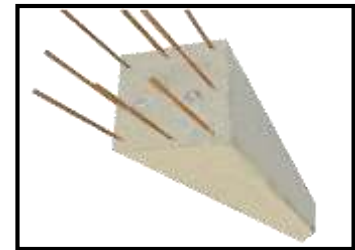


Figure IV.2 : poteau en béton armée **Source :** cour construction 2emme année architecture UATL

- **Les poutres :** Ce sont des éléments porteurs horizontaux en béton avec armatures incorporées, elles transmettent les charges aux poteaux d’une section rectangulaire Les portées varies entre 5 à 12m de portée, la retomber des poutres varie selon les portés et selon les espaces.

- **Le plancher :** à corps creux sont composés de 3 éléments principaux :
 - **les corps creux** ou "entrevous" qui servent de coffrage perdu (ressemblent à des parpaings),
 - **les poutrelles** en béton armé précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
 - **une dalle de compression armée** ou "hourdis" coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression. Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

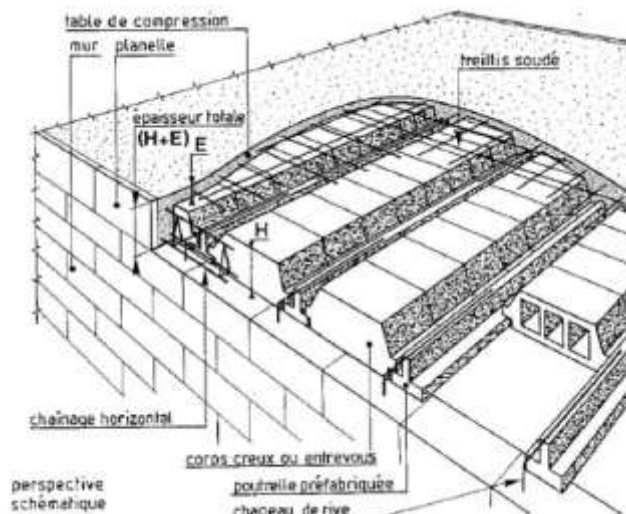


Figure IV.3 : les éléments principaux d’un plancher à corps creux **Source :** Cours : Bâtiment 2 –S6 LICENCE Génie Civil –Option : Construction Bâtiment - Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef

B- La structure métallique : l’architecture métallique est un type de constructions employant des matériaux métalliques fabriqués en masse

- **Systèmes de construction choisie pour la structure métallique :** Un portique métallique constitue de poteau et poutre assemblés
- **Les poteaux :** c’est des poteaux métalliques en forme de H de gamme HEM180
- **Les poutres :** c’est des poutres métalliques en forme de I de gamme IPE500

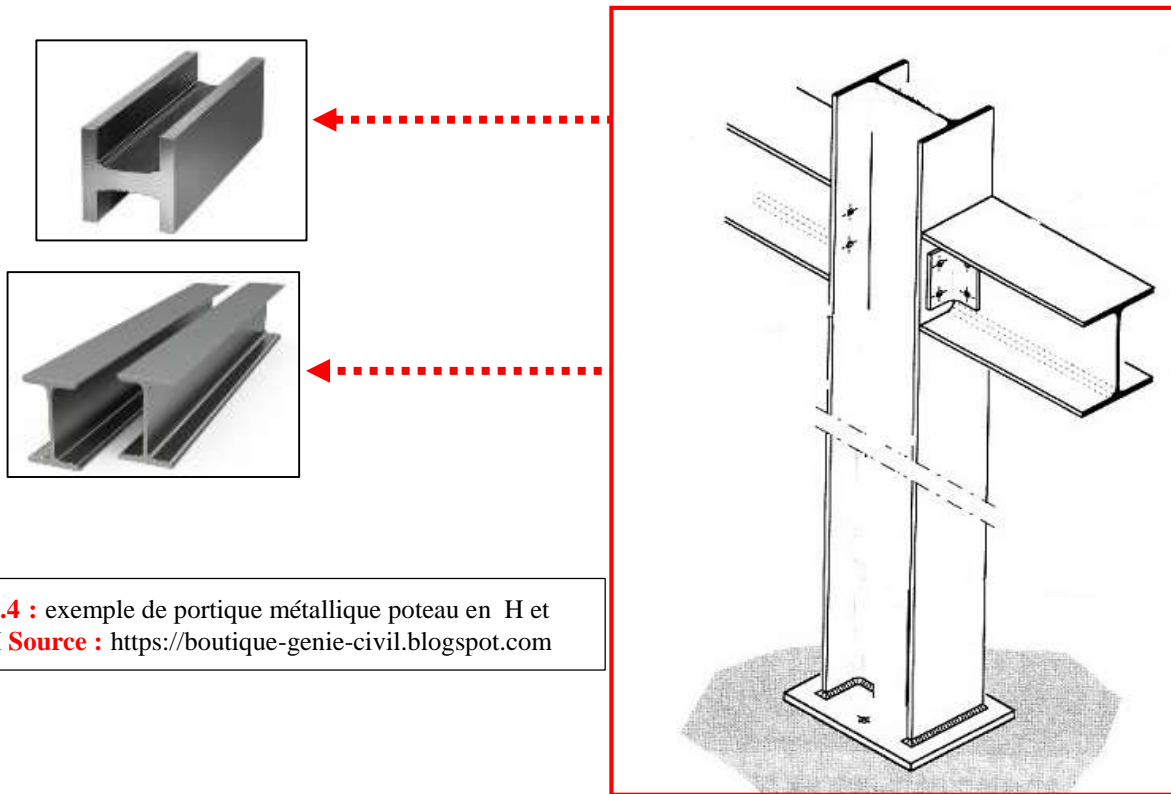


Figure IV.4 : exemple de portique métallique poteau en H et poutre en I **Source :** <https://boutique-genie-civil.blogspot.com>

• **Les planchers :**

Le type de plancher utilisé pour la structure métallique est un plancher collaborant, les planchers collaborant sont constitués de béton et de tôles d'acier nervurées ils sont par une mise en œuvre rapide et économique.

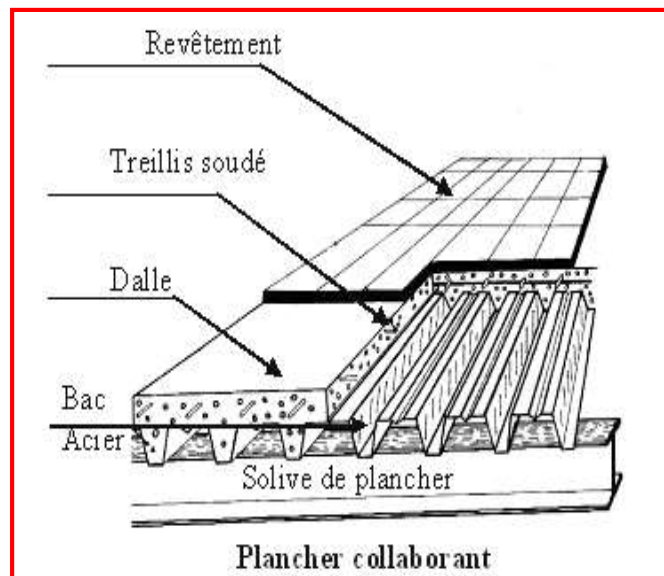


Figure IV.5: exemple de plancher collaborant **Source :** <https://boutique-genie-civil.blogspot.com>

C- La structure mixte :

La structure mixte ou les poteaux sont en béton armé et la poutre en treillis

- **Les poutres en treillis :** Une poutre est dite en treillis lorsqu'elle est formée d'éléments articulés entre eux et formant une triangulation. Cette poutre comprend deux membrures reliées par des éléments verticaux et/ou obliques (montants et/ou diagonales).

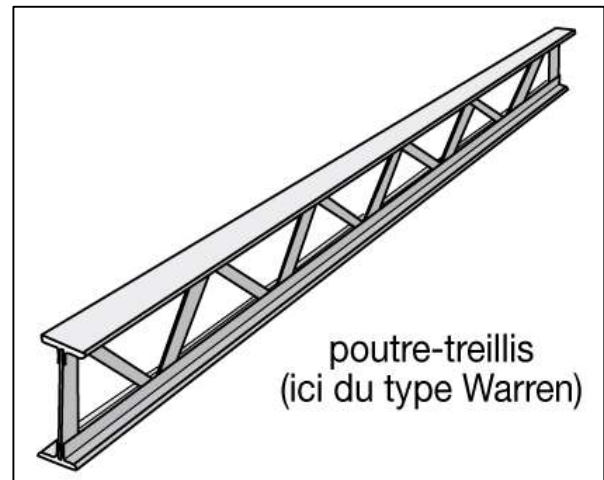
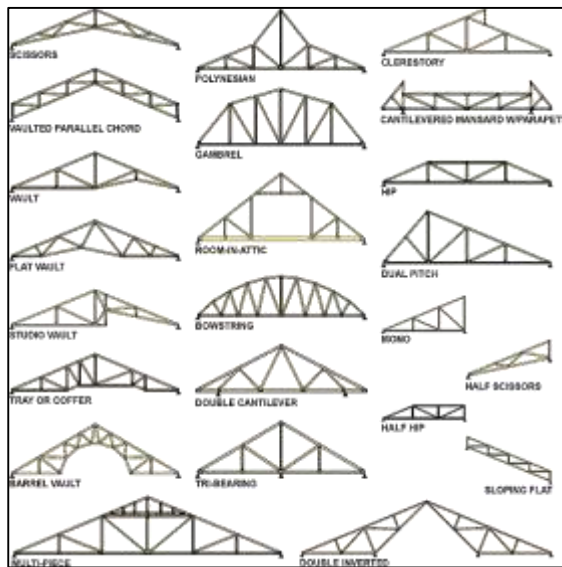


Figure IV.6 : Type de poutre en treillis **Source :** <http://www.caseysroofing.co.uk>

Figure IV.7: Poutre en treillis **Source :** https://www.dicobatonline.fr/exemples_definitions.php

- Pour notre projet en utilise des poutres plates en acier (type Warner) pour obtenir un plancher plat afin de l’exploiter par l’étage supérieur.
- Les poutres seront en acier fixée avec les armatures du poteau en béton armé

- **Le plancher :** est une aire horizontale séparant les deux niveaux. Vu la forme de notre projet et vu les portées importantes et pour éviter que les planchers aient une épaisseur assez grandes nous avons opté pour des plancher a dalles pleines en béton armé appelé aussi dalle massive set une plaque dont l’épaisseur est petite par rapport à ses autres dimension. Son épaisseur varie de 1/10 à 1/35 de la grande portée.

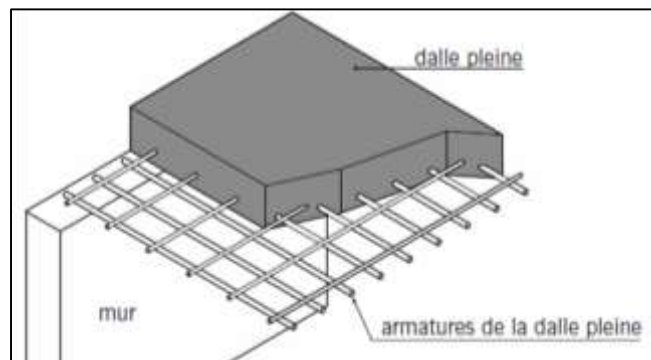


Figure IV.8 : plancher en dalle pleine **Source :** <https://boutique-genie-civil.blogspot.com>

D- Structure tridimensionnelle

La géode sera réalisée par un système de structure spatiale à deux nappes de type tridimensionnelle.

La structure Tridimensionnelle est une solution architectonique avec des qualités très différenciées en ce qui concerne un autre type de structures. Cette catégorie de charpente est appropriée aussi bien pour des petits auvents décoratifs pour son esthétique que pour des constructions de grandes portées pour sa grande résistance elle Convient pour n'importe quelles formes d'utilisation comme : halls de sport, centres commerciaux, aéroports, hangars aéronautiques, murs rideaux, bâtiments industriels, frontons, La plupart des systèmes de Structures Tridimensionnelles permettent de réaliser tous types de géométries, régulières ou non, à modulation carrée, rectangulaire, triangulaire, ou autres.

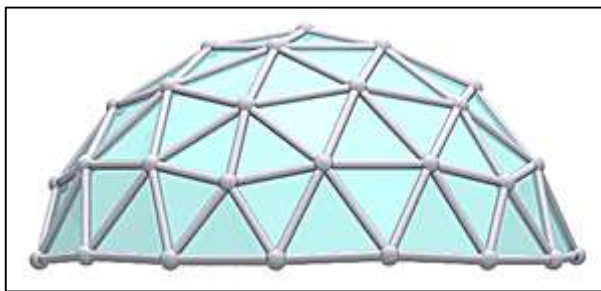
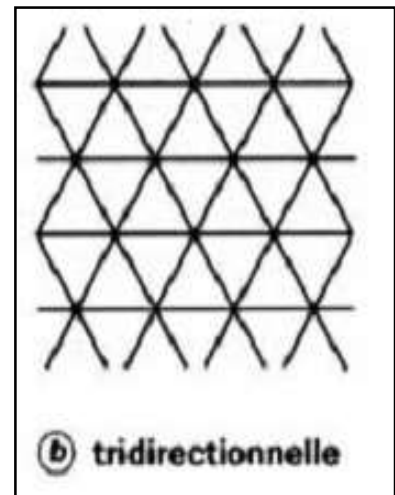


Figure IV.9 : structure tridimensionnelle d'une géode **Source :** <http://www.lamaisondome.com>

Les structures géodésiques constituent les structures les plus solides connues par rapport au poids des matériaux utilisés. Elles possèdent la propriété de répartir les tensions et les contraintes qui s'exercent sur la construction de façon très économique car elles les redirigent dans tous les sens. Plus elles sont grandes, plus les géodes sont résistantes grâce aux forces synergiques à l'œuvre dans les formes sphériques.

Source : <http://www.lamaisondome.com>

IV - 2 Les joints

- **Les joints de rupture :** Ils sont prévus là où à un changement de forme, et une différence de hauteur importante. Afin d'assurer la stabilité du bâtiment et d'offrir à chaque partie son autonomie.
- **Les joints de dilatations :** Ils sont prévus pour répondre aux dilatations dues aux variations de température.

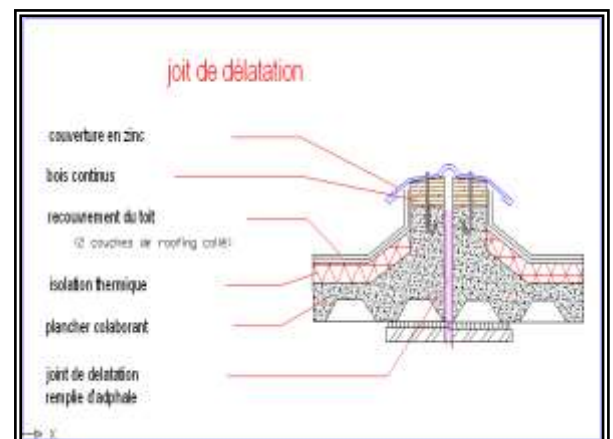


Figure IV.10 : détail joint de dilatation
Source : <http://www.cstc.be>

IV - 3 Bardages (façades)

L'habillage des façades a été dicté essentiellement par l'aspect architectural qui suggère la transparence et la communication, il peut s'avérer nécessaire de mettre en œuvre des poutres de rives de forte section pour permettre l'ancrage de la façade double peau, avec pré-scellement.

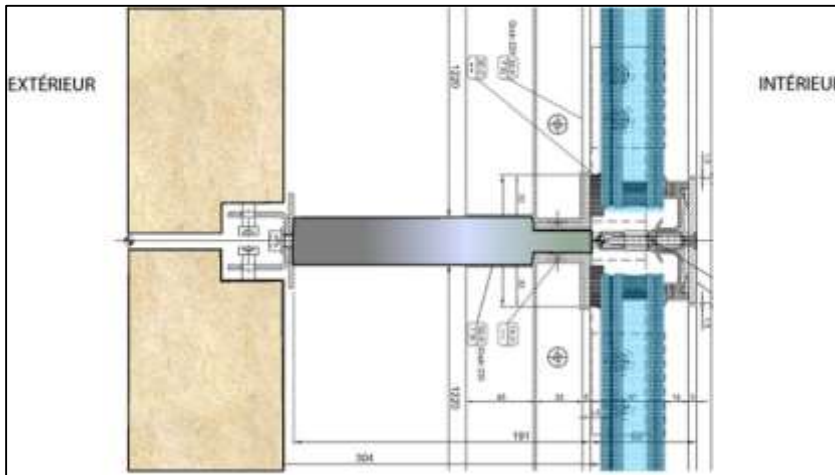


Figure IV.11 : la fixation de la façade double peau **Source :** guide façade multiple double peau/ fév. 2014

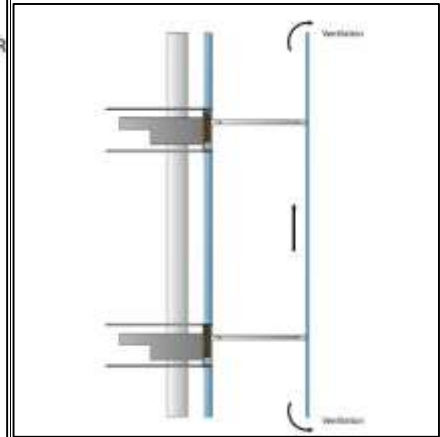


Figure IV.12 : principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilé naturellement sur plusieurs niveau **Source :** guide façade multiple double peau/ fév. 2014

- **Description de bardage :**

Voici les éléments qui composent le bardage double peau :

- **la peau intérieure :** composée de plateaux métalliques fixés horizontalement sur l'ossature principale.
- **l'isolant :** sous forme de plaques ou de rouleaux, intercalé entre les deux peaux.
- **la peau extérieure :**
 - est vissée par vis auto perçantes, en alu ou inox, avec rondelles,
 - constituée d'éléments de grande longueur (lames, plaques, tôles de bardage nervurées) :
 - ✓ posées verticalement ou horizontalement.
 - ✓ de finitions, aspects, couleurs pouvant varier.

IV - 4 les cloisons

Les cloisons différentes suivant leur emplacement et la fonction des espaces dans lesquels elles sont placées. En plus de leur fonction évidente qui set le cloisonnement donc la délimitation physique de l'espace, les fonctions ont d'autres fonctions :

- ✓ L'isolation thermique et acoustique.
- ✓ La séparation visuelle.
- ✓ La résistance au feu.

- ✓ Les supports d'ancrage. Aussi, les cloisons offrent des qualités esthétiques, des possibilités de modification et d'aménagement.

A- Cloisons fixes : Elles sont destinées à rester sur place, ses éléments constitutifs nécessitent, lors de leur mise en œuvre des finitions complémentaires.

On retrouve ce type de cloisons dans les espaces suivants :

- **Les locaux techniques :** en béton, ces cloisons auront comme rôle la protection contre l'incendie et contre le choc. On les retrouve dans les locaux de chaufferie et de climatisation.
- **Les cloisons intérieures :** un mur en maçonnerie de briques de 15 cm.
- **Les cloisons extérieures :** seront de type isotherme, composées d'une double paroi de brique creusées par une lame d'air

B- Cloisons amovibles : Dans un souci de donner un maximum de flexibilité des espaces, nous avons opté pour l'utilisation des cloisons amovibles, des cloisons permettant des possibilités de modification, offrant des variétés d'espaces d'exposition et s'adaptant aux exigences des utilisateurs des espace. Elles sont essentiellement composées de deux plaques de plâtre avec un isolant (laine de verre) placé entre les deux plaques



Figure IV.13 : Cloison mobile acoustique **Source :** <http://www.materic.fr/cloisons-mobiles-paravents-totems.html>

C- Le mur interactif : c'est un mur numérique utilisé dans les différents entités d'exposition pour présenter le musée et définir le plan pour la visite aussi il sera utilisé pour présenter les innovations technologiques.



Figure IV.13 : le mur interactif
Source : <http://www.club-innovation-culture.fr/>

IV - 5 Les faux plafonds

Faux plafond en carreaux d'aluminium :

Ossatures métalliques supportant des carreaux pleines ou micro-perforées de généralement 60 x 60 cm ou rectangulaire. Plusieurs avantages de ce type :

- Solidité
- Accès aisé aux fluides pour modifications
- Esthétique meilleure que les dalles minérales

Les faux plafonds de 30 cm sous poutre sont prévus pour :

- Le passage des gaines technique, l'électricité et la plomberie
- Cacher le plancher et donner un aspect esthétique assure un confort acoustique
- La protection de la structure contre le feu
- La fixation des lampes d'éclairages, des détecteurs d'incendie et de fumée, des détecteurs de mouvements, des émetteurs et des caméras de surveillance.

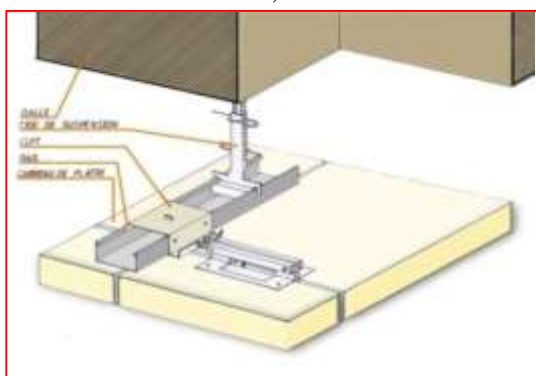


Figure IV.14 : Détail de fixation du faux plafond
Source : <http://www.faux-plafonds.net>

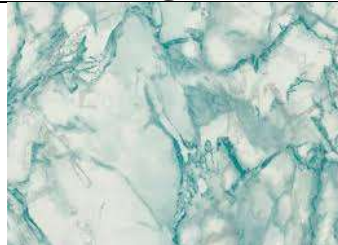


Figure IV.15 : faux plafond en aluminium
Source : <http://www.archiexpo.fr>

IV - 6 Les revêtements de sol

Le revêtement des sols est prévu par l'utilisation d'un dallage en marbre avec une différenciation de couleur pour la variété et la qualification des espaces de chaque activité. Ces recouvrements sont aussi un élément primordial de confort et de décor.

Il a été prévu donc :

L'espace	Le Type De Revêtement	Figure
les espaces intérieurs, et extérieurs, et les espaces de circulation.	Carreaux de marbre	

les salles d'expositions	résine époxy	
les boutiques, cafétérias, restaurants	céramique ave motifs	
l'auditorium et la salle de projection	Moquette	
Lair de jeux extérieur	Moquette gazon	
le village des enfants	Le revêtement amortissant	
les escaliers	Plaques de marbre	
les blocs sanitaires	Carreaux antidérapants	

Tableau IV.1 : Les revêtements des sols de notre musée

Source : auteur

IV - 7 Menuiserie

La menuiserie sera en aluminium pour les portes et aussi pour les autres types de baies et ce pour ses plusieurs avantages :

- **Une bonne isolation thermique** : Une triple barrière de joints sur la périphérie assure l'étanchéité, améliore l'affaiblissement acoustique et les performances thermiques.
- **La sécurité** : Vitrages 24-26 ou 32-34 mm pour associer la performance thermique, acoustique et la sécurité. Les pièces et éléments de fermeture sont inaccessibles de l'extérieur. Fermetures multipoints



Figure IV.16 : porte d'entrée principale coulissante à ouverture automatique **Source** : auteur



Figure IV.17: porte d'aluminium **Source** : <http://www.belm.fr/portee-entree-esterel>

IV - 8 Les solutions bioclimatiques

IV-8-1 les atriums bioclimatique : en utilise l'atrium pour trois raisons essentiels :

- A- **La ventilation** : la présence de l'atrium modifie l'organisation de la ventilation du bâtiment. Les mouvements d'air dépendront de la saison et de l'effet recherché.

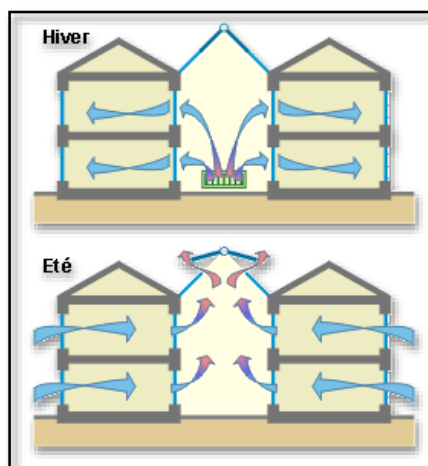


Figure IV.18 : atrium Centrale **Source** : <https://www.energieplus-lesite.be>

- **En hiver :** l'air de l'atrium est sensiblement plus chaud que l'air extérieur. Si la prise d'air est réalisée dans l'atrium, un préchauffage de l'air neuf hygiénique des locaux est réalisé. En quelque sorte, c'est la chaleur du bâtiment lui-même qui est recyclée.
- **En été :** on peut tirer profit de l'effet de cheminée afin de créer un mouvement d'air traversant, de l'extérieur vers l'atrium. Lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les structures comprises dans l'atrium. Une ventilation efficace pourra s'établir à condition de disposer d'ouvrants au niveau du sol et de la toiture (afin de tirer profit de l'effet de cheminée).

B- Le chauffage :

En principe, un atrium ne doit pas être chauffé, sa température doit être "flottante".

Même si la température intérieure d'un atrium est souvent inférieure à 20°C en hiver, elle est toutefois largement suffisante pour certaines activités (circulations, loisirs). D'autre part, dès qu'un peu de soleil pénètre dans l'atrium l'occupant a très rapidement une sensation de confort quand bien même la température de l'air y est inférieure à 20°C. On isolera donc les parois communes au bâtiment principal.

Privilégier le chauffage par rayonnement

Tout chauffage à air chaud va générer une stratification des températures dans le hall : l'air chaud montera, augmentant encore les pertes thermiques, tandis que les occupants auront froid au niveau du sol.

Sans hésitation, un mode de chauffage par rayonnement doit être choisi. Par exemple sous forme d'un chauffage par rayonnement dans le sol.

Chauffer près de la source

Une autre manière de gérer le chauffage du lieu consiste à combattre le froid à sa source. Les grandes surfaces vitrées vont créer des coulées d'air froid désagréables pour l'occupant. Un rideau de chaleur peut combattre localement cet effet : placement de convecteurs statiques au pied de la vitre, jet d'air chaud dynamique, ...

C- L'éclairage naturel :

On utilise des revêtements réfléchissants et des vitrages clairs pour maximaliser la lumière naturelle, de cette façon, la lumière naturelle sera fournie aux halles d'accueil et il ne sera pas nécessaire d'éclairer artificiellement durant la journée.

IV-8-2 la façade en double peau : on utilise les façades en double peau sur l'est et l'ouest sachant que la façade en double peau c'est une façade simple traditionnelle doublée à l'extérieur par une façade essentiellement vitrée, la façade double peau est comparable aux espaces tampons habituellement utilisés dans la conception bioclimatique. Ces espaces ont pour vocation de venir « absorber » les variations du climat pour réguler la température intérieure des espaces. Cela permet au bâtiment d'économiser de l'énergie, en protégeant du froid et du vent, ou en stockant de la chaleur comme les serres solaires passives.

De la même manière, la façade double peau a pour fonction la régulation thermique du bâtiment. Elle le protège des contraintes météorologiques. Par rapport aux rayonnements solaires, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. En évitant l'action directe du vent, elle supprime l'effet de paroi froide en hiver, source d'inconfort.

Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable.

FONCTIONNEMENT

En hiver : La double peau étant fermée, nous utilisons le rayonnement solaire afin de réchauffer l'air intérieur de la double peau et d'emmagasiner un maximum de chaleur solaire.

Une fonction automatique permet de limiter la température excessive dans le double peau, par l'introduction momentanée de l'air extérieur, si nécessaire.

Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer l'air chaud de la double peau et donc de limiter l'utilisation du chauffage,

En été : La prévention de la surchauffe de l'air intérieur en ventilant naturellement l'air contenu dans la double peau permet à l'air chaud de la double peau d'être maintenu hors du bâtiment

Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer l'air frais de la double peau et donc de limiter l'utilisation de la climatisation,

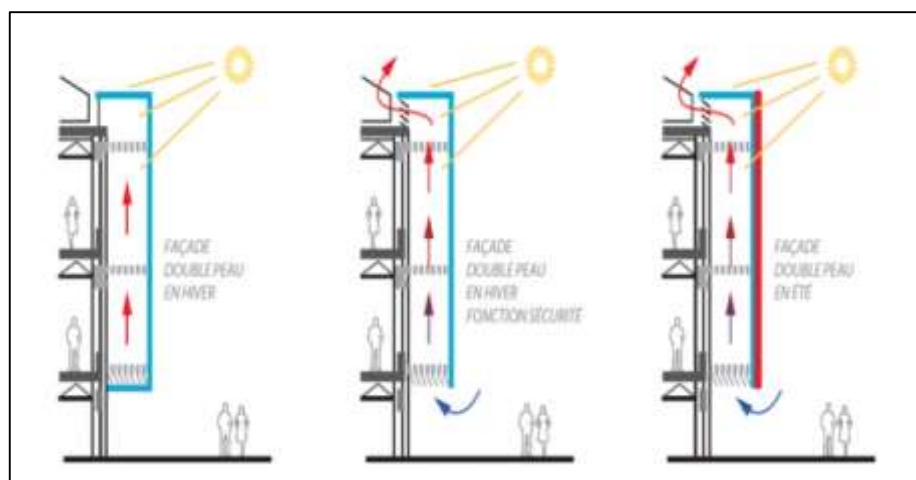


Figure IV.19 : fonctionnement de la façade double peau **Source :** <http://www.habiter-autrement.org>

IV-8-3 Mur végétal :

Le mur végétalisé est généralement un mur sur lequel poussent des plantes grimpantes, les concepts de mur vivant, mur-manteaux végétalisé et mur végétal décrivent des jardins ou écosystèmes verticaux, plus ou moins artificiels. Ces parois verticales végétales ou végétalisées conçues tantôt comme éléments esthétiques et de décor intérieur ou extérieur (dans le cadre du jardinage urbain), tantôt comme œuvres d'art utilisant le végétal, ou encore comme éléments d'écologie urbaine.

Avantages de mur végétal

- Pour protéger les bâtiments contre l'effet corrosif des pollutions urbaines (pluie...pollution atmosphérique)
- -intérêt visuel et esthétique
- -le mur végétalisé permet une meilleure régulation thermique du bâtiment
- -pour améliorer qualité d'air
- -isolation phonique

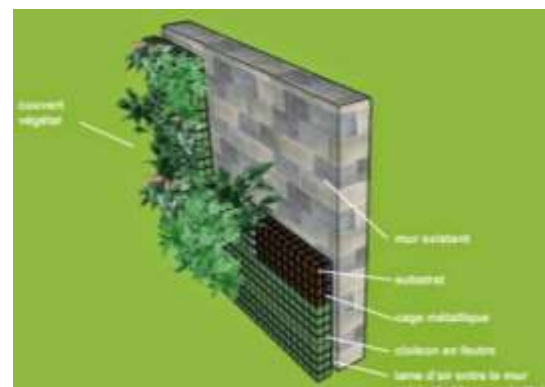


Figure IV.20 : Le détail de mur végétal **Source :** www.murmurevegetal.com

IV-8 -4 Le Chauffage solaire

On a installée des panneaux solaires thermiques sur le toit pour profiter d'un chauffage solaire est de plus en plus courante. Écologique, et économique car l'énergie solaire est gratuite et inépuisable.

Un système de chauffage par panneau solaire thermique permet un chauffage peu polluant et efficace. Le chauffage solaire est souvent combiné à un chauffe-eau solaire, pour une plus grande rentabilité.

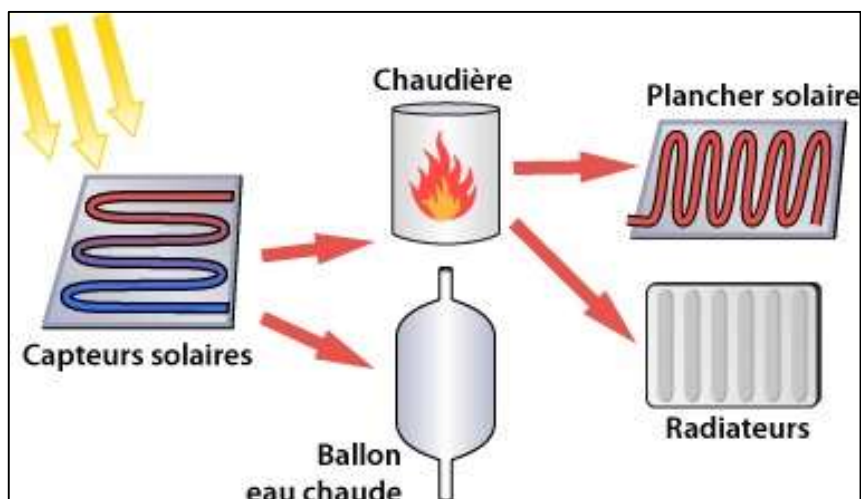


Figure IV.21 : le fonctionnement de chauffage solaire
Source : <https://panneau-solaire.ooreka.fr/comprendre/chauffage-solaire>

- Le chauffage solaire peut se présenter sous plusieurs formes, on a choisir **Un plancher chauffant** : le liquide caloporteur est chauffé par les panneaux solaires thermiques. Puis il chauffe la dalle qui stocke la chaleur et la restitue par le sol. Cette option fournit une chaleur plus régulée. Mais elle est à réserver aux bâtiments neufs ou aux rénovations profondes.

IV - 9 Les Corps d'états secondaires

IV -9-1 Réseaux d'AEP et incendie : L'alimentation en eau potable se fera par le branchement au réseau d'AEP principal de la ville. Il a été prévu une bache à eau en béton armé de très bonne qualité.

IV-9-2 Electricité :

Poste de transformateur : Il a été prévu un poste de transformateur au niveau des locaux techniques, permettant l'accès facile à l'équipe de SONELGAZ (une accise indépendance à l'extérieur)

Groupe électrogène : Un groupe électrogène est prévu pour garantir l'autonomie du bâtiment, en cas de coupure électrique ou défaillance du transformateur.

- La distribution se fera par branchement au réseau général, à basse tension qui alimentera l'armoire générale d'alimentation (qui se trouve aux locaux techniques) cette dernière alimentera l'ensemble des tableaux de distribution prévus à chaque entité.

IV - 9 -3 Le conditionnement de l'air (climatisation et ventilation) :

On prévoit une centrale de climatisation pour tout le musée. La batterie (la centrale) se trouve aux locaux techniques (à côté de l'Aire de stationnement de visiteurs). Le système choisi est appelé système réversible (plasma) il permet de diffuser de l'air frais ainsi que son recyclage en même temps. L'air est soufflé pour être distribué vers les différents niveaux par des bouches de soufflage. Cet air est ensuite aspiré par des bouches d'extraction pour être recyclé.



Figure IV.22 : Bouche de soufflage de centrale de climatisation **Source :** <https://www.batiproduits.com>

IV -9-4 L'éclairage

A- L'éclairage muséal : Le musée n'est pas seulement un espace où l'on expose des œuvres, c'est aussi le lieu dans lequel l'artiste et le spectateur se rencontrent son rôle est celui de créer des fonds propres et neutres afin de focaliser l'attention du spectateur sur l'œuvre elle-même.

B- Les différents types d'éclairage : On retrouve différents types d'éclairage dans les musées. L'éclairage peut être naturel comme la lumière solaire, ou artificielle comme la lumière fluorescente ou incandescente.

Les problèmes posés par l'éclairage artificiel et naturel sont comparables, La différence réside dans le fait que l'éclairage artificiel est plus facile à contrôler que l'éclairage naturel.

1- La lumière naturelle

La lumière naturelle est agréable mais change selon les saisons, le temps et heure. Au musée, son contrôle est fastidieux, puisqu'il faut constamment ouvrir ou fermer les toiles, les stores, les rideaux et l'électricité, selon le degré de lumière naturelle. Lorsque la lumière naturelle éclaire directement un objet, le niveau d'éclairage peut atteindre une intensité lumineuse allant jusqu'à des milliers de lux.

2- La lumière incandescente

La lumière incandescente se retrouve sous forme d'ampoules à faisceau étroit, le « spot », ou à faisceau large, le « flood », Les ampoules à faisceau large permettent d'éclairer une plus grande surface avec la même puissance. La lumière incandescente est facile à utiliser et contient peu d'ultraviolets. Par contre, elle dégage beaucoup de chaleur. On pourra y remédier de différentes façons : par une bonne ventilation pour éviter la concentration de chaleur ou en utilisant des ampoules de type « Cool Beam », qui ont l'avantage de dégager moins de chaleur.



Figure IV.23: ampoule de type COOL BEAM **Source :** <http://bg.farnell.com>

3- L'éclairage halogène

L'éclairage halogène dégage beaucoup de chaleur. Un grand nombre d'ampoules halogènes placées dans une salle d'exposition entraîne rapidement une hausse de température. De plus, la plupart ont un autre inconvénient majeur, celui d'émettre beaucoup d'ultraviolets.

4- La lumière fluorescente

La lumière fluorescente dégage peu de chaleur, mais elle peut émettre trop d'ultraviolets, Pour régler ce problème, on peut utiliser des fluorescents n'émettant pas d'ultraviolets ou utiliser des filtres UV. Il en existe deux sortes : le manchon en plastique souple et le tube en plastique rigide, Les tubes sont plus avantageux à l'achat que les manchons, mais leur efficacité et leur durée se valent. Bien entretenus, les tubes et les manchons seront efficaces pendant de nombreuses années.

5- Les DEL

Les DEL (pour diode électroluminescente, LED en anglais). Ce nouveau type d'ampoule révolutionne le monde de l'éclairage, en diminuant considérablement la consommation d'électricité et en augmentant la longévité des ampoules. Il existe maintenant des Del qui possèdent un niveau de qualité approprié pour une utilisation muséologique, notamment en raison d'un indice de rendu des couleurs élevé. Ces ampoules sont très intéressantes en raison de leur émission négligeable en infra-rouge et de leur faible niveau d'émission en UV. Comme ces ampoules sont nouvellement arrivées sur le marché, une vérification de leur contenu en ultra-violet est recommandée.



Figure IV.24 : ampoule LED **Source :** <http://www.led-lons-le-saunier.com>

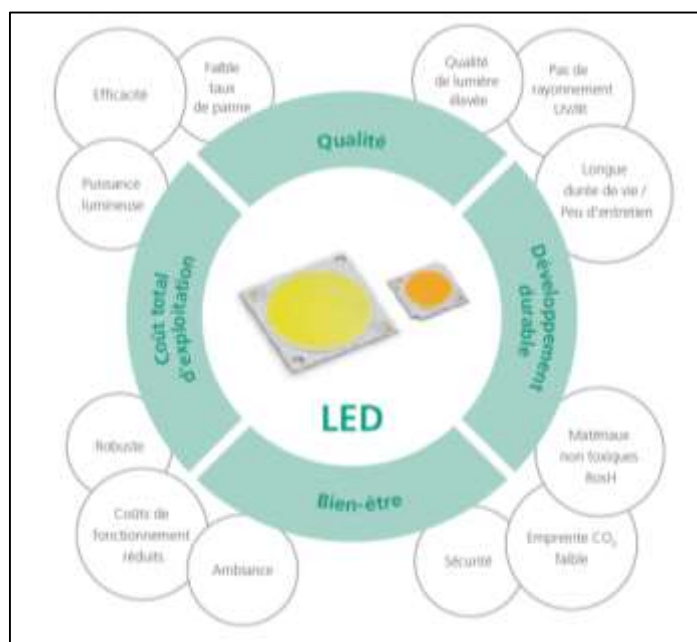


Figure IV.25 : Les Avantages des ampoules LED **Source :** livre Eclairage Pour Musées Et Galeries, FEILO SILVANYA

➤ **Choisir Le Bon Luminaire**

«Pour éclairer un espace ou une exposition, le concepteur de l'éclairage ou le conservateur dispose d'une Vaste gamme d'outils et de techniques d'éclairage mais Il Est Important De Ne Pas Encombrer L'espace D'une Galerie Ou D'un Musée Avec Différents Types De Luminaires. La Présence Uniforme D'un Même Type De Luminaires Permet De Créer L'unité Et La Paix. Des Luminaires Noirs, Puis Blancs Ou De Dimensions Et Formes Différentes Peuvent Donner Une Impression De Confusion Et De Désordre »,

expliquent Tom Verheijen et Pelle Fall,
de Rapenburg Plaza

IV- 10. La protection contre l'incendie :

Le feu doit être détecté au plus tôt pour être combattu efficacement, et aussi pour permettre l'évacuation des personnes, Les protections initiales sont dites actives lorsqu'elles mettent en œuvre des dispositifs dynamiques (détection alarme, désenfumage, sprinklers). Elles sont efficaces dans les premières phases du développement du sinistre.

1- Les détecteurs d'incendie

A chaque niveau seront prévus des appareils de détection d'incendie, qui déclencheront le système de désenfumage, permettant ainsi une extraction des gaz, ces appareils déclencheront en même temps les sprinklers,



Figure IV.26 : détecteur d'incendie **Source** : <http://www.directindustry.fr>

2- Les sprinklers

Ce sont des appareils formant un système disposé au niveau des plafonds et alimentés en eau par des canalisations équipées d'un sur presseur d'eau. Une fois déclenchés, ces appareils éjectent de l'eau.



Figure IV.27 : sprinklers **Source** : <https://dir.indiamart.com>

3- Système d'alarme

Permet la diffusion, de l'alarme générale en cas d'un sinistre et sa signalisation au service de pompiers.

4- Eclairage de sécurité

Un éclairage dit de sécurité, ou « de secours », est requis par la plupart des réglementations, Cet éclairage est censé assurer une intensité lumineuse de 5 lm/m² pendant au moins une heure. Dans les faits, des luminaires particuliers se mettent automatiquement en fonction, en cas de coupures de courant électrique ou dans les situations d'urgences



Figure IV.28 : Eclairage de sécurité **Source** : <https://www.kanlux.cz>

(incendie, évacuation), Ils évitent la panique des usagers en Leur permettant de se repérer dans l'espace (éclairage d'ambiance) et contribuent au balisage de l'itinéraire d'évacuation (signalisation des sorties de secours)

- 5- **La peinture intumescente :** C'est une peinture qui gonfle sous l'effet de la chaleur et constitue, de ce fait une protection pour la structure contre le feu. Toutes les pièces métalliques de la structure doivent être traités par une couche de peinture intumescente et cela après le brossage préalable de la structure et l'application de deux couches de peinture antirouille à base de zinc et d'aluminium.

IV - 11. Système De Sécurité :

On prévoit un musée doté d'un service et d'une gestion informatisée, Une surveillance peut être assurée par une installation automatique à l'aide de caméras de surveillance sans fil (Camera IP), Le système comporte des caméras en couleurs et des moniteurs.



Figure IV.29 : IP caméra de surveillance **Source :**
http://www.pcafrance.com/produit.php?PDT_ID=5214

Plus Un Système d'alarme (branché directement au groupe électrogène.)



Figure IV.30 : détecteur de mouvement **Source :**
<https://www.alloalarme.fr>



CHAPITRE V

LA SIMULATION

V-1 l'effet de la toiture ventilée et la façade en double peau sur le confort thermique dans les salles d'exposition

Introduction

Après avoir parlé de la qualité architecturale, le passage à une analyse de cette notion, et de ces éléments se fait par la notion du confort, qui présente une suite logique du concept de la qualité architecturale, et un critère essentiel de la qualité d'usage, dans cette partie nous allons vers une compréhension de la notion du confort thermique,

Sachant que le climat de Laghouat qui se caractérise par un été très chaud et un hiver rigoureux, qui a besoin des systèmes de chauffages et de refroidissement active qui consomme beaucoup d'énergie ce qui est contradictoire avec les buts de notre projet durable qui vise à réduire la consommation énergétique. Lorsqu'on a évalué le confort thermique dans notre projet (dans les deux périodes hivernale et estivale), on a fait des améliorations avec des moyens passifs (la double toiture ventilée et la façade en double peau) pour obtenir un confort thermique optimal aux personnels et visiteurs du musée, pour préserver les expositions et pour diminuer le recours aux instruments mécaniques.

V-1-1 Problématique :

Le Confort Thermique Constitue une demande reconnue et justifié dans un musée durable du fait de son impact sur la qualité d'espace, il est donc considéré comme un élément très important de la qualité globale d'usage.

Ce travail s'inscrit dans une optique globale pour assurer le confort thermique optimale dans les salles d'expositions, nous allons répondre à la préoccupation suivante :

- Quel effet aurait la double toiture ventilée et la façade en double peau sur le confort thermique dans les musées ?

V-1-2 Les objectifs :

- Améliorer le niveau de confort thermique dans notre musée et précisément dans les salles d'exposition.
- Évaluer l'effet de la double toiture ventilée et la façade en double peau sur le confort thermique.
- Préservation de l'environnement.
- Diminution de la consommation énergétique.

V-1-3 Méthodologie de recherche

Notre travail est structuré en deux parties :

- 1- Partie Théorique : la compréhension de confort thermique à travers une recherche bibliographique.
- 2- partie expérimental : basée sur la simulation par énergie plus.

V-1-4 Partie théorique :

V-1-4-1 Notion de confort :

Le terme confort est défini comme « un sentiment de bien-être et de satisfaction » Ce qui donne à ce concept difficilement mesurable, un caractère subjectif dépendant des appréciations personnelles de chaque individu. il existe plusieurs types de confort à savoir : le confort visuel, le confort acoustique, le confort olfactif et le confort thermique, ce dernier est l'un des facteurs intervenant dans notre recherche.¹

V-1-4-2 Le confort thermique :

Le confort thermique est « un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique », il est lié au corps, à l'environnement intérieur et extérieur. Déterminé par «l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement », qui est atteint grâce à quatre mécanismes : la conduction, la convection, l'évaporation et le rayonnement. Il est donné par l'ensemble des interactions entre l'occupant et l'enveloppe bâtie.¹

V-1-4-3 Les paramètres du confort thermique :

Le confort thermique est une sensation psycho-physiologique
Il existe plusieurs facteurs variables qui interviennent dans la notion de confort. Il y a ceux qui sont relatifs à l'individu et d'autres qui sont relatifs à l'ambiance climatique environnementale :

Il Ya trois types de critères de confort	
Paramètres liée à l'environnement	Environnement thermique (température) Vitesse de l'aire et turbulence Humidité de l'Aire
Paramètres liée à l'individu	Métabolisme activité Habillement Sante
Autre influences	Gains thermique internes Degrée d'occupation de locaux Couleurs etc.

Tableau V.1 : Les Paramètres Influent Sur La Sensation Du Confort Thermique
Source <https://www.energieplus-lesite.be>

¹ A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers

V- La simulation

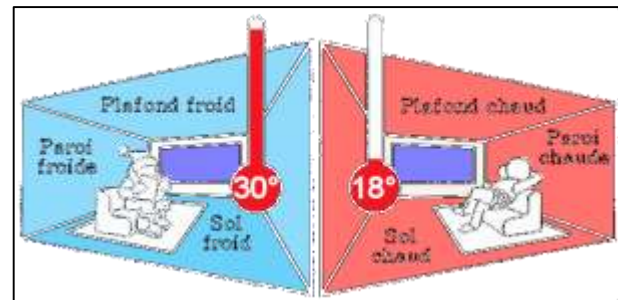
a- Les Paramètres liée à l'environnement

1- la Température

La température de l'air : elle intervient dans les échanges par convection et par évaporation. Le rôle de l'enveloppe est de maintenir la température à l'intérieur du bâti dans une fourchette de confort malgré les fluctuations de la température extérieure, été comme hiver, de jour comme de nuit. Aussi, il faut assurer une homogénéité de la température intérieure du local. Elle doit être comprise entre 19 C et 26C.

La température des parois qui nous entourent est une composante essentielle du confort thermique de notre espace intérieur. Dans cet espace clos, la température ressentie est une moyenne entre la température de l'air et la température des parois.

En été, si la température est à 35°C et que les parois ne sont qu'à 20°C cette pièce nous semblera fraîche car nous ressentirons une température de 27,5°C. Notre corps rayonnera vers les parois et nous soulagera de notre trop plein de calories.



2- La vitesse de l'air

La vitesse de l'air est un paramètre très important du confort thermique, car il intervient dans la convection et l'évaporation, Il affecte le corps humain de deux façons différentes. Tout d'abord il détermine l'échange de chaleur convectif du corps et ensuite il affecte la capacité évaporative de l'air et par conséquent agit sur la production de la sueur.

3- L'humidité de l'air

L'humidité de l'air peut être exprimée comme la pression de vapeur d'eau, l'humidité de l'air à l'intérieur des bâtiments influence le corps humain de façon directe et indirecte, pouvant provoquer l'inconfort, et la sensation de chaleur et de sécheresse des muqueuses des voies respiratoires.

L'humidité de l'air n'a pas un grand effet sur la sensation de confort thermique, si les températures d'air sont confortables ; elle n'a d'effet significatif que lorsqu'elle est extrêmement haute ou extrêmement basse. Il est admis des variations de l'humidité relative entre 19 à 65 % 22.

V- La simulation

b- Les Paramètres liés à l'individu

1- Activité Et Métabolisme

Lorsqu'une personne est au repos, ou pratique une activité physique, l'énergie ou la chaleur dégagée n'est pas la même,

2- L'habillement :

Représente une résistance thermique aux échanges de chaleur qui ont lieu entre la surface de la peau et l'ambiance. Son rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables pendant toute l'année

V-1-4-4 les Facteurs d'inconfort thermique :

Malgré la réalisation d'un confort thermique global, des zones d'inconforts sont susceptibles d'être observées dans les bâtiments. Un environnement thermique inégal peut être la source d'inconfort pour certaines parties du corps. L'insatisfaction thermique peut être causée par un inconfort, causée par un refroidissement ou un réchauffement non désiré d'une partie du corps (tête, pieds, ou mains), par exemple, un courant d'air.

Un inconfort local peut également être dû à des différences de températures anormalement élevées entre la tête et la cheville, avec un sol trop chaud ou trop froid, ou à une asymétrie de rayonnement thermique. Ainsi, le confort thermique peut être affecté par plusieurs facteurs,

Citons : Le courant d'air local, l'asymétrie de la température de rayonnement, la différence verticale de la température de l'air et la température des planchers

a- Effet des courants d'air.

La perception d'un courant d'air localisé notamment au niveau de la nuque ou du visage est un élément d'inconfort. Cette perception du courant d'air dépend de la vitesse de l'air, de la température de l'air, de la zone du corps concernée. Les courants d'air provoquent aussi une sensation de froid due à une convection assez importante entre la peau et l'air ambiant. Des courants d'air excessifs en hiver conduisent souvent les occupants à augmenter la température intérieure pour contrecarrer la sensation de froid. La norme recommande une vitesse d'air moyenne inférieure à 0,15 m/s en hiver et à 0,25 m/s en été lors d'un travail sédentaire.

b- Effet de l'asymétrie d'un rayonnement thermique.

Les asymétries du rayonnement sont dues, à la présence d'une paroi chaude ou froide telle qu'un plafond ou un plancher chauffant, un vitrage chaud ou froid. En outre, le gradient vertical de température est aussi une source d'inconfort. S'il est suffisamment élevé, il peut apparaître une

V- La simulation

sensation de chaud au niveau de la tête ou de froid au niveau des pieds, même si le corps est en état d'équilibre thermique. Moujalled conclut que l'asymétrie de température radiante doit être inférieure à 10°C pour une paroi verticale froide (baie vitrée en hiver), et 5°C pour un plafond chaud (plafond chauffant)²

c- Effet de gradient thermique vertical de l'air

En général, les températures sont plus élevées en hauteur donc au niveau de la tête, La norme admet une différence de température d'air maximum de 3°C entre 0,1 m du sol (niveau des chevilles) et 1,1 m du sol (niveau de la tête chez une personne assise)³

d- Effet de la température du sol

Une température de plancher trop élevée ou trop basse entraîne un inconfort au niveau des pieds. Plusieurs auteurs ont effectué des recherches sur ce sujet, les températures optimales de sol pour les personnes chaussées et à la neutralité thermique sont de 23°C pour les personnes debout et de 25°C pour les personnes assises, avec un minimum de 6% d'insatisfaits.⁴

- D'autres éléments influençant le confort thermique ont été étudiés : l'âge, le sexe, la nourriture, la localisation géographique, la couleur des murs, le bruit, la lumière. Toutefois, il ne peut exister de règles de confort universelles du fait de grandes variations géographiques et intra-individuelles, Certains spécialistes dans le domaine donnent des valeurs précises pour chaque facteur du confort

Température des murs	22 ± 2°C
Humidité relative	entre 30 et 70%
Température du sol	19 à 24°C
Vitesse de l'air	inférieure à 0,20 m/s
Différence de température entre deux murs d'une même pièce	doit être inférieure à 10°C
Différence de température entre le sol et le plafond	doit être inférieure à 5°C

Tableau V.2 : Les facteurs Du Confort Thermique

Source A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers

² Moujalled, B. « Modélisation dynamique du confort thermique », thèse de doctorat, présentée à l'institut des sciences appliqués de Lyon .France. 2007

³ « confort physiologique .technique de l'ingénieur. 1995. 0

⁴ Hoffman J.B. « Ambiances climatisées et confort thermique » les actes du COSTIC.

V-1-4-5 Les Stratégies Bioclimatiques du confort thermique :

a- **Stratégie du chaud (confort d'hiver) :** Les principes de la stratégie de chaud (ou systèmes de chauffage solaire passif) sont les suivants : capter le rayonnement solaire, stocker l'énergie ainsi captée, distribuer cette chaleur dans le bâtiment, réguler cette chaleur et enfin éviter les déperditions dues au vent

- 1- **Capter l'énergie solaire :** capter l'énergie solaire gratuite à travers les surfaces vitrées :
 - par la prise en compte de l'orientation solaire pour l'organisation intérieure des fonctions ;
 - préchauffage de l'air entrant via un puits canadien.

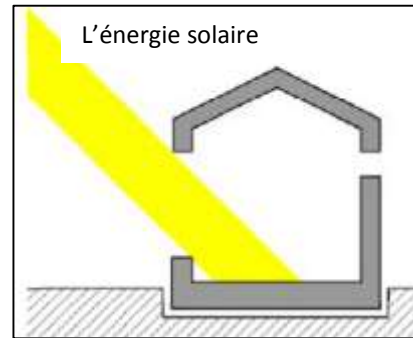


Figure V.1 : capture de l'énergie solaire
Source : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

- 2- **Stocker dans la masse :** Les matériaux lourds placés à l'intérieur du bâtiment apportent une inertie thermique qui permet à celui-ci de stocker l'énergie.

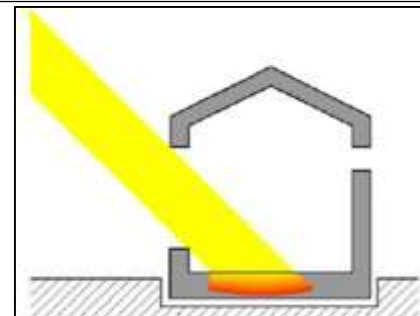


Figure V.2 : stockage de l'énergie solaire
Source : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

- 3- **Conserver par l'isolation :** Isoler thermiquement l'ensemble des parois entourant le volume chauffé afin de conserver la chaleur emmagasinée dans l'air et dans les parois.

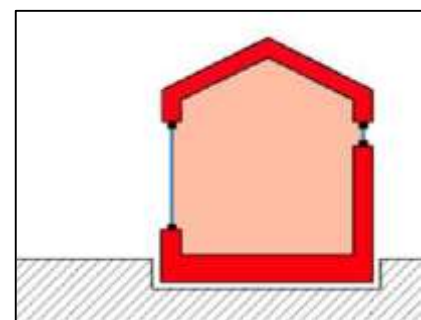


Figure V.3 : conservation de l'énergie solaire
Source : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

- 4- **Distribuer** : la distribution de la chaleur se faisant naturellement par convection et rayonnement lorsque le matériau restitue la chaleur accumulée.

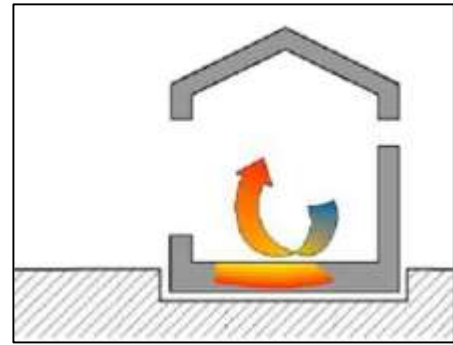


Figure V.4 : distribution de l'énergie solaire
Source : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

b- Stratégie du froid (confort d'été) :

- 1- **Protéger** : Se protéger de l'ensoleillement direct :

- par l'installation de protections solaires permanentes, amovibles, végétales « écran de végétation caduque»...etc.

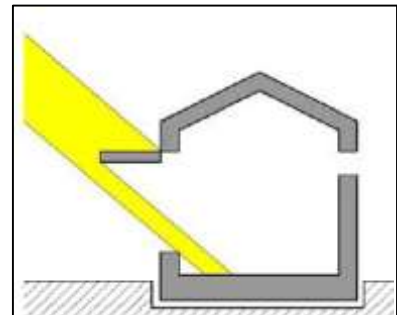


Figure V.5 : la protection contre les rayons solaires
Source : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

- 2- **Éviter** : Il s'agit de d'éviter au le transfert de la chaleur vers l'intérieur par les matériaux :

- Par l'isolation des murs et toitures.
- Par la présence de végétaux, sur les murs verticaux ou par des toitures végétalisées
- Par la présence de doubles peaux

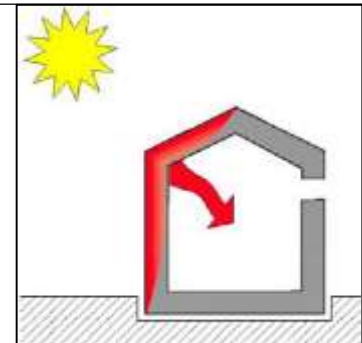


Figure V.6 : l'isolation des parois **Source** : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

- 3- **Dissiper** : Dissiper la chaleur excessive accumulée à l'intérieur du bâtiment :

- Par la ventilation (de jour pour dissiper la chaleur, de nuit pour refroidir les locaux).

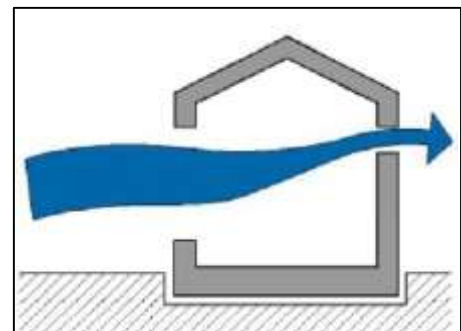


Figure V.7 : la ventilation de jour **Source** : A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

4- Refroidir : refroidir naturellement l'air :
 Par l'utilisation de plans d'eau extérieurs.
 Par le rafraîchissement de l'air entrant grâce à un puits provençal.

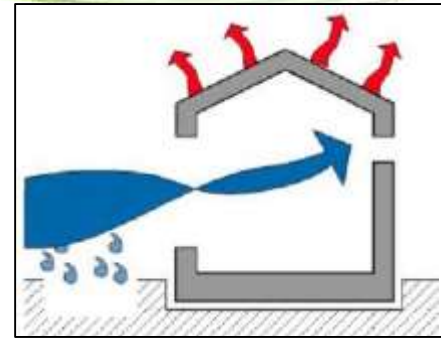


Figure V.8 : refroidissement naturelle de l'Aire **Source :** A. Liebard. et A. De Herde, 2005).

V-1-4-6 Évaluation du confort thermique

L'évaluation du confort thermique dans les espaces est un paramètre capital dans toute Conception architecturale. Les premières recherches se sont basées sur les enquêtes de terrain avec des questionnaires en classifiant la sensation thermique (très chaud, neutre et très froid) ainsi que sur les essais de laboratoires sous des conditions climatiques artificielles.

Cette évaluation a conduit plusieurs chercheurs à développer et à élaborer des indices de prédiction des niveaux de confort à l'intérieur des bâtiments,

En plus des indices thermiques, des tentatives ont été effectuées pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de prédire des zones de confort, connus sous le nom de diagrammes bioclimatiques, ils sont l'aboutissement direct de la connaissance du climat, ces outils sont également développés pour permettre d'obtenir des bâtiments confortables, adaptés aux variables climatiques.

A- L'évaluation Du Confort Thermique Par Les Indices

Nous ne citerons ici que les indices les plus couramment utilisés dans l'ensemble des normes de confort.

- 1- Les indices PMV et PPD :** À partir d'études réalisées en laboratoire sous des conditions stables, c'est-à-dire sans que l'individu ne change ni de vêtements, ni d'activité physique, Fanger a développé les indicateurs de confort thermique
- 2- Le PMV (Vote Moyen Prévisible)** Le PMV établi par Fanger permet de mesurer une sensation thermique globale du corps humain à partir du métabolisme et donne la moyenne des votes en référence à une échelle de sensation thermique. Les valeurs de l'indice PMV varient entre -3 et 3 comme l'indique le Tableau suivant

VALEURS DE L'INDICE PMV	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
SENSATION THERMIQUE	Chaud	Tiède	Légèrement tiède	Neutre	Légèrement Frais	Frais	Froid

Tableau V.3 : Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques **Source :** <https://www.beswic.be/fr/themes/agents-physiques/ambiances-thermiques>

- 3- Le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits)** À cause des différences physiologiques, il s'avère impossible de satisfaire tout le monde en réunissant des conditions «idéales», et Le PPD exprime sous forme de pourcentage les sujets «insatisfaits» d'une ambiance thermique déterminée.

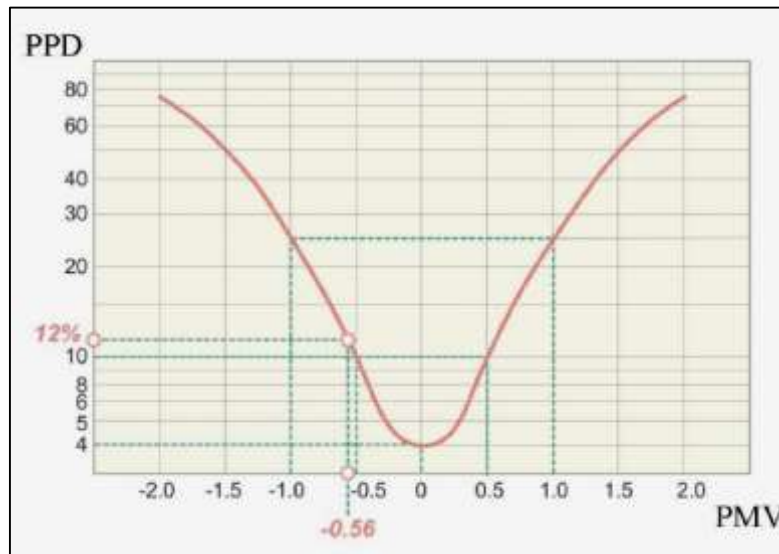


Figure V.9 : Correspondances entre PMV et PPD **Source :** <https://www.beswic.be/fr/themes/agents-physiques/ambiances-thermiques>

La norme ISO 7730 stipule que pour se situer dans la zone de confort thermique, il faut que :
 $-0,5 < PMV < 0,5$ soit $PPD < 10\%$

- 4- La température de l'air ambiant (T_a) :** Elle représente l'indice le plus utilisé pour le contrôle des ambiances en intérieur du fait de la simplicité de sa mesure, Il est utilisé pour définir les consignes de température références pour les installations de chauffage en période hivernale et climatisation en période estivale.
- 5- La température opérative (T_{op}) :** La température opérative, T_{op} , est un indice de confort thermique intégrant deux paramètres physiques, la température de l'air ambiant et la température moyenne radiante. Il s'agit donc d'un indice d'appréciation des effets convectifs et radiatifs sur le confort de l'individu

B- L'évaluation du confort thermique par des enquêtes in situ.

Les études in situ sur le confort thermique ont constitué une étape importante pour l'évaluation du confort thermique dans les bâtiments.

les enquêtes se sont multipliées sous les différents climats (sec, humide, tropical, méditerranéen, etc.) Avec comme cibles principales les bâtiments résidentiels et de bureaux. Les méthodes d'enquête utilisées ont été aussi variées que leurs objectifs. Certaines enquêtes sont exploratoires, elles cherchent à déterminer les conditions du confort thermique dans différents types de bâtiment sous différents climats.

Il y a aussi des enquêtes qui étudient l'influence d'un élément particulier sur le confort thermique (l'utilisation de la climatisation). Enfin, nous retrouvons les enquêtes réalisées dans le but de développer une nouvelle loi pour le confort thermique, ce qui est le cas de l'approche adaptative qui a mobilisé plusieurs enquêtes réalisées ces dernières années.⁵

⁵ Thèse de doctorat « développement et évaluation de stratégies de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions »,

V- La simulation

C- L'évaluation du confort thermique par la simulation

L'évolution des outils de simulation des performances énergétiques dans le bâtiment permet de disposer de modèles détaillés prenant en compte les connaissances actuelles des phénomènes physiques en interactions dans le bâtiment. Les outils de simulation permettent de faire des études de faisabilité technique en comparant différentes solutions techniques sur une construction (enveloppe, isolations, menuiseries, traitement des ponts thermiques, prises en compte des énergies renouvelables, systèmes, fluides...). Ils permettent aussi de mener des études diagnostiques précises, afin de préconiser des mesures correctives et de chiffrer des économies d'énergies. Ils sont vus comme des outils d'aide à la conception au profit des acteurs du bâtiment.

Leurs domaines d'application sont les suivants :

- Chauffage et climatisation (dimensionnement)
- Diagnostic de performance énergétique pour la conception et la rénovation ;
- Gestion énergétique des bâtiments et le contrôle ;
- Analyse des coûts et du cycle de vie ;
- Étude des options d'efficacité énergétique ;
- Support pour la définition d'indices et standards au profit des décideurs.

Ce dernier est l'un des méthodes d'évaluation dans notre recherche.

V-1-4-7 Les techniques d'architecture bioclimatiques

Les techniques d'architecture bioclimatiques sont multiples, nous avons défini brièvement le plus utilisable et le plus rentable.

V-1-4-7-1 Système De Chauffage

1-Système à Apports Directs :

a)- Système à Apports Directs Non Diffus :

Il s'agit d'un système dans lequel l'énergie solaire est directement captée à l'intérieur de la construction, la lumière rencontre directement la masse thermique qui va stocker cette énergie et sera restituée la nuit.

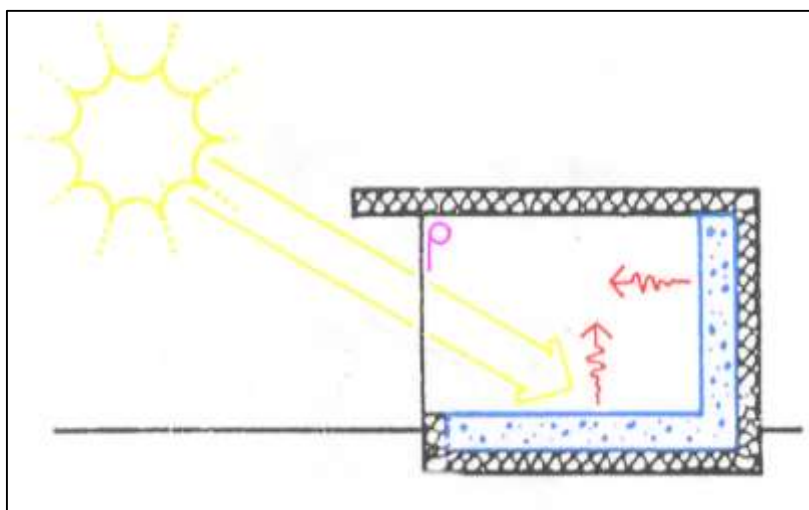


Figure V.10 : Système à Apport Direct Non Diffus **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

V- La simulation

b)- Système à Apport Direct Diffus :

Le Système s'obtient en utilisant un verre diffusant pour la fenêtre captant.

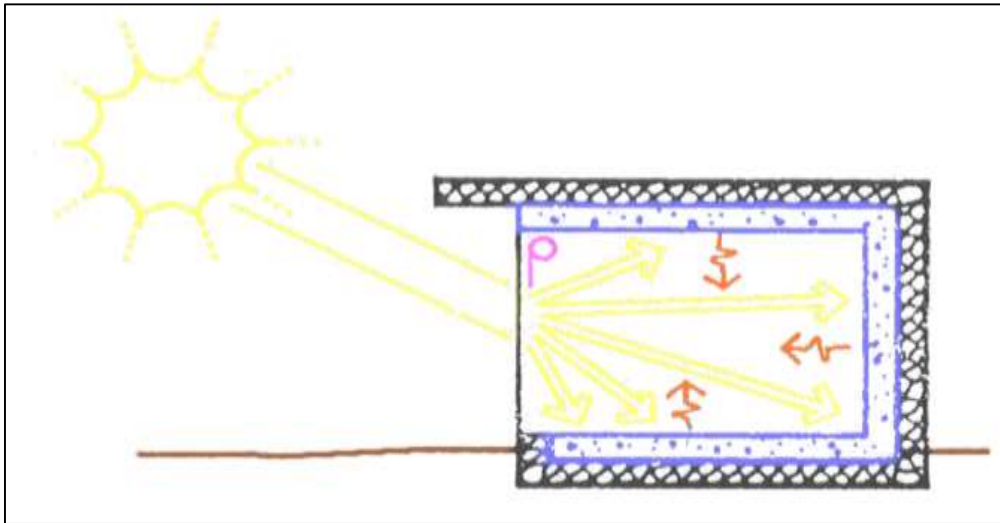


Figure V.11 : Système à Apport Direct Diffus **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

2- Système à Apport Indirects

a)- Serres : Les Serres ont depuis longtemps été utilisées notamment en agriculture pour améliorer le rendement de cultures, Aujourd'hui on a recours aux serres pour en faire des espaces tampons apportant des calories d'origine solaires.

- Fonctionnement :

- Du point de vue thermique 3 éléments jouent un rôle fondamental :
 - 1- L'enveloppe transparente qui isole thermiquement la serre.
 - 2- Le mur de fond de serre qui capte le rayonnement solaire
 - 3- Le Sol qui capte le rayonnement solaire.



Figure V.12 : l'effet de serre **Source :** <http://www.wikiwand.com>

On distingue les trois (03) mécanismes suivants :

1. Le Rayonnement solaire qui traverse la serre de part en part pénètre directement à l'intérieur ou il est absorbé.
2. L'Energie solaire absorbée par le mur interface est partiellement transmise vers l'intérieure par conduction et convection.

V- La simulation

3. Une fraction de l'énergie absorbée soit par le mur interface soit par le sol de la serre chauffe l'air de celle-ci ceci réduit les pertes thermique du mur.

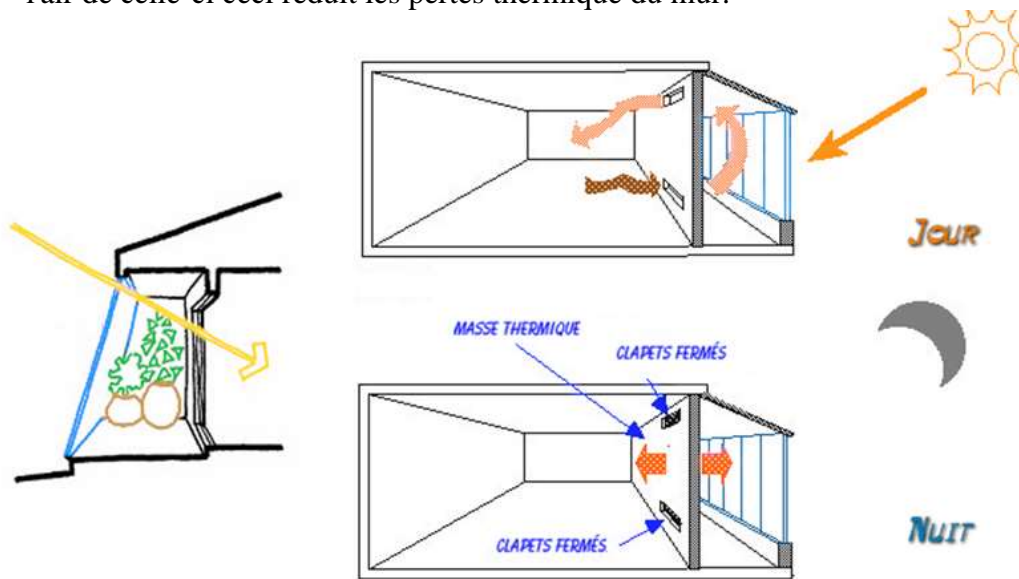


Figure V.13 : fonctionnement de serre **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

b- Mur Trombe :

Un mur capteur-stockeur est constitué d'une massive à forte capacité calorifique, en contact direct avec l'espace intérieur est isolé de l'extérieur par une paire transparente ou translucide.

- Fonctionnement : Le Mur Capteur-Stockeur agit comme un capteur solaire à forte inertie thermique, la chaleur qu'il accumule sert à vaincre ses propres pertes thermiques et à chauffer le local qu'il ferme le mécanisme de transfert de la chaleur du mur au local sont :

- 1) La conduction et convection du mur à l'air ambiant.
- 2) Le rayonnement (infrarouges) en direction du local.
- 3) La connexion naturelle de l'air entre la face chauffée par le soleil et le local.

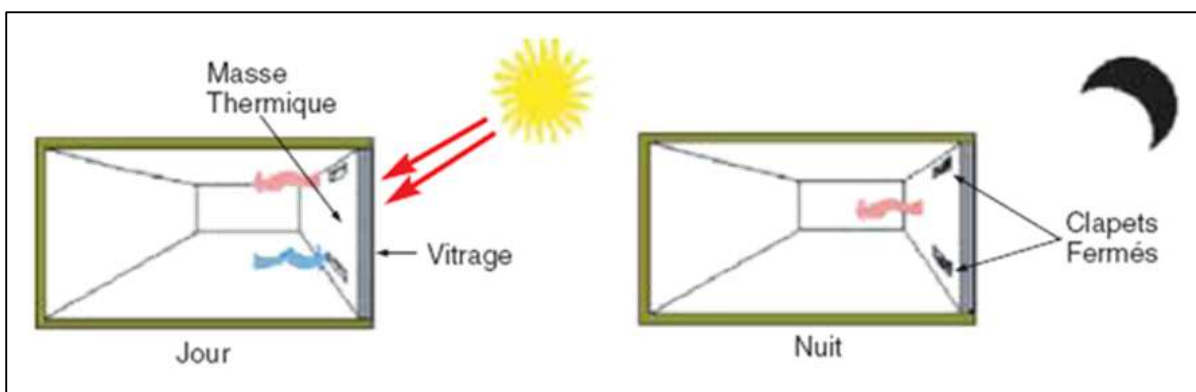


Figure V.14 : fonctionnement Mur Trombe **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

V- La simulation

c)- Toitures Bassin :

La masse thermique est placée horizontalement sur le toit, constituée de sacs, remplis d'eau, ces sacs sont recouverts de panneaux isolants que l'on déplace grâce à un moteur.

- Fonctionnement :

En hiver ces réservoirs d'eau absorbant de l'énergie solaire pendant le jour, le plafond métallique sur lequel repose les réservoirs d'eau, irradie l'énergie calorifique emmagasinée vers l'intérieur.

Les panneaux isolants coulissent en dessus des réservoirs sont utilisés comme régulateurs de l'apport calorifique, soit en les dirigeant vers l'intérieur, soit en les renvoyant vers l'extérieur.

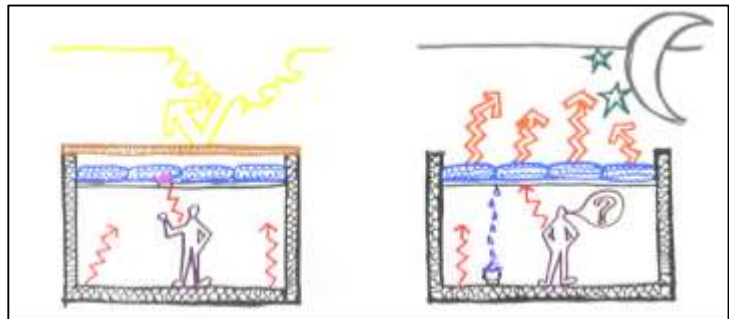


Figure V.15 : fonctionnement Toitures Bassin **Source :** <https://www.energieplus-lesite.be>

Le processus est inversé pendant l'été durant le jour, les panneaux isolants sont gardés fermés au-dessus des réservoirs d'eau qui absorbent la chaleur provenant de l'intérieur, les panneaux sont retirés, l'énergie calorifique emmagasinée s'écoule vers l'extérieur.

d)- Mur D'Eau : Le Mur d'eau est un procédé semblable au mur trombe à la différence qu'il est constitué de récipients remplis d'eau à la place de la maçonnerie.

- Fonctionnement :

Le Mur est construit avec des bidons remplis d'eau, ceux-ci absorbent la chaleur solaire pendant le jour et l'eau qu'ils contiennent s'échauffe, la nuit tombée on relève des panneaux qui isolent les bidons de l'extérieur et leur chaleur rayonne dans toute la maison c'est une variante du mur trombe, mais d'une capacité calorifique plus élevée.

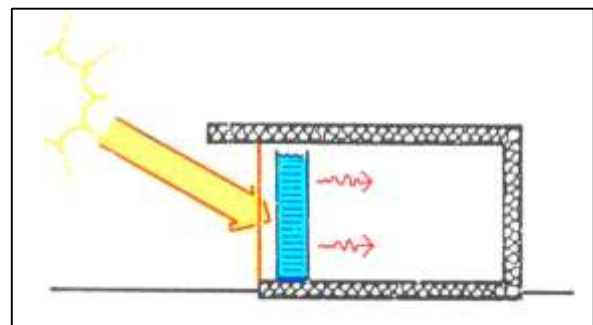


Figure V.16 : Mur d'eau
Source : <https://www.energieplus-lesite.be>

e)-Capteur Solaire :

Les Capteurs solaires thermiques sont des éléments qui convertissent directement l'énergie solaire en chaleur. Elle est récupérée grâce à un fluide caloporteur (eau glycolée en générale) qui s'échauffe en circulant dans un absorbeur placé sous un vitrage. Celui-ci laisse pénétrer la lumière solaire et minimise les pertes par rayonnement infra-rouge de l'absorbeur chaud en utilisant l'effet de serre. Ce vitrage permet en outre de limiter les échanges de chaleur sensible avec l'atmosphère.

V- La simulation

Le Capteur solaire sera d'autant plus performant que le revêtement de l'absorbeur a un coefficient d'absorption élevé et un coefficient d'émission faible. Les matériaux qui présentent ces caractéristiques sont dits "sélectifs". Les performances du capteur sont encore améliorées en isolant la face arrière du module.

Des fabricants proposent des capteurs pouvant remplir la fonction de toit couvrant, pour une meilleure intégration architecturale.

Il Existe deux types des capteurs solaires :

- Les Capteurs Plans.
- Les Capteurs Par Concentration.





	 0°	 30°	 60°	 90°
SUD	87%	100%	93%	67%
SUD-EST SUD-OUEST	87%	95%	86%	62%
EST OUEST	87%	82%	69%	48%

Figure V.17 : orientation des capteurs solaire **Source :** <http://www.kabinet->

V-1-4-7-2 Système De Rafrâchissement Passif

1-Protection Solaire : La Manière la plus simple et la plus efficace d'assurer le confort d'été et de limiter les effets de la principale source de surchauffe en abritant le bâtiment du soleil ou tout au moins de réduire les surfaces de l'enveloppe exposée au soleil .cette recherche de l'ombre s'applique en premier lieu aux surfaces vitrées les plus exposées.

Pour cela on dispose de plusieurs éléments de protection qui peuvent être fixés ou réglables, extérieurs ou intérieurs.

a) Système D'Occultation :

Leur utilisation efficace devra tenir compte de l'azimut et de la hauteur du soleil.

Il y a 2 types d'occultation, les occultations fixes et les occultations mobiles.

1)- Les Occultations Fixes :

Sont constituées par des éléments architecturaux courants tel que : Brise-soleil.

Et horizontaux ou verticaux, balcons, saillis de refend ou de bord de toiture.

Le choix de la forme d'une occultation dépend de l'incidence et de la puissance des rayons solaires.

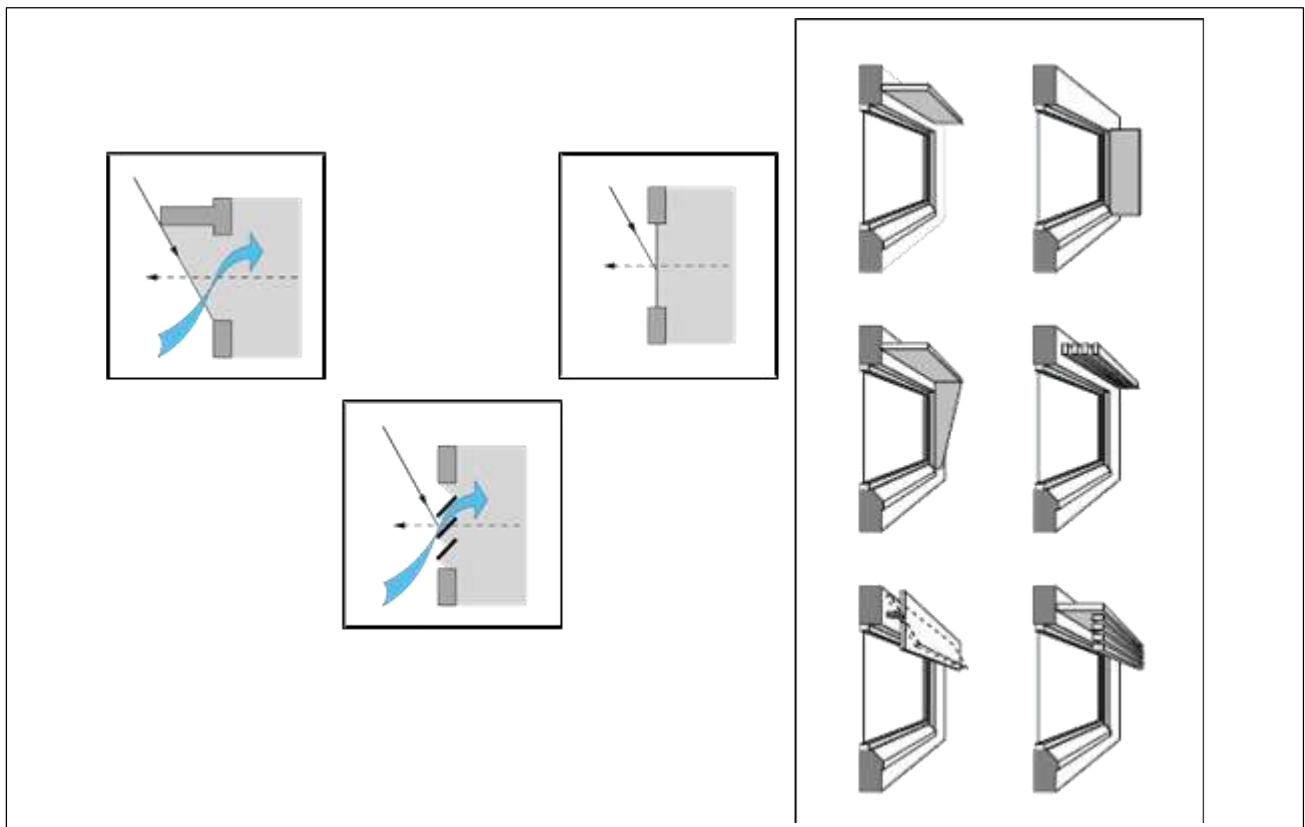


Figure V.18 : Les occultations fixes **Source :** <https://www.technal.com>

2)- Les Occultations mobiles :

Pour des occultations mobiles telles que persiennes, volets, stores, l'efficacité est intéressante à condition qu'elles soient disposées à l'extérieur de la baie.



Lame en Y inversé (occultation totale).



Lame rectangulaire droite (occultation partielle).



Lame rectangulaire inclinée à 42° (occultation partielle).

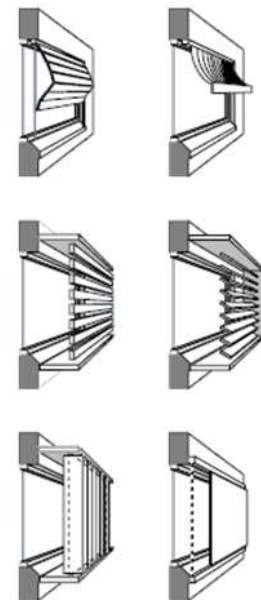


Figure V.19 : Les occultations mobiles **Source :** <https://www.technal.com>

V- La simulation

b) Protections Naturelles :

Ce sont des phénomènes ou des effets naturels.

Ainsi les arbres à feuilles caduques conviennent particulièrement en plantation sur les côtés Sud, Est et Ouest ou dans les cours d'immeuble, Dès le printemps, mais surtout en été et en automne, leur feuillage intercepte le flux d'énergie solaire avant son arrivée au sol, ou sur les façades et les fenêtres .Ces espèces perdent leurs feuilles à la fin de l'automne et après la chute des feuilles mortes, les rayons du soleil viennent réchauffer les parois captant.

Les toitures pelouses ou les terrasses-pergolas ont leurs intérêts sous de nombreux climats.

Dans les climats secs, l'arrosage des plantations en toiture rafraîchira notablement une construction par évaporation .un toit mouillé évacuera vers le ciel nocturne la chaleur absorbée en cours de journée.

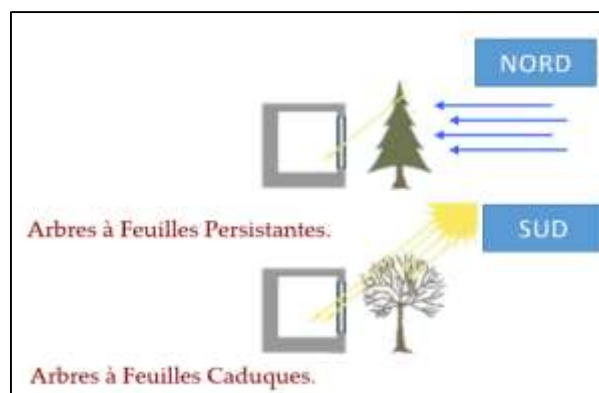


Figure V.20 : Protection Naturelle Source :

2- La Ventilation :

a) Les Tours à Vent :

Lorsque il est nécessaire d'activer la convection naturelle et que les vents sont quelques fois frais on utilise un dispositif destiné à capter les vents en hauteur et à les diriger dans les pièces à ventiler.

- Fonctionnement :

L'air capté est conduit par une cheminée passant à l'abri du rayonnement solaire pour éviter qu'il ne s'échauffe pendant la journée, ceci crée un courant d'air qui chasse l'air chaud des pièces et du patio.

La forme des capteurs dépend de la nature des vents, capteurs directs pour les vents monodimensionnels à capteur multidirectionnels pour les vents variables les tours à vent quant à elles sont une autre forme de "capteurs à vent" elles s'élèvent beaucoup plus haut que les maisons pour saisir les vents dominants.

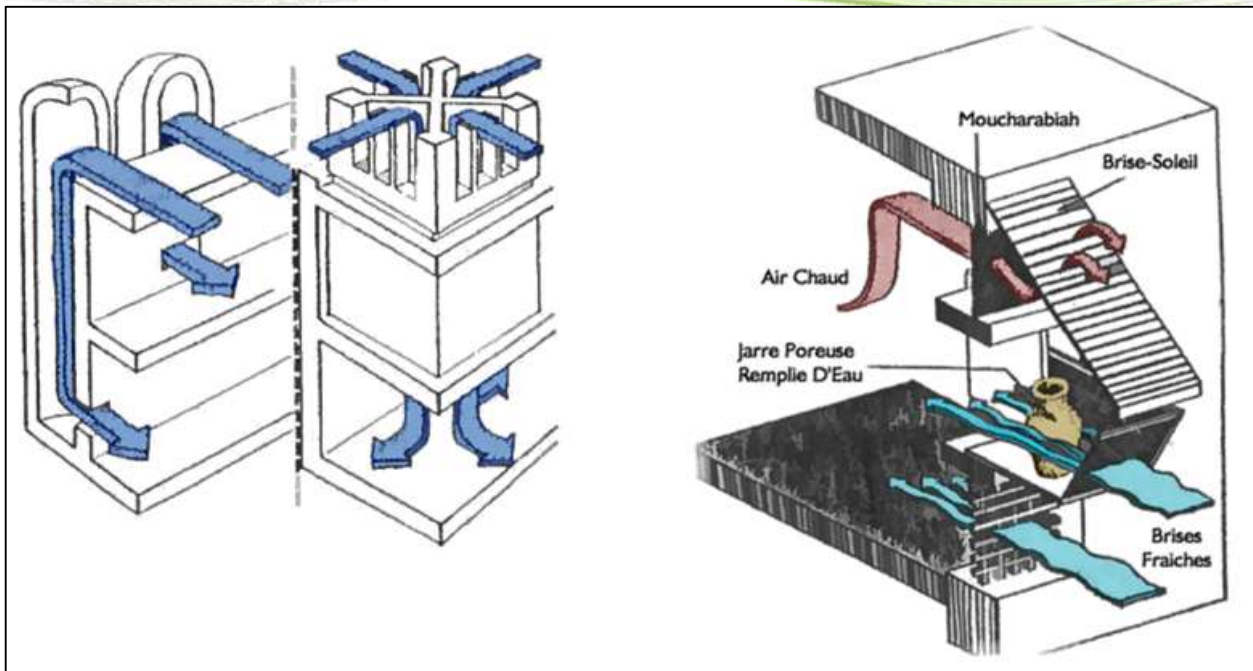


Figure V.21 : fonctionnement du tour à vent Source : <http://www.habiter-autrement.org>

V-1-5 Partie expérimentale :

Dans cette partie, nous avons abordé l'effet de double toiture ventilée et la façade en double peau et leurs impacts sur le confort thermique (**évaluation de la température de L'air**), ces impacts sont vérifiés par apport aux scenarios suivants :

- au début on a fait une simulation sur la salle d'exposition permanent n°8 dans le cas initial (un simple toit + cadé une seule peau) pour obtenir le niveau de confort sur la salle.
- et après on a fait une amélioration pour augmenter le niveau de confort par des solutions passives (double toiture ventilé et la façade en double peau) et obtenir les résultats par le Logiciel de simulation ENERGYPLUS.

V-1-5-1la façade en double peau

Façade simple traditionnelle doublée à l'extérieur par une façade essentiellement vitrée, la façade double peau est comparable aux espaces tampons habituellement utilisés dans la conception bioclimatique. Ces espaces ont pour vocation de venir « absorber » les variations du climat pour réguler la température intérieure des espaces. Cela permet au bâtiment d'économiser de l'énergie, en protégeant du froid et du vent, ou en stockant de la chaleur comme les serres solaires passives. De la même manière, la façade double peau a pour fonction la régulation thermique du bâtiment. Elle le protège des contraintes météorologiques. Par rapport aux rayonnements solaires, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. En évitant l'action directe du vent, elle supprime l'effet de paroi froide en hiver, source d'inconfort. Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable.

FONCTIONNEMENT

Hiver : La double peau étant fermée, nous utilisons le rayonnement solaire afin de réchauffer l'air intérieur de la double peau et d'emmagasiner un maximum de chaleur solaire.

Une fonction automatique permet de limiter la température excessive dans le double peau, par l'introduction momentanée de l'air extérieur, si nécessaire.

Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer

V- La simulation

L'air chaud de la double peau et donc de limiter l'utilisation du chauffage,

Été : La prévention de la surchauffe de l'air intérieur en ventilant naturellement l'air contenu dans la double peau permet à l'air chaud de la double peau d'être maintenu hors du bâtiment. Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer l'air frais de la double peau et donc de limiter l'utilisation de la climatisation,

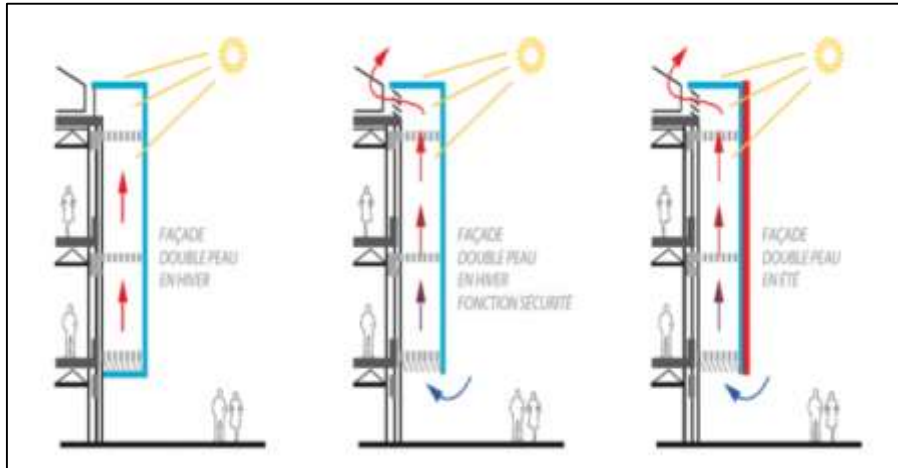


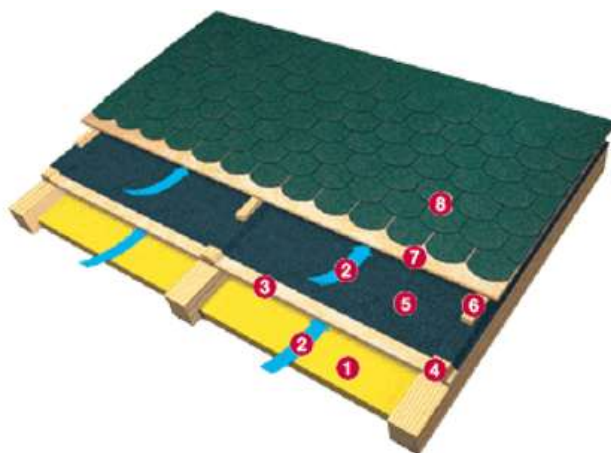
Figure V.22 : fonctionnement de la façade double peau **Source :** <http://www.habiter->

V-1-6 la double toiture ventilée

Le principe de conception de la double toiture ventilée est basé sur la possibilité de recueillir et d'évacuer vers l'extérieur des infiltrations liées au phénomène de siphonnage, par les joints de raccords entre les éléments de couverture ou des conséquences du déplacement ou de la déformation localisée des éléments de couverture. Cela conduit, dans la pratique, à la réalisation d'une étanchéité complémentaire disposée sur un support continu indépendant.

Dans ce système, la couverture se trouve fonctionner en «porte neige» sur les faces duquel on tente de reproduire des conditions d'ambiance sensiblement équivalentes.

Les fonctions remplies par cette double toiture sont illustrées par la figure ci-après.



01	Isolant
02	Lame d'air ventilée d'épaisseur minimale 6 cm
03	Support de l'étanchéité complémentaire
04	Chanlatte trapézoïdale
05	Étanchéité complémentaire
06	Contre-latte
07	Support de la couverture
08	Matériau de couverture

Figure V.23 : détail de la double toiture ventilée **Source :** <http://www.siplast.fr/profil/artisans->

V- La simulation

V-1-7 Présentation de moyen de simulation :

L'analyse par simulation de fait dans une perspective d'intégration des paramètres physique et climatique au processus de conception des bâtiments. Elle permet aussi l'évaluation et le contrôle thermique des projets.

V-1-8 Description de logiciel de simulation ENERGY PLUS :

ENERGY PLUS est outil de simulation thermique dynamique développé par le département à l'énergie des USA. Il est particulièrement complet notamment pour la prise en compte des équipements énergétiques des bâtiments mais aussi de phénomènes complexes comme la ventilation naturelle, l'impact d'une toiture végétalisée ou de l'utilisation de matériaux à changement de phase. Il est aussi ouvert permettant l'utilisation de logiciel tiers de saisie et d'exploitation.



V-1-9 Principe De Simulation :

La simulation par ENERGYPLUS se compose en deux étapes :

- 6- **L'input des données :** les appellations. latitude. longitude ...etc.
- 7- **L'output des données :** sous forme des fichiers Excel .DXF. rapport des erreurs ...etc.

V-1-10 Présentation de cas d'étude :

La salle d'exposition permanente (n 08) est choisie comme le cas d'étude pour son importance dans le musée et pour la disposition et l'emplacement des ouvertures défavorables au cote thermique (sud-ouest), et le contact direct du toit à l'environnement extérieur.

Disposition	1er étage
Dimension	8 ,5m x 12 ,5m
Hauteur sous plafond	5 m
Orientation des ouvertures	Sud-ouest
Type d'éclairage	Eclairage bilatéral

La salle d'exposition permanente (n 08)

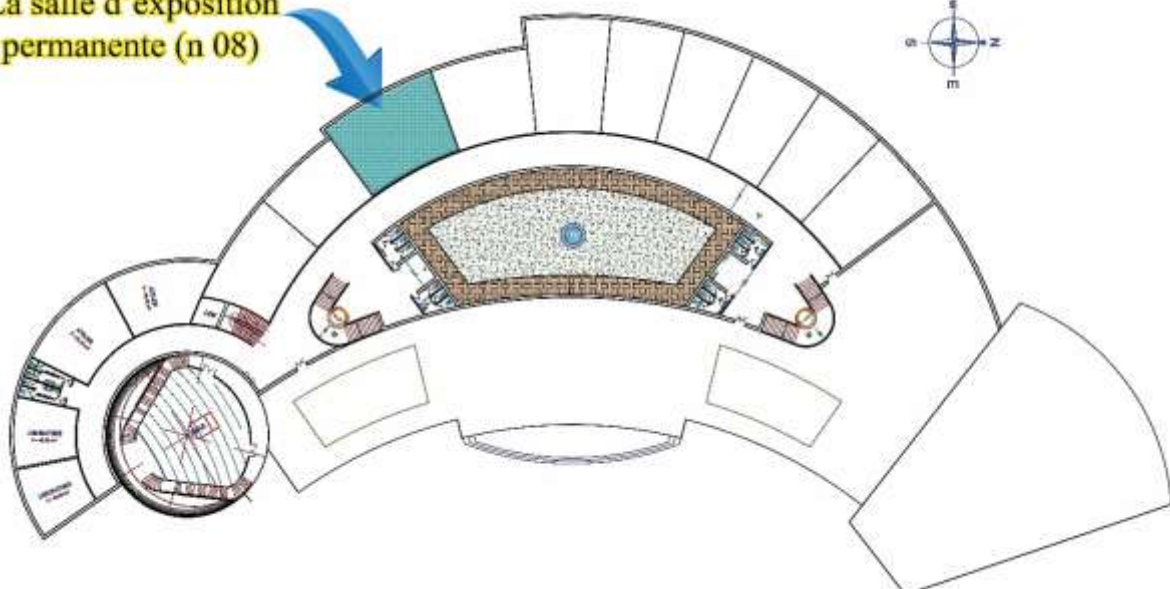


Figure V.24 : plan 1^{er} étage Source : auteur

V-1-10 La simulation :

V-1-10-1 Période Estivale

A- Evaluation Numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas initiale) :

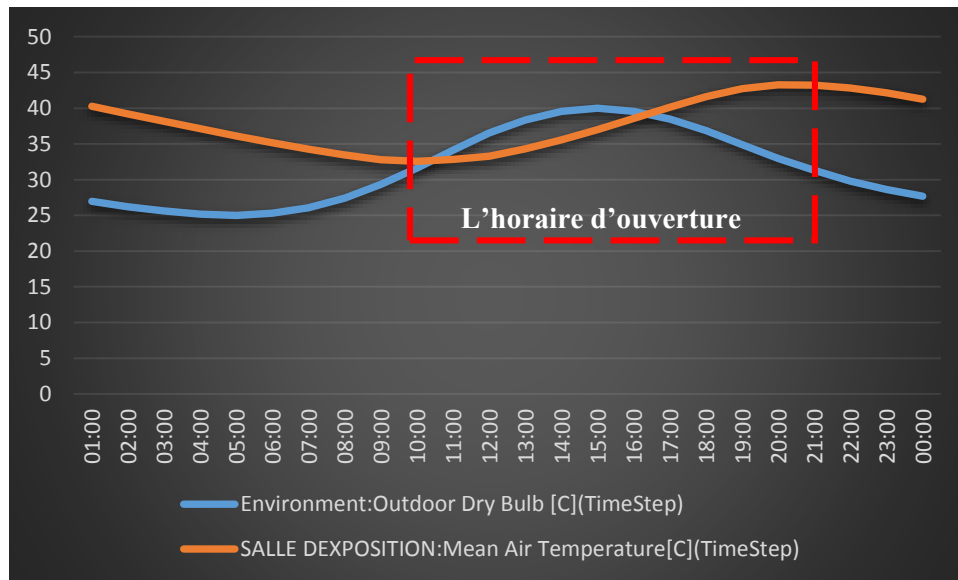


Figure V.25 : température de cas initial en été **Source :** auteur

Commentaire
 Le cas initial a été simulé sans la toiture ventilée et sans la façade en double peau, la température intérieure dans la salle d'exposition varie de (32° à 43°) voir courbe V.1, durant leurs horaires d'ouvertures, ces valeurs affectent négativement sur le confort thermique.

Conditions de simulation :

- la simulation est faite sans la prise en considération la ventilation nocturne (de 21 :00 jusqu'à 06 :00) c'est la période où la température extérieure est basse.
- la végétation et les jets d'eau ne sont pas prises en charge.

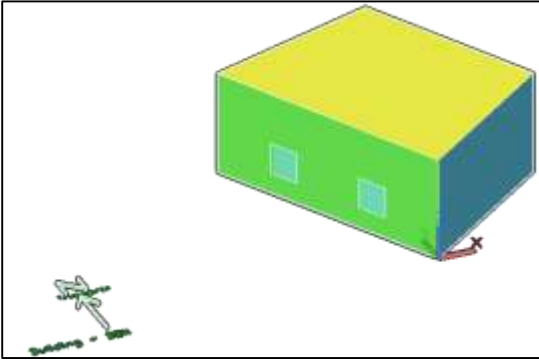


Figure V.26 : modèle simplifié de la salle d'exposition en cas initiale **Source :** auteur

B- évaluation Numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas amélioré avec la façade en double peau) :

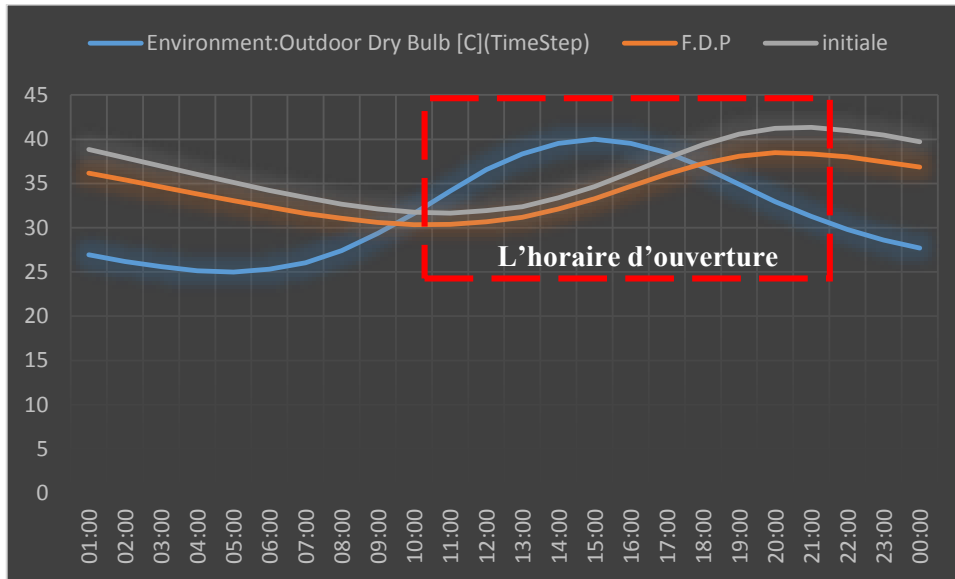


Figure V.27 : température de la salle d'exposition en cas amélioré par la façade en double peau en été
Source : auteur

Commentaire
 Le cas amélioré 1 a été simulé avec la façade en double peau, on obtient une température de l'air intérieure dans la salle d'exposition variante entre (30° et 37°) voir courbe v. 2, durant leur horaires d'ouvertures, mais nous ne sommes pas arrivé à la zone de confort thermique donc on a ajouté un autre système bioclimatique pour minimiser la température de l'aire en période estivale.

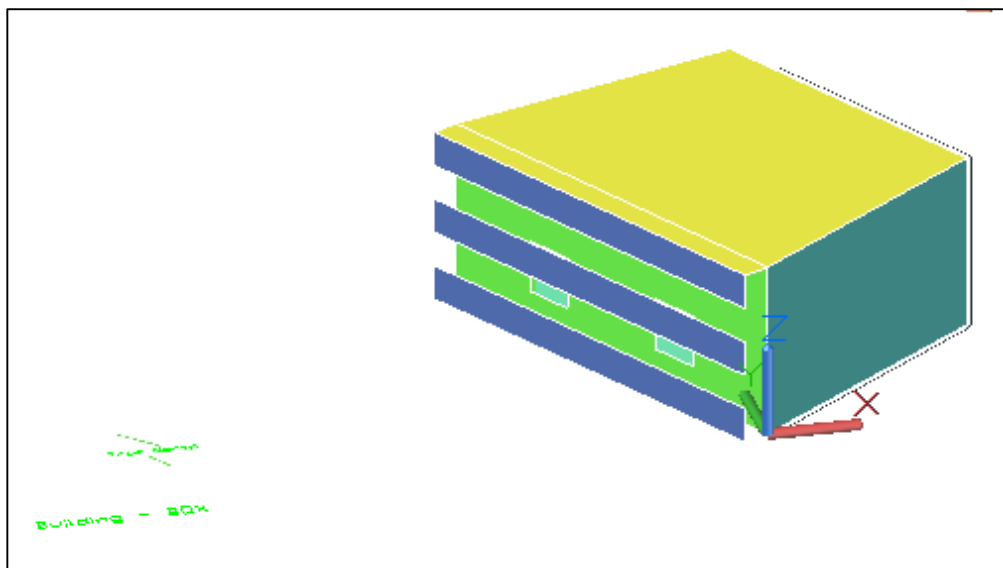


Figure V.28 : modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré 1
Source : auteur

V- La simulation

C- Evaluation Numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas amélioré avec Le double toiture ventilée) :

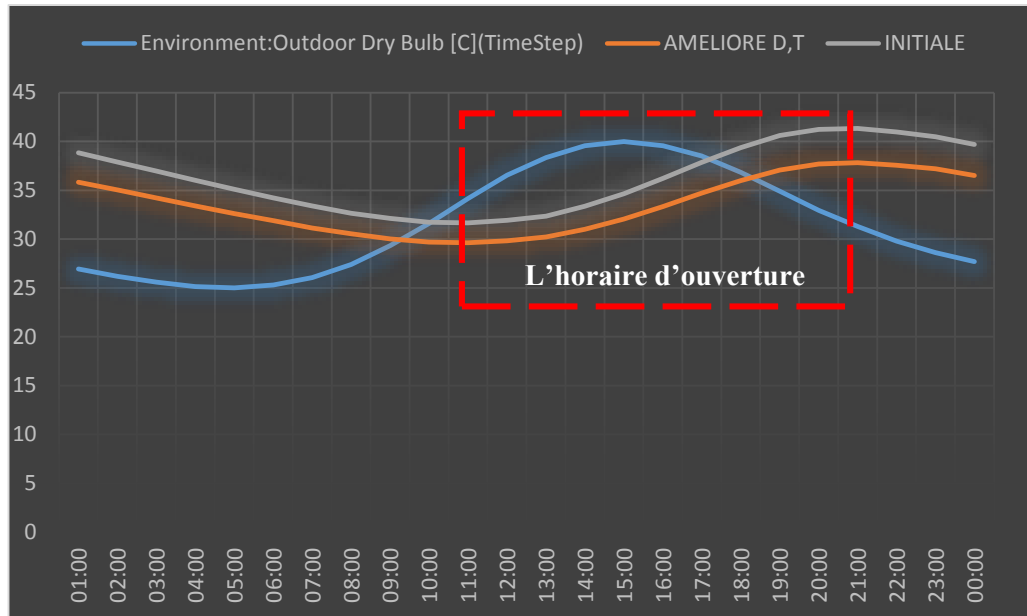


Figure V.29 : température de la salle d'exposition en cas amélioré par la double toiture ventilée **Source :** auteur

Commentaire

Le cas amélioré 2 a été simulé avec la double toiture ventilée, on obtient une température de l'air intérieure dans la salle d'exposition variant entre (29° et 37°) voir courbe V.3, durant leur horaire d'ouvertures, mais nous ne sommes pas arrivés à la zone de confort thermique donc on a ajouté un autre système bioclimatique pour minimiser la température de l'air en période estivale.

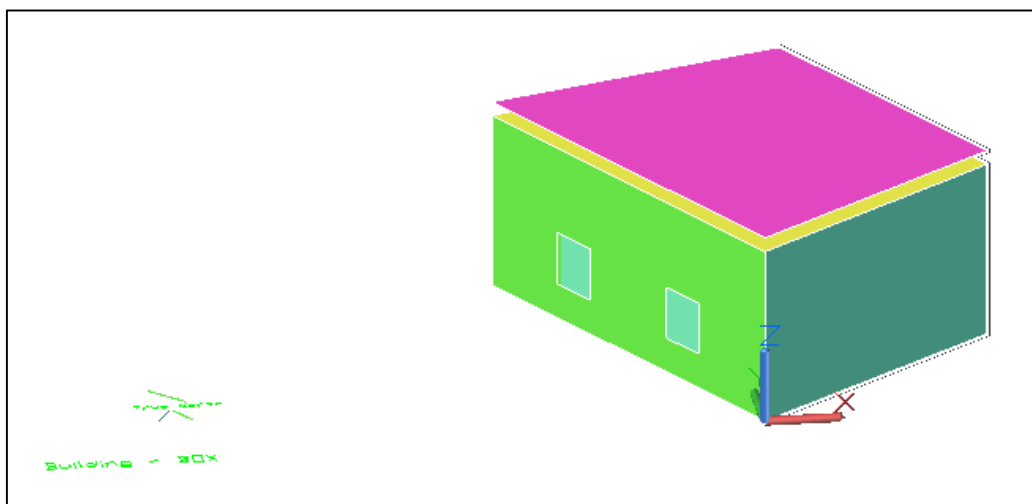


Figure V.30 : modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré 2 **Source :** auteur

V- La simulation

D- Evaluation Numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas amélioré finale, Le double toiture ventilée et la façade en double peau) :

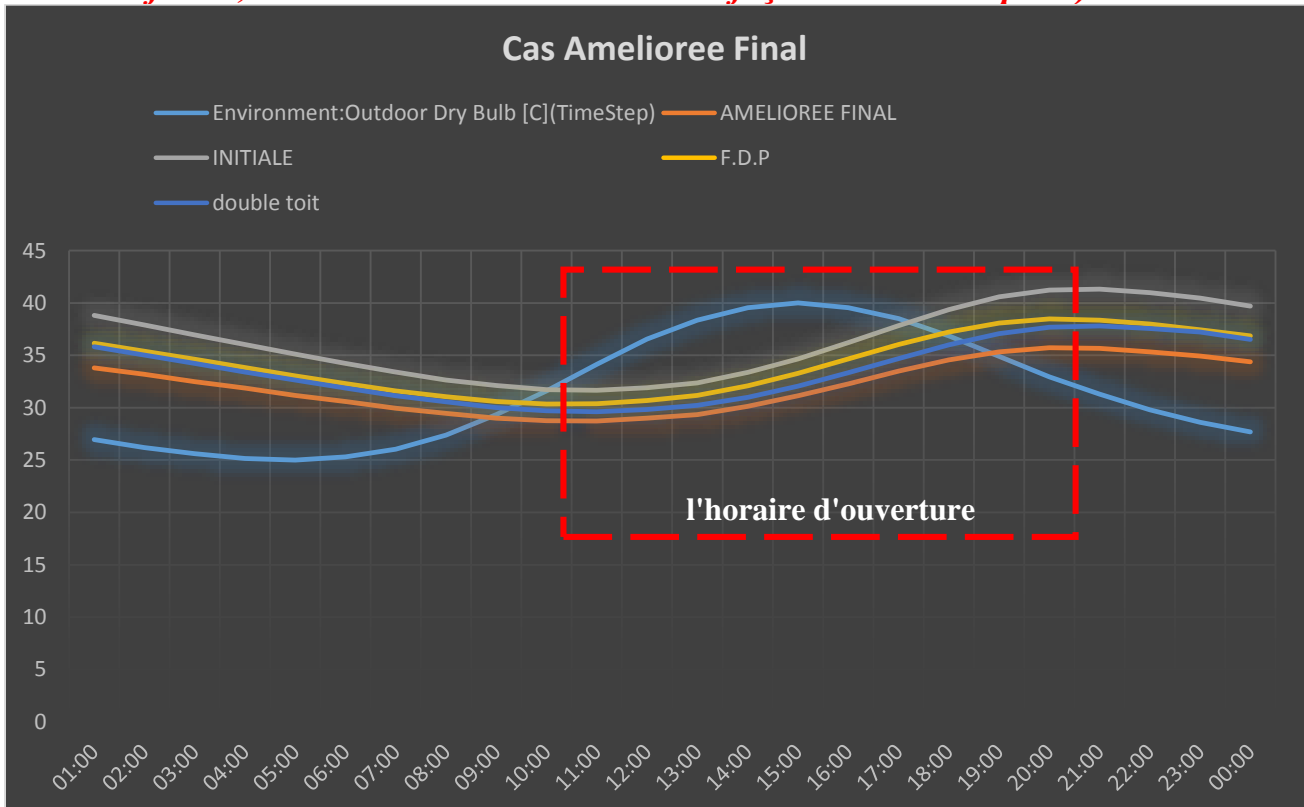


Figure V.31 : température de la salle d'exposition en cas amélioré finale **Source** : auteur

Commentaire

Le cas amélioré finale a été simulé avec la toiture ventilée et la façade en double peau, on obtient une température de l'air intérieure dans la salle d'exposition variante entre (29° et 37°) voir courbe V.4, durant leur horaires d'ouvertures,

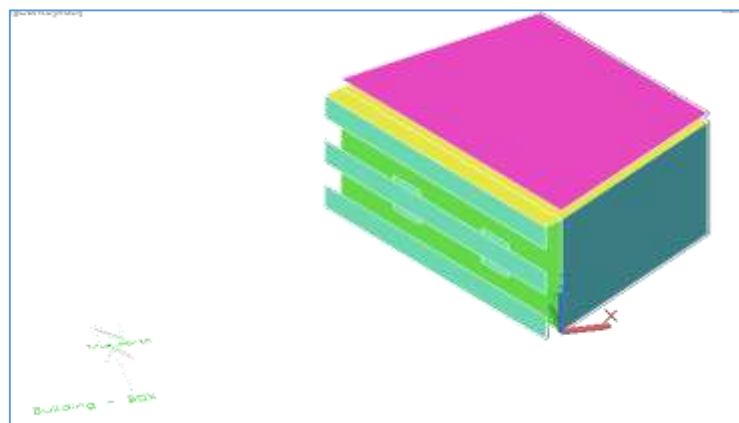


Figure V.32 : modèle simplifié de la salle d'exposition en cas amélioré finale **Source** : auteur

Synthèse

D'après les résultats que nous avons obtenu on a conclu qu'il y a un Fort effet de la toiture ventilé et la façade en double peau sur l'augmentation de niveau du confort dans les salles d'exposition durant la période estivale ,mais nous ne sommes pas arrivé à la zone de confort thermique parce qu'on a négligé l'effet de la ventilation nocturne et l'effet de la végétation et les jets d'eau qui auront un grand effet de rafraîchissement de l'air et minimisant la température .

V-1-10-2 Période hivernale

A- évaluation numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas initiale) :

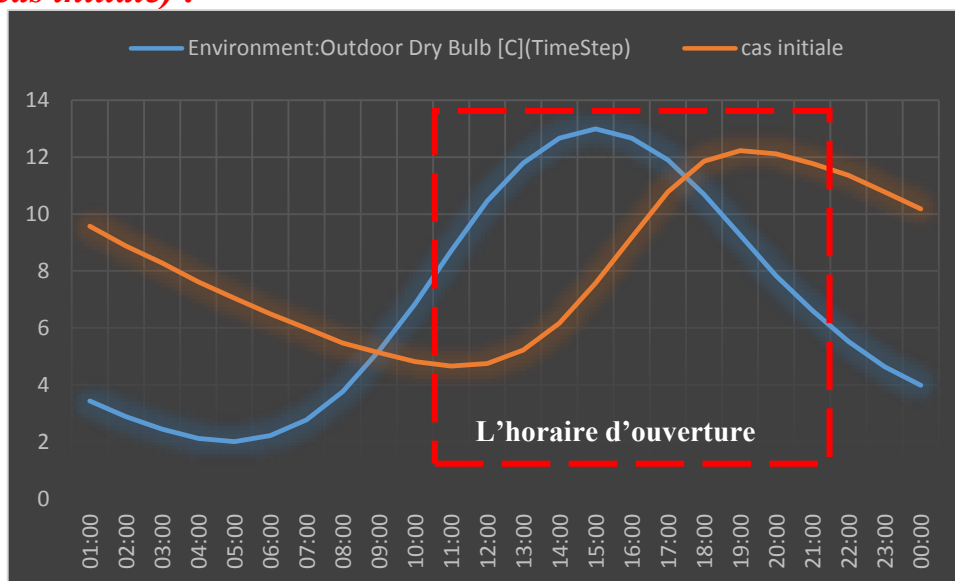


Figure V.33 : température de la salle d'exposition en cas initiale dans la période hivernale **Source :** auteur

Commentaire

Durant la période hivernal, la température de l'air intérieur varie de 6° à 12°, voir courbe V.5, durant leurs horaires d'ouvertures, ces valeurs affectent négativement sur le confort thermique.

B- évaluation numérique de température de l'aire dans la salle d'exposition (cas amélioré par la façade en double peau) :

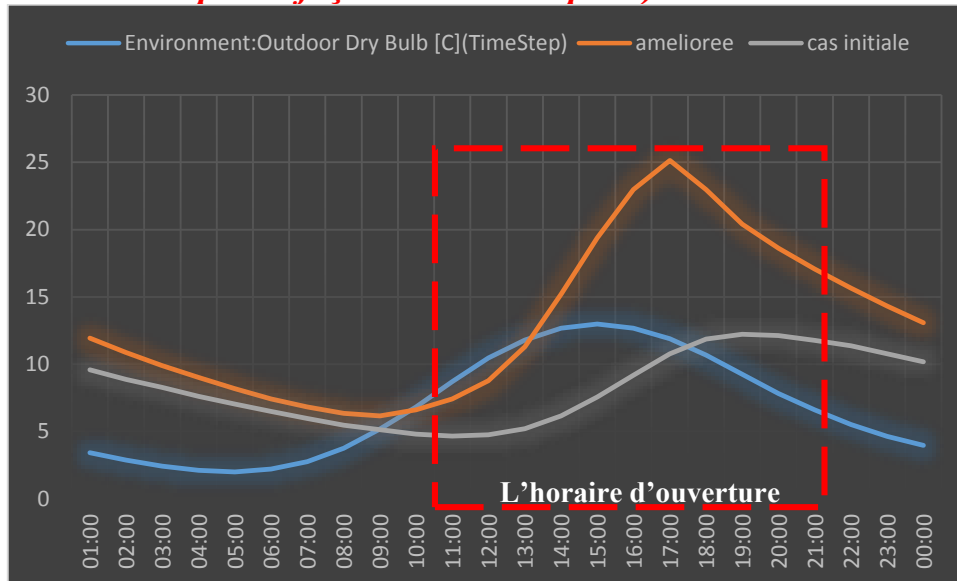


Figure V.34 : température de la salle d'exposition en cas initiale dans la période hivernale **Source :** auteur

Commentaire

Le cas amélioré finale a été simulé avec la façade en double peau, on obtenant :

- une température de l'air intérieure dans la salle d'exposition variante entre 06° et 15° durant la période de **10 :00 à 15 :00** .
- avec une température variante entre 19° et 25° durant la période de **15 :00 à 19:00** .
- et température variante entre 18° et 27° durant la période de **19 :00 à 21:00** voir courbe V.6

Synthèse

D'après les résultats que nous avons obtenu on a conclu que la façade en double peau aura un rôle sur l'augmentation de la température de l'air et l'obtention de la zone du confort mais dans les périodes où la salle sera expose au soleil seulement donc on a voulu proposer l'utilisation des chauffages solaires dans les heures où la température sera basse

Conclusion

Le climat de Laghouat se caractérise par un été très chaud et un hiver rigoureux et pour assurer le confort thermique on se sert des techniques bioclimatiques, dans ce cas on utilise la double toiture ventilée et la façade en double peau car chacune de ces deux techniques nous permettent d'améliorer le niveau de confort.

Malgré cela on n'est pas arrivé à la zone de confort thermique mais on a bénéficié de réduire la consommation énergétique qui est un de nos objectifs.



***CONCLUSION
GENERALE***



Conclusion Générale

En conclusion, nous pouvons dire que le projet (musée des sciences et technologies durable dans la ville de Laghouat) nous a permis le traitement et la réflexion sur la question de développement de la vie culturelle et scientifique des habitants de la ville de Laghouat, qui est très riche en matière d'histoire et de patrimoine culturel matériel et immatériel d'une part et d'une infrastructure scientifique très large d'autre part représentée par l'université et ses facultés (médecine, architecture, histoire,...) ainsi qu'un nombre important de centres de recherches spécialisés à l'échelle local régional et national.

Nous avons essayé à travers la conception du musée des sciences et technologies dans la ville de Laghouat de mettre en valeur tout ce potentiel culturel et scientifique dans un seul plateau, qui aura comme mission la participation au développement de la ville de Laghouat par la création des espaces d'exposition pour l'encouragement de la créativité, l'innovation et la diffusion de la science, pour l'émancipation de la population de la ville de Laghouat.

La vocation de durabilité est un volet très important dans notre conception du projet, que nous avons exprimé dès les premières phases de la conception, ce qui nous a permis d'intégrer le projet dans son contexte climatique assez dur ; par l'usage des techniques d'architecture bioclimatique adaptées à ce type de climat, dans le but de créer des espaces intérieurs confortables et la participation à la diminution de la consommation énergétique et en conséquent la préservation de l'environnement.

Notre démarche de durabilité nous a poussé à faire des améliorations sur les techniques de durabilité utilisées dans notre projet à travers une simulation numérique (ECOTECT, ENERGIE PLUS) qui nous a permis de vérifier et d'améliorer certains aspects techniques du projet.

Enfin nous espérons, que nous avons à travers la conception de ce musée participé au développement de la vie culturelle et scientifique des habitants de la ville de Laghouat, participer ainsi à la préservation de l'environnement et lancer les prémices de la conception durable dans notre ville.

Les références

Chapitre I : Approche thématique

- 1 L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE (Une partie d'un mémoire de master 2 recherche, Université de Paris Diderot)
- 2 Livre les 100 mots de la construction durable 2eme Édition
- 3 Site internet : www.coduform.be/pdf
- 4 Livre Traité d'architecture et d'urbanisme
- 5 Livre les 100 mots de la construction durable 2eme Édition
- 6 le rapport Brundtland
- 7 Site internet : <http://www.vedura.fr/guide/ecolabel/breeam>
- 8 Site internet : <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-passivhaus/>
- 9 Site internet : <http://www.minergie.fr/>
- 10 Livre les 100 mots de la construction durable 2eme Édition
- 11 Site internet : <http://www.sballiance.org/fr>
- 12 Site internet : <https://negawatt.org/L-Association-negaWatt>
- 13 Le Conseil du bâtiment durable du Canada
- 14 Site internet : <http://www.effnergie.org>
- 15 Site internet : <https://www.connaissancedesenergies.org/>
- 16 NADJI Mohamed Amine. Réalisation d'un éco-quartier. Mémoire de Magister, université d'Oran 2015
- 17 Dictionnaire la rousse : <http://www.larousse.fr>
- 18 <http://lewebpedagogique.com/aoudedutic/files/2010/10/Définition-de-la-technologie.pdf>
- 19 Mémoire de fin d'études : ZIDI Abdullah et NEDJAR Abdelhak, centre culturel, 2011-2012
- 21 ICOM (Conseil international des musées)
- 22 www.museebal.fr/sites/default/files/img/PDF02/Role-et-fonctions-des-musees.pdf
- 23 www.museebal.fr/sites/default/files/img/PDF02/Role-et-fonctions-des-musees.pdf
- 24 Site internet : <https://www.energieplus->
- 25 Site internet : <http://www.lejardineur.net>

Chapitre II : Programmation

- 1 Source livre : Museum .Vol XXXI, n° 2, 1979 ÉDITION ANGLAISE . Iris Bcttembourg
- 2 Magazine ANA ME3MARY vol 13 .déc. 2012
- 3 Brochure «ÉCLAIRAGE POUR MUSÉES ET GALERIES»

Chapitre III : Approche Architecturale

- 1 Encarta 2010
 - 2 Mazouz. S., 2004.
 - 3 Thèse de Doctorat, N. Zemmouri
 - 4 La station météorologique.
 - 5 (P.D.A.U) de Laghouat révision 2012.
 - 6 Google Earthe
-

Chapitre IV : Approche technique

- 1 Cour construction 2ème année architecture UATL
- 2 Cours : Bâtiment 2 –S6 LICENCE Génie Civil –Option : Construction Bâtiment - Prof. Amar KASSOUL - UHBChlef
- 3 <https://boutique-genie-civil.blogspot.com>
- 4 <http://www.caseysroofing.co.uk>
- 5 https://www.dicobatonline.fr/exemples_definitions.php
- 6 <http://www.lamaisondome.com>
- 7 <http://www.lamaisondome.com>
- 8 <http://www.cstc.be>
- 9 guide façade multiple double peau/ fév. 2014
- 10 <http://www.materic.fr/cloisons-mobiles-paravents-totems.html>
- 11 <http://www.club-innovation-culture.fr/>
- 12 <http://www.archiexpo.fr>
- 13 <http://www.belm.fr/porte-entree-esterel>
- 14 <https://www.energieplus-lesite.be>
-

Chapitre V : La simulation

- 1 A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
 - 2 Moujalled, B. « Modélisation dynamique du confort thermique », thèse de doctorat, présentée à l'institut des sciences appliqués de Lyon .France. 2007
 - 3 « confort physiologique .technique de l'ingénieur. 1995.
 - 4 Hoffman J.B. « Ambiances climatisées et confort thermique » les actes du COSTIC.
 - 5 A.Liebard. et A. De Herde, 2005).
 - 6 <https://www.beswic.be/fr/themes/agents-physiques/ambiances-thermiques>
 - 7 <https://www.beswic.be/fr/themes/agents-physiques/ambiances-thermiques>
 - 8 Thèse de doctorat« développement et évaluation de stratégies de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions »
 - 9 <https://www.energieplus-lesite.be>
-