



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Mohamed Khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département d'Architecture



Mémoire présenté en vue de l'obtention  
Du diplôme de

**Master en architecture**

**Option : Architecture et environnement dans les zones arides**

**Sujet : Evaluation de confort visuel dans les salles de  
classes**

**Projet : Ecole d'Architecture**

**Présenté par :**

**Messaoudi Manel**

**Soutenu le :**

**2 /06/2018**

**Devant le jury**

Nom du président du jury : Ghanemi Fatine..... Président

Nom du membre de jury : Marzougui Wafia.....Examineur

Nom du membre de jury : Mazerdi Toufik..... Rapporteur

**Promotion : 2017-2018**

# DEDICACE

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots,  
que nous dédions ce modeste travail de fin  
d'étude à mes chers parents; qui ont sacrifié leur  
vie pour ma réussite et nous ont éclairé le  
chemin par leurs conseils judicieux.*

*Nous espérons qu'un jour, nous pourrons leurs  
rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour nous, que  
dieu leur prête bonheur et longue vie*

*Merci mon père : BELGACEM*

*Merci ma mère : SAMIA*

*A*

*Mes amis pour leur soutien moral et aide :  
AMINA et WAHIBA et ICHERAK*

*A*

*Mes chers frères et chères sœurs pour leur  
affectation, compréhension et patience.*

*A*

*Ma grande famille*

*A*

*Toute la promotion master 2 d'Architecture  
2017/2018*

*Tous ceux qui ont une relation de proche ou de loin avec la  
réalisation du présent mémoire*

# REMERCIEMENTS

*Avant tous, je remercie dieu pour m'avoir donné le courage et volonté de mener à terme ce travail.*

*Il m'est agréable de saisir cette occasion pour présenter mes remerciements à mon professeur et mon encadreur pédagogique Mr. Mazerdi Toufik pour ses conseils et ses décentes recommandations, et pour son aide précieuse que ce soit en matière de documentation ou bien par son aide morale qu'il m'a témoignée tout au long de ce travail*

*Mes remerciements vont également à le président de jury M. Ghanmi Fatine et l'examineur M. Marzougui Wafia qui acceptés de juger ce travail.*

*Une grande merci à tous les enseignements de département d'architecture de Biskra qui ont contribué à notre formation, grâce à leurs encouragements et leur aide : Mr. Djebnoune Rachid, Mr. Messaoudi Djamel.*

*J'adresse aussi un remerciement spécial à Mr. Mouane Mohammed Architecte au bureau d'étude à Touggourt pour son aide et ses conseils.*

*Je remercie également tous mes collègues : Labouze Nadir, Mansouri Hamid, Mouane Ayoub, et tous ceux qui nous soutenu et aidé tout au long de cette étude surtout l'architecte Melle. Gassmi Imane*

*Enfin, Je tiens à remercier mes parents et mes frères pour leur soutien moral et leur aide pour que je puisse terminer mes études supérieures.*

و ما توفيقى الا بالله

Messaoudi Manel.

# Tableau des matières

## SOMMAIRE

Page

Dédicace

Remerciement

Résumé..... I

Sommaire..... III

Liste de figures..... VIII

Liste des tableaux..... X

Liste des schémas..... XI

### ▪ Chapitre I : introduction générale :

Introduction..... 01

Problématique..... 02

Objectif de recherche..... 02

Question de recherche..... 03

Hypothèse..... 03

Méthodologie de mémoire..... 03

Structure de mémoire..... 03

Modèle d'analyse..... 04

### ▪ Chapitre II : le confort visuel dans les salles de classes

Introduction..... 05

I- Le confort visuel général..... 05

I.1-Définition du « confort » ..... 05

I.2-Définition du « confort visuel » ..... 05

I.3- les critères du confort visuel..... 07

I.4- les paramètres du confort visuel..... 08

I.4.1- Un bon niveau d'éclairage nécessaire à une vision claire et sans fatigue..... 08

I.4.2- Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable..... 09

I.4.3- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace..... 10

I.4.4- Les rapports de lumière présents dans le local..... 11

I.4.5- l'absence d'ombres gênantes..... 12

I.4.6- La relation au monde extérieur..... 13

I.4.7- L'éblouissement..... 14



# Tableau des matières

I.4.7.1-Définition de l'éblouissement.....	14
I.4.7.2-Type d'éblouissement.....	16
I.4.7.2.1-L'éblouissement direct.....	16
I.4.7.2.2-L'éblouissement indirect.....	16
I.4.7.2.3-L'éblouissement perturbateur.....	17
I.4.7.2.4-L'éblouissement inconfortable.....	17
I.4.7.3-Contrôle de l'éblouissement.....	17
II- Le confort visuel dans les salles de classes.....	18
II.1-Tâches visuelles dans les salles de classe.....	18
II.2-Eléments de confort visuel dans les salles de classes.....	19
Conclusion.....	20

## ▪ Chapitre III: les systèmes de gestion de la lumière naturelle :

Introduction.....	21
I- La stratégie de la lumière naturelle.....	21
I.1- Capter la lumière.....	22
I.2- Transmettre.....	23
I.3- Distribuer.....	23
I.4- Se protégé.....	24
I.5- contrôler.....	25
II-Les systèmes de gestion de la lumière naturelle.....	25
II.1- Système de puits de lumière.....	25
II.2- Les plafonds anidoliques.....	26
II.2.1- Les type de système de plafonds anidoliques.....	27
II.3- Les light shelves.....	28
II.3.1- Les type de light shelves.....	29
II.4- Les light pipes.....	29
II.4.1- Composition des light pipes.....	30
II.5- Les stores réfléchissants (les persiennes) .....	30
II.6- Les vitrages spéciaux.....	31
II.6.1- Les vitrages directionnels.....	31
II.6.2- Les vitrages prismatiques.....	31
Conclusion.....	32

# Tableau des matières

## ▪ **Chapitre IV: étude expérimentale (analyse des articles)**

Introduction.....	33
<u>Articles 01: the effect of window configuration on daylight performance in classrooms</u> ...	33
PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE.....	33
PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE.....	33
I- Problématique.....	33
II-Objectifs.....	33
III-Méthodologie.....	33
IV-Résultat et discussion .....	37
V-Recommandations générales.....	37
<u>Articles 02: Evaluation of Thermal and Visual Comfort in University Classrooms: The Cases of Two LEED Silver Certified Buildings</u> .....	38
PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE.....	38
PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE.....	38
I-Problématique.....	38
II-Objectifs.....	39
III-Méthodologie.....	39
IV-Résultat et discussion .....	39
V- Recommandations générales .....	41
<u>Articles 03: Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques</u> .....	42
PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE.....	42
PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE.....	42
I-Problématique.....	42
II-Objectifs.....	42
III-Méthodologie.....	42
IV-Résultat et discussion .....	45
V- Recommandations générales .....	45
Recommandations des trois articles .....	46
Recommandations extraites.....	47

# Tableau des matières

## ▪ Chapitre V: l'éducation et école d'architecture

<b><u>Approche théorique</u></b> .....	48
Introduction.....	48
I- L'éducation.....	48
I.1-Définition.....	48
II-Les établissements des enseignements supérieurs.....	48
II.1-Définition.....	49
III-Ecole d'architecture.....	49
III.1-Définition.....	49
III.2-salle de classe (atelier) .....	49
III.3-Reglementation et normes relatives à l'éclairage des locaux d'enseignement.....	50
III.4- Normes relatives à caractéristiques des espaces en école d'architecture.....	51
<b><u>Approche analytique</u></b> .....	52
<b>A-Analyse de terrain</b> .....	52
I- Lecture morphologique.....	52
I.1- Infrastructure.....	52
I.1.1- Situation de site.....	52
I.1.2- Limite de terrain.....	52
I.1.3- Accessibilité.....	53
I.1.4- La nature de site.....	53
I.1.5- Trame viaire et parcellaire.....	53
I.2- Superstructure.....	54
I.2.1- Le bâti et espaces libres.....	54
I.2.2- Analyse séquentielle.....	54
I.2.3- Mobiliers urbain et végétation.....	54
I.2.4- Analyse des usages.....	55
I.2.5- Temporalité.....	55
II- Synthèse.....	55
<b>B-Analyse des exemples</b> .....	56
<b>I- Etude contextuelle</b> .....	57
I.1-situation.....	57

# Tableau des matières

I.2-Accessibilité.....	57
I.3-Orientation.....	57
I.4-Intégration au site.....	57
<b>II- Etude architecturale.....</b>	<b>58</b>
II.1- volumétrie.....	58
II.2-Traitement des façades.....	58
II.3-Etude des plans (organigramme spatial et fonctionnel) .....	59
II.4-Occupation de sol.....	64
II.5-La structure.....	64
II.6-Eclairage.....	64
<b>III- Etude environnementale.....</b>	<b>65</b>
III.1-Matériaux et couleur.....	65
III.2-les stratégies environnementales.....	65
<b>C- Le programme surfacique proposé d'école d'architecture à Biskra.....</b>	<b>66</b>
Conclusion.....	66

## ▪ **Chapitre VI: l'application de thème au projet**

I-Eléments de passage.....	67
I.1-A partir l'analyse des exemples.....	67
I.2-A partir l'analyse de site.....	67
I.3-A partir l'étude expérimentale des articles scientifiques.....	68
II-Processus de l'idée conceptuelle.....	69
V- Contenus de projet .....	70
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>77</b>

## **Bibliographie**

# Tableau des matières

## Liste des Figures

Figure II.1 : Le diagramme de Kruithof.....	06
Figure II.2 : Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail.....	09
Figure II.3: Un rendu du couleur correct.....	09
Figure II.4: IRC sous l'éclairage naturel et artificiel.....	10
Figure II.5: Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.....	11
Figure II.6: Les valeurs recommandées pour le contraste.....	12
Figure II.7: Les sensations relatives aux différents niveaux de contraste.....	12
Figure II.8: L'absence d'ombres gênantes.....	12
Figure II.9: La relation au monde extérieur.....	13
Figure II.10: Cas d'éblouissement.....	14
Figure II.11: Angle d'éblouissement.....	15
Figure II.12: L'effet de la hauteur du système d'éclairage.....	15
Figure II.13: L'effet des dimensions de la pièce.....	15
Figure II.14: Eblouissement directe.....	16
Figure II.15: Eblouissement par réflexion.....	17
Figure II.16: Paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle.....	19
Figure II.17: Eléments de confort visuel.....	20
Figure III.1: Les trois composantes de la lumière naturelle.....	21
Figure III.2: La stratégie de la lumière naturelle.....	22
Figure III.3: Capter la lumière naturelle.....	22
Figure III.4: Transmission la lumière naturelle.....	23
Figure III.5: Kimbell Art Museum (L. Kahn).....	24
Figure III.6 : Brise soleil en alu, lames fixes ou orientables.....	24
Figure III.7 : La hauteur de référence des rayons solaires est 30°. L'avancée doit devenir très importante.....	24
Figure III.8 : Les composantes de conduit de lumière.....	26
Figure III.9 : Coupe sur un puits de lumière.....	26
Figure III.10 : Système de plafond anidolique.....	27

# Tableau des matières

Figure III.11 : Les composantes de plafond anidolique.....	27
Figure III.12: Light shelves.....	28
Figure III.13: Types de light shelves.....	29
Figure III.14: Light pipe.....	30
Figure III.15 : Un store réfléchissant.....	30
Figure III.16 : Les Holo-lux.....	31
Figure III.17: Vitrage prismatique.....	32
Figure IV.1: la salle de classe dessus de bâtiment.....	35
Figure IV.2: vue de l'école.....	35
Figure IV.3: plan d'étage de la salle de classe.....	35
Figure IV.4: Section de la base de la salle de classe.....	35
Figure IV.5: Light shelf avec modèle à claire-voie.....	36
Figure IV.6: Modèle de moniteur de toit.....	36
Figure IV.7: (a) AGSL classe 1 et 2.....	39
Figure IV.8: (b) ETB classe 1 et 2.....	39
Figure IV.9: Pourcentage d'éblouissement.....	40
Figure IV.10: répartition de la lumière du jour dans les espaces étudiés.....	40
Figure IV.11: SDA dans les classes 1 et 2 d'AGSL (droite) et d'ETB (gauche).....	41
Figure V.1: ENSA MARNE-LA-VALLÉE.....	49
Figure V.2: Université d'Alger -1-.....	49
Figure V.3: situation de terrain.....	52



# Tableau des matières

## Liste des Tableaux

Tableau IV.1: Présentation de l'article 1 .....	33
Tableau IV.2: Modéliser les propriétés de surface .....	36
Tableau IV.3: Variables de la simulation .....	37
Tableau IV.4: Résultats et discussion 1 .....	37
Tableau IV.5: Recommandation générales 1 .....	38
Tableau IV.6: Présentation de l'article 2 .....	38
Tableau IV.7: Les caractéristiques des espaces étudiés .....	39
Tableau IV.8: Résultats et discussion 2 .....	40
Tableau IV.9: Métriques LEED lumière de jour pour les espaces étudiés .....	40
Tableau IV.10: Résultats et discussion 2.2 .....	41
Tableau IV.11: Recommandations générales 2 .....	41
Tableau IV.12: Présentation de l'article 3. ....	42
Tableau IV.13: Les cas de techniques de lumière passive suggérés .....	44
Tableau IV.14: Résultats et discussion 3 .....	45
Tableau IV.15: Recommandations générales 3 .....	45
Tableau IV.16: Recommandations générales pour les trois articles .....	46
Tableau IV.16: Recommandations extraites .....	47
Tableau V.1: niveau d'éclairage minimum selon la législation algérienne .....	50
Tableau V.2: comparaison entre les différentes normes relatives à l'éclairage .....	50
Tableau V.3: Normes relatives à caractéristiques des espaces en école d'architecture .....	51
Tableau V.4: Fiche technique d'exemple 01 .....	56
Tableau V.5: Fiche technique d'exemple 02 .....	56
Tableau V.6: Fiche technique d'exemple 03 .....	56
Tableau V.7: Fiche technique d'exemple 04 .....	56
Tableau V.8: programme surfacique proposé .....	66

# Tableau des matières

## Liste des Schéma

Schéma I.1: structure de mémoire.....	04
Schéma I.2: le modèle d'étude.....	04
Schéma II.1: le confort visuel dans un espace architecturale.....	07

# Chapitre I : Introduction Générale

### Introduction

La démarche dite « Haute Qualité Environnementale », lancée au début des années 90 et appliquée au secteur du bâtiment, est une réponse à des nouvelles attentes qui sont la lutte à la fois contre le gaspillage des ressources énergétiques de plus en plus rares et contre la brutale accélération des changements climatiques de la planète. De ce fait, elle permet d'élargir le champ de recherche des solutions les plus performantes en considérant tous les impacts du bâtiment. Cette démarche a été décomposée en quatorze (14) exigences particulières, appelées « cibles » et chaque cible a été décomposée à sous cibles (Valbonne. Avril 2004).

Les spécialistes de cette démarche ont cherché à intégrer la notion de développement durable dans le secteur du bâtiment afin de contribuer à améliorer le niveau de confort interne de bâtiment.

La sensation de confort dans un espace architecturales est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustique, olfactif, ainsi que le confort visuel. Ce dernier qui est la dixième cible de la démarche HQE, a pour objectif d'assurer, non seulement une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur, mais surtout un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques, ainsi qu'un éclairage artificiel satisfaisant. Pour les établissements d'enseignement, il est une cible importante puisque le travail scolaire consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 65% sont visuelles (LUX. 1987, p12)

La lumière naturelle est un élément nécessaire à la vision et fondamentale pour apprécier la forme, la couleur et l'ambiance de l'environnement qui nous entoure dans notre vie quotidienne et nous permet d'exercer nos travaux dans des situations de confort visuel. La lumière du jour en tant qu'élément sensoriel visuel des environnements intérieurs physiques est un problème essentiellement critique dans la conception de l'école. Puisque la lecture et l'écriture sont les tâches les plus importantes dans les écoles, la performance visuelle est considérée comme le résultat principal de la conception de l'éclairage et est définie en termes de rapidité et de précision du traitement des informations visuelles. De plus, la lumière du jour peut influencer la lecture, implication de la tâche, productivité, bien-être, humeur et santé, confort, perception de l'espace, des émotions, des expériences et des comportements des élèves et constitue donc un facteur critique dans la conception scolaire (Z.S. Zomorodian, S.S. Korsavi, M. Tahsildoost. Joins 2016)

Pour obtenir un état de confort visuel, il est recommandé d'étudier les stratégies de la lumière naturelle, et pour renforcer leur travail, il faut recourir aux nouveaux systèmes qui permettent à la fois d'éclairer naturellement les espaces et réduire l'utilisation de l'éclairage électrique pendant le jour.

### **Problématique :**

Chaque éléments constructifs dans un bâtiment peut contribuer à l'amélioration du confort visuel de ses occupants, que ce soit la couleur et la texture , de sol, de mur, de matériaux, ou des fenêtres.....etc. Cette dernière est l'un de composantes de la façade qui est considérée comme une source d'éclairer l'intérieur de l'espace architecturale.

Aujourd'hui, l'utilisation de la fenêtre devenu aléatoirement ne répond plus au besoin de l'utilisateur (l'étudiant) de l'espace par ce que la fenêtre avec ses caractéristiques (la taille, la forme, la position, l'orientation.... (BARAAJ, AL-KHATATBEH.S (2017)) n'est donc pas soumissent à des paramètres de confort visuel (un bon niveau d'éclairage nécessaire à une vision claire , Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable , Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace , Les rapports de luminance présents dans le local, L'absence d'ombres gênantes , La relation au monde extérieur, L'éblouissement ) par ce qu'il est devenu utilisé pour le côté esthétique, ce qui fait plusieurs problèmes influent a la performances des étudiants, la plus importantes : l'ombres gênantes , non-uniformité de l'éclairage à l'intérieur de salle de classe, et l'éblouissement .... Ce dernier peut devenue direct : provoqué par la présence d'une source lumineuse intense dans le champ de vision, ou indirecte : provient d'une réflexion perturbatrice des sources lumineuse sur des surfaces spéculaires ou brillantes telle que le papier, une table .... (Daniel FAURE.2006)

D'autre coté, l'intégration des systèmes de gestion de la lumière naturelle peut réduire l'éblouissement et le gêne visuel, par contre, ils peuvent affecter le côté esthétique du bâtiment et l'aspect architectural de la fenêtre.

Alors, dans ce cas: est-ce que la fenêtre avec ces caractéristiques (la taille, la forme, la position, l'orientation ...) plus efficace avec ou sans les systèmes de gestion de la lumière naturelle pour améliorer le confort visuel dans les salles de classes ??

Donc :

### **Objectif de Recherche :**

L'objectif de recherche est :

- ✓ De savoir comment atteindre le confort visuel dans les salles de classes par la diminution de l'éblouissement

### **Question de Recherche :**

Quelle est le choix optimal qui prend en charge la fenêtre pour réduire l'éblouissement à l'intérieur de salle de classe ?

### **Hypothèses :**

Afin de répondre à question posée, on a proposé une hypothèse qui est :

- ✓ L'étude appropriée des critères de choix de la fenêtre avec l'intégration d'un système de gestion de la lumière naturelle peut renforcer la fenêtre pour atteint le confort visuel à l'intérieur de salle de classe

### **Méthodologie de Recherche :**

La présente recherche se base sur deux parties pour chaque variante (projet et thème) : une partie théorique et l'autre analytique expérimentale.

#### **❖ Partie théorique :**

-Pour thème : dans cette partie on a traité tous ce qui est théorique comme le concept de confort visuel dans le 2<sup>eme</sup> chapitre, et tout ce qui s'y rapporte comme la lumière de jour et leur stratégie, leur gestion dans le 3eme chapitre.

-Pour le projet (Ecole d'Architecture) : on a présenté des définitions concernant l'éducation et l'école d'architecture dans le chapitre 5

#### **❖ Partie analytique expérimentale :**

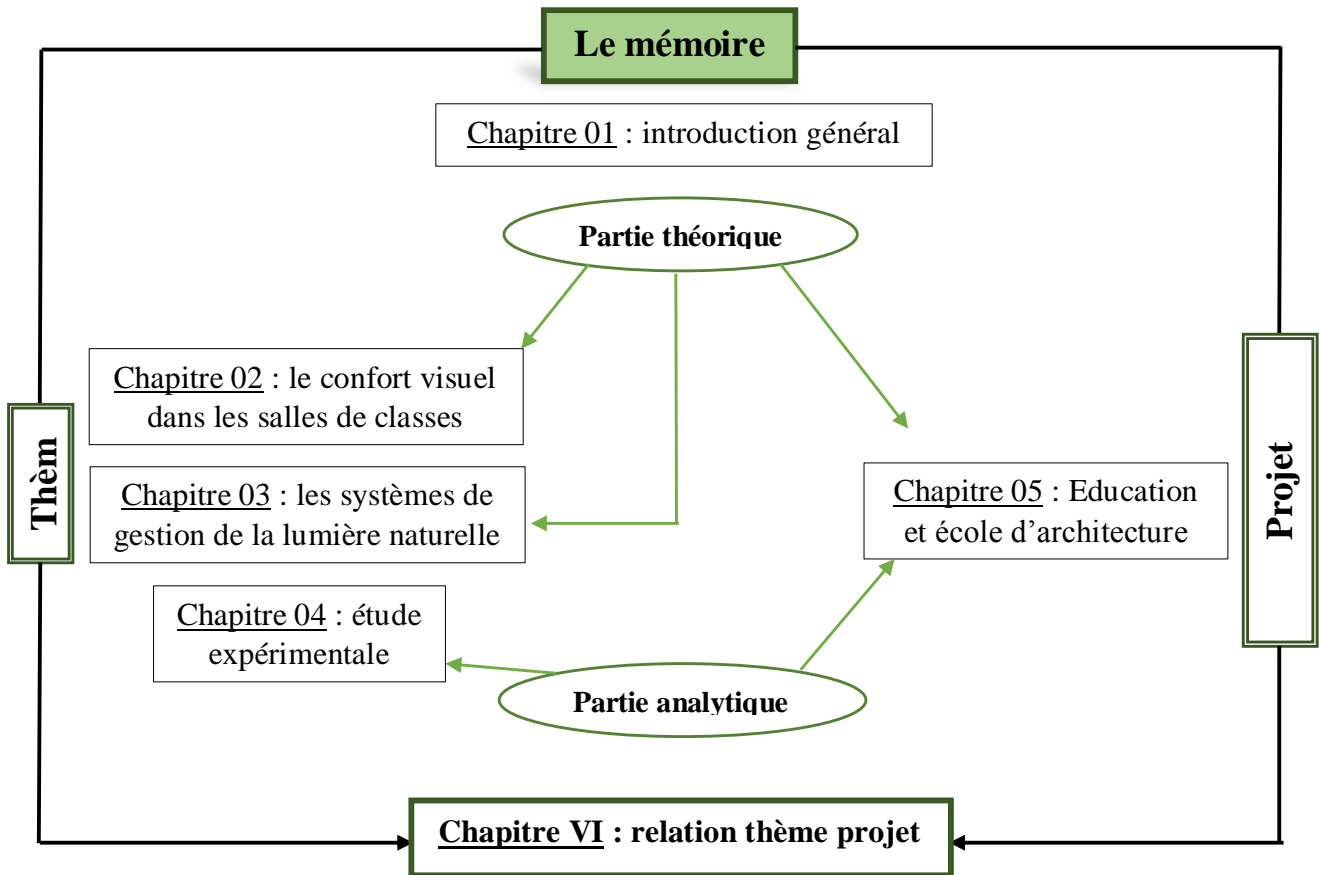
-Pour le thème : faire une analyse des articles scientifique dans le chapitre 4 qui sont traite l'évaluation de confort visuel et les problèmes qui l'entravent

-Pour le projet : le chapitre 5 présente des analyses pour un exemple existant et autre livresques.

-Le chapitre 6 présente la relation thème-projet

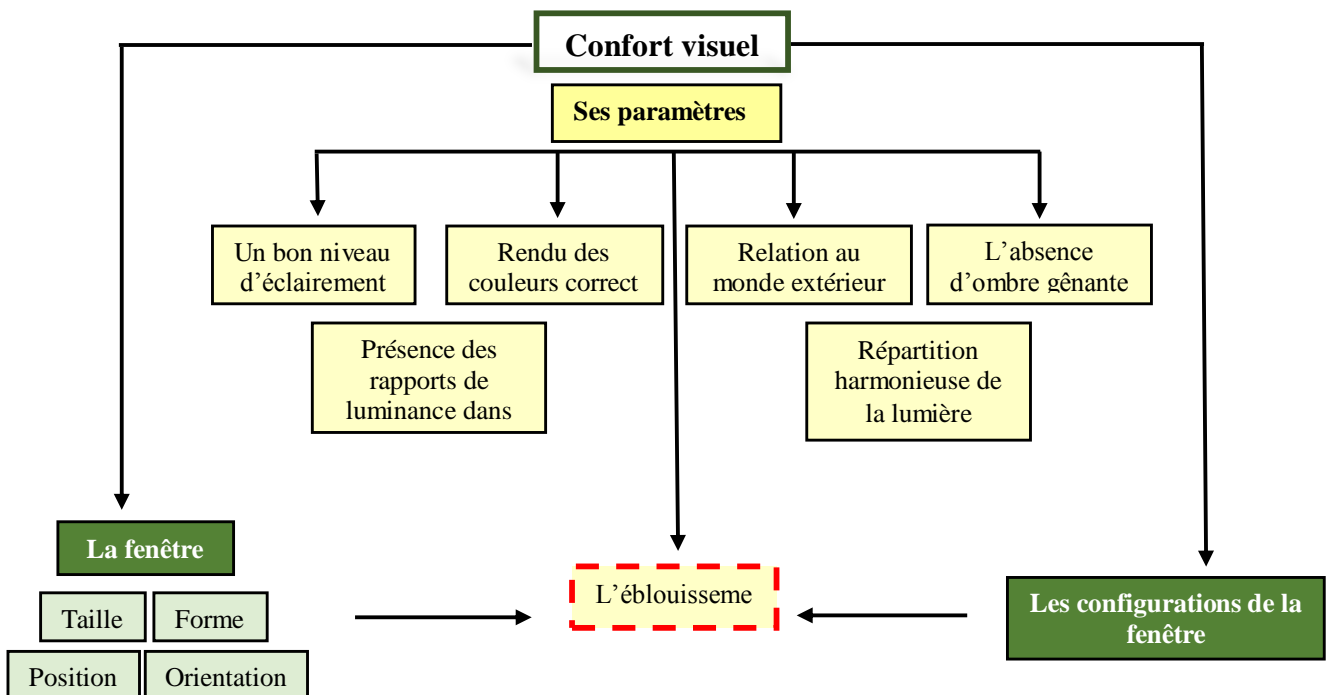
### **La Structure de Mémoire :**





**Schéma I.1 :** structure de mémoire  
(Source : Auteur)

## Le Modèle d'Analyse :



**Schéma I.2 :** Le modèle d'étude  
(Source : Auteur)

# Chapitre II : Le Confort Visuel dans les Salles de Classes

### **Introduction**

Le confort visuel est l'un des grandes défis environnementaux qui s'imposent devant l'architecte à la cour de la conception de l'éclairage naturel ; car l'obtention de confort visuel dans un local favoriser le bien être des occupants. Par contre un éclairage trop faible ou trop fat ; la mauvaise répartition de la lumière dans l'espace provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue ; voire même des trouble visuels ; accompagnés d'une sensation d'inconfortable

### **I- Le confort visuel général :**

#### **I.1-Définition du « confort »**

Etymologiquement, le terme de confort tiré du mot anglais « confort », fait allusion au « bien-être matériel résultant des commodités de ce dont on dispose » ou à « l'ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être » mais également au « sentiment de bien-être et de satisfaction » (LAROUSSE. 1979, p351)

#### **I.2-Définition du « confort visuel »**

D'après le Syndicat de l'Eclairage de France, le confort visuel fait référence aux conditions d'éclairage nécessaire pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entraîner de gêne pour l'œil. (Syndicat de l'éclairage.2004, p1)

Quant à l'association Haute Qualité Environnementale (HETZEL. J.2003, p155), elle définit le confort visuel comme la dixième cible du projet de bâtiment de Haute Qualité Environnementale. Ses exigences élémentaires en matière d'éclairage sont les suivantes :

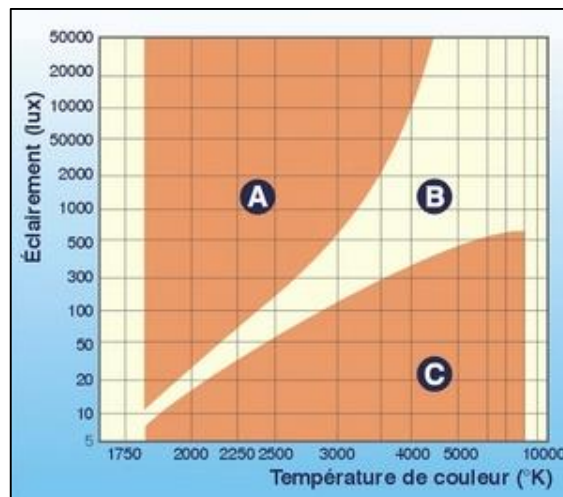
- Eclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques.
- Eclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.
- Relation visuelle suffisante avec l'extérieur.

Le confort visuel a plusieurs définitions : c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimale en termes de confort et de dépenses énergétiques ; il peut être aussi un éclairage artificiel satisfaisant et un appoint à l'éclairage naturel.

De façon générale, le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.

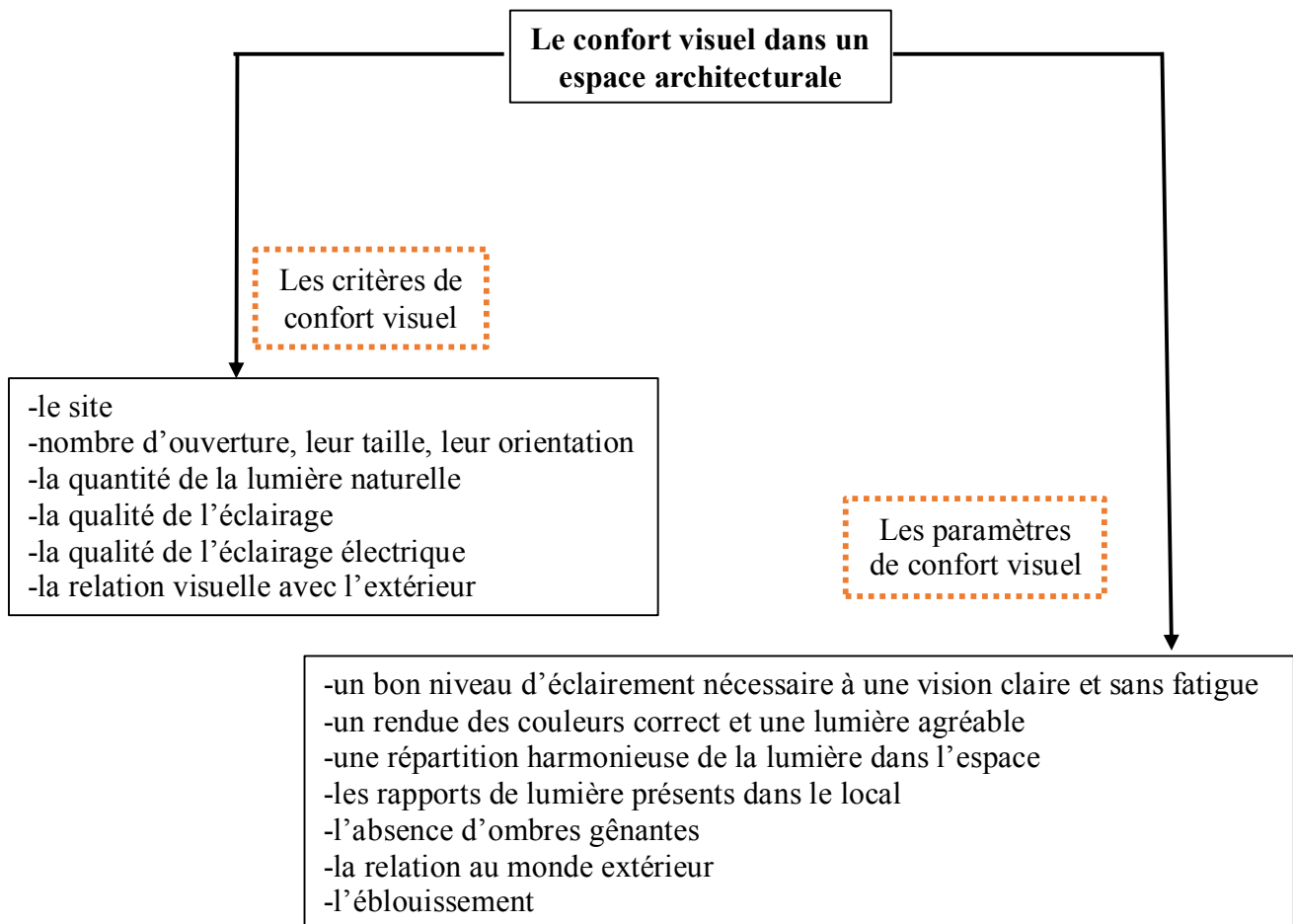
La sensation de confort diffère d'une personne à une autre ; on trouve des personnes qui préfèrent un éclairage naturel même inconfortable, à certains éclairages artificiels assurés par des sources ayant une caractéristique spectrale qui ne correspond pas à celle de la lumière blanche.

La température de couleur est un élément d'appréciation du confort visuel dû à la qualité de l'éclairage. Le diagramme de Kruthof établit les conditions du confort perçu pour différentes combinaisons d'éclairage et de température de couleur. Il montre que dans une ambiance peu éclairée (zone A), le confort est associé à une lumière chaude, alors que dans une ambiance fortement éclairée (zone C), le confort est associé à une lumière trop froide. La zone intermédiaire (zone B) est celle de confort.



**Figure II.1:** le diagramme de Kruthof

(Source: Suzel Balez, 2007)



**Schéma II.1:** le confort visuel dans un espace architecturale (Source: auteur)

### **I.3- les critères du confort visuel:**

Le confort visuel est une sensation totalement subjective. Les facteurs significatifs sont, entre autres, l'âge et l'acuité visuelle. Cette sensation de confort dépend également de l'objet à percevoir, de sa taille, de son aspect, de sa couleur. Le confort visuel doit assurer à la fois la visibilité des objets et des obstacles, la bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle et une ambiance lumineuse agréable. Il est inséparable de la quantité, de la distribution et de la qualité de lumière disponible dans une pièce. Le confort visuel peut néanmoins se mesurer à travers des critères objectifs qui doivent être bien étudiés pour atteindre le seuil du confort :

- ✓ **Le site**, avec toutes ses contraintes dont l'ensoleillement, les masques et les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.
- ✓ **-Le nombre d'ouvertures**, leur taille, leur orientation.
- ✓ **-La quantité de lumière naturelle.**

- ✓ -La qualité de l'éclairage naturel qui est mesurée par le facteur de lumière du jour (FLJ).
- ✓ La qualité de l'éclairage électrique en termes de confort et de dépenses énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs et la température des couleurs.
- ✓ -La relation visuelle avec l'extérieur.

### **I.4- les paramètres du confort visuel:**

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairement, la luminance, le contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux auxquels s'ajoutent des caractéristiques propres à l'environnement et à la tâche visuelle à accomplir, comme la taille des éléments à observer et le temps disponible pour la vision. Le confort visuel relève, en outre, de facteurs physiologiques et psychologiques liés à l'individu, tels que son âge, son acuité visuelle ou la possibilité de regarder à l'extérieur. Un environnement visuel confortable sera obtenu par la détermination des paramètres suivants :

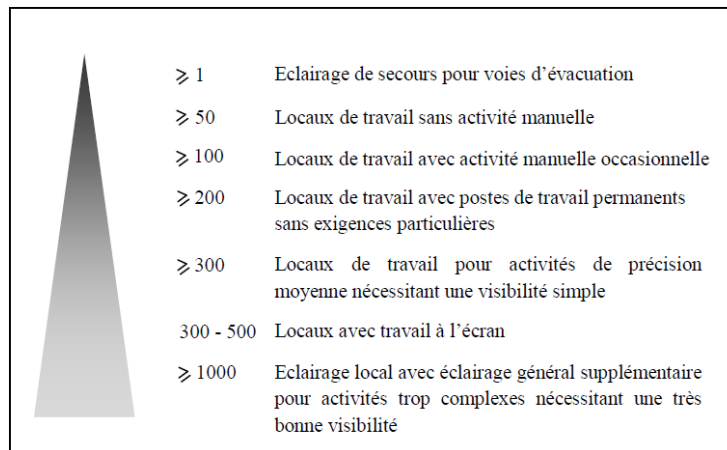
#### **I.4.1-Un bon niveau d'éclairement nécessaire à une vision claire et sans fatigue**

Chaque activité nécessite un certain niveau d'éclairage dans la zone où se déroule l'activité. En général, plus la difficulté pour la perception visuelle est importante, plus le niveau moyen d'éclairement devrait être élevé. Un niveau d'éclairement minimum est nécessaire pour une vision claire et sans fatigue. Toutefois, un éclairage trop abondant peut être inconfortable.

L'éclairement moyen recommandé est généralement fixé selon la fonctionnalité du local et la précision de la tâche visuelle qui doit y être exercée. Les recommandations sont souvent données en termes d'éclairement plutôt que de luminance pour faciliter sa mesure. Comme la sensation de luminosité est mieux représentée par la luminance, il faut tenir compte du coefficient de réflexion dans le choix de l'éclairement d'une surface. Plus il est faible et sa couleur est foncée, plus la vision s'avère difficile et plus le niveau d'éclairement doit être élevé.

Les valeurs de l'éclairement  $E$  (lux) recommandées dans le tableau ci-dessous sont fondées sur les expériences réalisées dans la pratique et sont valables d'une manière générale. Les valeurs pour les tâches et les activités spécifiques sont définies dans les directives de l'Union Suisse pour la Lumière (L'USL) [La CUSSTR].





**Figure II.2:** Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail (Source : La CUSSTR)

### I.4.2-Un rendu des couleurs correct et une lumière agréable :

Les différentes radiations colorées composant la lumière naturelle apparaissent aisément lors de leur réfraction et réflexion par des gouttes d'eau. Étant donné que l'œil est conçu pour la lumière du jour, la lumière émise par les sources artificielles devrait avoir la même composition spectrale que celle du soleil et du ciel : c'est le seul moyen pour que ne soit pas altérée la vision des couleurs.



**Figure II.3:** un rendu des couleurs correct (Source : site web)

Le système visuel regroupe les différentes radiations réfléchies et donne une sensation de couleur. La couleur perçue est intimement dépendante du spectre lumineux émis. Les objets qui ont des couleurs chaudes comme le rouge et l'orange sont plus agréables lorsqu'elles sont éclairées par une lumière chaude plutôt que par une lumière froide, mais par contre, la lumière chaude tend à noircir les couleurs froides (bleu, violet). En effet, Les couleurs chaudes seront de préférence utilisées dans des locaux de dimensions importantes tandis que les couleurs

froides seront choisies pour les petits locaux. Les couleurs donc, peuvent contribuer dans une large mesure à modifier la dimension apparente des surfaces et des volumes.

-L'ambiance lumineuse ressentie par les occupants dépend donc du rendu des couleurs, pour le qualifier on définit :

**L'indice de rendu des couleurs** (IRC ou Ra) : L'IRC est compris entre 0 et 100, 100 étant l'IRC de la lumière naturelle qui restitue toutes les nuances de couleur et 0 étant l'absence de couleur reconnaissable. Une différence de 5 points sera perceptible pour l'œil humain.



Sous l'éclairage naturel Ra = 100    Sous une lampe à vapeur de sodium Ra = 25

Plage d'IRC	Perception des couleurs
Ra < 25	faible
25 < Ra < 65	moyenne
65 < Ra < 90	bonne
90 < Ra	élevée

**Figure II.4:** IRC sous l'éclairage naturel et artificiel  
(Source : énergie-les caractéristiques de confort V)

### **I.4.3-Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace :**

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible dans le local, il est essentiel de placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activité judicieusement. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue. Si le niveau d'éclairement et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace. Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles. Selon la norme EN 12464-1 [CEN/TC169/WG2, 2002], la répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairement caractérise les variations du niveau d'éclairement et est définie comme étant le rapport entre l'éclairement minimum et l'éclairement moyen observé dans la zone de travail.

En ce qui concerne l'uniformité de la luminance, la distribution de la lumière dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant

meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties. De plus, il faut une certaine uniformité de luminance, d'une part, entre le champ visuel en position de travail (le plan de travail) et au repos (les murs) et d'autre part, entre les différentes surfaces de référence (éclairage de la zone de travail et de la zone voisine). Une bonne répartition de la lumière dans un espace permet l'affectation des tâches de manière confortable et sans fatigue visuelle.



**Figure II.5:** Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace (Source : [www.enviroment.brussels](http://www.enviroment.brussels))

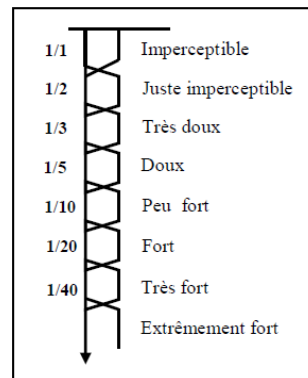
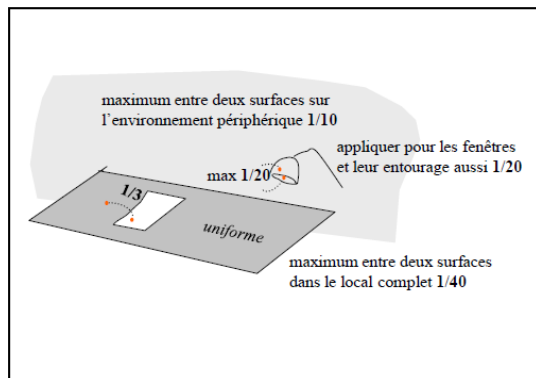
#### **I.4.4-Les rapports de lumière présents dans le local :**

La distribution lumineuse d'un espace doit être étudiée de telle façon que les différences excessives de luminance soient évitées pour permettre aux occupants de voir correctement. Des zones extrêmement sombres ou brillantes doivent être exclues car elles donnent naissance à l'inconfort visuel et surtout le contraste.

- ✚ **Le contraste** : est la différence de luminosité entre un objet et son environnement ou entre les différentes parties d'un objet, faisant ressortir l'un et l'autre.
- ✚ **L'équilibre des contrastes** : est un élément déterminant du confort et de la perception des détails. Lorsqu'il y a de grandes différences de luminance dans le champ visuel, l'œil doit s'adapter au changement de la direction du regard. Pendant son adaptation, l'acuité visuelle est diminuée. Pour éviter cette sensation d'inconfort, il convient de ne pas dépasser certaines valeurs de contraste entre les différentes zones du champ visuel.

Les valeurs maximales recommandées pour les rapports de luminances sont les suivantes (Ljubica MUDRI) :

- Arrière-fond de la tâche visuelle/entourage, 1/3.
- Arrière-fond de la tâche visuelle/champ visuel (180°), 1/10.
- Sources lumineuses/surfaces contiguës, 1/20.
- Pour l'ensemble de l'espace intérieur, 1/40.



**Figure II.6:** les valeurs recommandées pour le contraste (Source : Ljubica MUDRI)

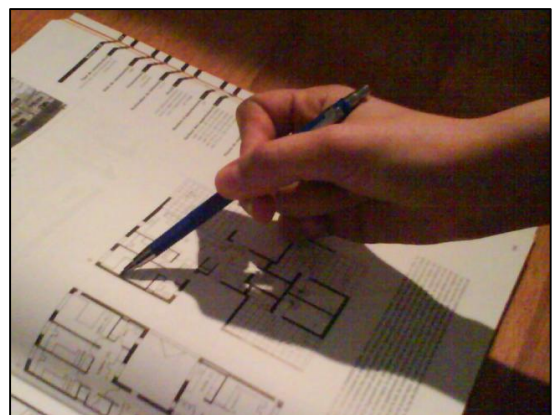
**Figure II.7:** les sensations relatives aux différents niveaux de contraste (Source : Ljubica MUDRI)

## I.4.5-l'absence d'ombres gênantes :

Lorsqu'un objet opaque est éclairé par une source de lumière, certaines zones situées derrière l'objet, ne reçoivent pas de lumière et constituent l'ombre de l'objet. On dit également que l'ombre se produit quand un élément se trouve entre la tâche visuelle et la source lumineuse.

**L'ombre portée sur un objet éclairé prend deux zones :**

- ✚ **La première zone :** est située à l'opposé de la source lumineuse et elle ne reçoit pas de lumière ; ceci s'appelle **l'ombre propre**.
- ✚ **La deuxième zone :** est la région d'un écran, d'un mur, etc..., placé derrière l'objet éclairé, qui ne reçoit pas de rayon lumineux (c'est la zone non éclairée de l'écran) ; elle s'appelle **l'ombre portée**.



**Figure II.8:** L'absence d'ombres gênantes (Source : site web)

La visibilité de l'objet change selon la source lumineuse ; si l'arrivée de la lumière est directionnelle, cela va permettre l'apparition d'ombres sur l'objet observé ce qui conduit à une sensation de fatigue et d'inconfort visuel. D'autre part, si l'arrivée de la lumière est non

directionnelle, elle rendra difficile la perception des détails de cet l'objet, alors qu'une pénétration latérale permettra la perception tridimensionnelle du relief et des détails des objets ainsi que leur couleur. La pénétration latérale de la lumière est la meilleure.

### **I.4.6-La relation au monde extérieur :**

Dans un espace architectural, la fenêtre est un moyen de communication, un lien visuel qui permet à l'homme de rester en relation permanente avec le monde extérieur. La variabilité de la lumière naturelle permet d'établir une harmonie avec le monde extérieur et crée une ambiance intérieure plus chaleureuse. Les baies vitrées, par lesquelles la lumière pénètre, offrent le double avantage d'une communication visuelle vers l'extérieur et d'une vue au loin nécessaire au repos de l'œil après une vision rapprochée.

Les recherches montrent que la relation de l'espace avec le monde extérieur augmente la productivité de travail dans cet espace. La mesure de la productivité constitue encore une donnée difficilement quantifiable car elle est grandement affectée par des aspects hautement subjectifs.



**Figure II.9** La relation au monde extérieur  
(Source : auteur)

Toutefois, la plupart des critères d'un projet *LEED* ne correspondent que partiellement aux critères de confort psychologique permettant d'optimiser le bien-être des individus. Cette réalité est étroitement liée aux stratégies durables de la conception architecturale.

Selon McLennan, les six principaux critères de design d'une architecture adoptant les principes de la biophilie (le terme biophilie, proposé par le biologiste EDWARD O. WILSON [HARVARD UNIVERSITY PRESS, 1984.], désigne l'affinité innée de l'homme pour le vivant et les systèmes naturels), sont les suivants :

- Permettre la perception des variations cycliques saisonnières et journalières des conditions lumineuses et thermiques,
- Relier les individus aux conditions extérieures en offrant un accès aux vues et à l'éclairage naturel,

- Redonner à l'occupant le contrôle de la gestion de son confort thermique, de la ventilation et de la lumière naturelle,  
Utiliser la lumière naturelle comme principale source d'éclairage
- Employer des matériaux sains et durables qui ne requièrent que peu d'entretien,
- Adopter des stratégies passives de ventilation naturelle et de chauffage.

### **I.4.7-L'éblouissement**

#### **I.4.7.1- Définition de l'éblouissement :**

L'éblouissement est dû à la présence, dans le champ de vision, de luminances excessives (sources lumineuses intenses) ou de contrastes de luminance excessifs dans l'espace ou dans le temps. Ce phénomène est directement lié à l'adaptation de l'œil qui n'est pas instantanée et qui est régie par trois mécanismes (Saint-Gobain, p15.):

- Le fonctionnement mécanique de la pupille.
- La réaction chimique de la rétine.
- La commutation dans le système visuel nerveux.

L'éblouissement se produit quand une source brillante de lumière est présente dans le champ visuel ; le résultat est une diminution de la capacité de distinguer les objets et cela conduit à la fatigue visuelle.

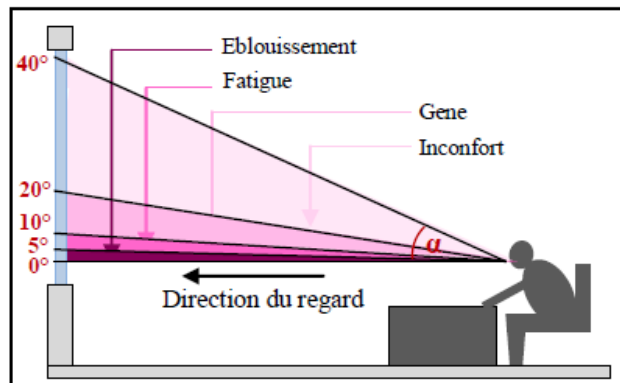
- ✚ **En éclairage naturel** : l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres ou par des parois réfléchissant trop fortement le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines.
- ✚ **En éclairage artificiel** : l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe d'une lampe ou par sa réflexion sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces du local ou sur les objets.



**Figure II.10 :** cas d'éblouissement  
(Source : site web)



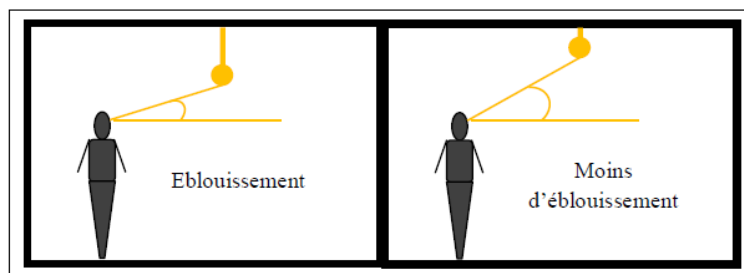
Le schéma suivant montre les différents angles pour lesquelles les problèmes liés à la vision se produisent. Plus l'angle  $\alpha$  augmente, plus la sensation d'éblouissement commence.



**Figure II.11 :** Angle d'éblouissement  
(Source : FAURE. D, 2006)

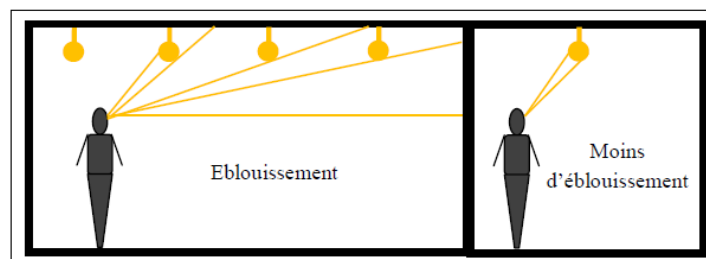
Les facteurs impliqués dans l'éblouissement sont :

- ✓ **La hauteur de l'installation du système d'éclairage :** plus l'installation est élevée, plus on aura moins de risque d'être ébloui.



**Figure II.12 :** L'effet de la hauteur du système d'éclairage  
(Source : site web)

- ✓ **Les dimensions de la pièce :** plus la pièce devient grande, plus on aura besoin de plusieurs installations d'éclairage pour l'éclairer ; cela va contribuer à l'éblouissement. Ce risque sera diminué si les dimensions de la pièce sont réduites.



**Figure II.13 :** L'effet des dimensions de la pièce  
(Source : site web)

### I.4.7.2-Type d'éblouissement

#### I.4.7.2.1-L'éblouissement direct

Il est causé par la présence d'une source lumineuse intense située dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine, mesuré en candela/m<sup>2</sup>.

On peut distinguer deux types d'éblouissement direct :

- ✚ **l'éblouissement d'inconfort** qui résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées. Cet éblouissement peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails (Eyrolles. 1982, p 101). Ce type se rencontrera dans des locaux où l'axe du regard est toujours relativement proche de l'horizontale (André et al. 2005)
- ✚ **l'éblouissement invalidant** qui est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Celui-ci peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort (Eyrolles. 1982, p 101).



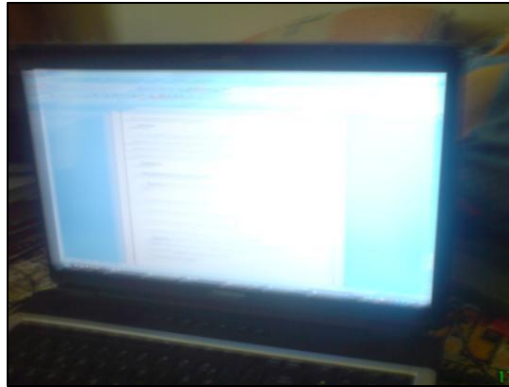
**Figure II.14 :** éblouissement directe  
(Source : auteur)

#### I.4.7.2.2-L'éblouissement indirect

Provient d'une réflexion perturbatrice des sources lumineuses sur des surfaces spéculaires ou brillantes, telles que le papier, une table ou un écran d'ordinateur. L'éblouissement indirect se présente sous deux formes:

- ✚ **l'éblouissement par réflexion** est produit par la réflexion sur des surfaces brillantes ou spéculaires, de l'image d'une source de lumière vers l'œil de l'observateur.

- ✚ **l'éblouissement par effet de voile** apparaît lorsque des petites surfaces de la tâche visuelle réfléchissent la lumière provenant d'une source lumineuse et réduisent ainsi le contraste entre la tâche visuelle et son environnement immédiat.



**Figure II.15 :** Eblouissement par réflexion  
(Source : site web)

### **I.4.7.2.3-L'éblouissement perturbateur**

Il se produit quand la luminance atteint des valeurs extrêmes ou quand le contraste devient trop important ; il entraîne une perte momentanée de la vision.

### **I.4.7.2.4-L'éblouissement inconfortable**

Il entraîne une diminution de la performance visuelle sans atteindre le seuil de la douleur. Cet éblouissement est généré par le contraste. Plus le contraste est faible, plus l'éclairage doit être important.

### **I.4.7.3-Contrôle de l'éblouissement :**

Pour éviter l'éblouissement produit par les ouvertures, il est souvent nécessaire de réduire leur luminance excessive par rapport à celle de la tâche visuelle en adoptant des systèmes appropriés, dont nous citerons ici quelques-uns :

- Concevoir une grande fenêtre moins éblouissante que plusieurs petites ou bien distribuer les ouvertures sur plusieurs murs. Ceci aura pour effet d'augmenter la luminance d'adaptation de l'environnement général ainsi que la luminance du mur de fenestration qui réduit l'inconfort en diminuant le contraste avec le ciel.
- Diminuer le contraste mur-huisserie grâce à un cadre de couleur claire et mate.
- Occulter le ciel et le soleil par une protection solaire fixe ou mobile, selon l'orientation.

- Diminuer le contraste mur-fenêtre : soit en éclairant (naturellement ou artificiellement) le mur de fenestration, soit en augmentant la composante réfléchie interne de l'éclairage naturel : c'est-à-dire opter pour des réflectances élevées des surfaces internes en utilisant des couleurs claires et mates. Ou bien en augmentant la composante réfléchie externe par l'utilisation de support extérieur bas, de linteau et des montants d'ouverture de couleurs claires.
- Les supports intérieurs réfléchissants sont à proscrire car ils augmentent les risques d'éblouissement par réflexion.
- Voiler en partie le ciel : soit en assombrissant la fenêtre par un élément déflecteur, ou bien en disposant à l'extérieur des éléments moins lumineux que le ciel (atrium, cour intérieure).
- Diminuer la luminance du ciel en utilisant des verres de basse transmission.

Il ne faut cependant pas oublier de mentionner que ces moyens de contrôle de l'éblouissement, applicables aussi bien pour l'éclairage latéral que pour l'éclairage zénithal, réduisent en même temps la vue sur l'extérieur et les attributs essentiels de l'éclairage naturel.

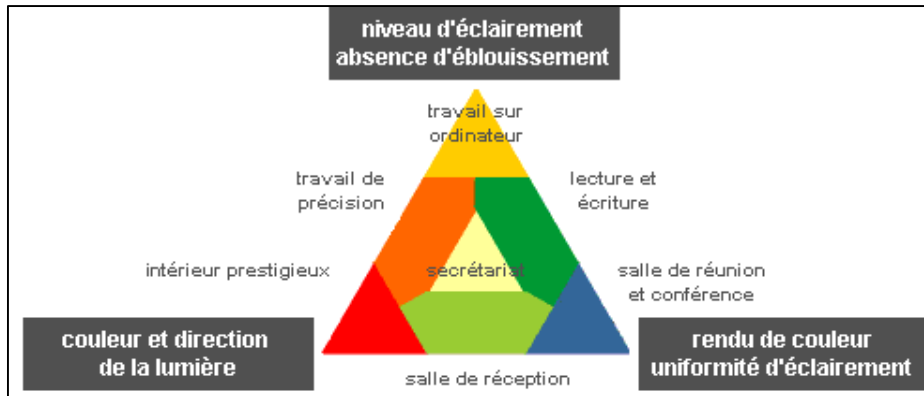
## **II- Le confort visuel dans les salles de classes :**

### **II.1-Tâches visuelles dans les salles de classe**

Les tâches visuelles auxquelles sont confrontés les élèves et étudiants dans une salle de cours sont multiples:

- ✓ Lecture ou écriture d'un document disposé sur le plan utile.
- ✓ Lecture de ce qui est écrit au tableau.
- ✓ Dessiner sur un plan
- ✓ Regard prolongé vers le professeur ou vers un autre élève.
- ✓ Visualisation de films, de diapositives, d'émissions télévisées.
- ✓ Travail sur ordinateur.

A travers ces données, nous constatons que le caractère principal de la tâche visuelle dans les salles de cours consiste à alterner entre une vision rapprochée et une vision éloignée. En effet, l'élève écrit sur une table (vision rapprochée), regarde le tableau (vision éloignée), revient à son cahier (vision de près), observe son professeur (vision de loin)... Ce qui implique des changements d'accommodation et de convergence mais aussi des changements d'adaptation rapides.



**Figure II.16 :** paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle (Source : DE HERDE & al. [www-energie.arch.ucl.ac.be])

Pour la lecture et l'écriture, les deux tâches visuelles principales effectuées dans les salles de cours, les paramètres nécessaires pour établir un confort visuel optimum sont:

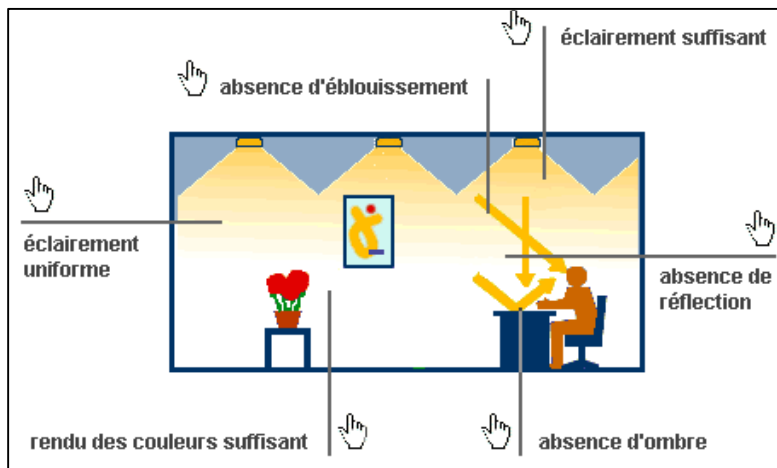
1. un niveau d'éclairage suffisant.
2. une uniformité de l'éclairage.
3. l'absence d'éblouissement.
4. un rendu de couleur correct.

Par contre, la couleur de la lumière n'a pas beaucoup d'importance. Elle peut agrémente l'ambiance lumineuse dans ces locaux, mais n'a pas d'effet direct ou préjudiciable sur l'exécution des tâches visuelles des étudiants et des enseignants.

### II.2-Eléments de confort visuel dans les salles de classes

Les principes de mise en œuvre du confort visuel, selon l'association H.Q.E, sont les suivants (HETZEL. J. 2003, p 155):

- Disposer de la lumière du jour dans les zones d'occupation situées en fond de pièce.
- Rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur.
- Éviter l'éblouissement direct et indirect.
- Accéder à des vues dégagées et agréables depuis les zones d'occupation des locaux.
- Protéger l'intimité de certains locaux.
- Faire appel à des revêtements clairs pour la décoration des locaux.
- Optimiser les parois vitrées, en termes de confort visuel, en traitant leur positionnement, dimensionnement et protection solaire.



**Figure II.17 :** éléments de confort visuels (Source : DE HERDE & al. [www-energie.arch.ucl.ac.be])

## Conclusion

De nombreuses recherches menées sur l'éclairage intérieur des locaux d'enseignement, ont confirmé que la présence de la lumière naturelle y est indispensable, particulièrement dans les salles de classe, où des effets très bénéfiques ont été enregistrés sur le comportement des étudiants et des enseignants.

Dans ce chapitre en mis en évidence le concept de confort visuel, qui est un facteur clé affectant la performance des étudiants, à travers le mode de distribution de la lumière dans les salles de classe. Pour atteindre le seuil du confort dans un espace d'enseignant il est important d'étudier les critères de confort visuel et déterminer ces paramètres. L'éclairage, le contraste de luminance, la couleur de la lumière, sont les éléments qui déterminent le confort visuel. La négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel qui se présente sous forme de fort contraste ou d'éblouissement.

Pour éviter la gêne visuelle (éblouissement, fatigue) dans un espace architecturale il faut le renforcer par des systèmes de gestion la lumière naturelle (light shelves, les conduite de lumière, les vitrages spéciaux, débords de toiture, ..... etc.) qui fonctionnent de manière adéquat ce qui permet une gestion intelligente de l'éclairage dans le bâtiment.

# Chapitre III :

## Les Systèmes de Gestion de la Lumière naturelle

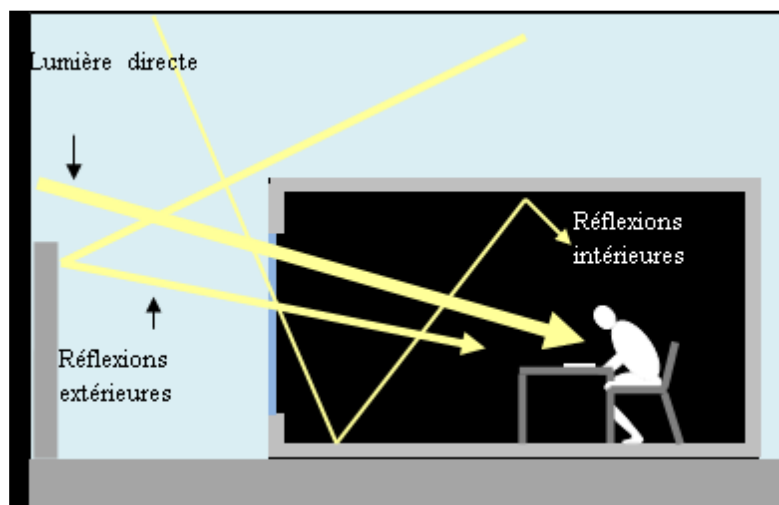
### Introduction

La lumière naturelle joue un rôle essentiel sur la qualité du rapport entre l'espace architecturale et son environnement. L'occupant est au centre de cette interaction. L'utilisation intelligente de la lumière naturelle dans le bâtiment permet, de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage.

La stratégie de la lumière naturelle a pour but de répondre aux exigences de confort des occupants.

La lumière naturelle reçue à l'intérieur d'un bâtiment est la résultante de trois composantes : la lumière directe due au ciel et éventuellement au soleil, déterminée par la partie de ciel visible à travers les ouvertures, la composante lumineuse due aux réflexions de la lumière sur les surfaces extérieures et, enfin, celle due aux réflexions à l'intérieur du local.

**La lumière reçue dans un local = lumière directe + réflexions intérieures + réflexions extérieures.**

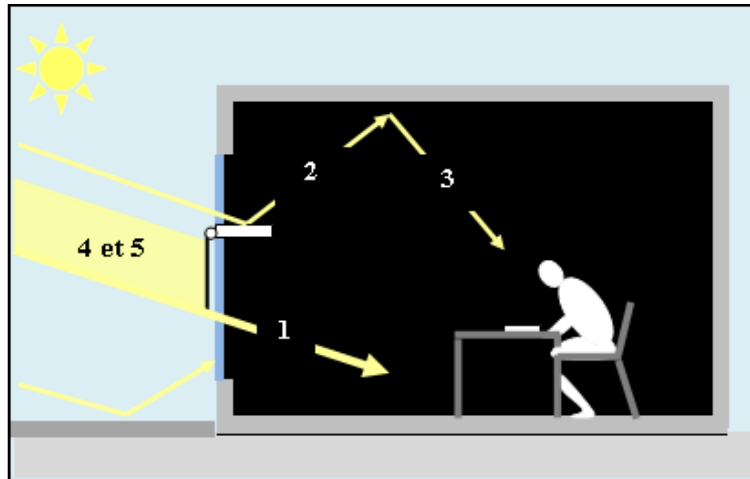


**Figure III.1 :** Les trois composantes de la lumière naturelle  
(Source : [www.jan-maison-passive.com](http://www.jan-maison-passive.com))

### **I- La stratégie de la lumière naturelle**

Dans l'architecture bioclimatique, il y a une stratégie propre à l'éclairage naturel, cette stratégie est l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturelle dans le bâtiment (www.jan-maison-passive.com): **1.capter, 2.transmettre, 3.distribuer, 4.se protéger, 5.contrôler.**





**Figure III.2 :** La stratégie de la lumière naturelle  
(Source : [www.jan-maison-passive.com](http://www.jan-maison-passive.com))

### I.1- Capturer la lumière :

« La qualité intérieure d'un espace dépend de la quantité d'espace extérieur qui entre par le truchement de la lumière et de la transparence. » **Franck Lloyd Wright**

Capter la lumière du jour consiste à la recueillir dans le but d'éclairer naturellement un bâtiment, ce qui nécessite de tenir compte de:

- ✓ .L'influence du type de ciel
- ✓ .L'influence du moment de l'année
- ✓ .L'influence de l'heure
- ✓ .L'influence de l'orientation de l'ouverture
- ✓ .L'influence de l'inclinaison de l'ouverture
- ✓ .L'influence de l'environnement.
- ✓ La nature et type de paroi vitrée



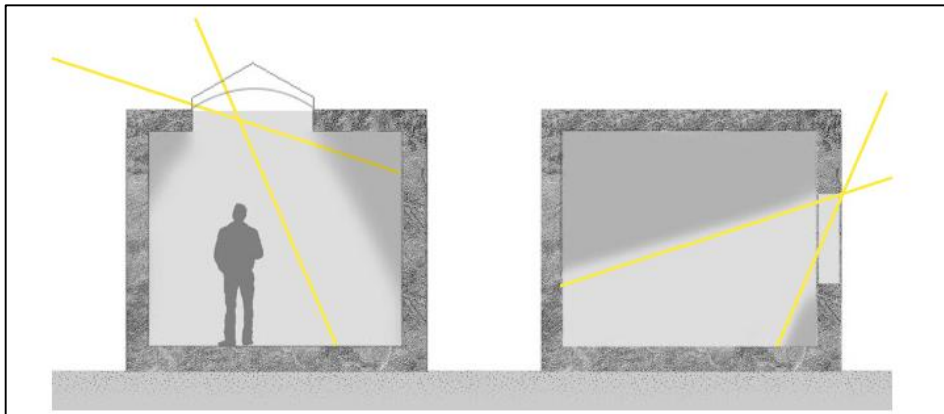
**Figure III.3 :** capturer la lumière naturelle  
(Source : confort visuel des lieux de travail)

### I.2- Transmettre :

Transmettre la lumière du jour consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local. La pénétration de la lumière dans un espace peut être influencée par les caractéristiques de l'ouverture telles que ses dimensions, sa forme sa position et le matériau de transmission utilisé ainsi que par les dimensions du local et son aménagement intérieur. (www.archi-positive.com)

La pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différents non seulement suivant :

- Les conditions extérieures** (type de ciel, saison, heure du jour et dégagement du site)
- Les caractéristiques de la fenêtre:** l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. Le matériau de transmission



**Figure III.4 :** transmission la lumière naturelle  
(Source : www.archi-positive.com)

### I.3- Distribuer :

La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un bon éclairage. Distribuer la lumière naturelle consiste donc à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de la lumière naturelle dans le bâtiment. Cette répartition peut être favorisée par différentes approches basées sur (Suzel BALEZ 2007) :

- Type de distribution lumineuse (direct, indirect).
- Répartition des ouvertures
- Agencement des parois intérieures
- Matériau des surfaces du local
- Zones de distribution lumineuse

- Serres, atria...
- Systèmes de distribution lumineuse



**Figure III.5:** Kimbell Art Museum (L. Kahn)  
(Source : stratégie et prédétermination. Suzel BALEZ 2007)

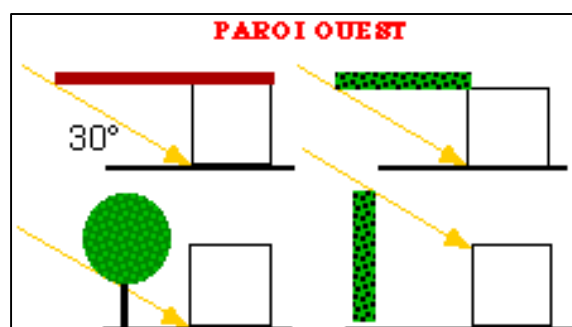
### I.4- Se protégé :

On se protège de la lumière naturelle pour atteindre le confort visuel par l'utilisation des protections solaire telles que la végétation, les auvents, les écrans mobiles ou les vitrages spéciaux.

Une protection sert à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente une source d'inconfort visuel pour les occupants et gêne les utilisations à l'intérieur d'un local.



**Figure III.6:** Brise soleil en alu,  
lames fixes ou orientables  
(Source : site web)



**Figure III.7:** La hauteur de référence des rayons solaires est 30°. L'avancée doit devenir très importante. (Source : stratégie et prédétermination. Suzel BALEZ 2007)

### I.5- contrôler :

Pour éviter la pénétration excessive de lumière naturelle dans le bâtiment qui peut être une cause de gêne visuelle (éblouissement, fatigue) il faut qu'elle soit contrôlé par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou light shelves, débords de toiture, etc.) associés ou non à des écrans mobiles (volets, persiennes ou stores) ou par des méthodes et des systèmes de gestion de l'éclairage qui fonctionnent de manière automatique ce qui permet une gestion intelligente de l'éclairage dans le bâtiment.

On peut diviser les solutions de contrôle de l'éclairage naturel en trois catégories:

- ✓ L'utilisation de systèmes d'éclairage naturel
- ✓ Le zonage de l'installation d'éclairage artificiel
- ✓ La régulation du flux des lampes

## II- Les systèmes de gestion de la lumière naturelle

Les systèmes de réorientation de l'éclairage naturel sont conçus pour régler les problèmes de la répartition inégale de la lumière naturelle dans un espace en réduisant les niveaux excessifs de clarté près des fenêtres et en les augmentant dans les zones qui en sont éloignées, donnant ainsi naissance à une lumière plus équilibrée et une distribution harmonieuse dans l'espace architecturale.

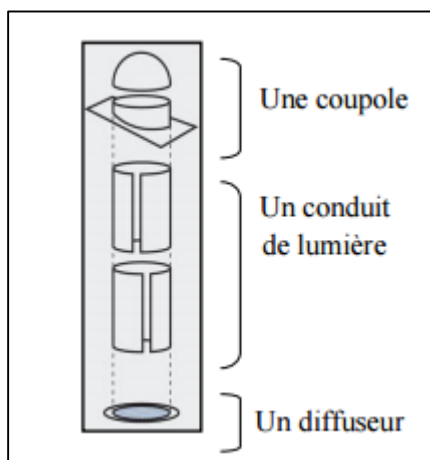
- ✓ **Système de puits de lumière**
- ✓ **Les plafonds anidoliques**
- ✓ **Les light shelf**
- ✓ **Les light pipe**
- ✓ **Les stores réfléchissants**
- ✓ **Les vitrages spéciaux**

### II.1- Système de puits de lumière :

Le puits de lumière est un nouveau système d'éclairage zénithal permet d'éclairer naturellement les espaces sombres c'est-à-dire d'apporter de la lumière naturelle dans des

pièces qui ne possèdent pas d'ouvertures sur l'extérieur ou en complément d'une ouverture existante.

Il peut être installé dans les bureaux de grande profondeur, salle d'exposition, salle d'opération aveugle, atelier ou garage en sous-sol... etc. Il est constitué de trois composants : **une coupole** qui capte la lumière de l'extérieur, **un conduit de lumière** qui se présente sous la forme d'un tube recouvert d'un film réfléchissant permettant de guider la lumière par réflexion et enfin, **un diffuseur**, qui répartit la lumière dans la pièce à éclairer.



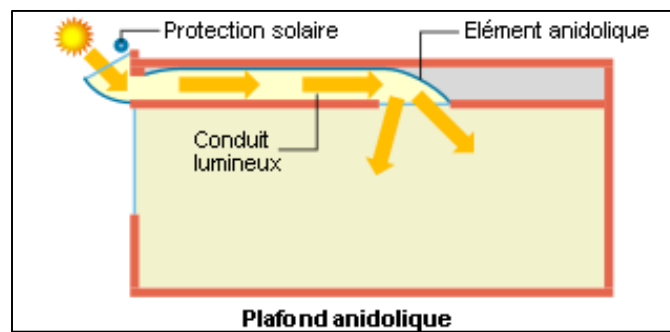
**Figure III.8:** les composantes de conduit de lumière (Source : Guide de dimensionnement des conduits de lumière)



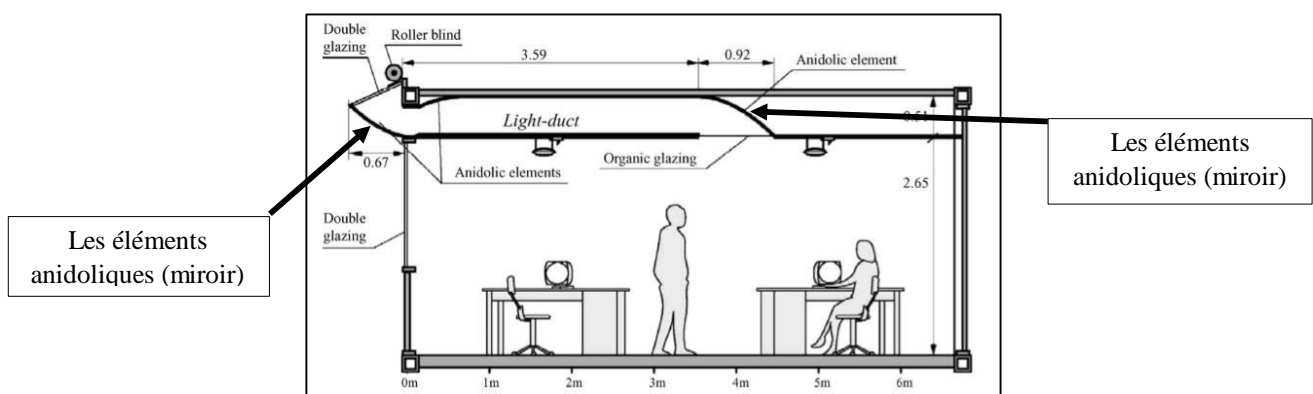
**Figure III.9:** coupe sur un puits de lumière (Source : [www.pinterest.fr](http://www.pinterest.fr))

### II.2- Les plafonds anidoliques:

Le plafond anidolique est un système d'éclairage zénithal et de distribution intensif de la lumière naturelle adapté au ciel couvert. Il s'agit en fait d'un conduit lumineux intégré dans un plafond suspendu au milieu de la pièce. Il compose de deux miroirs de forme parabolique jouant le rôle de concentrateurs qui captent le flux lumineux entrant et le redistribuent sur une zone plus large. Les éléments anidoliques sont placés aux deux extrémités du conduit lumineux : à **l'extérieur pour collecter la lumière du ciel** et à **l'intérieur pour contrôler la direction de la lumière** émise dans le local.



**Figure III.10:** système de plafond anidolique  
(Source : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be))



**Figure III.11:** les composants de plafond anidolique  
(Source : [docplayer.fr](http://docplayer.fr))

La conception de systèmes anidolique d'éclairage naturel se décompose en trois parties essentielles:

- **Un collecteur**/un capteur de lumière zénithale pour capturer la lumière du jour; situé à l'extérieur
- **Un tube opaque de transport** pour la collecte et la distribution de lumière capturée optimale pour cibler des zones
- **Un tube diffuseur** situé à l'intérieur de l'espace

## II.2.1- Les type de système de plafonds anidoliques:

### **Anidolic plafond ( $L > 2m$ ) :**

- Réduction de la protubérance de collecteur sur la façade du bâtiment (amélioration de l'intégration de systèmes)
- Une meilleure conception de l'élément interne dans la chambre (amélioration de l'intégration architecturale)

-Réduction du risque d'éblouissement en raison de possibles luminances élevées de l'élément interne (amélioration de l'acceptation des utilisateurs)

### **Système de anidolique intégrée ( $0,2 < L < 2m$ ):**

-Intégration optimale du système d'anidolique dans l'enveloppe du bâtiment (aspects architecturaux)

-Processus de conception et de construction industrielle optimisée du système (réduction des coûts)

-Amélioration de l'applicabilité du système pour la rénovation de bâtiments (simplification de la construction)

### **Stores solaires Anidolique ( $L < 0,2 m$ ):**

-La collecte de la lumière du soleil améliorée et redistribution (optimisation pour les climats dominés par ciel clair)

-Mise en œuvre d'une journée et la saison basée sur la sélection angulaire de la lumière du soleil (fonction aveugle solaire)

### **II.3- Les light shelves:**

Ce système permet d'apporter la lumière du jour au fond de l'espace et, par conséquent, assure le confort visuel par l'obtention d'un niveau d'éclairage uniforme et la réduction de la consommation d'électricité. Il permet aussi de contrôler la lumière directe en réduisant le phénomène de l'éblouissement.

Le système light shelf fonctionne comme suit: la surface supérieure du système va capter la lumière du jour et la rediriger vers le plafond en protégeant l'occupant des pénétrations directes du soleil. Le plafond à son tour va diffuser la lumière profondément dans la pièce.

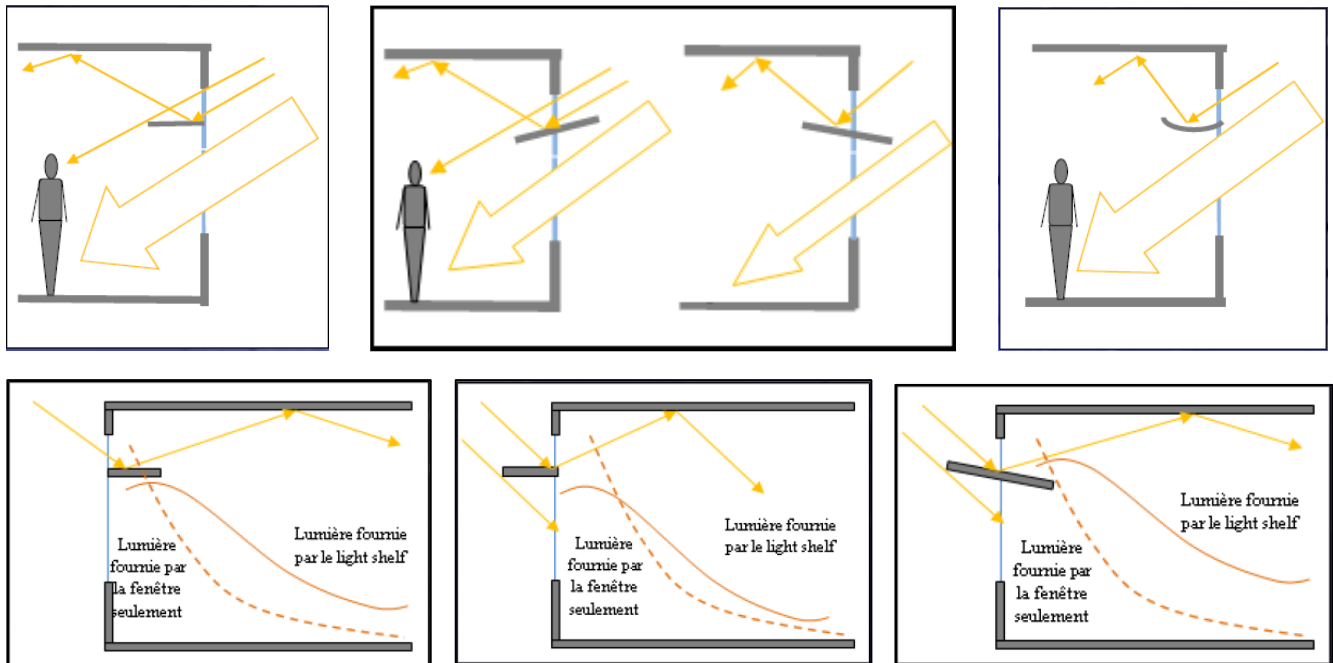


**Figure 12:** light shelves. (Source: [www.gordon-inc.com](http://www.gordon-inc.com))



## II.3.1- Les type de light shelves:

Ce système peut prendre différentes configurations: horizontales ou inclinées, droites ou incurvées, situées à l'intérieur et/ ou à l'extérieur de la fenêtre, comme il peut être combiné :



**Figure 13:** types de light shelves.  
(Source: [www.yourhome.gov.au](http://www.yourhome.gov.au))

## II.4- Les light pipes:

Les light pipes ou bien un conduit de lumière est une stratégie visant à apporter la lumière du jour au fond d'un espace ou aux étages inférieurs d'un immeuble.

Il a pour but d'éclairer par la lumière du jour des espaces qui n'ont pas un contact direct vers l'extérieur, comme des sous-sols, par exemple. Ce système permet aussi de rendre les luminaires électriques offrant une lumière propre dont la source initiale est la lumière naturelle





**Figure 14:** light pipe.  
(Source: [www.energobal.ru](http://www.energobal.ru))

### **II.4.1- Composition des light pipes:**

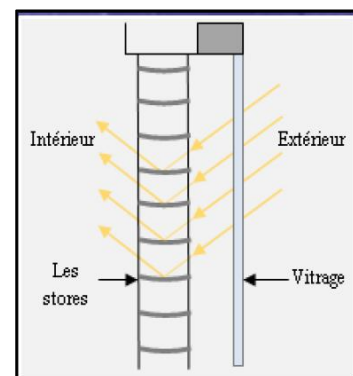
1. Un capteur solaire qui rassemble la lumière du soleil (il peut être un simple miroir fixe ou un système informatisé sophistiqué (Héliodon) qui suit les mouvements du soleil).
2. Un concentrateur qui regroupe l'énergie solaire sur une petite surface.
3. Un système de transport. (il peut être une simple ouverture à travers les différents étages d'un bâtiment comme il peut être un prisme)
4. Un système de distribution.
5. La lumière est ensuite transportée vers l'intérieur.

### **II.5- Les stores réfléchissants (les persiennes):**

Les stores réfléchissants actuels ont une double fonction:

1. Réduire l'effet de l'éblouissement causé par la fenêtre
2. Rediriger la lumière naturelle vers le fond du local

Les persiennes peuvent être conçues pour être statiques ou dynamiques (contrôler automatiquement de manière qu'elles puissent suivre le mouvement du soleil)

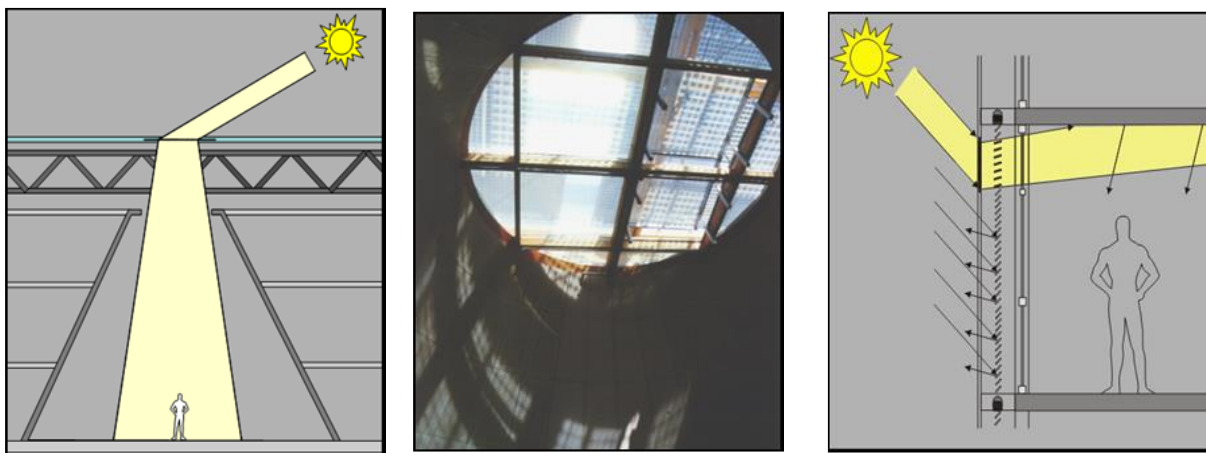


**Figure 15:** un store réfléchissant  
(Source: [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be))

### II.6- Les vitrages spéciaux

#### II.6.1- Les vitrages directionnels :

Ce type de vitrage sert à rediriger très efficacement les rayons solaires directs vers le fond d'une pièce. Ils peuvent aussi être employés pour rediriger la lumière zénithale vers le bas d'un atrium ou vers une salle en sous-sol. Les panneaux de vitrages directionnels peuvent être utilisés en configurations fixes et mobiles.

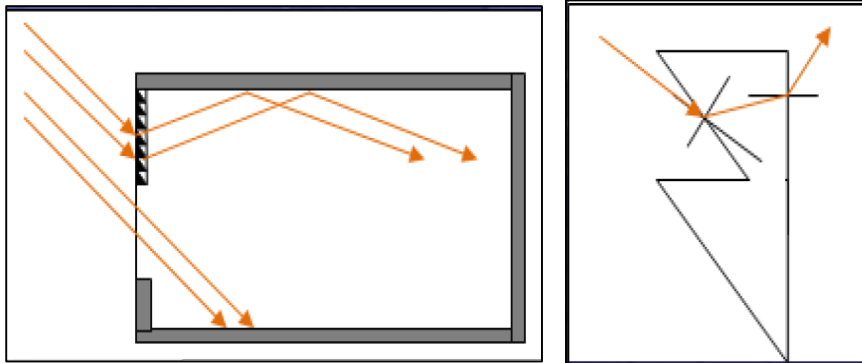


**Figure 16:** Les Holo-lux (Source: [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be))

#### II.6.2- Les vitrages prismatiques :

Le vitrage prismatique est conçu pour changer la direction de la lumière et la réorienter au moyen de la réfraction et réflexion. Le principe de fonctionnement des vitrages prismatiques est le suivant: quand un rayon de lumière frappe le prisme, sa direction est modifiée en raison de la réfraction. Une partie de celui-ci est alors réfléchi vers le plafond et au-delà, vers l'arrière de la salle. En principe, le panneau prismatique peut être placé dans la partie supérieure d'une fenêtre latérale.

Les vitrages prismatiques peuvent, soit rediriger la lumière naturelle plus profondément dans le bâtiment, soit exclure la lumière d'un espace. Bien qu'ils soient habituellement transparents, ils obscurcissent la vue vers l'extérieur. Il vaut donc mieux les utiliser pour la partie supérieure d'une fenêtre afin de ne pas couper la vue des occupants.



**Figure 17:** vitrage prismatique  
(Source: [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be))

## **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence les systèmes de gestion (réorientation) de la lumière naturelle qui sont considérés comme des solutions pour apporter la lumière naturelle au fond de l'espace architectural et aussi pour éviter les problèmes d'éblouissement et le gêne visuel surtout dans les salles de classes.

Pour atteindre cet objectif, les concepteurs et les chercheurs et grâce à leurs études expérimentales, ont fourni ces solutions pour créer un environnement confortable dans les salles de classes et améliorer le confort visuel dans les zones chaudes et arides.

# Chapitre IV : Etude Expérimentale

**Introduction**

En raison de l'importance du confort visuel et de son rôle dans la conception des bâtiments en général et des écoles en particulier, les concepteurs et chercheurs ont cherché des solutions et des techniques architecturales pour créer un confort approprié dans la classe en les améliorant

**PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE 01**

<b>TITRE</b>	The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study
<b>AUTEUR</b>	Z.S. Zomorodian, S.S. Korsavi, M. Tahsildoost
<b>SOURCE</b>	Research Paper
<b>MOTS CLES</b>	Performance de la lumière du jour, Configuration de la fenêtre, salle de classe, Crédits de lumière du jour.

**Tableau IV.1 :** présentation de l'article 1  
(Source : l'article)

**PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE**

**I- Problématique :**

La lumière du jour est un problème essentiellement critique dans la conception de l'école. Puisque la lecture et l'écriture sont les tâches les plus importantes dans les écoles, la performance visuelle est considérée comme le résultat principal de la conception de l'éclairage et est définie en termes de rapidité et de précision du traitement des informations visuelles. De plus, la lumière peut influencer la lecture, l'implication, la productivité, le bien-être, l'humeur et la santé, le confort, les perceptions de l'espace, les émotions, les expériences et les comportements des élèves.

**II- Objectifs :**

L'objectif de cet article est d'introduire différentes configurations de fenêtres pour la lumière du jour dans les salles de classe et des mesures de la lumière du jour utiles à travers la littérature et deuxièmement, d'évaluer la performance de la lumière du jour. Pour atteindre les objectifs mentionnés ci-dessus, l'analyse paramétrique a été réalisée à l'aide du moteur de simulation d'éclairage naturel DesignBuilder Radiance

**III- Méthodologie :**

La méthodologie de recherche menée dans cette étude comprend trois étapes:

### **Premièrement : revue de la littérature**

Différentes configurations de les fenêtres, les mesures statiques courantes de la lumière du jour et les crédits d'éclairage naturel des outils d'évaluation des bâtiments écologiques ont fait l'objet d'une analyse documentaire pour évaluer la performance de l'éclairage naturel.

### **Deuxièmement : validation du logiciel**

Le logiciel approprié pour les objectifs de l'étude a été sélectionnés et validé par rapport aux données expérimentales avant l'analyse paramétrique.

### **Troisièmement : analyse paramétrique**

Des simulations ont été effectuées pour déterminer comment la performance de la lumière du jour dans un espace change en fonction des configurations de fenêtres. En effet, les auteurs ont simulé différentes configurations de fenêtres pour comparer et évaluer la performance de la lumière du jour à l'aide des mesures de la lumière du jour et des outils d'évaluation des bâtiments écologiques.

## **III.1- revue de la littérature :**

### **III.1.1- Configurations de fenêtres**

La conception des ouvertures devient beaucoup plus complexe dans les climats avec un ciel clair et ensoleillé. La configuration des ouvertures peut modifier l'intensité et la distribution de la lumière du jour pour créer des environnements lumineux appropriés. La configuration des fenêtres est traitée plus en détail dans ce qui suit :

-**Éclairage latéral**; Bien que le moyen le plus courant d'introduire la lumière du jour dans un espace est l'ouverture latérale, un problème critique dans les espaces éclairés latéraux avec un seul aspect, commun dans les salles de classe, est le fait que les apports diurnes ne sont pas uniformes.

-**Emplacement de la fenêtre**; l'intensité et la distribution de la lumière du jour s'améliorent avec des positions de vitrage plus élevées

-**Le ratio fenêtre sur paroi (WWR)**; la distribution de la lumière du jour est également affectée par de plus grandes zones d'ouvertures, prolongeant la zone de la lumière du jour.

-**Lightshelves**; une autre stratégie pour maximiser la distribution de la lumière du jour consiste à incorporer des rayons lumineux pour faire rebondir la lumière du jour dans l'intérieur tout en protégeant la partie avant des effets nocifs de la lumière directe du soleil.

-**Éclairages de lanterneaux et clerestories**; les ouvertures de l'éclairage diurne ne sont pas seulement des fenêtres d'éclairage latéral mais aussi des lucarnes et des fenêtres à claire-voie qui permettent à la lumière du jour de pénétrer plus profondément dans l'espace.

Les moniteurs de toit et les étagères légères sont les stratégies d'éclairage naturel les plus appropriées dans les écoles. Ces stratégies ont été évaluées par des simulations et des études sur le terrain dans des salles de classe. Selon le Guide for Daylighting Schools, les écrans de toit qui comprennent des vitrages verticaux orientés vers le sud, des déflecteurs intérieurs et des surplombs de taille appropriée présentent de nombreux avantages; ils créent un éclairage uniforme dans tout l'espace, chauffent passivement l'espace en permettant à plus de rayonnement d'entrer dans l'espace pendant les mois les plus froids; Fournir un éclairage filtré et diffus et éliminer le contraste et l'éblouissement.

### **III.2- validation du logiciel:**

Pour les besoins de cette étude, le logiciel de simulation DesignBuilder Radiance a été sélectionné. Il permet de tracer les contours de la lumière du jour, les facteurs d'ensoleillement et d'uniformité moyens pour chaque zone, en utilisant le moteur de simulation d'éclairage naturel intégré. Pour garantir l'exactitude des résultats de la simulation, ils ont d'abord été validés par rapport aux **études de terrain**.

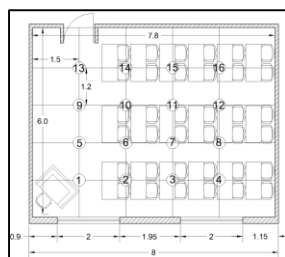
-L'école est orientée vers le nord-ouest et le sud-est avec des salles de classe alignées des deux côtés d'un couloir central. Une salle de classe du sud-est au deuxième étage a été choisie pour la modélisation et les mesures (figures 1 et 2). 30% de la surface du mur latéral de la salle de classe est couverte de deux fenêtres pour fournir la lumière du jour naturelle. Le plan d'étage et la section de la classe sont présentés aux Fig. 3 et 4.



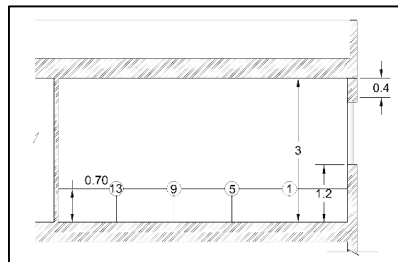
**Figure IV.1:** la salle de classe  
dessus de bâtiment  
(Source : l'article)



**Figure IV.2:** vue de l'école  
(Source : l'article)



**Figure IV.3:** Plan d'étage  
de la salle de classe  
(Source : l'article)



**Figure IV.4:** Section de la  
base de la salle de classe  
(Source : l'article)

-Les mesures ont été effectuées par une journée ensoleillée (6 mai 2014). Les niveaux d'éclairage ont été mesurés par un photomètre ST-1301 (précision:  $\pm 5\% \pm 10d$  ( $<10\ 000$  lux / fc)) en 16 points (grille de 1,2 m \* 1,5 m) sur les surfaces de table (0,75 mètre) toutes les heures De 00h00 à 13h00 Pour obtenir des résultats plus fiables, les lumières ont été éteintes et les rideaux ont été retirés.

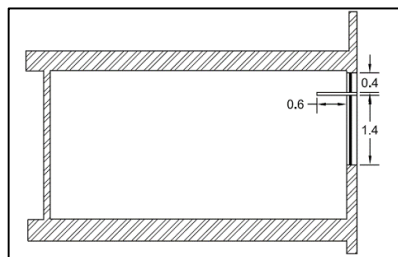
-La salle de classe a été modélisée avec une ressemblance approximative avec les conditions réelles. Les propriétés optiques des surfaces sont présentées dans le tableau 1.

<b>Elément de bâtiment</b>	<b>Propriétés optiques de surface</b>
Fenêtre	Double vitrage, transmission de la lumière 0,78
Plafond	85% de réflectance
Mur interne	75% de réflectance
Sol	60% de réflectance
Mur extérieur	45% de réflectance
Terrain externe	Asphalte, 7% de réflectance

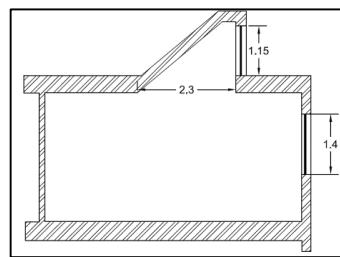
**Tableau IV.2:** Modéliser les propriétés de surface  
(Source : l'article)

**III.3- analyse paramétrique:**

L'analyse paramétrique a été réalisée sous CIE au jour de la coulée (10000 Lux) à la hauteur de 0,75 mètre (plan de travail) le long de l'axe central de l'espace. En changeant les configurations de fenêtres étudiées dans la revue de la littérature, différents modèles ont été créés. Malgré l'importance du type de vitrage dans la performance de la lumière du jour des fenêtres, le type de verre commun dans la construction locale a été modélisé dans cette étude. En outre, les auteurs ont pu créer trois modèles en ajoutant des light shelves avec ou sans percée et un moniteur de toit avec vitrage vertical au modèle de base (figures 5 et 6). La dimension et l'emplacement du moniteur de toit et des light shelves sont basés sur les directives de conception (Tableau 2). Les mesures de la lumière du jour, y compris le facteur de lumière du jour, l'éclairage et l'uniformité, ont été calculées pour chaque modèle.



**FigureIV.5:** Light shelf avec modèle à claire-voie  
(Source : l'article)



**FigureIV.6:** Modèle de moniteur de toit  
(Source : l'article)



	Variables de conception	Cas de base	Portée de la simulation
<b>configurations de fenêtres</b>	Hauteur des fenêtres (m)	1.4 mètre	1.0 m-2.4m
	Rapport de paroi de la fenêtre (% du mur)	30% du mur	25%-50%
	Hauteur de rebord de fenêtre (m)	1.2 mètre	0.7m-1.2m
	Light shelf	-	0,6 m de profondeur
	Moniteur de toit	-	9% de vitrage de la surface de plancher

**Tableau IV.3:** Variables de la simulation  
(Source : l'article)

## IV- Résultat et discussion :

-Trois niveaux différents de minimum, maximum et moyenne ont été simulés pour toutes les mesures de jour. Il est de la plus haute importance de noter que les limites minimales et moyennes sont principalement définies dans les outils d'évaluation pour évaluer la performance de la lumière du jour. En effet, les niveaux maximum de ces métriques fonctionnent comme un contrôleur et non comme un crédit pour évaluer le niveau de lumière du jour.

<b>Configurations de la fenêtre</b>	<b>Résultats</b>
-la hauteur de la tête de la fenêtre et hauteur de rebord de fenêtre	-Les résultats montrent qu'en augmentant la hauteur de la tête de la fenêtre et en réduisant la hauteur du rebord de la fenêtre, l'intensité et l'uniformité diminuent.
-light selve	-l'installation d'une <b>light selve</b> avec des clerestories ou un moniteur de toit, et l'augmentation du ratio fenêtre-mur permettent une meilleure répartition de la lumière du jour, améliorant à la fois le niveau de lumière et son uniformité.
-Moniteur de toit	-l'application d'un moniteur de toit a permis d'obtenir le meilleur «rendement de la lumière du jour», augmentant ainsi l'intensité de la lumière du jour et l'uniformité dans la salle de classe.

**Tableau IV.4:** résultats et discussion 1  
(Source : l'article)

**En conséquence, les configurations de fenêtres qui ont atteint des "niveaux minimum et moyen" plus élevés que ceux du cas de base offrent en réalité une meilleure performance de la lumière du jour.**

## V- Recommandation générales :

<b>Les recommandations</b>	
<b>light selve</b>	Les modèles simulés pour les light selves et les écrans de toit ne sont pas les plus optimisés et leur performance peut être augmentée en appliquant les stratégies suivantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sélection de matériaux durables mais réfléchissants</li> <li>- utilisation de stores horizontaux dans les vitres</li> <li>- allongement de la pièce pour augmenter le vitrage</li> <li>- inclinant le plafond du haut de light selves vers le fond de la pièce et mettant en application des light selves pour compléter les moniteurs de toit.</li> </ul>
<b>Moniteur de toit</b>	De même, pour maximiser la performance du moniteur de toiture, les stratégies suivantes peuvent être employées: <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation de toitures de couleur claire devant les moniteurs</li> <li>- application de chicanes pour bloquer la lumière directe du soleil et réduire l'éblouissement</li> <li>- mise en place de déflecteurs translucides intersection et minimisation de la profondeur de la cavité du plafond.</li> </ul>

**Tableau IV.5:** recommandation générales 1  
(Source : l'article)

## **PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE 02**

<b>TITRE</b>	Evaluation of Thermal and Visual Comfort in University Classrooms: The Cases of Two LEED Silver Certified Buildings
<b>AUTEUR</b>	Zahra Sadat Zomorodian / Mehdi Azizkhani / Liliana Beltran
<b>SOURCE</b>	Second International Conference on Energy and Indoor Environment for Hot Climates
<b>MOTS CLES</b>	-

**Tableau IV.6:** présentation de l'article 2  
(Source : l'article)

## **PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE**

### **I- Problématique :**

Les nouvelles conceptions, poursuivant des crédits d'éclairage naturel, tirent sur des ratios élevés de fenêtre à mur afin de fournir la lumière normale, qui a également **provoqué l'éblouissement**, fermant les stores, et par conséquent utilisant l'éclairage artificiel pendant la journée. Le rapport élevé entre les fenêtres et les murs augmente la perte de chaleur, ce qui entraîne des espaces froids et augmente les gains solaires, ce qui entraîne des espaces surchauffés pendant les saisons chaudes. La performance réelle des bâtiments LEED devrait être évaluée afin de définir l'écart entre les niveaux de performance prévus et réels.

**II- Objectifs :**

L'objectif de cet article est montrer la satisfaction de l'environnement thermique et améliorer la qualité de l'environnement visuel dans les salles de classe universitaires.

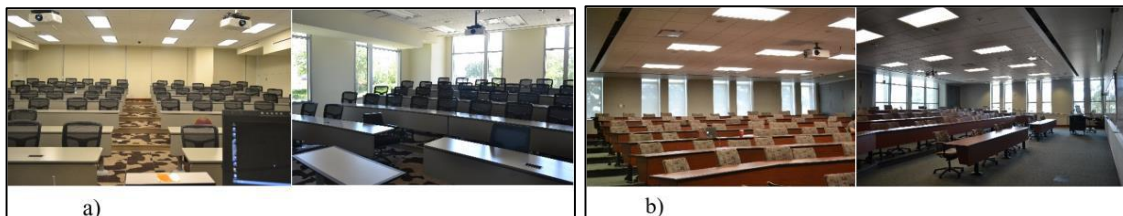
**III- Méthodologie :**

Cette étude, à travers une enquête par **questionnaire** et une **mesure sur site**, **évalue** le confort visuel et thermique dans quatre classes de différentes tailles de fenêtres, emplacements et orientations dans deux bâtiments LEED sur le campus de l'Université Texas A & M

Selon l'ASHRAE, la zone climatique de Collège Station est 2A définie comme chaude et humide avec 6300 <CDD (degrés-jours de refroidissement) 50°F ≤ 9000 (3500 <CDD10°C ≤ 5000). Le climat local est subtropical et tempéré et les hivers sont doux avec des périodes de basses températures qui durent habituellement moins de deux mois. La neige et la glace sont extrêmement rares. Les étés sont chauds et chauds avec des averses occasionnelles.

<b>Classes</b>	<b>Surface (sqm)</b>	<b>Capacité (Personnes)</b>	<b>Orientation</b>	<b>Ombres</b>
ETB2	140	78	SE	N/A
ETB1	84	46	NE	N/A
AGSL1	196	40	SW	Surplomb de 60 cm
AGSL2	180	60	SW	Surplomb de 60 cm

**Tableau IV.7:** Les caractéristiques des espaces étudiés  
(Source : l'article)



**Figure IV.7 :** (a) AGSL classe 1 et 2  
(Source : l'article)

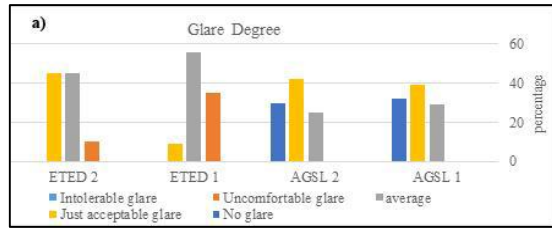
**Figure IV.8 :** (b) ETB classe 1 et 2  
(Source : l'article)

**IV- Résultat et discussion :**

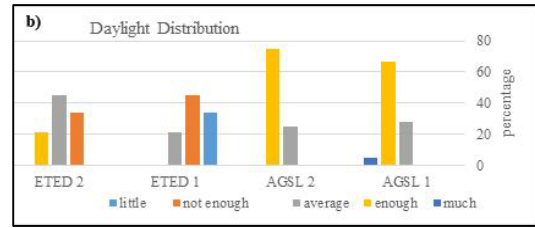
**IV.1- Perceptions visuelles des étudiants :**

La perception des étudiants de l'environnement visuel a été évaluée à travers les questionnaires et les résultats qui sont présentés dans la figure 3 et 4.

(Les salles de classe ETB sont représentées par ETED dans le graphique)



**Figure IV.9 :** Pourcentage d'éblouissement  
(Source : l'article)



**Figure IV.10 :** répartition de la lumière du jour dans les espaces étudiés  
(Source : auteur)

Classes	Résultats
<b>AGSL 1</b>	-les étudiants se sentent plus à l'aise visuellement (plus de 50% des élèves) - les élèves des classes AGSL n'ont signalé aucun éblouissement ou éblouissement perceptible
<b>AGSL 2</b>	-les étudiants se sentent plus à l'aise visuellement (plus de 50% des élèves) - les élèves des classes AGSL n'ont signalé aucun éblouissement ou éblouissement perceptible
<b>ETB 1</b>	-42% des élèves ressentent un malaise visuel perceptible dans la salle de classe, qui ne reçoit que la lumière du jour à l'arrière de la salle de classe. - Les résultats indiquent que les élèves de la salle de classe ETB 1 ont été les plus <b>éblouis</b> - Les élèves sont assis en arrière par rapport aux fenêtres, donc ils ne sont pas éblouis pendant les heures de classe, car ils regardent vers l'instructeur à l'avant. - les instructeurs de cette salle de classe ont signalé un <b>éblouissement</b> intolérable lorsqu'ils se trouvaient face aux étudiants et aux fenêtres.
<b>ETB 2</b>	-la salle est éclairée des deux côtés (à l'arrière et sur le côté), 52% des élèves ont déclaré avoir un sentiment neutre.

**Tableau IV.8:** Résultats et discussion 2.1  
(Source : l'article)

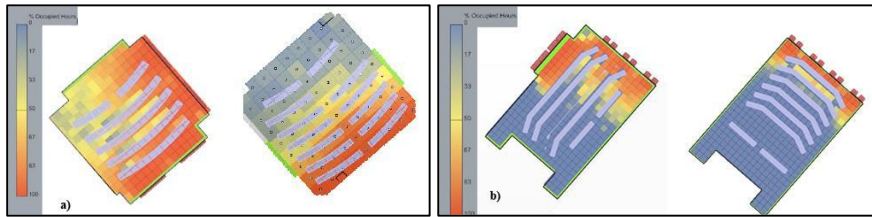
**Par conséquent, pour éviter l'éblouissement, les stores sont toujours bloqués pour bloquer la lumière du jour dans la salle de classe ETB 1.**

### IV.2- Simulations de lumière de jour :

La disponibilité de la lumière du jour dans chaque espace étudié a été simulée et les crédits LEED v2, v3 et v4 ont été définis. Le tableau 4 montre les résultats

LEED Version	ETB-1	ETB-2	AGSL-1	AGSL-2
v 2	32%	48%	45.2%	98.1%
Point	0	0	0	1
v 3: 9 am	30.4%	62.1%	73.5%	79.3%
v 3: 3pm	24.7%	62.1%	43.8%	79.3%
Point	0	0	0	1
v 4: sDA	10.2	30.2	46.9	95
v 4: ASE	2.8	6.5	22.6	35
Point	0	0	0	0

**Tableau IV.9:** Métriques LEED lumière de jour pour les espaces étudiés  
(Source : l'article)



**Figure IV.11 :** SDA dans les classes 1 et 2 d'AGSL (droite) et d'ETB (gauche)  
(Source : l'article)

Classes	Résultats
<b>AGSL 1</b>	-Les résultats montrent une meilleure répartition de la lumière du jour dans les salles de classe AGSL
<b>AGSL 2</b>	-la salle de classe AGSL 2 a réussi le LEED v3, qui exige que 75% de l'espace reçoive entre 10 et 500 pi de jour à 9 h et 15 h le 21 septembre. - Les résultats montrent une meilleure répartition de la lumière du jour dans les salles de classe AGSL - La salle de classe AGSL 2 satisfait aux exigences Le niveau d'ASE évite de passer le crédit de jour selon la norme LEED 4
<b>ETB 1</b>	-La faible valeur de l'ADD dans les salles de classe ETB, a entraîné l'utilisation d'un éclairage artificiel à toutes les heures dans ces espaces
<b>ETB 2</b>	-62,1% de la salle de classe ETB 2, qui est éclairée du nord-est et du nord-ouest, reçoit entre 10 et 500 fc à 9h et 15h le 21 septembre. -La faible valeur de l'ADD dans les salles de classe ETB, a entraîné l'utilisation d'un éclairage artificiel à toutes les heures dans ces espaces

**Tableau IV.10:** Résultats et discussion 2.2  
(Source : Auteur)

<b>V- Recommandations générales</b>	
<b>Confort thermique</b>	-LEED met davantage l'accent sur la réduction de la consommation d'énergie que sur la satisfaction des occupants. -Le fait de négliger les comportements dynamiques des occupants et de réduire leurs besoins à quelques paramètres exigés par les normes (par exemple, les points de température et les seuils de luminance) peut diminuer la satisfaction des performances du bâtiment et l'efficacité énergétique des bâtiments.
<b>Confort visuel</b>	-Des études d'occupation des postes dans les bâtiments scolaires devraient être menées pour identifier des solutions permettant d'améliorer encore la qualité de l'environnement visuel et de générer des directives pour une conception efficace de l'éclairage naturel dans les salles de classe. -L'intégration entre les systèmes d'éclairage naturel et d'éclairage électrique et le niveau de contrôle des occupants devraient être identifiés pour améliorer l'efficacité de l'éclairage naturel et améliorer la qualité de l'environnement visuel dans les bâtiments étudiés. -La conception d'ombrages externes pour utiliser la lumière naturelle et éviter de bloquer les vues est une stratégie efficace pour fournir une meilleure qualité de lumière naturelle.

**Tableau IV.11:** Recommandations générales 2  
(Source : Auteur)

## **PARTIE A : PRESENTATION DE L'ARTICLE 03**

<b>TITRE</b>	Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques
<b>AUTEUR</b>	Baraa J. Al-Khatatbeh / Shouib Nouh Ma'bdeh
<b>SOURCE</b>	Journal Building and Environment
<b>MOTS CLES</b>	Salles de classes; efficacité énergétique ; techniques de lumière passive; simulation; confort thermique; confort visuel

**Tableau IV.12:** présentation de l'article 3  
(Source : L'article)

## **PARTIE B : ANALYSE DE L'ARTICLE**

### **I- Problématique :**

Dans les salles de classes, les niveaux d'éclairage sont directement liés à la consommation d'énergie; en raison de l'utilisation de l'éclairage artificiel.

Dans ce contexte, Comment combiner entre les trois indicateurs (le confort visuel, l'efficacité énergétique et le confort thermique) pour un niveau de confort maximal

### **II- Objectif :**

L'objectif de cette recherche, qui se déroulait à l'Université jordanienne des sciences et technologies (JUST), était d'améliorer le confort visuel et l'efficacité énergétique dans les salles de classe et de réduire l'énergie nécessaire à l'éclairage, avec un impact minimal sur le confort thermique.

### **III- Méthodologie :**

#### **III.1- Cas d'étude:**

-Le cas d'étude est une salle de classe à Jordan. Elle est éclairée avec des ouvertures étroites et verticales dirigées vers le nord. Les dimensions de la classe sont :

- longueur : 7.1 m
- largeur : 8.2m
- hauteur : 3.5m et se termine par un faux plafond.

### III.2- Données de recherche :

-Les données de cette recherche sont obtenues à l'aide de simulations informatiques et de mesures réelles.

-La simulation par ordinateur est utilisée pour évaluer la performance des techniques d'éclairage naturel suggérées. L'analyse Ecotect d'Autodesk est utilisée pour construire le modèle, pour des simulations d'éclairage, d'**éblouissement**, de **confort thermique** et de **consommation d'énergie**.

### III.3- Les étapes de l'application :

Les tâches dans les salles de classe sont effectuées sur des surfaces horizontales et verticales.

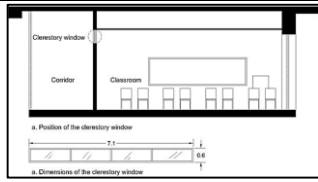
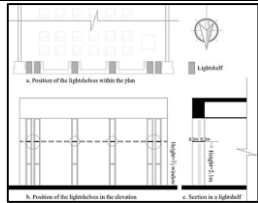
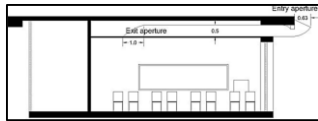
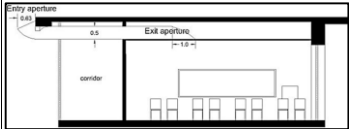
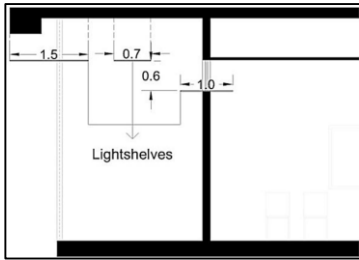
-La première étape utilise Desktop Radiance version 2.00 BETA, un plug-in pour Ecotect, pour simuler **le niveau d'éclairage** et la distribution pour les plans horizontaux et verticaux dans des moments spécifiques. Les résultats sont donnés sous la forme d'une grille qui montre les lectures de la lumière du jour avec des courbes de niveau, ainsi qu'une scène rendue de l'intérieur;

-Evalglare (un moteur autonome qui utilise des commandes DOS) utilisé dans la troisième étape pour évaluer la probabilité de formation de **l'éblouissement**. Les résultats de cette étape sont présentés sous la forme de grilles avec des courbes de niveau de l'autonomie en continu (DAcon).

-Des simulations ponctuelles ont été effectuées avec un ciel ensoleillé trois fois par jour; 9 h, 12 h et 15 h, sur l'équinoxe de printemps, l'équinoxe d'automne, le solstice d'été et le solstice d'hiver.

Les cas suivants de techniques de lumière passive ont été suggérés pour améliorer le confort visuel dans les salles de classe:



Le cas	La technique de lumière passive	L'image
Cas n 1	La réflectance du plafond et du mur face aux fenêtres a été augmentée.	
Cas n 2	Une fenêtre à claire-voie a été construite le long du mur comme le montre la Fig.3.	 <p>coupe d'une salle de classe typique montrant la position et les dimensions de la claire-voie ajoutée</p>
Cas n 3	Le vitrage des fenêtres nord a été remplacé par du verre à faible émissivité, dont la valeur de transmission est supérieure de 0,61 à celle du boîtier de base.	
Cas n 4	Six lampadaires ont été installés dans le cadre des fenêtres nord, à une distance des 2/3 de la hauteur des fenêtres (Fig.4). La surface supérieure a un facteur de réflexion de 0,95, tandis que la surface inférieure est mate.	 <p>Lightshelves emplacement dans le plan, l'élévation et la coupe de la salle de classe</p>
Cas n 5	des conduits triléanidiques ont été installés entre le faux plafond et la dalle de béton, dans les zones vides entre les fenêtres (Fig.6). Le plafond anidolique est en acier inoxydable, avec une valeur de réflectance de 0,95.	 <p>coupe dans une classe typique montrant le plafond anidolique nord suggéré.</p>
Cas n 6	Trois conduits anidoliques, dirigés vers le nord, avaient été installés entre le faux plafond et la dalle de béton. Le plafond anidolique est en acier inoxydable, avec une valeur de réflectance de 0,95. Fig.8 illustre les dimensions et l'emplacement des conduits	 <p>coupe dans une classe typique montrant le plafond anidolique sud suggéré.</p>
Cas n 7	Une combinaison de claire-voie et lightshelvs est utilisée sur l'élévation sud de la salle de classe (Fig.10). La claire-voie a les mêmes dimensions et la même position mentionnées dans le cas n ° 2, tandis que les étagères légères (réflectance 0,95) sont accrochées dans la zone entre le mur et l'élévation de verre du couloir.	 <p>Section dans le couloir typique montrant l'emplacement suggéré des lightshelvs.</p>
Cas n 8	Cette combinaison a mis le clerestory ensemble avec le plafond anidolique dirigé vers le nord. Les caractéristiques des deux sont les mêmes que celles du deuxième et du cinquième cas.	
Cas n 9	Cette combinaison a mis le clerestory ensemble avec le plafond anidolique dirigé vers le sud. Le caractéristiques des deux sont les mêmes que le cas deux et le cas six.	

**Tableau IV.13:** Les cas de techniques de lumière passive suggérés

(Source : l'article)



**IV- Résultat et discussion :**

<b>Analyse d'éblouissement</b>	<b>Evaluation de confort thermique</b>	<b>Consommation d'énergie</b>
Les résultats montrent que la plupart des valeurs d'éblouissement enregistrées se situent dans la zone «sensible» à «juste acceptable». En comparaison avec le cas de base, tous les cas montrent des valeurs plus élevées d'éblouissement; sauf pour le <b>cas n ° 1</b> .	-Toutes les configurations (à l'exception du cas n ° 1) avaient enregistré des températures de l'air inférieures pendant les heures d'occupation (8h00-16h00). Cela est dû aux modifications apportées aux éléments de la salle de classe (paroi arrière, plafond et vitrage), qui ont réduit la valeur globale de l'U. - Les cas qui ont enregistré des différences acceptables de température de l'air pendant les saisons chaudes et froides sont respectivement le cas n ° 8, le cas n ° 9 et le cas n ° 2	Le cas n ° 1 et le cas n ° 7 n'introduisent pas d'économies d'éclairage, mais réduisent les charges de chauffage et de refroidissement. Le cas n ° 3 et le cas n ° 4 ont réduit la lumière du jour qui entre dans la salle de classe, réduisant ainsi les charges de chauffage et de refroidissement; en raison des gains solaires directs et indirects réduits dans l'espace. Le cas n ° 2, le cas n ° 5, le cas n ° 6, le cas n ° 8 et le cas n ° 9 ont permis d'importantes économies d'énergie. Ces cas ont augmenté la consommation d'énergie associée aux charges de chauffage et de refroidissement.

**Tableau IV.14:** résultats et discussion 3  
(Source : l'article)

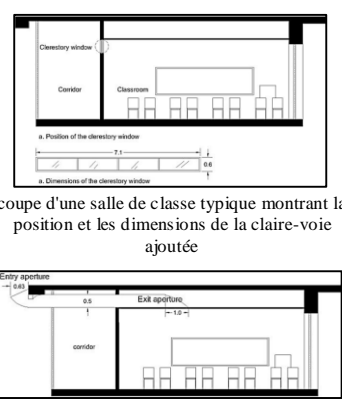
**V- Recommandations générales :**

Le cas n ° 9 (clerestory et plafond anidolique au sud) a abouti au meilleur compromis entre les aspects évalués.

<b>Analyse d'éblouissement</b>	<b>Evaluation de confort thermique</b>	<b>Consommation d'énergie</b>
Selon Daylight Glare Index (DGI), les valeurs d'éblouissement du cas n ° 9 sont dans le champ acceptable.	En termes de confort thermique, le cas n ° 9 a eu un petit impact sur la température de l'air de la classe.	En revanche, le cas n ° 9 a connu une nette amélioration du niveau d'éclairage, avec les plus grandes économies d'énergie parmi les cas suggérés.

**Tableau IV.15:** recommandations générales 3  
(Source : l'article)

Tableau de recommandations générales

L'article	Stratégie utilisé	Les recommandations
<u>L'article : 1</u>	<b>light shelf</b>	Les modèles simulés pour les light selves et les écrans de toit ne sont pas les plus optimisés et leur performance peut être augmentée en appliquant les stratégies suivantes: - sélection de matériaux durables mais réfléchissants - utilisation de stores horizontaux dans les vitres - allongement de la pièce pour augmenter le vitrage - inclinant le plafond du haut de light selves vers le fond de la pièce et mettant en application des light selves pour compléter les moniteurs de toit.
	<b>Moniteur de toit</b>	De même, pour maximiser la performance du moniteur de toiture, les stratégies suivantes peuvent être employées: - utilisation de toitures de couleur claire devant les moniteurs - mise en place de déflecteurs translucides intersection et minimisation de la profondeur de la cavité du plafond.
<u>L'article : 2</u>	-Des études d'occupation des postes dans les bâtiments scolaires devraient être menées pour identifier des solutions permettant d'améliorer encore la qualité de l'environnement visuel et de générer des directives pour une conception efficace de l'éclairage naturel dans les salles de classe. -L'intégration entre <b>les systèmes d'éclairage naturel et d'éclairage électrique</b> et le niveau de contrôle des occupants devraient être identifiés pour améliorer l'efficacité de l'éclairage naturel et améliorer la qualité de l'environnement visuel dans les bâtiments étudiés. -La <b>conception d'ombrages externes</b> pour utiliser la lumière naturelle et éviter de bloquer les vues est une stratégie efficace pour fournir une meilleure qualité de lumière naturelle.	
<u>L'article : 3</u>	 <p>coupe d'une salle de classe typique montrant la position et les dimensions de la claire-voie ajoutée</p> <p>coupe dans une classe typique montrant le plafond anidolique sud suggéré.</p>	Selon Daylight Glare Index (DGI), faire une combinaison entre la claire-voie et le plafond anidolique dirigé vers le sud

**Tableau IV.16:** recommandations générales pour les trois articles

(Source : article 1et 2et 3)

**Tableau de recommandations extraites**

Les stratégies	Les recommandations
L'orientation de la fenêtre	Dans les zones arides la meilleure orientation pour les salles de classe c'est l'Est et Sud pour éviter l'éblouissement et profiter une lumière uniforme de toute la journée
Les fenêtres en bandeaux	Plus la taille de fenêtre petite, plus le local est éclairer en profondeur et plus réduire l'éblouissement
débord de toiture	
<p>La performance de la fenêtre peut être augmentée en appliquant les stratégies suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sélection de matériaux durables mais réfléchissants</li> <li>- Employer des couleurs claires de bonne réflectivité pour les parties opaques ainsi que pour les surfaces internes des salles de classe.</li> <li>- utilisation de stores horizontaux dans les vitres</li> <li>- inclinant le plafond du haut de light selves vers le fond de la pièce et mettant en application des light selves pour compléter les moniteurs de toit.</li> </ul>	
l'aménagement de la salle de classe	le type de mobilier ainsi que son agencement peuvent avoir de fortes répercussions sur la distribution de la lumière dans l'espace et sur le confort visuel des occupants.

# Chapitre V : Education et Ecole d'Architecture

## **Introduction :**

D'après certains auteurs, les conditions de travail des adultes sont sévèrement réglementées à travers le monde, mais rien de tel n'existe pour les locaux d'enseignement. Les étudiants et les enseignants, tout cycles confondus, travaillent souvent dans des conditions de confort visuel peu satisfaisantes.

En Algérie, plus de 8 millions de jeunes, représentant plus du quart de la population globale, sont sur les bancs d'écoles, collèges, lycées et universités. Ces jeunes étudient pendant au moins 9 ans, durant 8 mois de l'année, 6 jours par semaine et 8 heures par jour dans une salle de classe. Cette période de vie concerne des êtres en pleine évolution, il faut donc leur assurer des conditions de travail optimales dans un environnement confortable, favorisé notamment par un bon éclairage. Il faut savoir que les performances visuelles demandées à ces étudiants sont considérables : « le travail scolaire consiste à capter, à retenir et à assimiler une multitude d'informations, dont 65% sont visuelles et seulement 35% sont orales.

## **APPROCHE THEORIQUE**

### **I- L'éducation**

#### **I.1-Définition:**

L'éducation est un terme qui a plusieurs définitions :

-Art de former une personne, spécialement un enfant ou un adolescent, en développant ses qualités physique, intellectuelles et morales, de façon à lui permettre d'affronter sa vie personnelle et sociale avec une personnalité suffisamment épanouie.

-Initiation d'une personne à un domaine de connaissances, à une activité ou une discipline particulière.

-Action de former et d'enrichir l'esprit d'une personne.

-Ensemble des services publics chargés d'assurer la formation de la jeunesse et plus particulièrement sa formation intellectuelle telle que : les primaires, les CEM, lycées, et les établissements des enseignements supérieurs, les instituts....

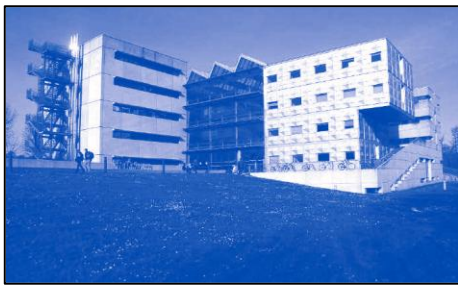
### **II-Les établissements des enseignements supérieurs :**

#### **II.1-Définition:**

L'enseignement supérieur regroupe toutes les formations postérieures au baccalauréat.

Deux systèmes coexistent :

- ✓ **Un système ouvert** au sein des universités. C'est le système qui accueille le plus d'étudiants. Tous les bacheliers ont le droit d'y entrer sans sélection préalable. Les formations y sont très diversifiées ;
- ✓ **Un système sélectif** à capacité d'accueil contrôlée. L'entrée s'y fait par concours, examen, ou dossier, éventuellement complété par un entretien. C'est le système en vigueur notamment dans les grandes écoles (telles que l'Ecole Nationale d'Administration, l'Ecole Nationale Supérieure, les écoles d'ingénieurs et d'architecture), les instituts universitaires et les instituts universitaires professionnalisés. Ils forment principalement les cadres supérieurs et intermédiaires de l'Etat et des entreprises.



**Figure V.1 :** ENSA MARNE-LA-VALLÉE  
(Source : Les études supérieures d'architecture en France)



**Figure V.2 :** Université d'Alger -1-  
(Source : site web)

## III-Ecole d'architecture:

### III.1-Définition:

Est un équipement destiné à l'enseignement. Il est constitué de plusieurs espaces et annexes, bâtis. En d'autre terme, c'est l'équipement abritant les activités scolaire.

Dans sa conception, les espaces décomposés en trois catégories principales :

- Espaces spéciaux pour les ateliers et salle de cour et les laboratoires
- Espaces communs, y compris les bibliothèques, les salles audio-visuelles
- Espaces concernés avec l'administration et la maintenance

### III.2-salle de classe (atelier):

Un atelier d'architecture est un lieu où travaillent les étudiants d'architecture. Peut accueillir différentes activités telles que le dessin technique, la réalisation de maquettes, la lecture de documents, le travail sur écran d'ordinateur ou l'affichage par vidéoprojecteur..., autant d'activités qui utilisent différents plan de travail. L'occupant d'un tel espace perçoit donc une multitude de signaux lumineux sous différentes formes et sur plusieurs supports. L'éclairage

intérieur d'un atelier d'architecture doit donc fournir un environnement lumineux performant et confortable.

**III.3-Reglementation et normes relatives à l'éclairage des locaux d'enseignement:**

La réglementation relative à l'éclairage des locaux d'enseignement diffère d'un pays à un autre. Elle concerne surtout les établissements du premier et second degré, mais il n'existe pas une réglementation spécifique aux établissements universitaires (Benharkat, 2006).

**Cas de l'Algérie :**

Pour le cadre national, la réglementation concernant les lieux d'enseignement demeure rare voire inexistante (Rouag, 2001.cité par Benharkat, 2006)

Les niveaux d'éclairages mesurés au plan de travail ou au sol doivent être égaux ou supérieurs aux valeurs suivantes :

Voies de circulation intérieure	40 LX
Locaux aveugles affectés à un	
Escalier et entrepôt	60 LX
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120 LX
Travail permanent	200 LX

**Tableau V.1 :** niveau d'éclairage minimum selon la législation algérienne  
(Source: code de travail)

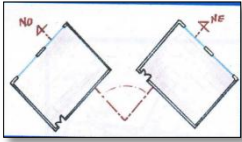
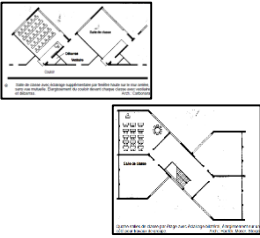

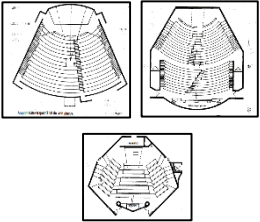
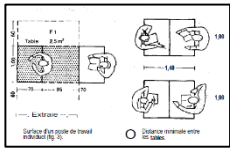
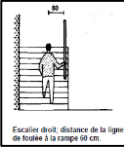
**Comparaison de différentes normes :**

Un tableau récapitulatif s'impose pour contraster les différentes normes selon les pays, et selon les critères relatifs aux activités susceptibles de concerner notre recherche

Pays	Niveaux d'éclairage recommandé (LX)
Canada	Bureau (dessin/lecture) 1000 LX Travail sur écran 500LX
États-Unis	Dessin 500 LX (300 LX sur le plan horizontal) Travail de CAO et dessin 300 LX Travail de CAO 100 LX
Grande Bretagne	Dessin 500 LX Bureau 200 LX
France	Dessin 400 LX Bureau 300 LX
Algérie	Bureau 200 LX

**Tableau V.2 :** comparaison entre les différentes normes relatives à l'éclairage

**III.4- Normes relatives à caractéristiques des espaces en école d'architecture d'architecture :**

Espace	Activité	Orientati on	Forme	Surface	Eclairage	Schéma
<b>Atelier</b>	Dessiner Espace d'information et d'échange Communication entre l'étudiant et le tuteur	Sud/est/ouest pour capter une lumière uniforme	carré ou rectangle	De 3,5m <sup>2</sup> à 4,5m <sup>2</sup> pour chaque étudiant	De 500 [lux] à 850 [lux]	
<b>Salle de classe</b>	Espace d'information et d'échange. Communication entre l'étudiant et le tuteur	Sud/est/ouest	carré ou rectangle	De 65m <sup>2</sup> à 70m <sup>2</sup> 2.20m <sup>2</sup> pour chaque étudiant	325 [lux]	
<b>Espace d'exposition</b>	Espace d'exposer. Peut-être prend un espace de circulation	/	Différente forme		425 [lux]	
<b>Amphithéâtre</b>	Espace d'information et d'échange	Non spécifié	Différente forme	1m <sup>2</sup> pour chaque étudiant	80 [lux]	
<b>Bibliothèque</b>	Consultation et espace de lecture	Sud-est pour capter une lumière uniforme	Différente forme	1.20m <sup>2</sup> pour chaque étudiant	500 [lux]	
<b>Espace de circulation</b>	Espace de mouvement Espace de passage entre les différentes espaces	Non spécifié	/		Couloirs Escaliers 80à250 [lux]	/

**Tableau V.3 :** Normes relatives à caractéristiques des espaces en école d'architecture  
(Source : NEUFRET et Eclairage dans l'espace architecturale)



APPROCHE ANALYTIQUE

A- Analyse de terrain

I- Lecture morphologique

I.1- Infrastructure

I.1.1- Situation de site

Le terrain situé dans la partie est de la ville de BISKRA  
exactement dans la cité universitaire (EL ALIA-Est)



Terrain : département  
d'architecture



Cité universitaire MOHAMMED KHAIDAR -BISKRA-

**Figure V.3 :** situation de terrain  
(Source : Google earth)

I.1.2- Limite de terrain



Côté Ouest : ancien rectorat  
/ espace vert



Côté Nord : département  
d'hydraulique



Côté Sud -Ouest :  
parking



Côté Sud : espace vert / salle  
de conférence (bloc Assassi)



Côté Est : accès  
mécanique secondaire

**I.1.3- Accessibilité**

Le terrain

L'accès mécanique de puis l'université jusqu'a parking

Accès piétonnière

Parking

L'entrée de l'université

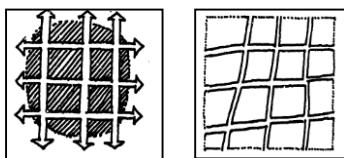
Le terrain était situé à l'Est de l'université proche d'un parking, espace vert

**I.1.4- La nature de site**

Le terrain était situé dans l'université de Mohammed khaidar – Biskra- (site universitaire)

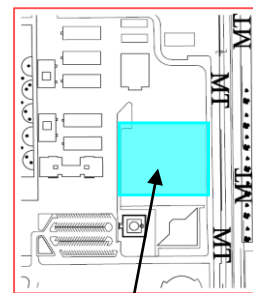
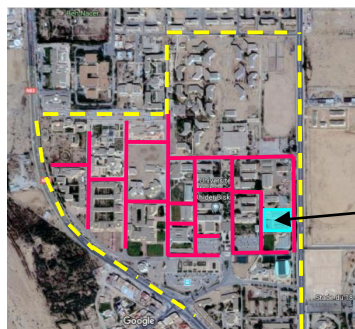
Le terrain

**I.1.5- Trame viaire et parcellaire :**



Système en vrais résille

D'après les parcours qui traverse les ilots peut être distingue que le système de la typologie topologique est un système résille



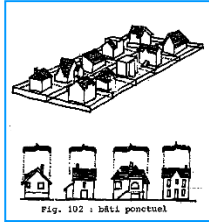
Type de parcelle

Le critère dimensionnel de la parcelle: Parcelle trapu proche de carré

**I.2- Superstructure**

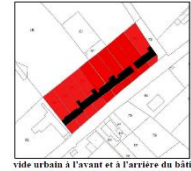
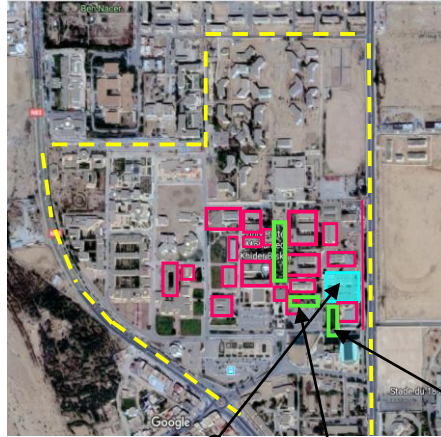
**I.2.1- Le bâti et espaces libres :**

Les bâtiments sont séparés les uns des autres par une distance plus ou moins grande : le bâti est discontinu



Les bâti est ponctuel

Le vide urbain qui exprime un espace libre est un espace vert, placette, parking  
Donc c'est un vide urbain à l'avant et l'arrière de bâti



vide urbain à l'avant et à l'arrière du bâti

Le terrain



Espace vert



Placette

**I.2.2- Analyse séquentielle :**



Le champ visuel limité, à gauche par l'ancien rectorat



Le champ visuel non limité, à l'arrière par un espace vert



**I.2.3- Mobiliers urbain et végétation :**

Il y a un manque de mobiliers urbain sur terrain sauf les lampadaires



Le terrain



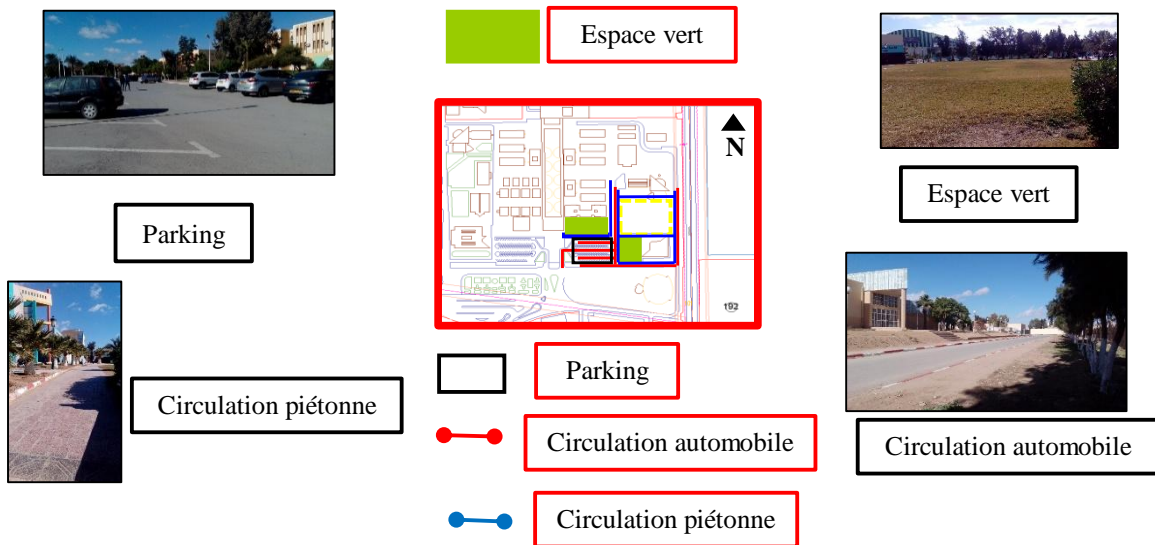


Il y a certain végétation sur terrain

Type de végétation existe : palmiers, ficus, gazon....



## I.2.4- Analyse des usages :



**Figure V.5 :** analyse des usages  
(Source : Auteur)






## I.2.5- Temporalité :

Importances des flots

-  **Trafic fort**
-  **Trafic modéré**
-  **Trafic faible**

Principaux des pôles



-  Amphithéâtre
-  Bloc des salles (faculté des sciences)
-  Département d'Hydraulique
-  Bibliothèque universitaire
-  Foyer

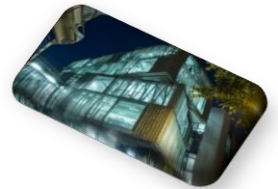
## II- Synthèse

- L'intégration d'une école d'architecture dans un site doit être universitaire et riche par des institues ou d'autre écoles
- Il est recommander d'orienter les salles de classes (atelier) vers la partie ensoleillé (SUD /EST) pour gagner un éclairage fort
- Il est recommandé que l'école d'architecture implanté dans un milieu urbain dynamique qui permet de gérer l'accessibilité suivant ces points forts
- Le choix d'un site pour une école d'architecture être basé sur la richesse de végétation pour améliorer la qualité de vie extérieur

## B- Analyse des exemples

### Fiche technique pour les exemples analysés :

École d'architecture de Strasbourg	
Situation	4 Boulevard du Président Wilson, 67000 Strasbourg – France
Architecte	Marc Mimram
Area	4500.0 sqm
Année d'ouverture	2014



**Tableau V.4 :** Fiche technique d'exemple 01

Austin E. Knowlton School of Architecture	
Situation	275 West Woodruff Avenue, Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA
Architecte	Mack Scogin Merrill Elam Architects
Area	176000.0 ft2
Année d'ouverture	2011



**Tableau V.5 :** Fiche technique d'exemple 02

École supérieur d'architecture et de paysage de Bordeaux	
Situation	Bordeaux, France
Architecte	Claude Ferret
Area	-
Année d'ouverture	1973



**Tableau V.6 :** Fiche technique d'exemple 03

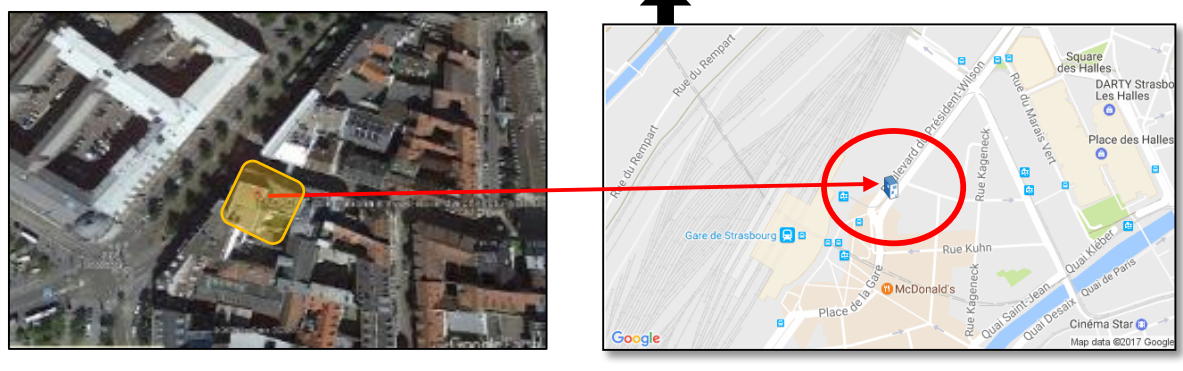
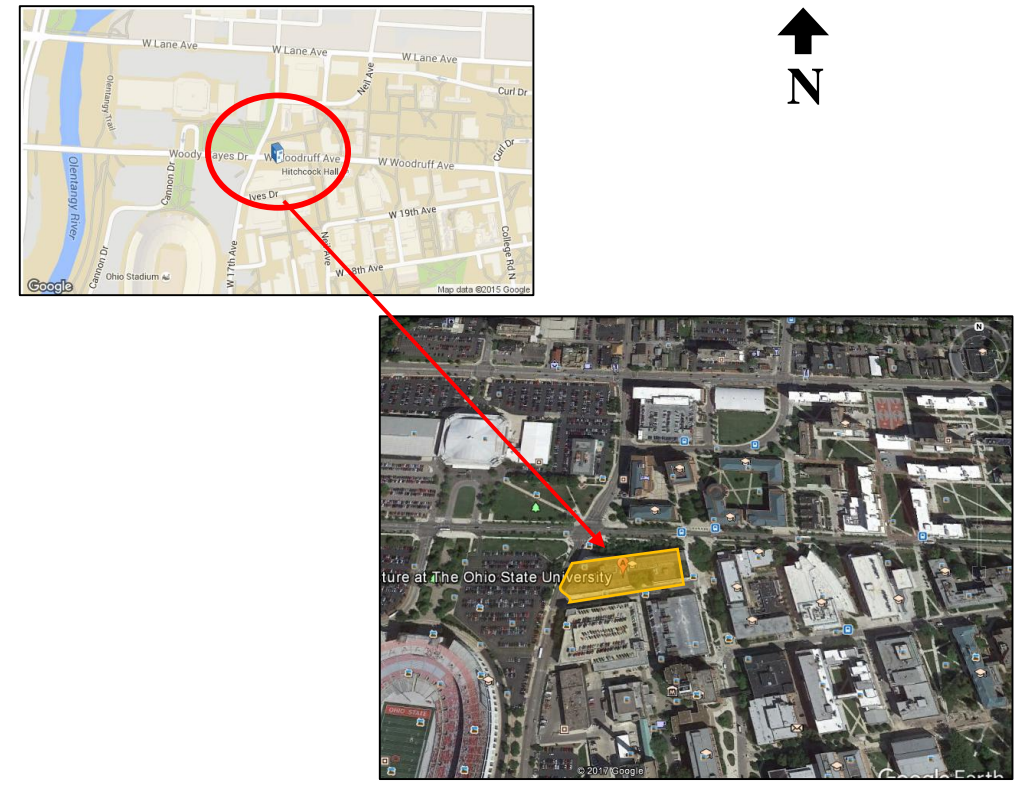
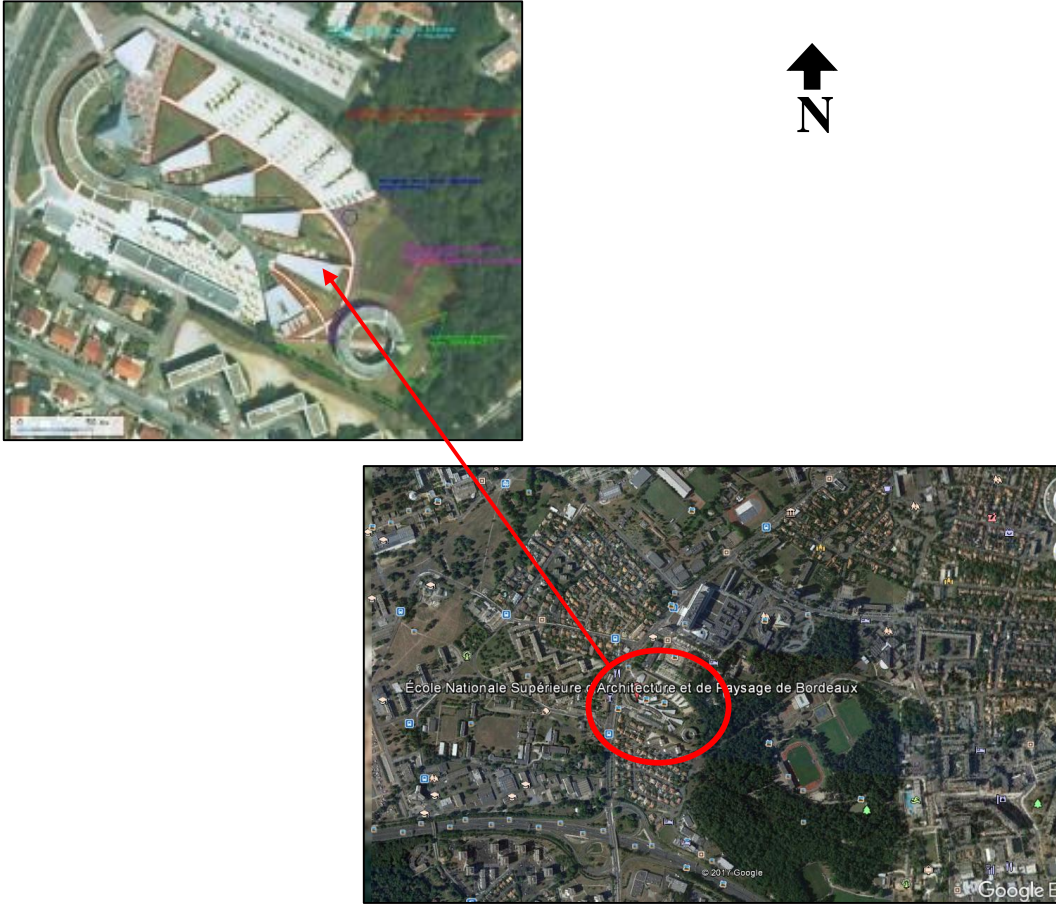
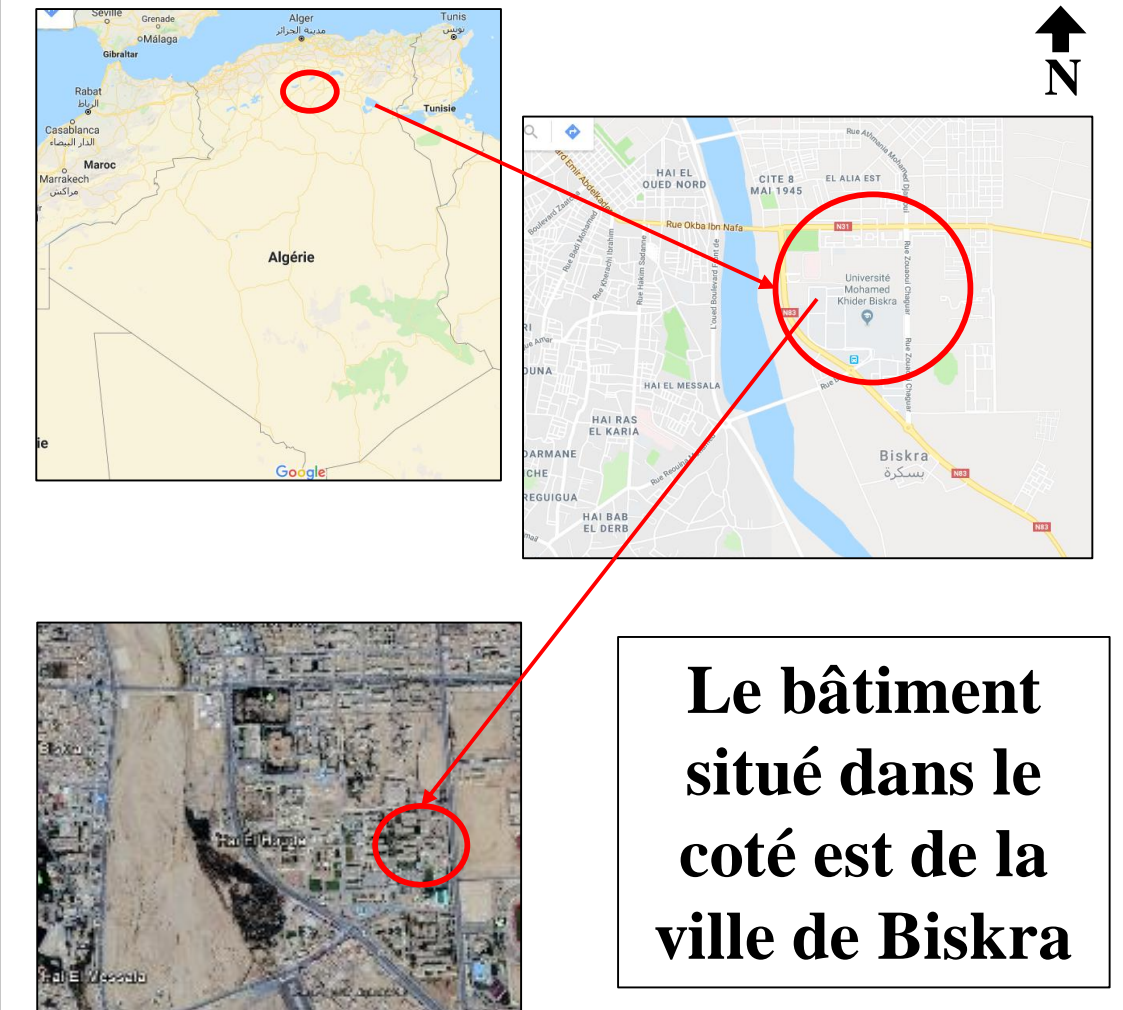
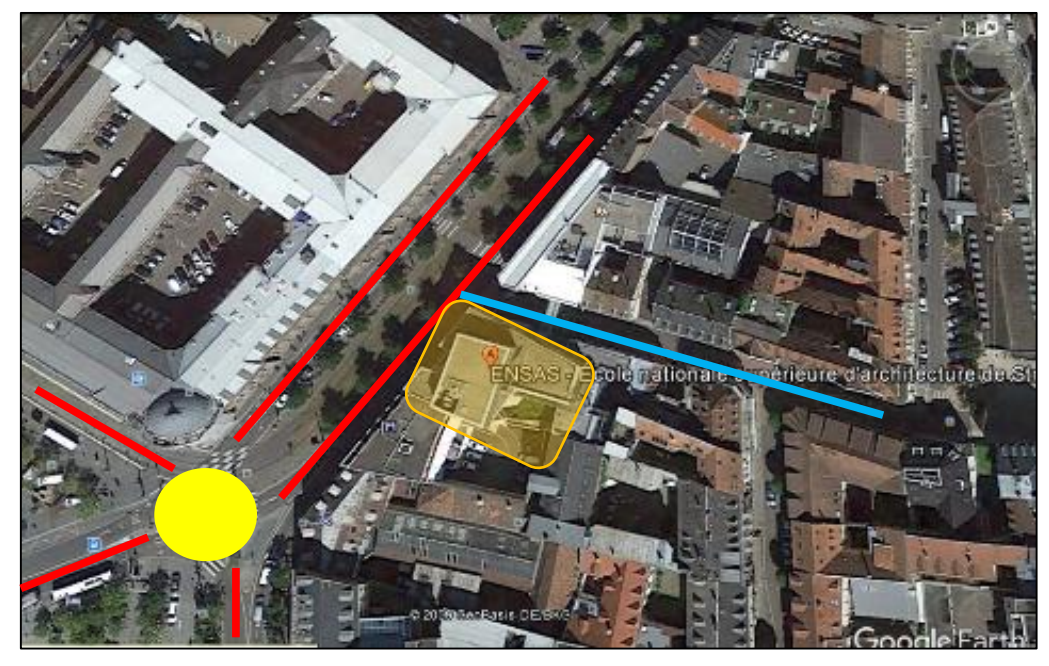
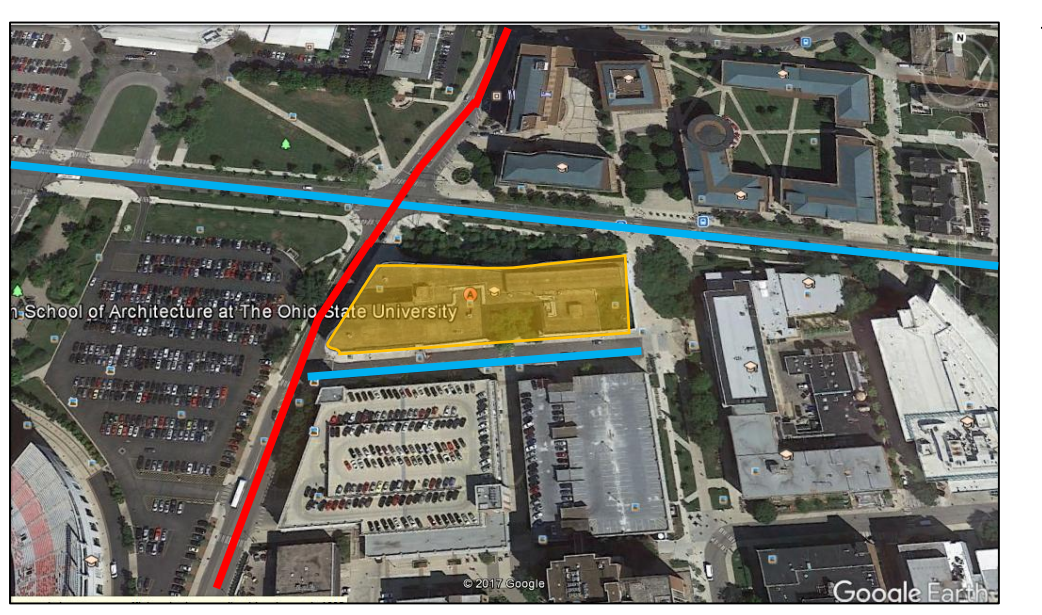



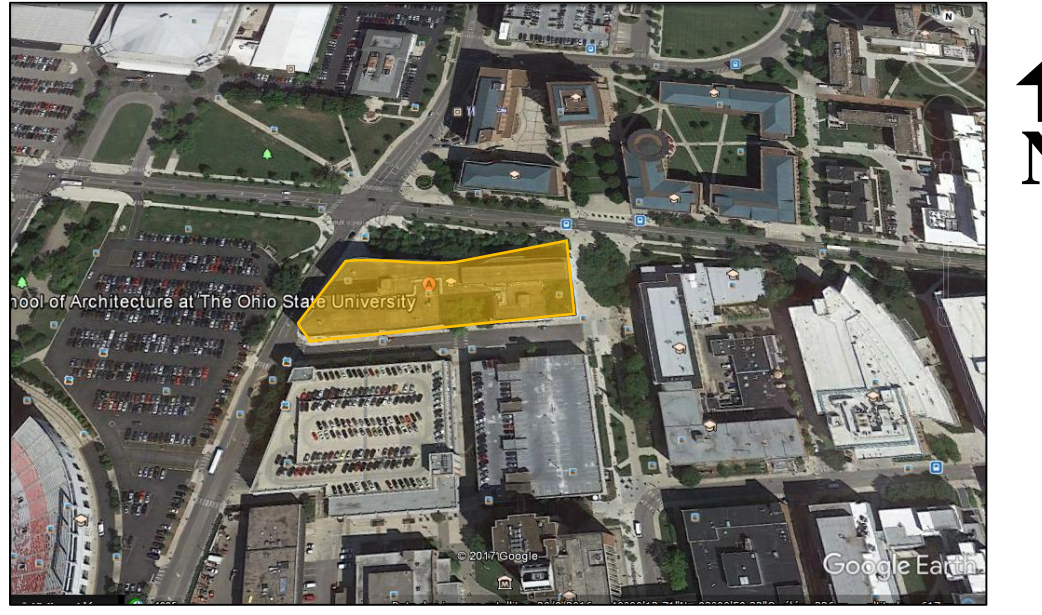


Département d'architecture de Biskra	
Situation	<b>Biskra, Algérie</b>
Architecte	
Area	-
Année d'ouverture	28/02/2009



**Tableau V.7 :** Fiche technique d'exemple 04



# Etude contextuelle

	École d'architecture de Strasbourg	Austin E. Knowlton School of Architecture	École d'architecture de Bordeaux	Département d'architecture de Biskra	Synthèses générales
<b>Situation</b>	 <p>-L'école situé : 4 Boulevard du Président Wilson , 67000 Strasbourg – France -l'école est une extension de l'école mère -située dans un tissu urbain et universitaire</p>	 <p><b>Bordeaux , France</b></p>	 <p><b>Bordeaux , France</b></p>	 <p><b>Le bâtiment situé dans le coté est de la ville de Biskra</b></p>	<p><b><u>Le choix d'un site pour un école d'architecture être basé sur :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La richesse de site par des instituts ou d'autre écoles</li> <li>-Il est recommandé que l'école d'architecture soit dans un milieu urbain très dynamique</li> </ul>
<b>Accessibilité</b>	 <p> <span style="color: yellow;">■</span> projet      <span style="color: blue;">—</span> Accès secondaire  <span style="color: red;">—</span> Accès principale      ● Rempoins         </p> <p>Le projet était implantée à la bord d'une voie mécanique principale qui dispose une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet</p>	 <p>-il est occupé tout l'îlot, est entouré par des voies mécaniques sur la longueur des façades ce qui facilite l'accès au projet -l'architecte a mis en valeur les voies mécaniques pour offrir un plus pour le projet -le site est une zone dynamique, capable de soutenir une architecture et un paysage connectifs et une forme urbaine inclusive</p>	 <p>Le projet était implantée à la bord d'une voie mécanique principale qui dispose une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet</p>	 <p> <span style="color: yellow;">■</span> Le projet      <span style="color: pink;">□</span> Parking  <span style="color: red;">—</span> Accès mécanique  <span style="color: green;">■</span> Espace vert  <span style="color: yellow;">●</span> L'entrée de l'université         </p> <p>Le projet était implantée à la bord d'un accès mécanique qui dispose une circulation très élevée ce qui facilite l'accès de projet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Il devrait y avoir un débouché principal pour les visiteurs et les étudiants qui permet la communication entre eux</li> <li>-Il devrait également être un débouché secondaire pour les administrateurs</li> <li>-la disponibilité et la facilité de transport</li> <li>-les vues paysagers sa donne un plus au projet</li> </ul>
<b>Orientation et intégration au site</b>	 <p>Le projet était intégré dans un tissu urbain avec un contraste par rapport l'environnement</p>	 <p>Le projet était intégré dans un tissu universitaire .Le projet a une style architecturale différent par rapport son environnement</p>	 <p>Le projet était intégré dans son environnement: cité universitaire</p>	 <p>Le projet était intégré dans un environnement universitaire</p> <p>-1(nouveau bloc):intégré avec un contraste par rapport l'environnement -2(ancien bloc ):intégré avec l'environnement</p>	<p><b><u>l'intégration de projet faut être prend en considération:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intégrer le projet dans le site en suivant ces points forts existantes</li> <li>-La forme de terrain ou de la parcelle</li> <li>-Les données et facteurs climatiques de la région</li> <li>-Le style architecturale et les couleurs et les matériaux des bâtiments voisins</li> </ul>



# Etude architecturale

## École d'architecture de Strasbourg

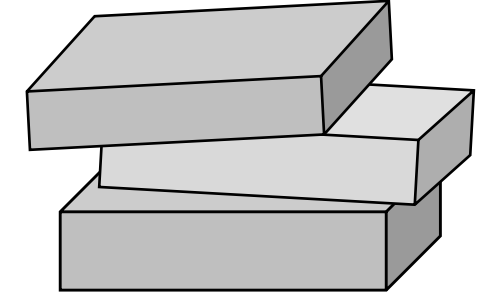
## Austin E. Knowlton School of Architecture

## École d'architecture de Bordeaux

## Département d'architecture de Biskra

## Synthèses générales

Volumétrie



La volumétrie du bâtiment consiste en des blocs de deux étages empilés les uns sur les autres. Le bloc inférieur est en porte-à-faux sur le socle transparent du rez-de-chaussée, tandis que le bloc le plus élevé recule, fournissant le volume maximum dans les limites fixées par les règlements d'urbanisme.



**Le volume = un bloc de béton et verre pour exprimer la notion de plein et vide**  
-la forme donne une notion de fluidité



**Le volume = un pyramide + un bloc d'une forme organique et géométrique**

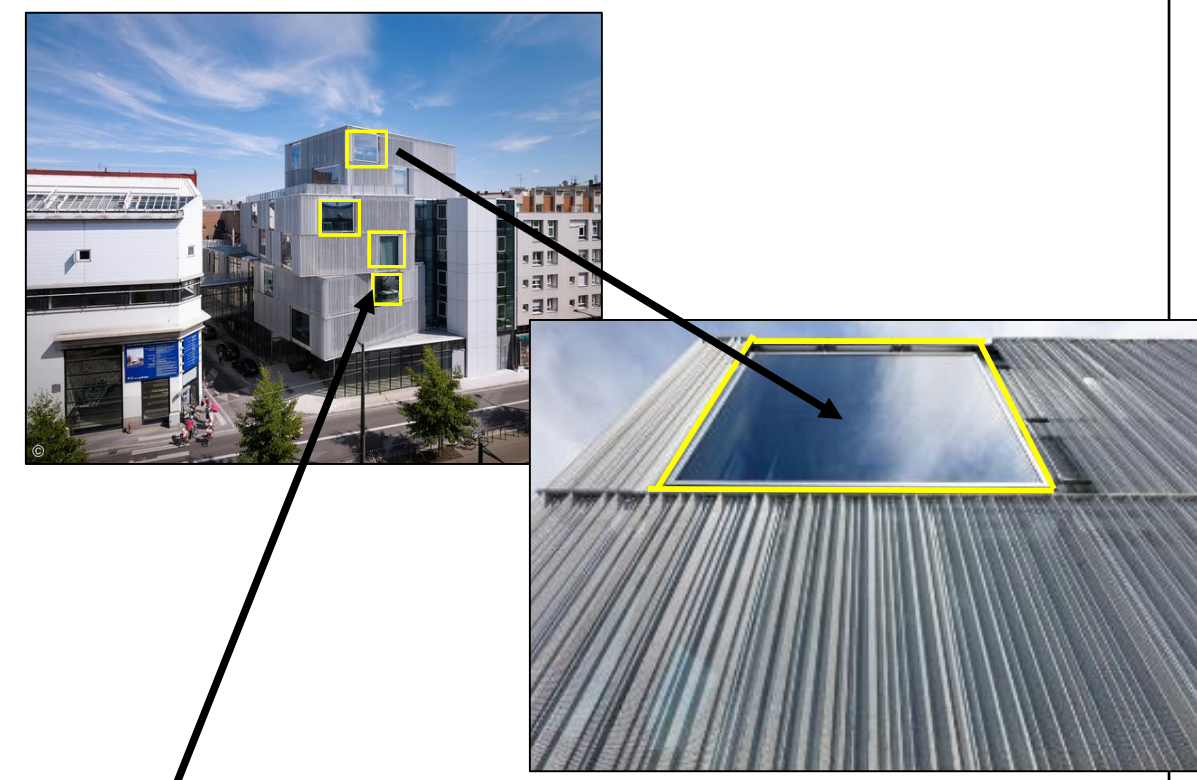


**Le volume = une composition de différents volumes**

### La volumétrie de l'école doit :

- Il est recommandée plusieurs volumes pour exprimer les plusieurs fonctions de projet (administration +espace pédagogique +bibliothèque)
- répond a la forme de terrain et la parcelle
- Prend en considération les facteurs climatiques et l'orientation

Traitement des façades



**-Traitement :avec des grandes baises pour la continuité visuel**

**-Peau en aluminium semi-transparent**

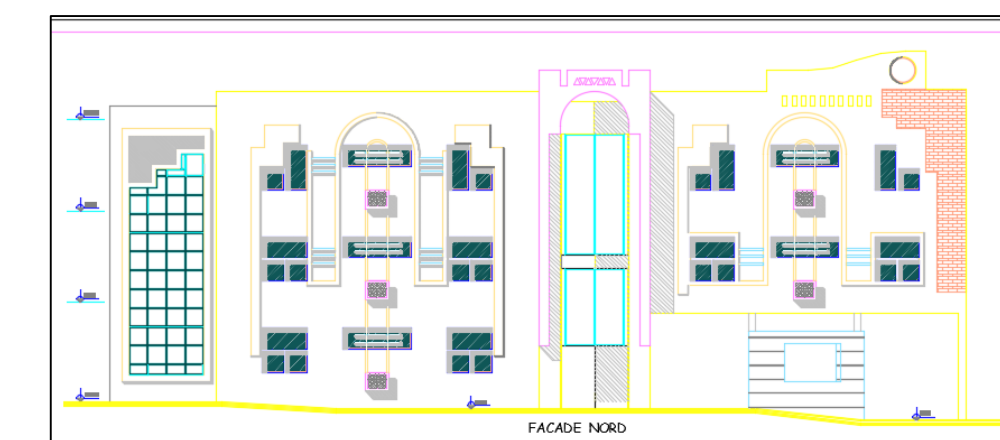
Les blocs sont unifiés par l'enveloppe commune, une peau d'aluminium semi-transparente qui recouvre les "boîtes" vitrées.



**-Traitement :avec des ouvertures en bandes Avec pierres taillé**



-Selon Claude Ferret les forme qui exprime la notion des façades, donc il était utilisé la couleur de béton avec des formes des triangle  
-utilisation de vitrage dans la façade est



-utilisation la répétition (rythme) pour présenté le projet  
-utilisation plusieurs texture et couleurs et formes pour exprimer la variété de l'architecture (l'art)

### Les façades doit être répondre sur :

- Les facteurs de climat dominant
- Les différentes orientations et leurs recommandations par rapport : forme et la taille d'ouverture ,type d'ouverture type de vitrage , type de protection solaire.....
- La relation visuel entre intérieur et extérieur avec tout conditions de confort
- Le style architecturale et les matériaux utilisées dans les bâtiments voisins



# Etude architecturale

## École d'architecture de Strasbourg

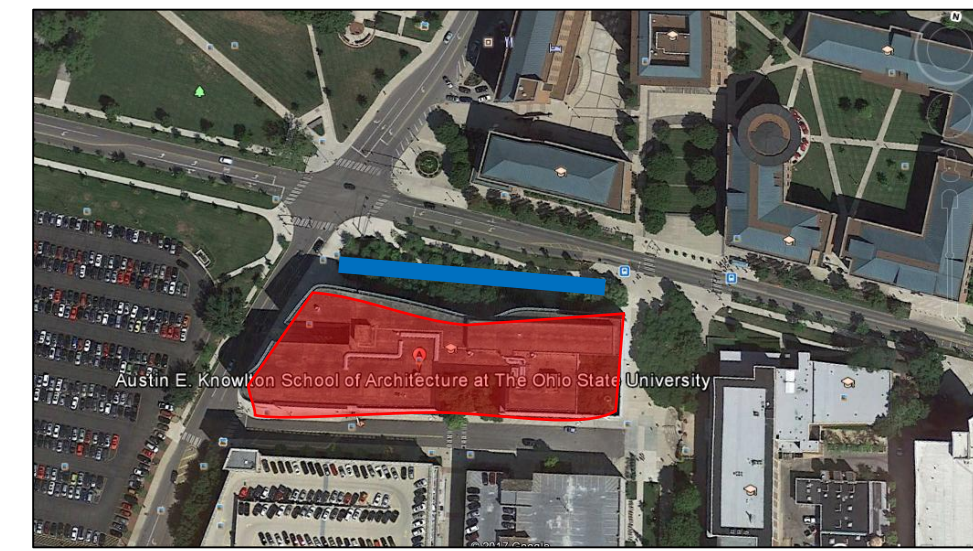
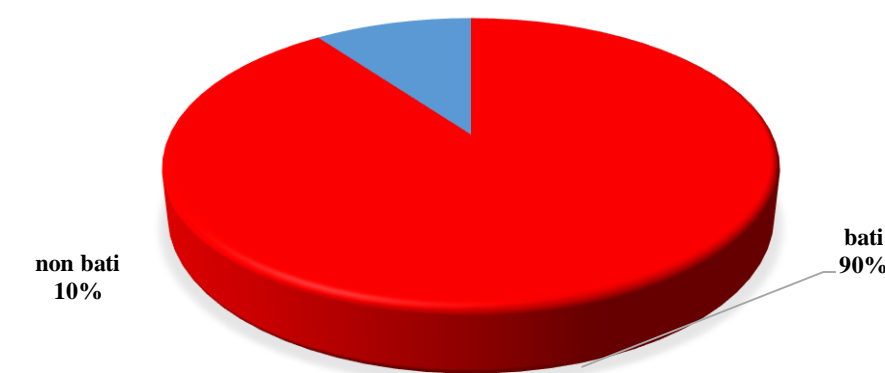
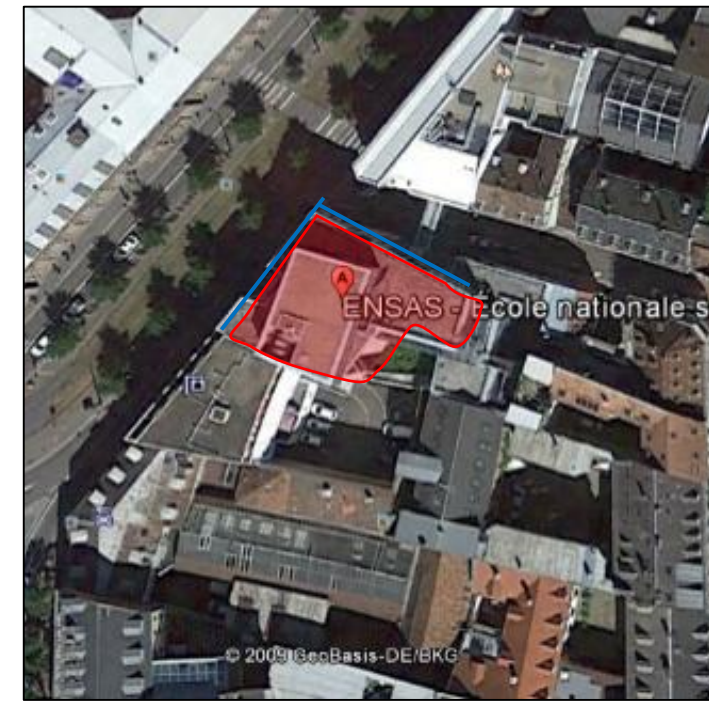
## Austin E. Knowlton School of Architecture

## École d'architecture de Bordeaux

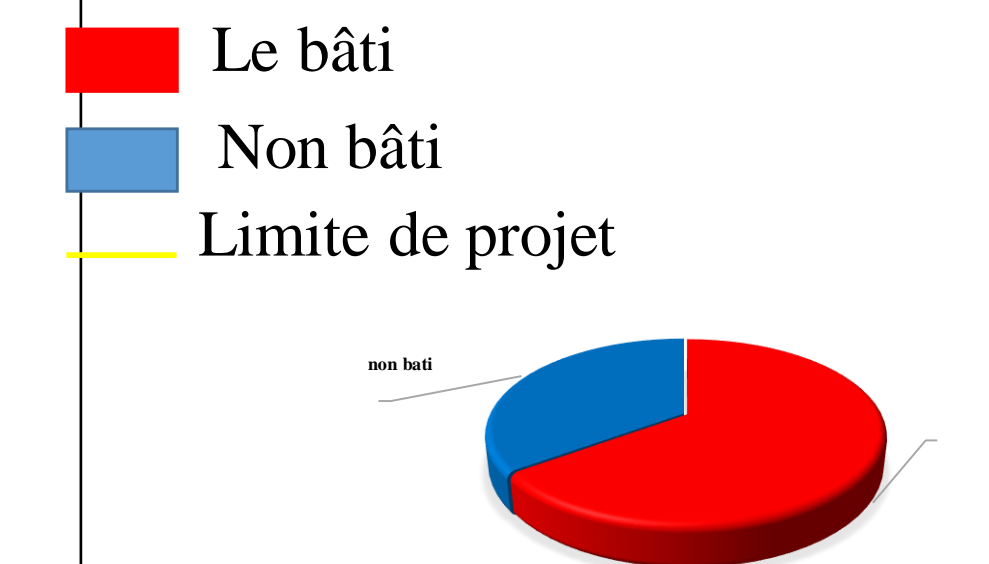
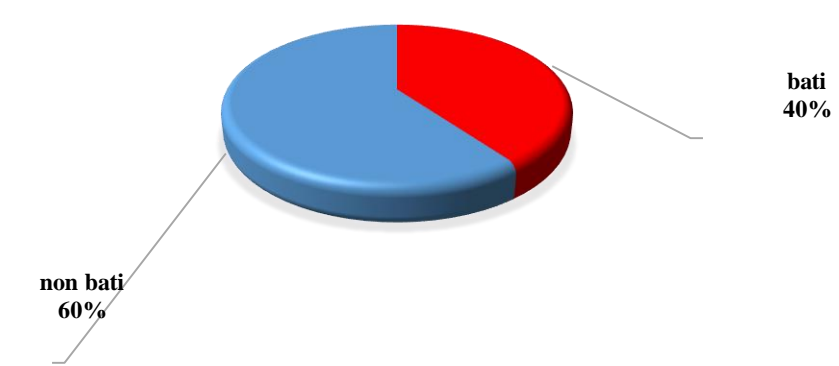
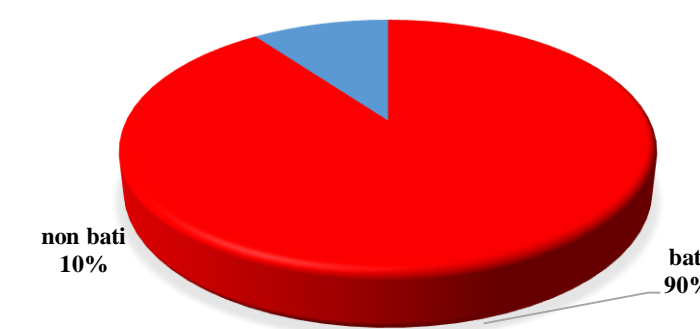
## Département d'architecture de Biskra

## Synthèses générales

Occupation de sol

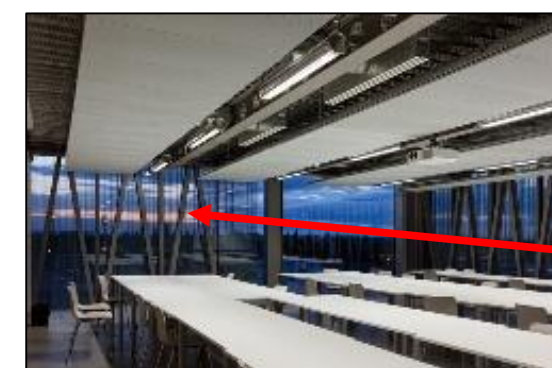


Le projet est occupé tout l'îlot

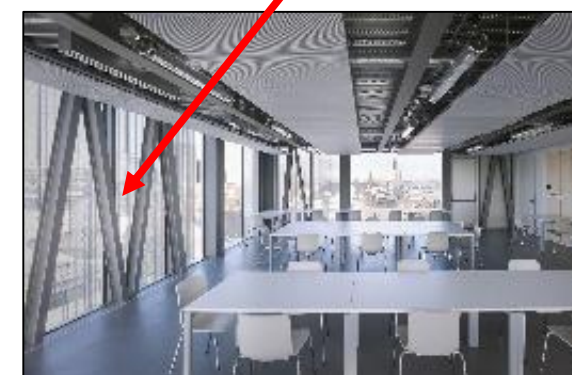


Selon l'environnement  
Selon la surface de terrain  
Selon le programme

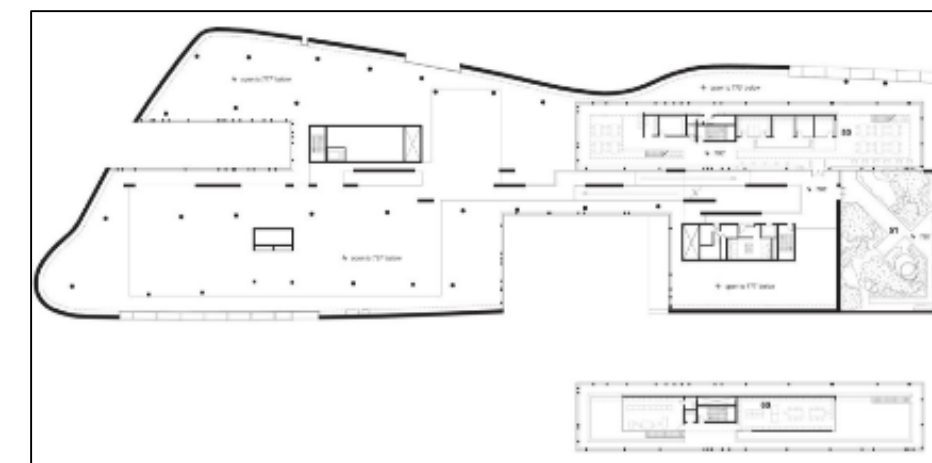
La structure



Profile métallique



la structure métallique est stabilisée par deux noyaux de béton longeant les mitoyens et abritant les locaux technique



la structure : béton armé  
Poteau - poutre



Une structure en béton armé (notion de Oscar Nimiyer)



Le système constructif poteau-poutre  
-utilisation de béton, verre, aluminium, céramique

### La structure :

Pour la structure et matériaux de constructions qui sont régis par plusieurs facteurs, y compris les choix de l'architecte lui-même, le climat et la nature du sol....etc.

Éclairage



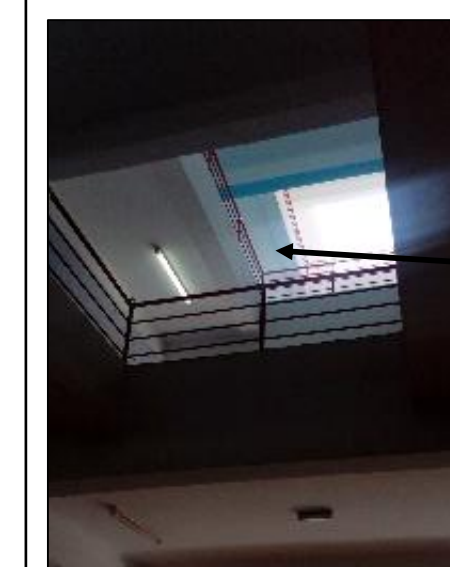
La peau semi-transparente permet de passer l'éclairage entre l'extérieur et l'intérieur



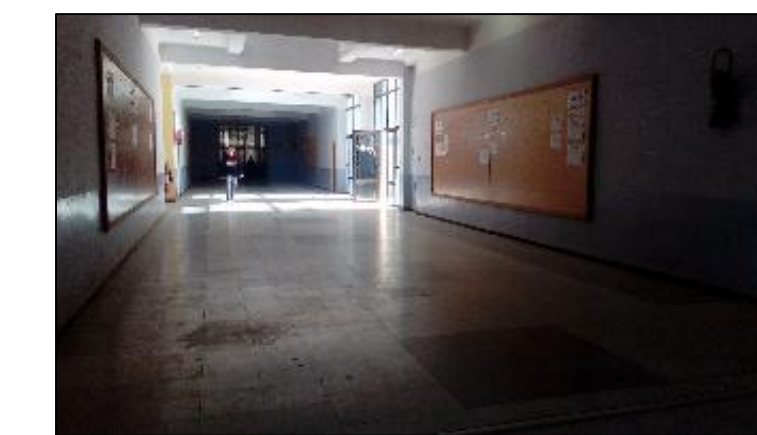
-Utilisation des voiles vitrées dans les façades est permis de passer l'éclairage  
-utilisation de double peau



-Utilisation des voiles vitrées dans les façades est permis de passer l'éclairage  
-utilisation de double peau



Mezzanine



-Utilisation murs rideau  
-utilisation de mezzanine

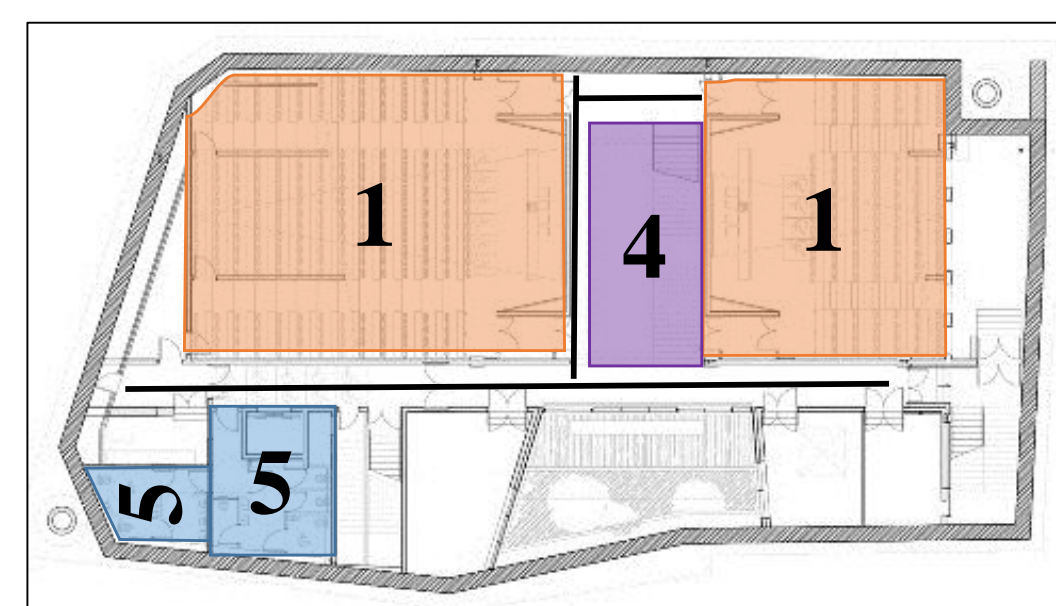
### La structure :

Etre bien étudier et orienter l'éclairage naturel pour offrir une ambiance lumineuse agréable dans le bâtiment avec une réduction sur la consommation d'énergie



# Etude architecturale

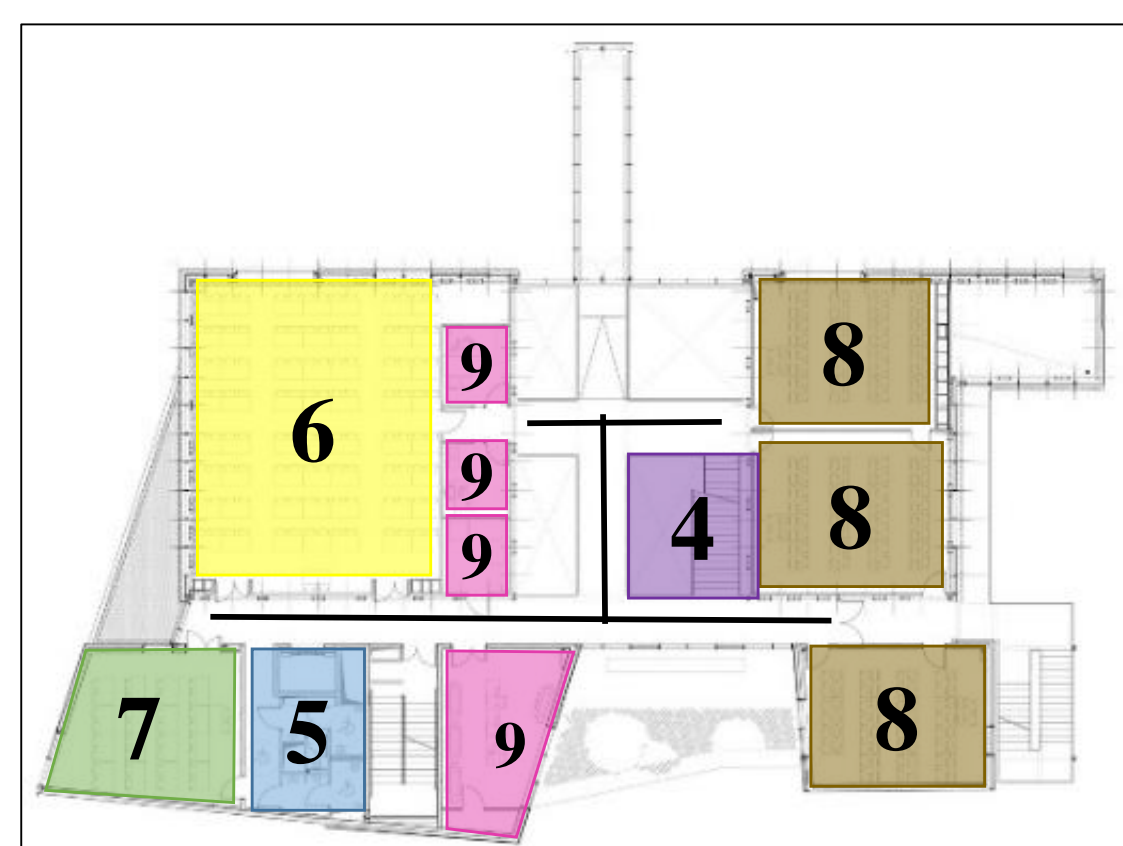
## Organisation spatiale



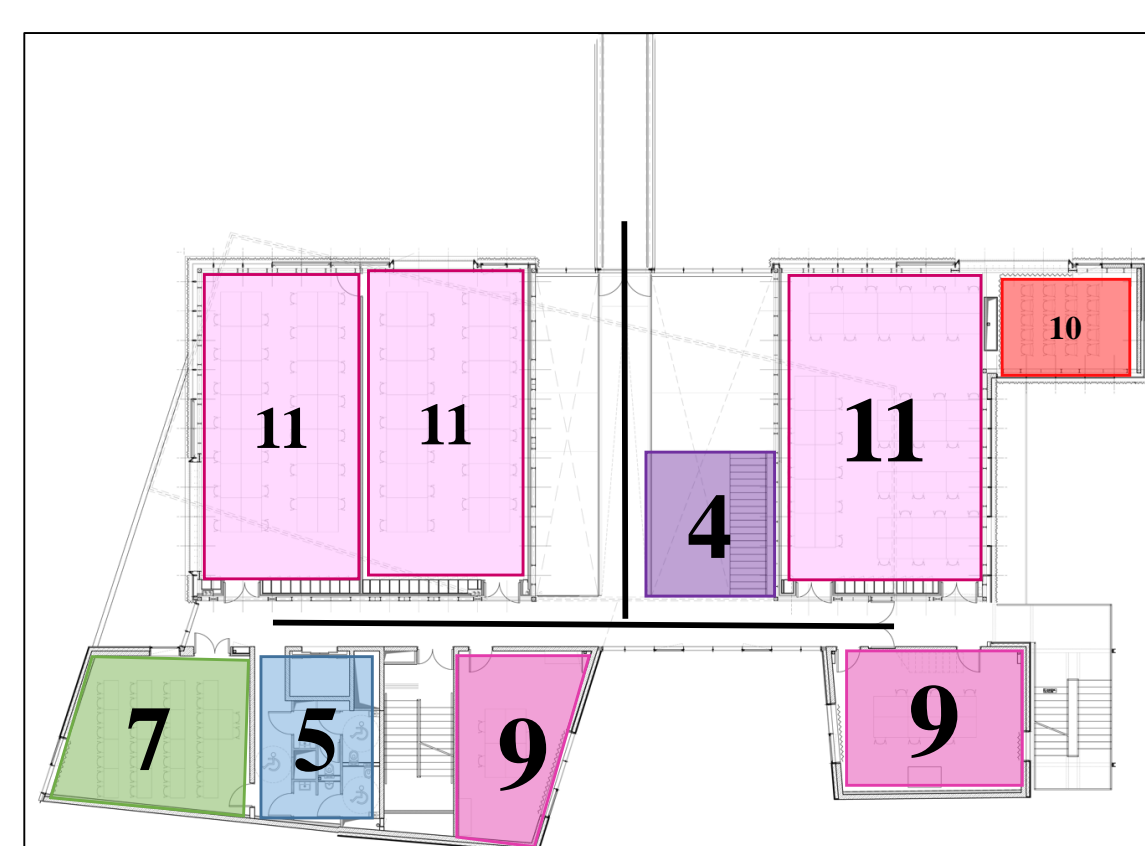
Sous-sol



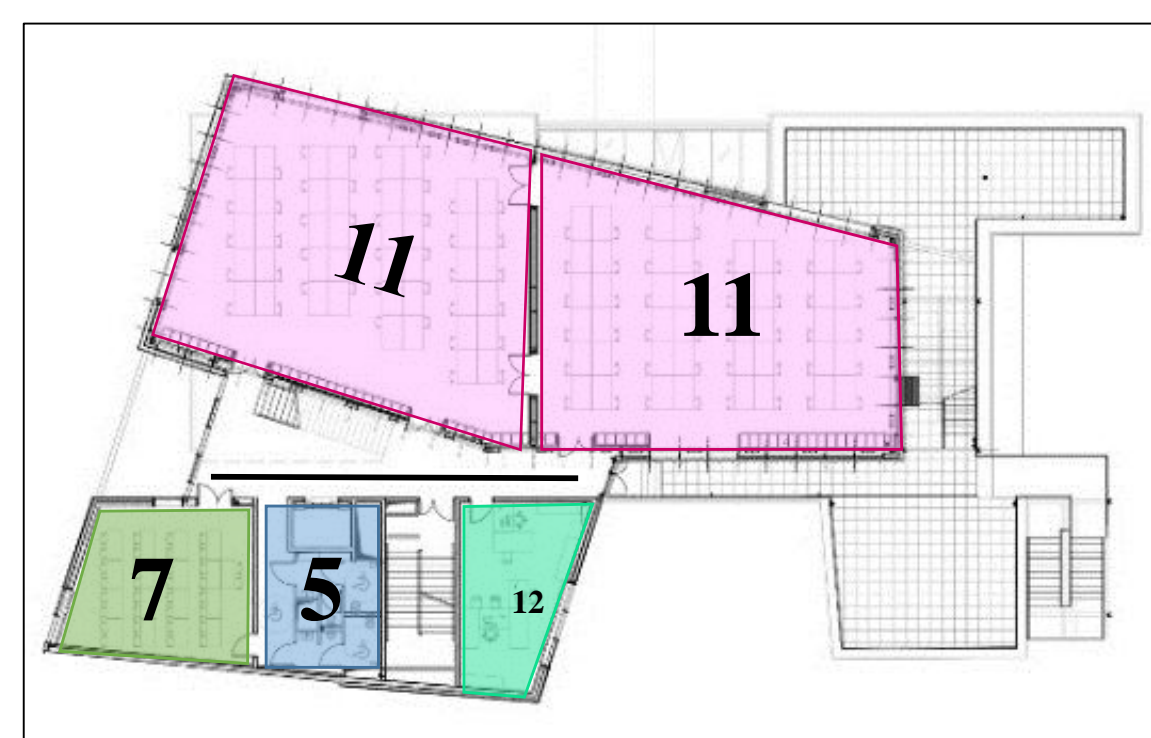
Plan RDC



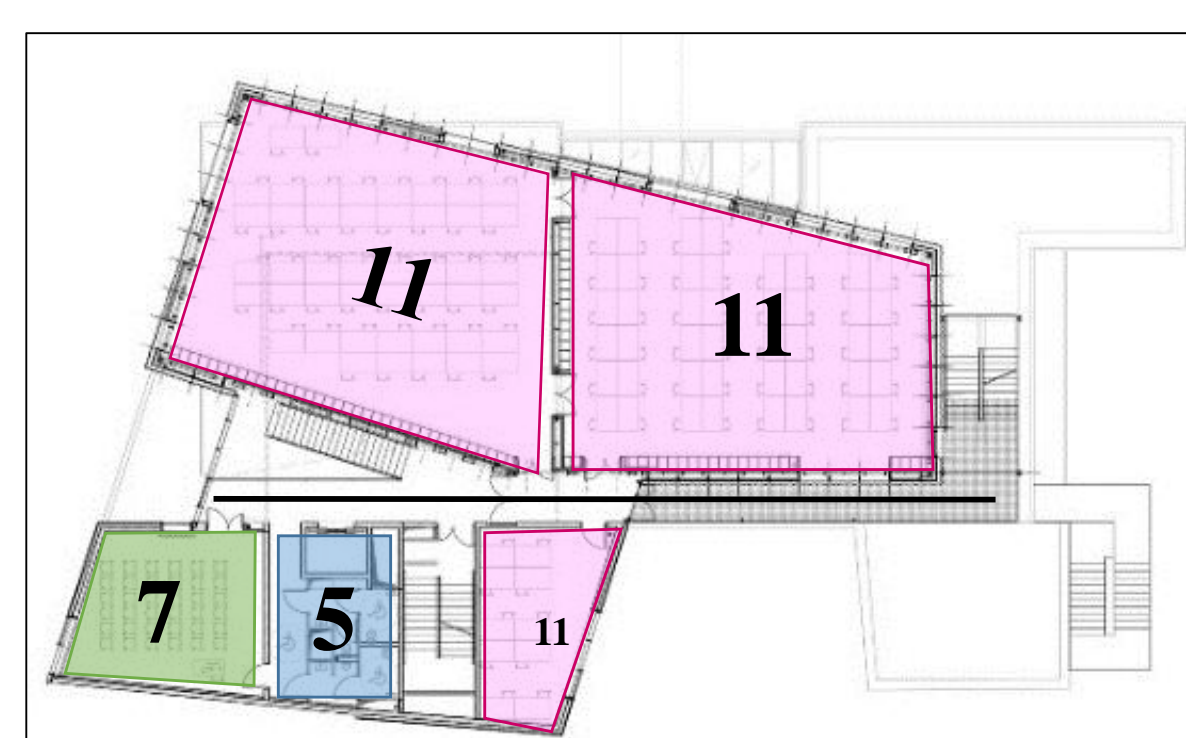
Plan 1<sup>er</sup> étage



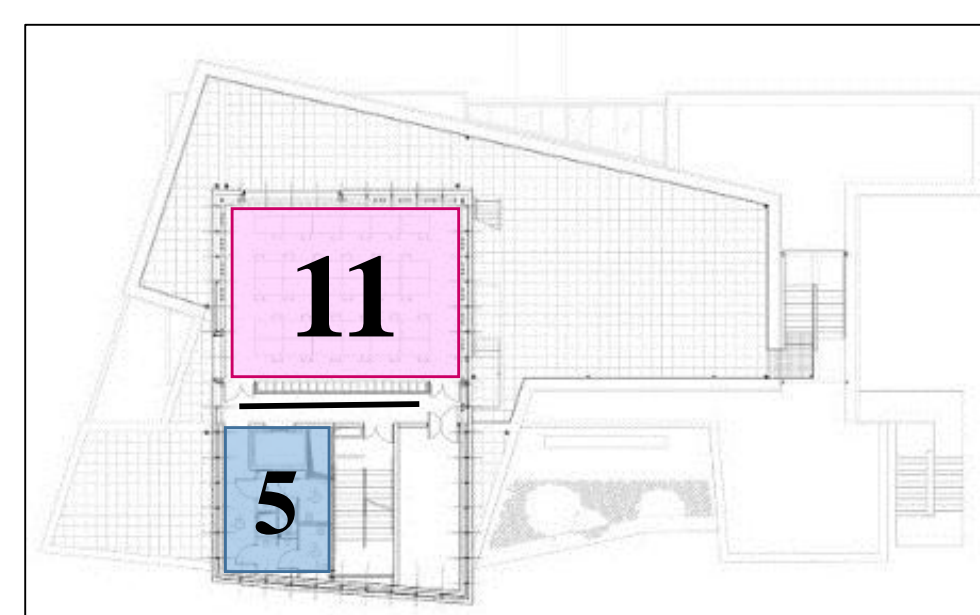
Plan 2<sup>ème</sup> étage



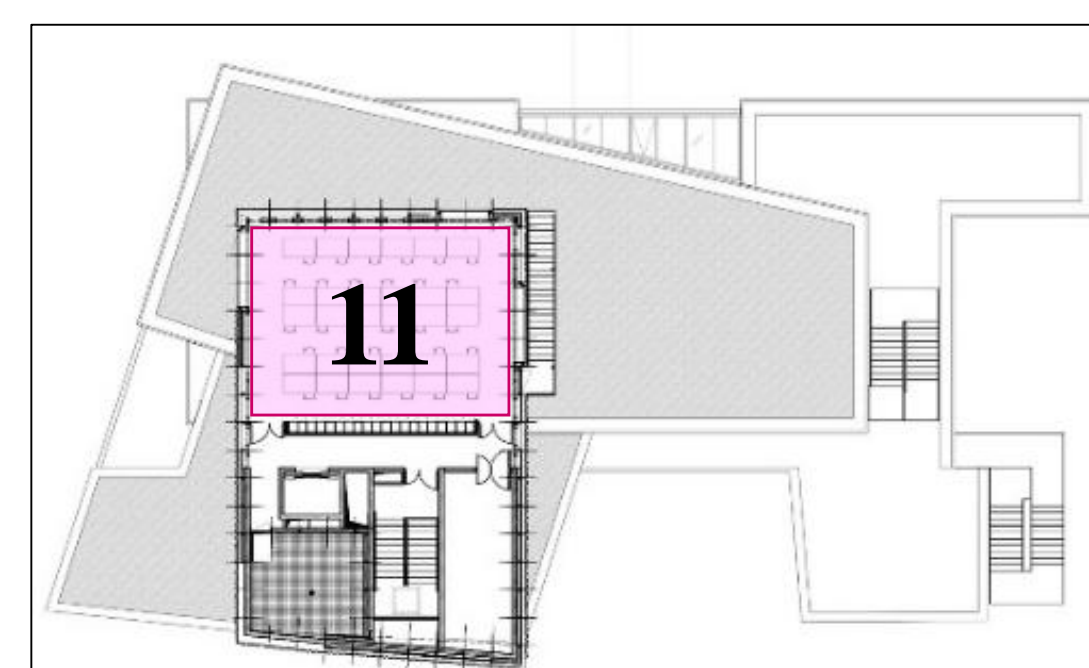
Plan 3<sup>ème</sup> étage



Plan 4<sup>ème</sup> étage



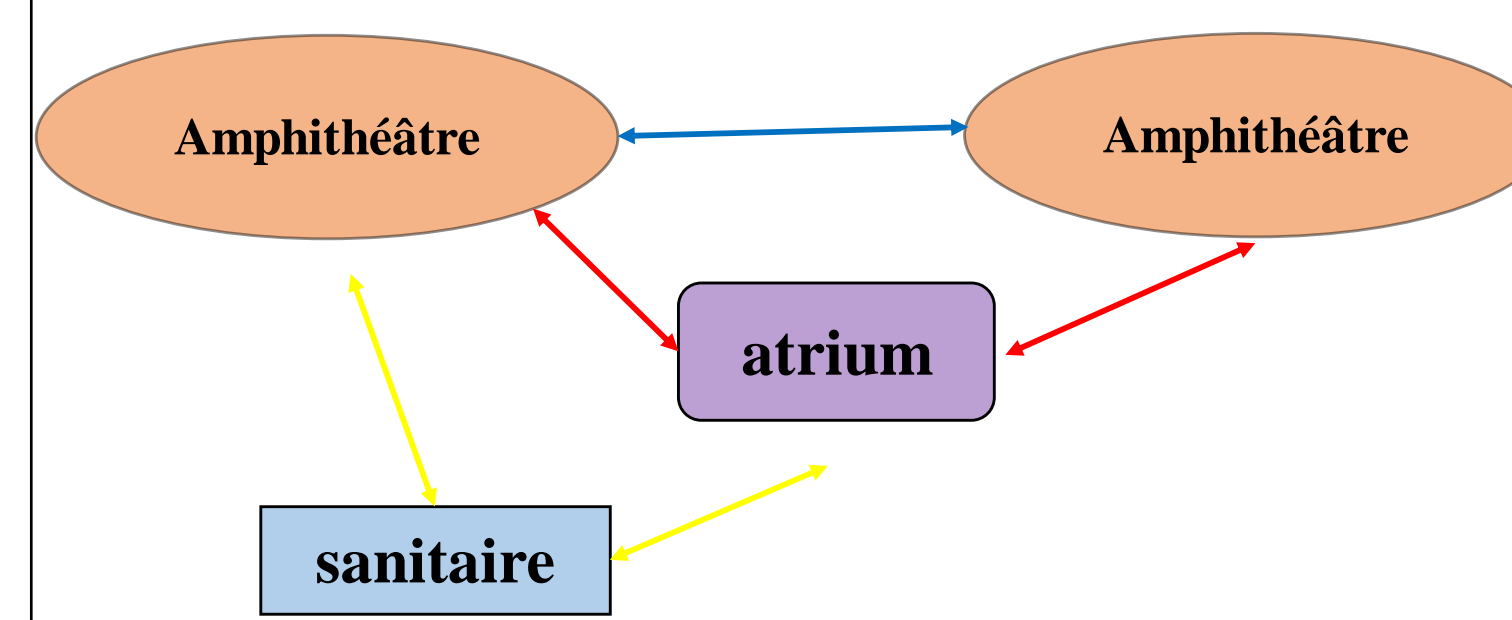
Plan 5<sup>ème</sup> étage



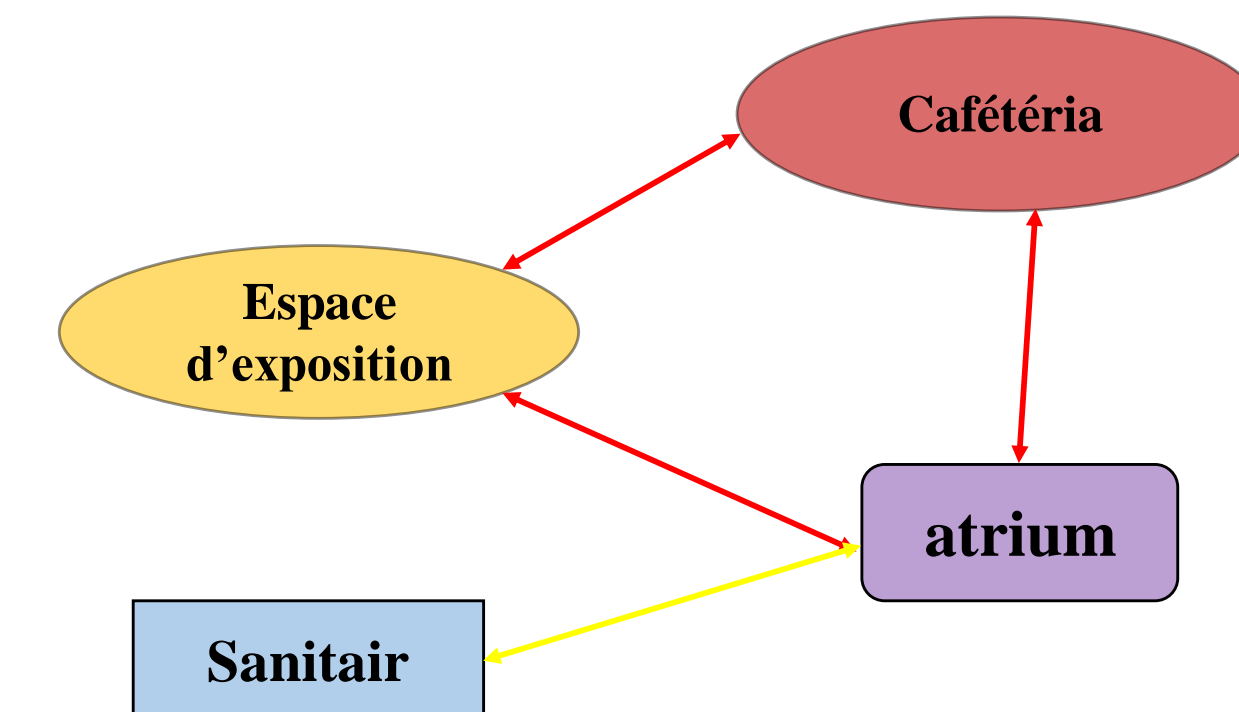
Plan 6<sup>ème</sup> étage

- |                              |                          |                               |                               |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>1</b> amphithéâtre        | <b>4</b> Atrium          | <b>7</b> Salle de classe      | <b>10</b> Salle de projection |
| <b>2</b> Cafétéria           | <b>5</b> Sanitaire       | <b>8</b> Salle d'informatique | <b>12</b> administration      |
| <b>3</b> Espace d'exposition | <b>6</b> Salle des cours | <b>9</b> Bureau de professeur | <b>11</b> Atelier             |

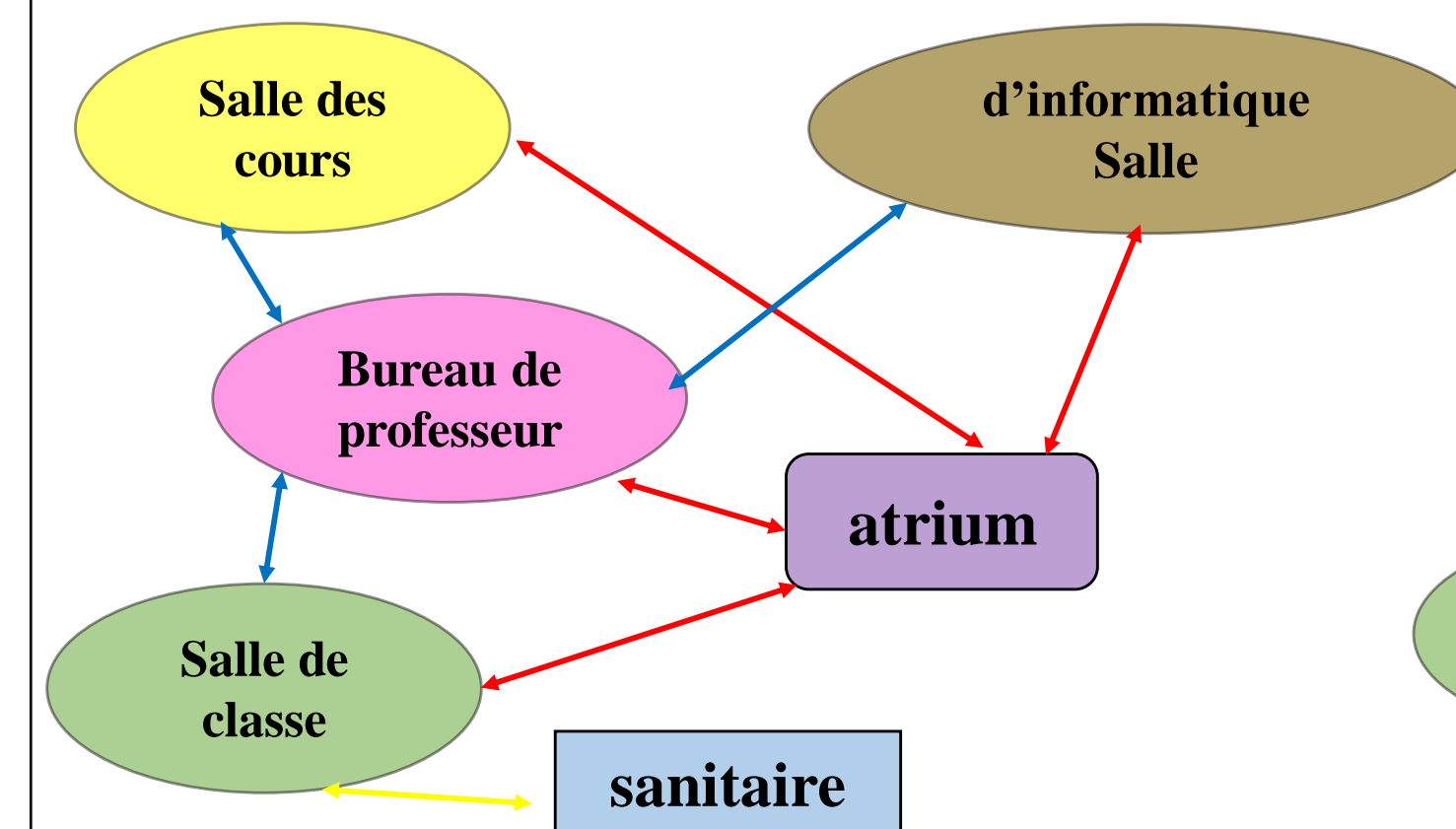
## Organisation fonctionnel



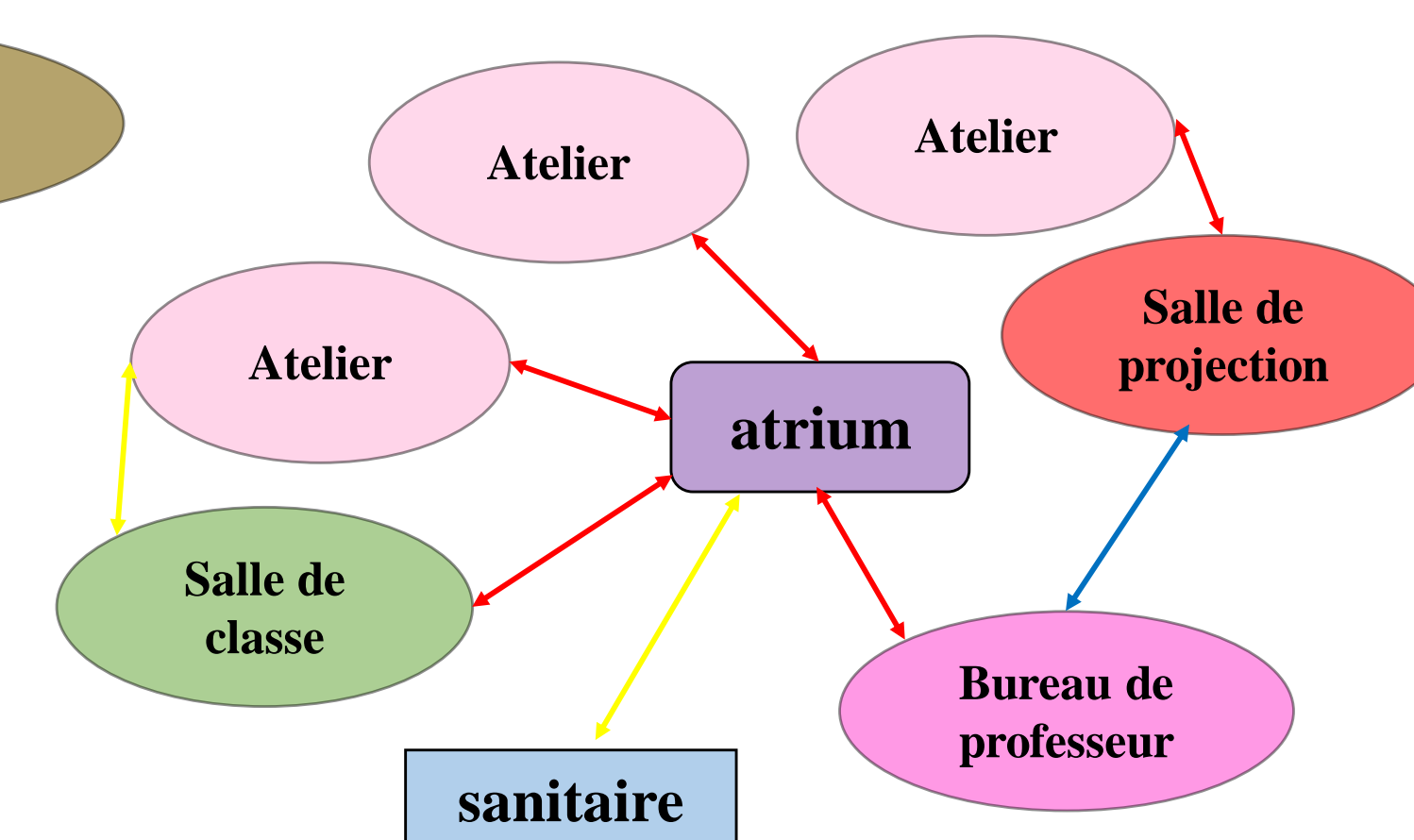
Sous-sol



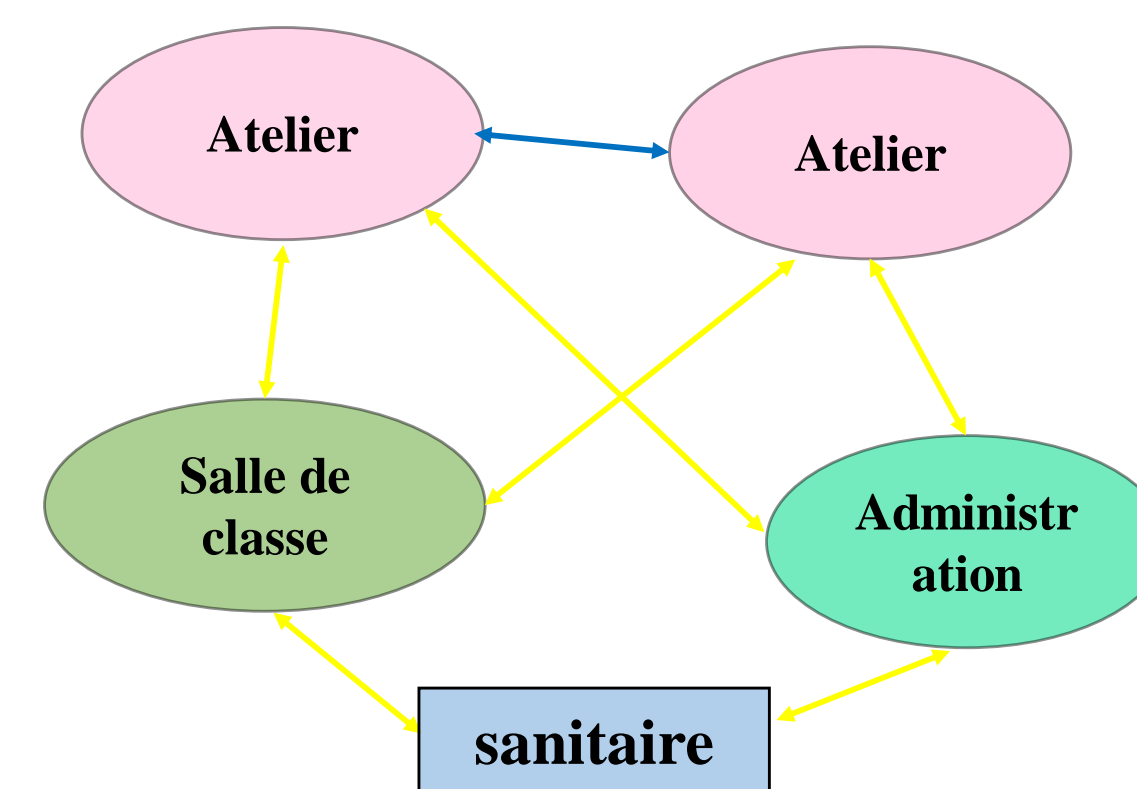
Plan RDC



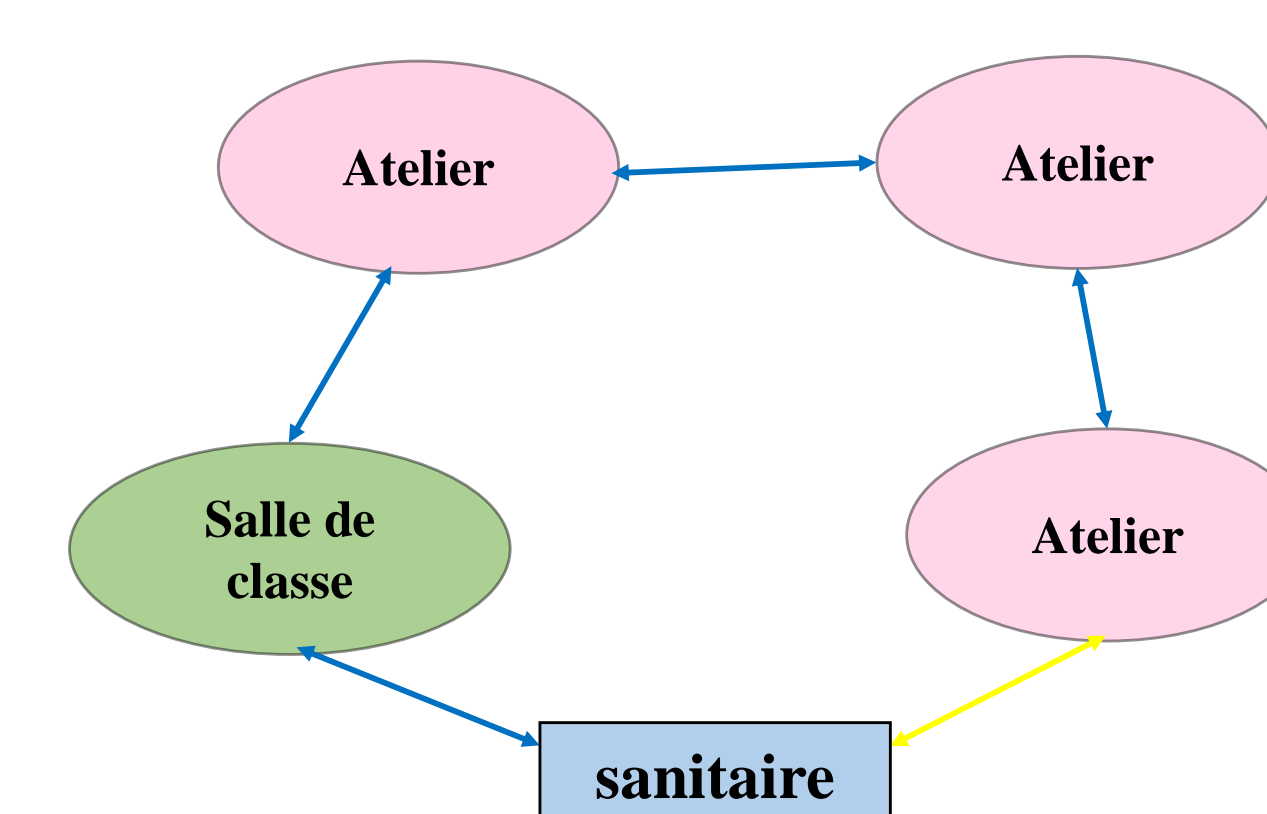
Plan 1<sup>er</sup> étage



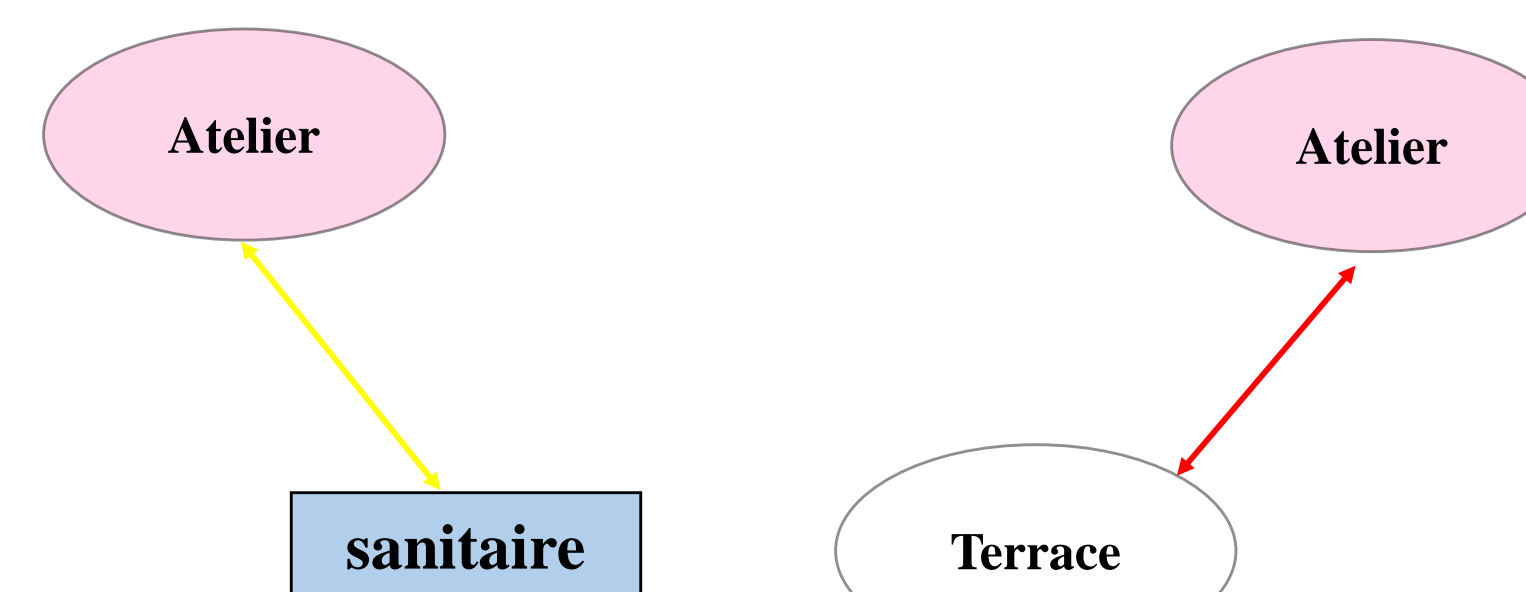
Plan 2<sup>ème</sup> étage



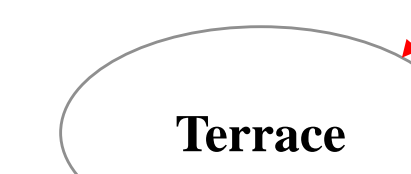
Plan 3<sup>ème</sup> étage



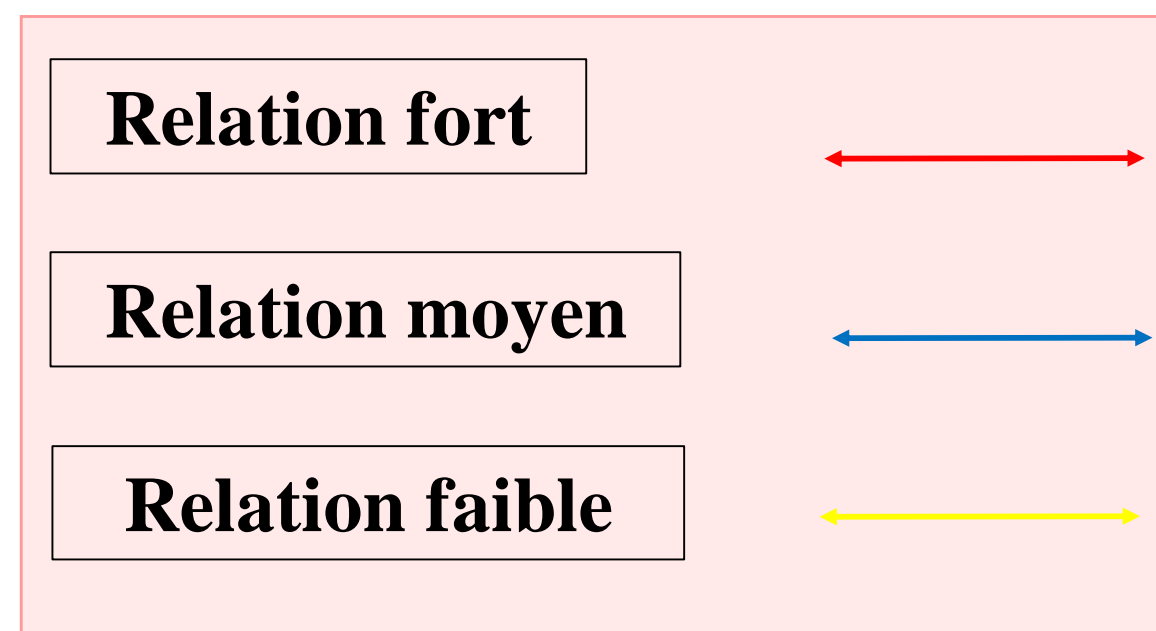
Plan 4<sup>ème</sup> étage



Plan 5<sup>ème</sup> étage



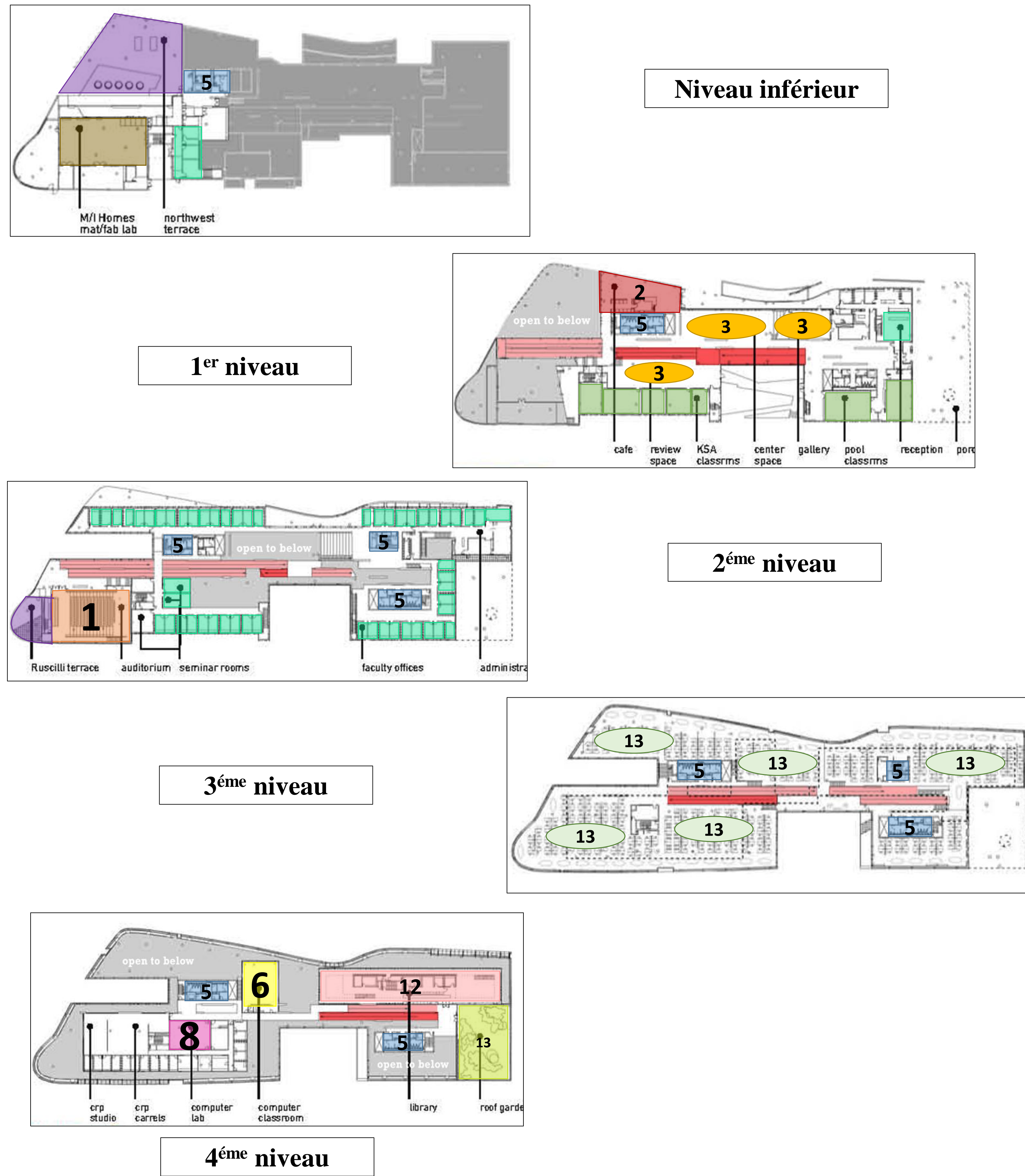
Plan 6<sup>ème</sup> étage





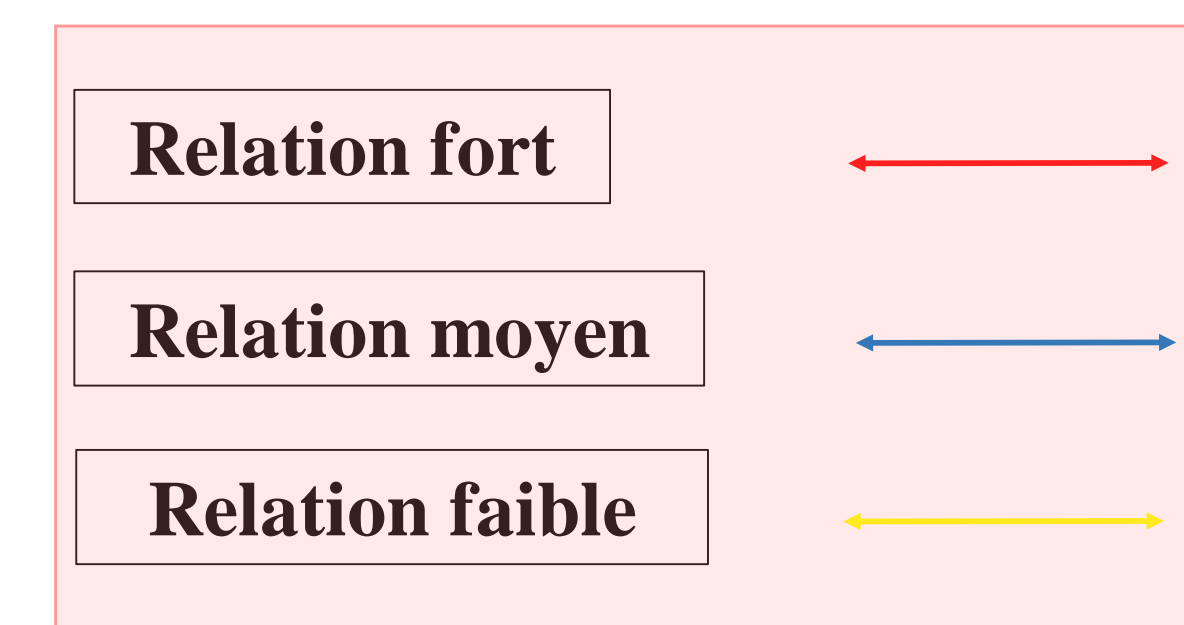
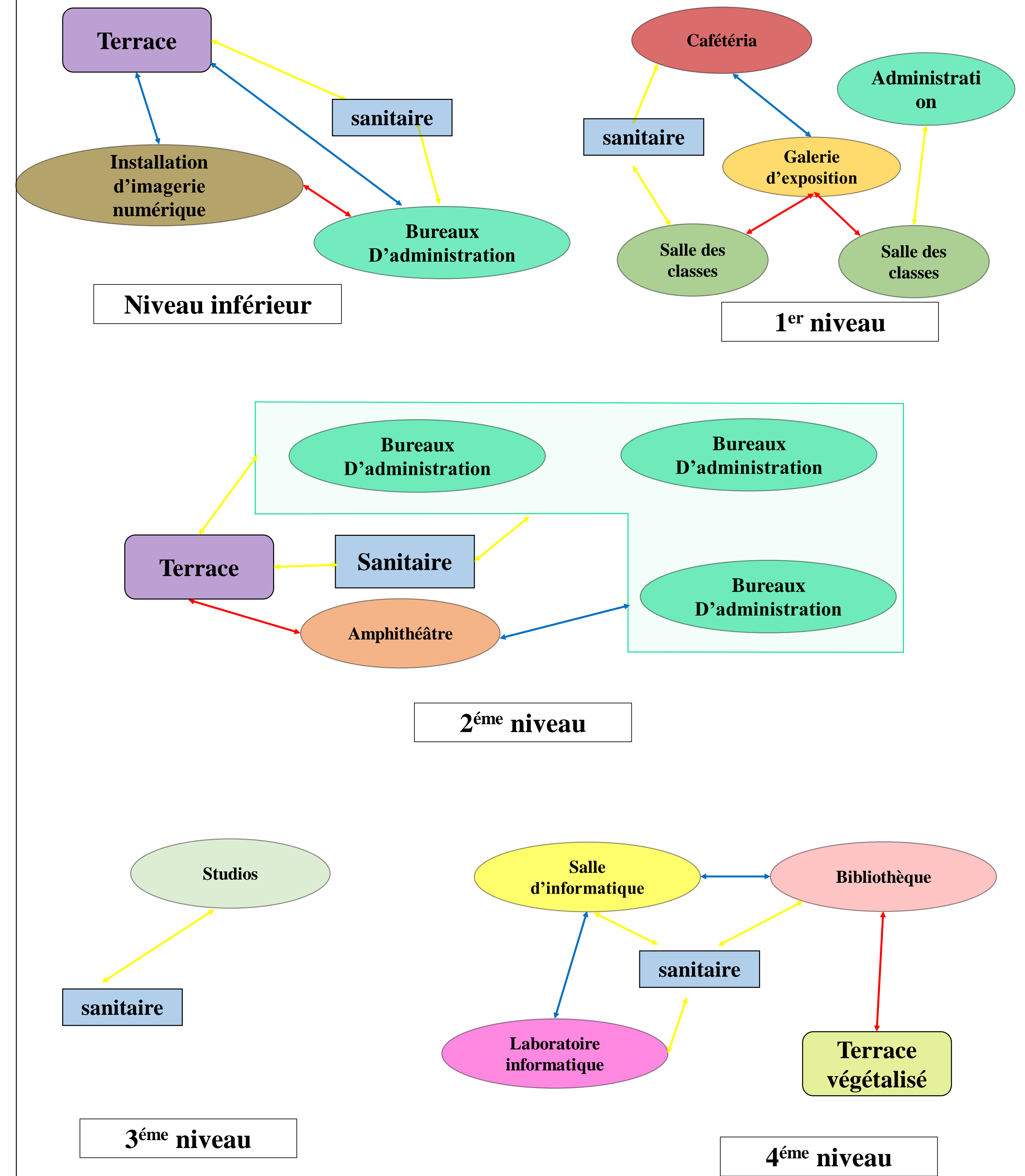
# Etude architecturale

## Organisation spatiale



- |                               |  |                                    |                        |
|-------------------------------|--|------------------------------------|------------------------|
| <b>1</b> amphithéâtre         | <b>5</b> Terrasse                          | <b>9</b> Salle de classe           | <b>11</b> Studios      |
| <b>2</b> Cafétéria            | <b>6</b> Sanitaire                         | <b>10</b> Bureaux d'administration | <b>12</b> Bibliothèque |
| <b>3</b> Galerie d'exposition | <b>7</b> Installation d'imagerie numérique |                                    |                        |
| <b>4</b> Salle d'informatique | <b>8</b> Laboratoire informatique          | <b>13</b> Terrasse végétalisé      |                        |

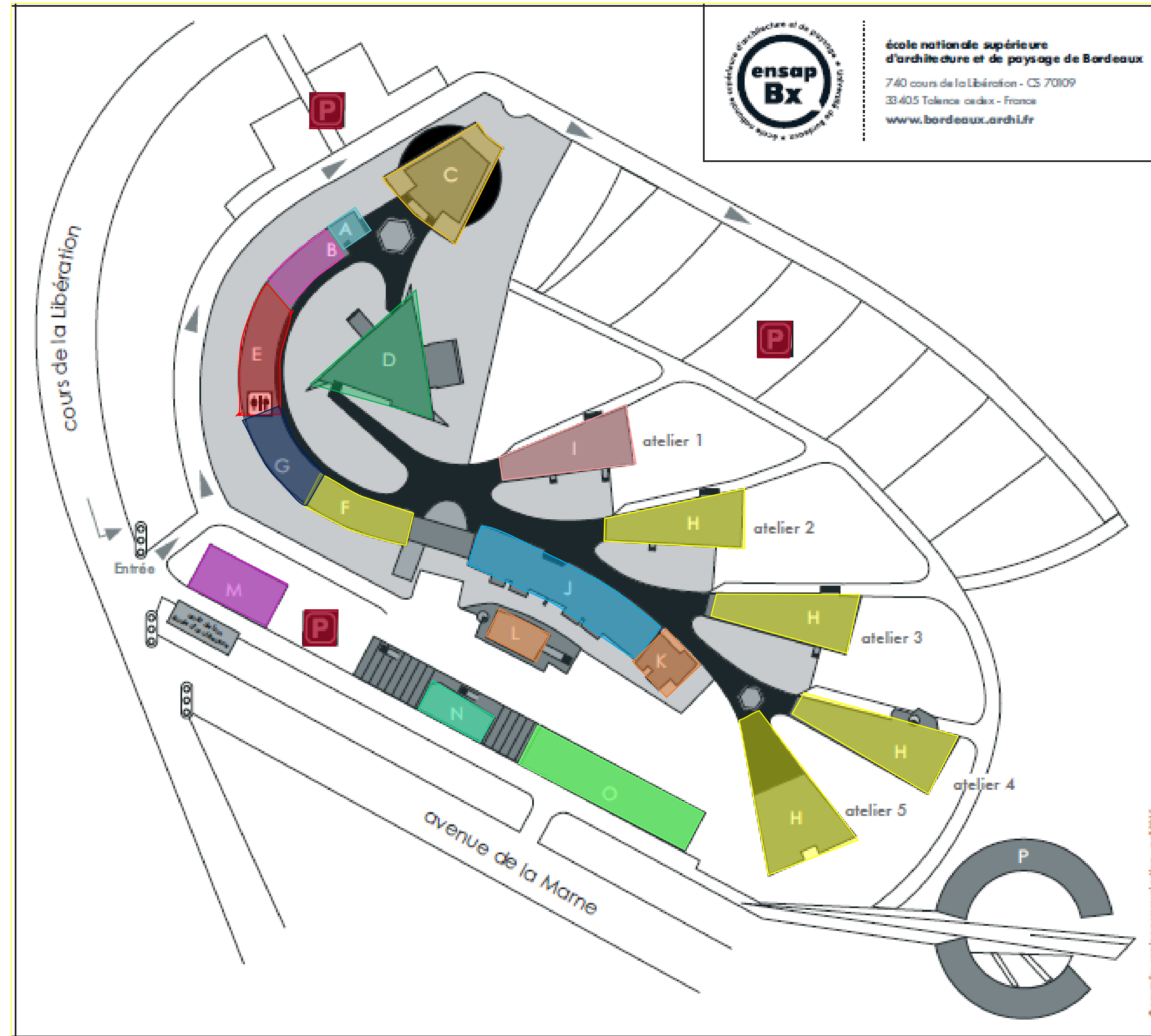
## Organisation fonctionnel





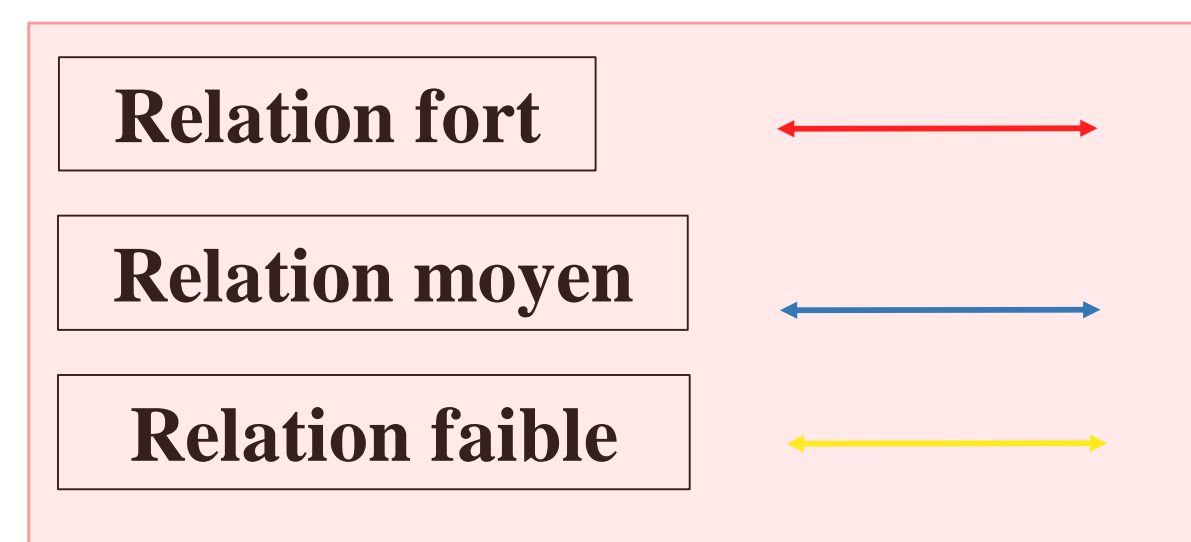
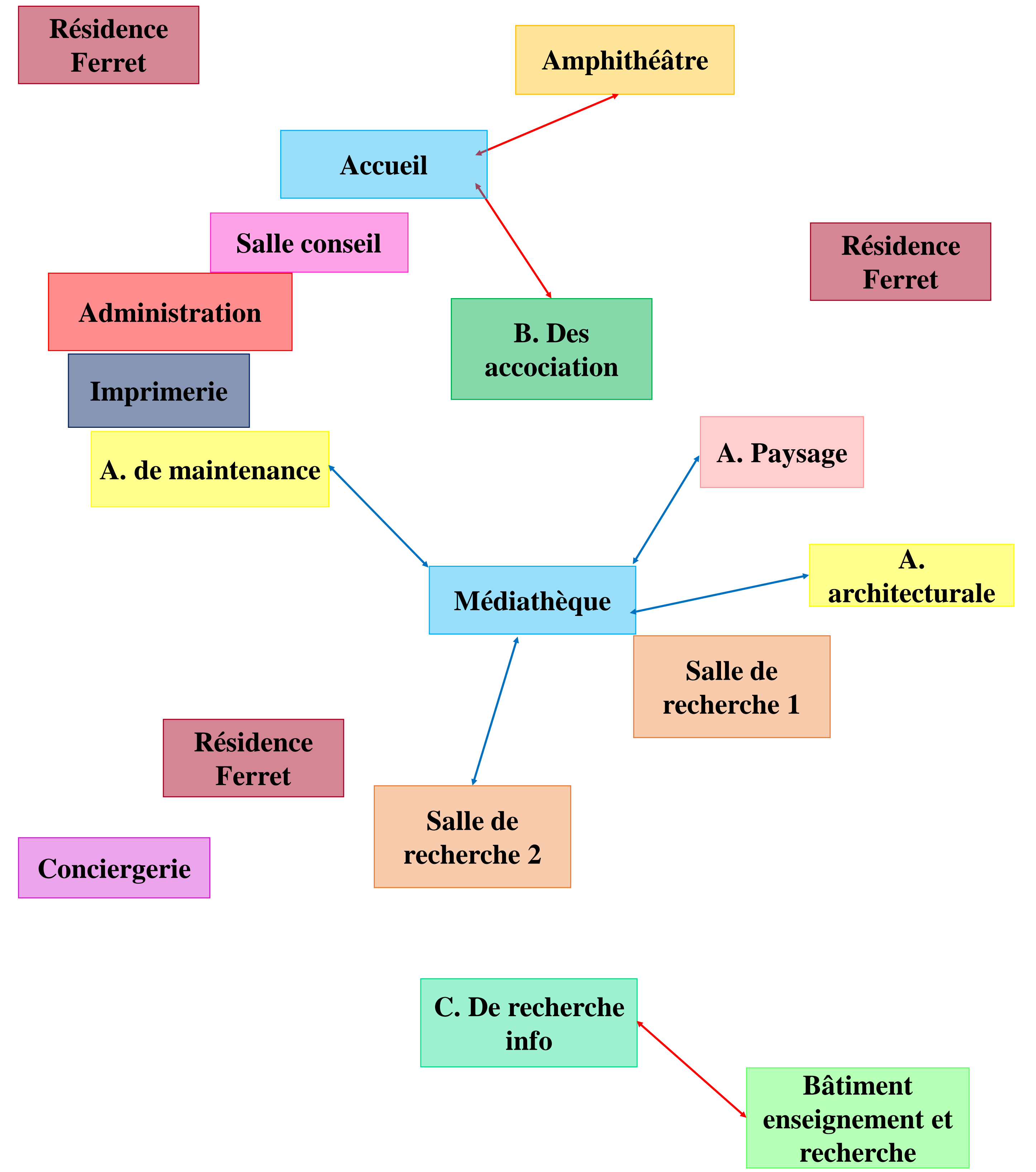
# Etude architecturale

## Organisation spatiale



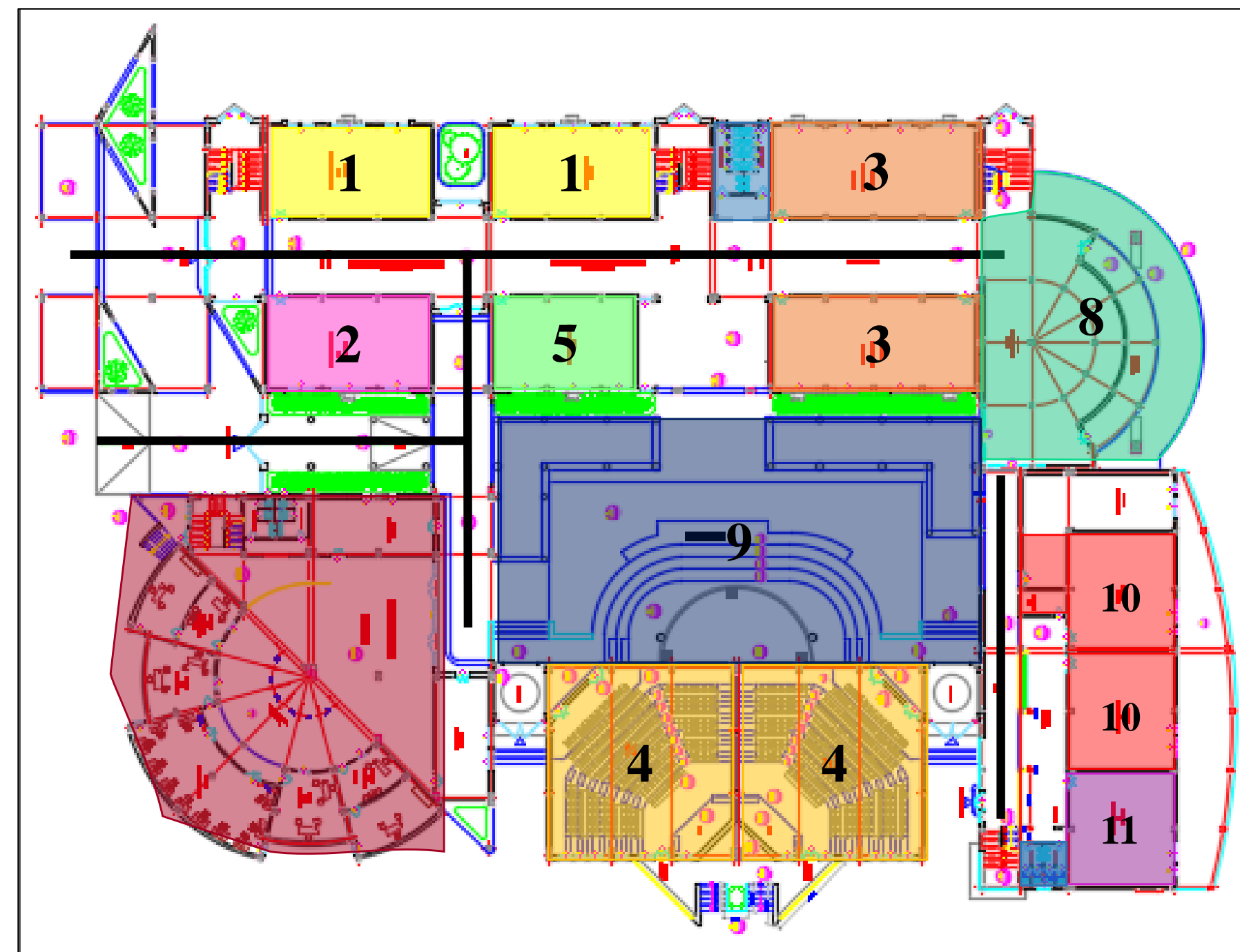
- |  |   |   |
|--|---|---|
| <b>A</b> Accueil                           | <b>H</b> Atelier architecturale             |   |
| <b>B</b> Salle de conseil d'administration | <b>I</b> Atelier paysage                    |   |
| <b>C</b> amphithéâtre                      | <b>J</b> Médiathèque                        | <b>O</b> Bâtiment enseignement et recherche |
| <b>D</b> Bureau des association            | <b>K</b> Salle de recherche 1               |   |
| <b>E</b> Administration                    | <b>L</b> Salle de recherche 2               | <b>P</b> Résidence Ferret                   |
| <b>F</b> Atelier de maintenance            | <b>M</b> Conciergerie                       |   |
| <b>G</b> Imprimerie                        | <b>N</b> Centre de ressources informatiques |   |

## Organisation fonctionnelle

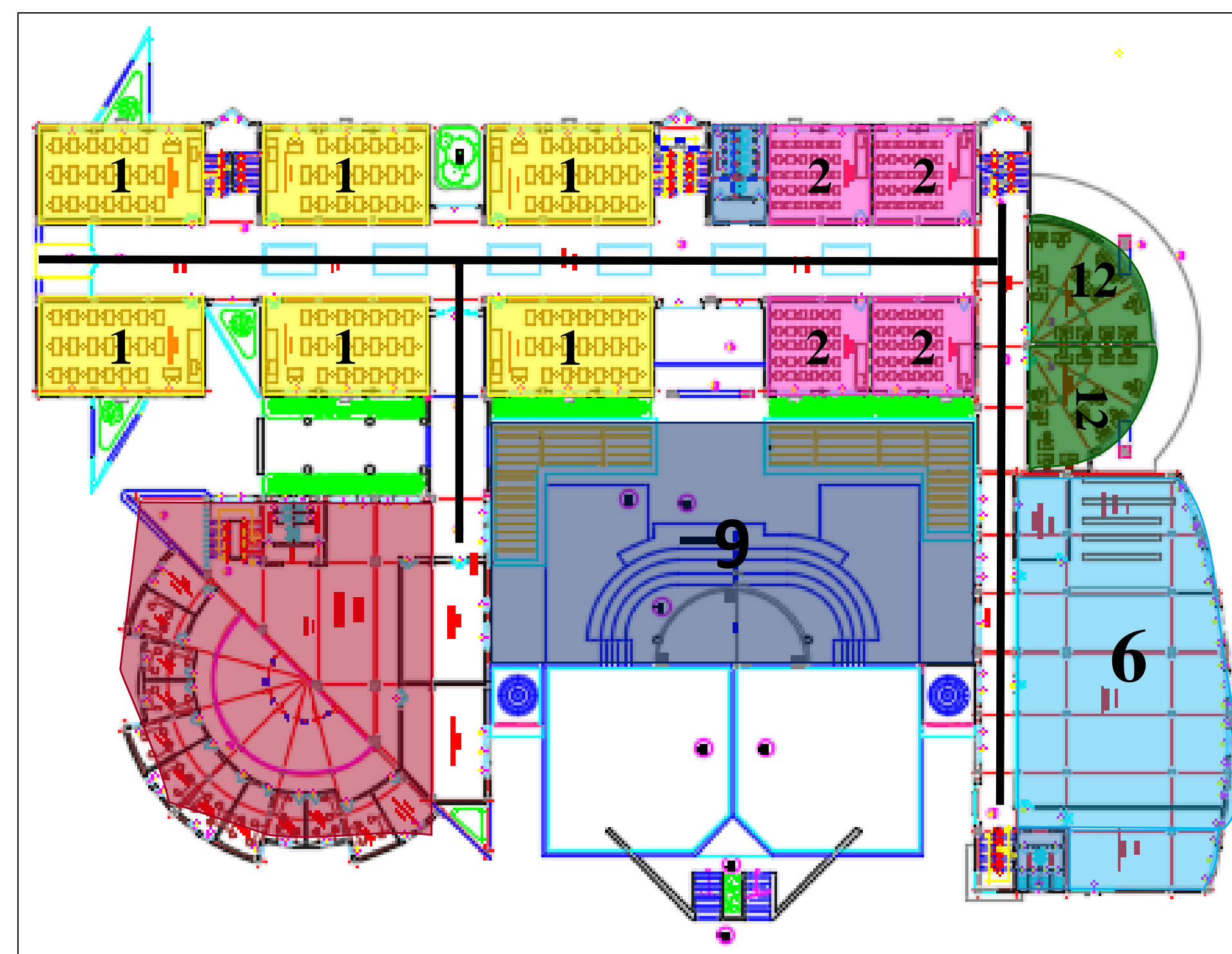


# Etude architecturale

## Organisation spatiale



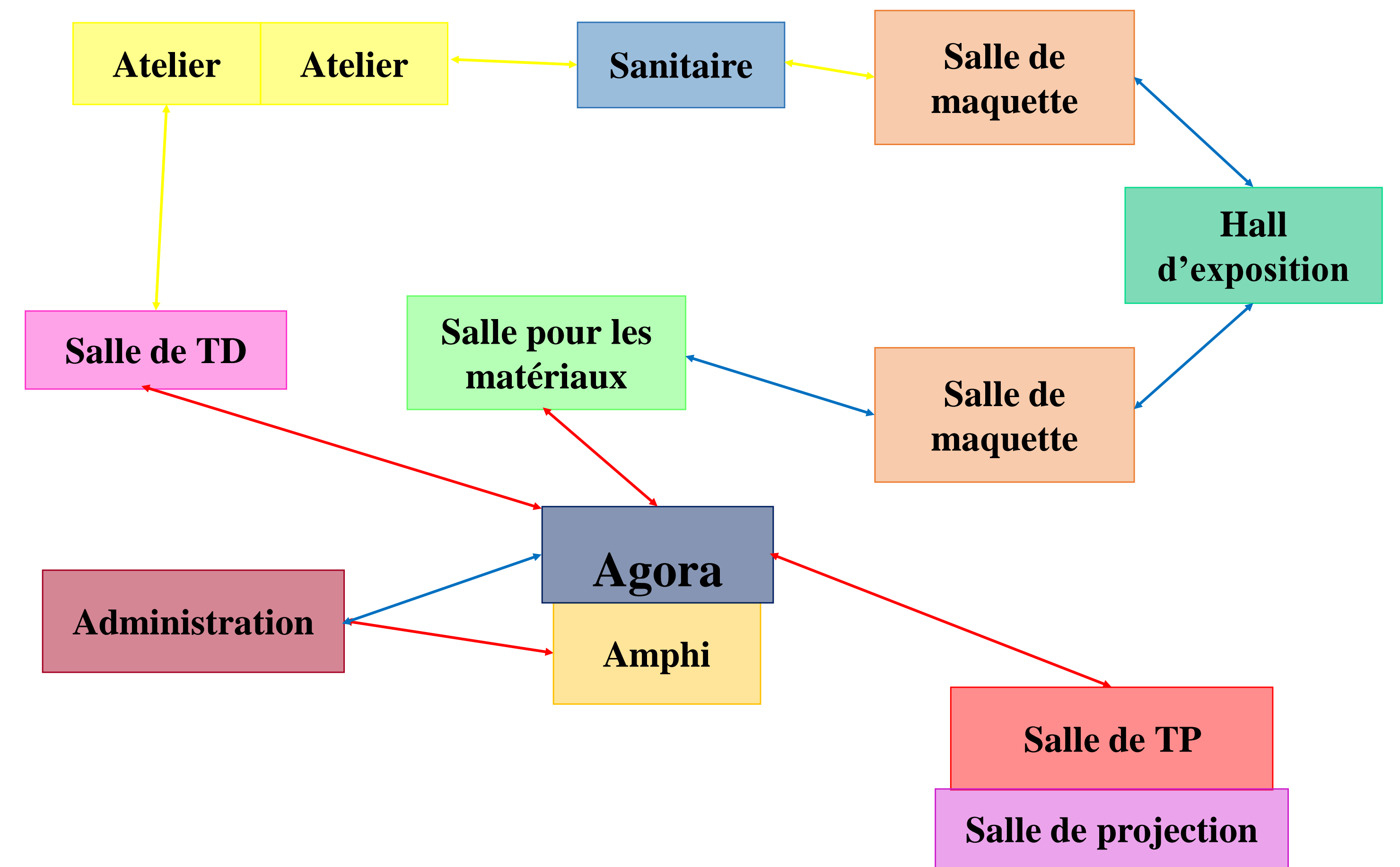
Plan RDC



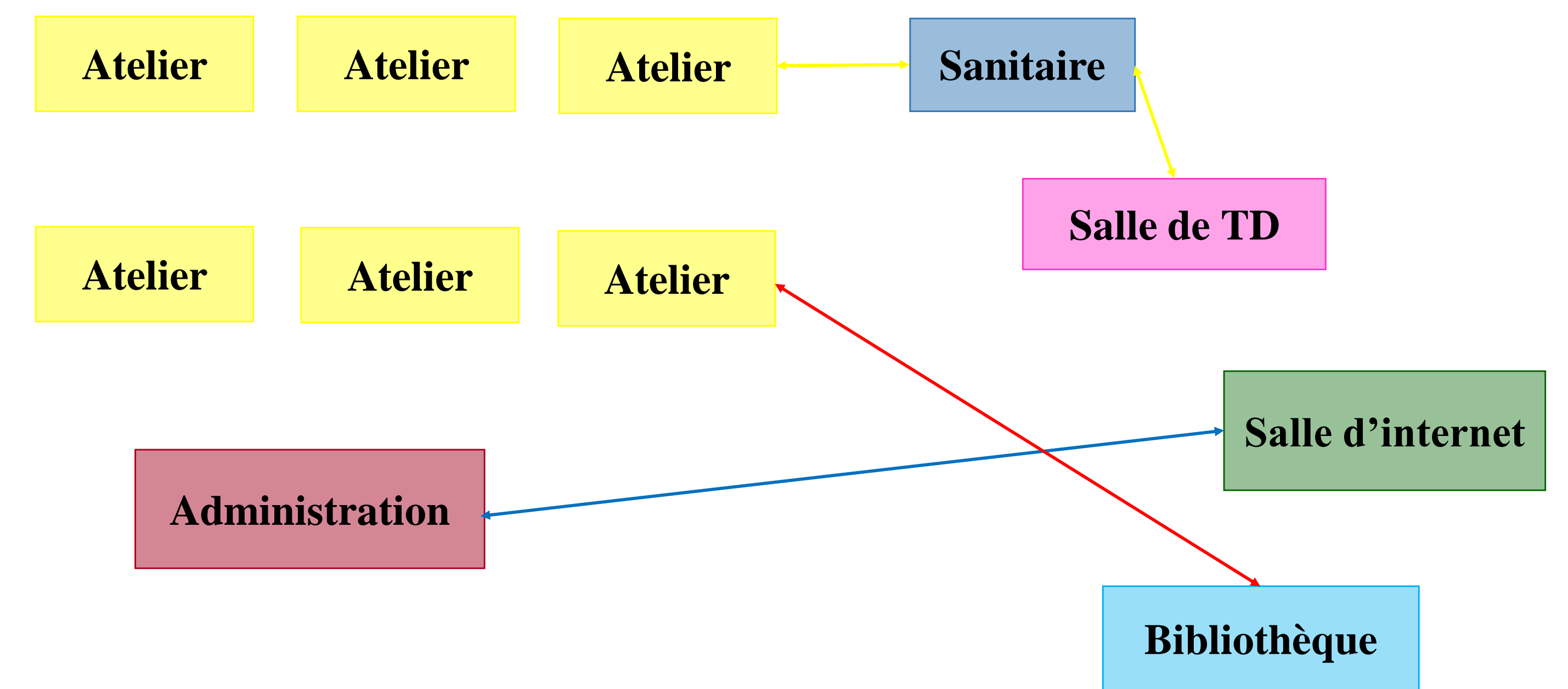
Plan 1<sup>er</sup> étage

- |                                   |                               |                     |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| <b>1</b> Atelier                  | <b>7</b> Administration       | <b>13</b> Sanitaire |
| <b>2</b> Salle de TD              | <b>8</b> Hall d'exposition    |                     |
| <b>3</b> Salle de maquette        | <b>9</b> Agora                |                     |
| <b>4</b> amphi                    | <b>10</b> Salle de TP         |                     |
| <b>5</b> Salle pour les matériaux | <b>11</b> Salle de projection |                     |
| <b>6</b> Bibliothèque             | <b>12</b> Salle d'internet    |                     |

## Organisation fonctionnelle



Plan RDC



- |                 |            |
|-----------------|------------|
| Relation fort   | ↔ (red)    |
| Relation moyen  | ↔ (blue)   |
| Relation faible | ↔ (yellow) |

Plan 1<sup>er</sup> étage



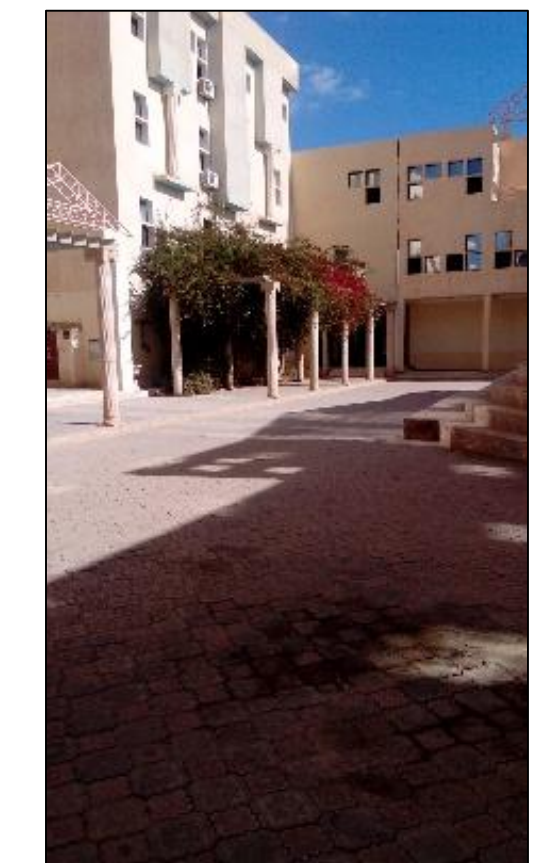
# Etude architecturale

## Synthèse

Organisation spatiale et fonctionnel

➡ L'emplacement de l'espace de regroupement au milieu doit être proche à tous les autres espaces car c'est un emplacement de dialogue et d'échange d'idées

➡ séparation entre l'enseignement pratique (atelier) et l'enseignement théorique (salle de classe et salle des cours) par un espace de regroupement ou verticalement

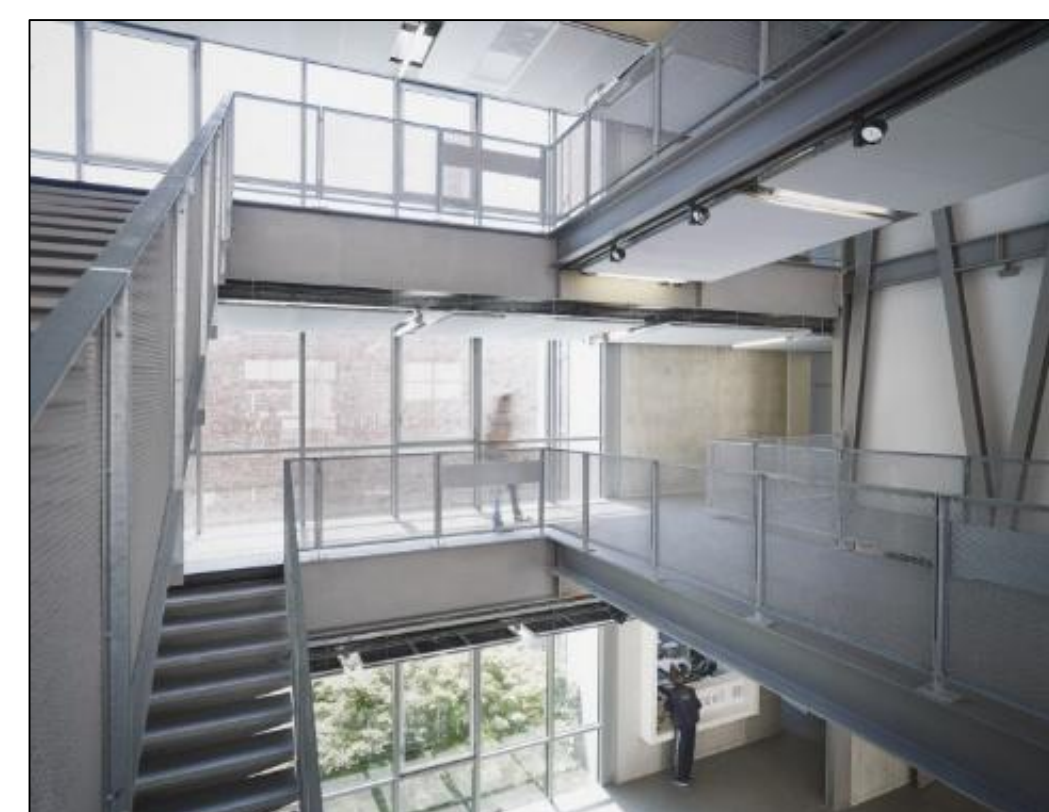
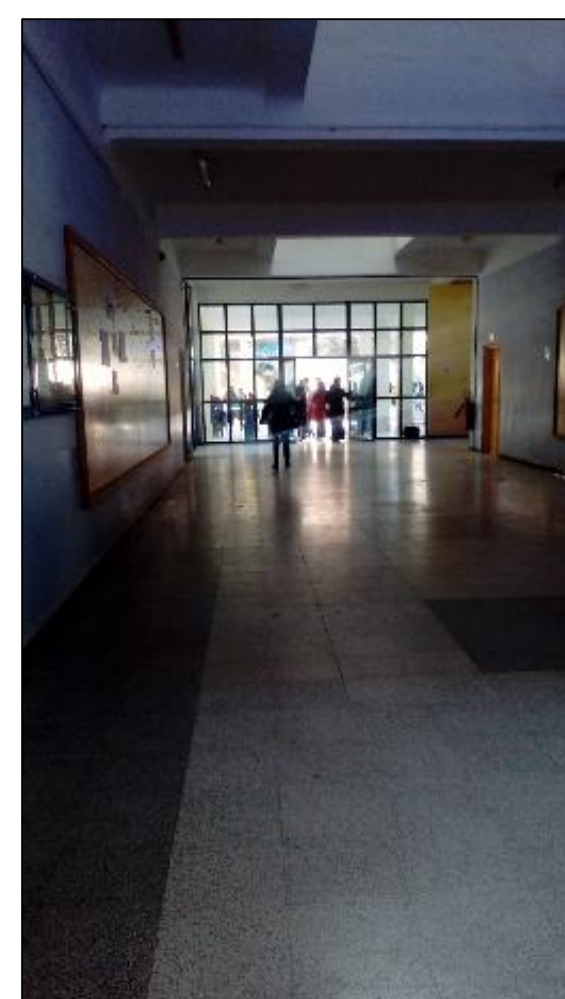


Circulation

➡ l'importance des corridors réside dans la création de mobilité dans le projet, en plus de faciliter la transition entre les espaces



➡ utilisation des rampes et des escaliers pour la circulation verticale





# Etude environnementale

Matériaux et couleurs

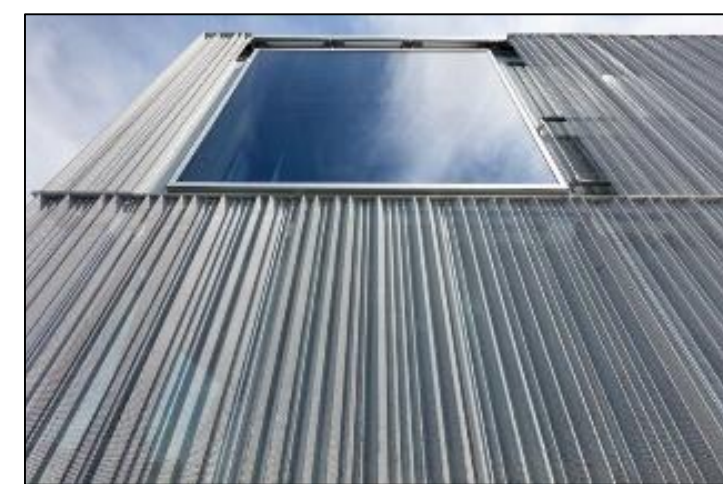
École d'architecture de  
Strasbourg



Mur rideau



Poteau  
métallique



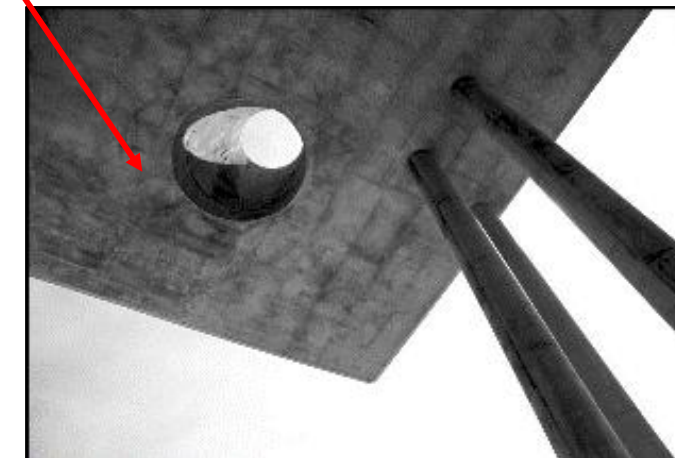
Peau translucide percée de  
larges baies rectangulaires

Austin E. Knowlton  
School of  
Architecture



Mur rideau

Béton armé



École d'architecture  
de Bordeaux



-utilisation de béton avec propre  
couleur  
-la couleur blanc dans quelque  
façades  
-utilisation de vitrage dans la  
façade est.

Département  
d'architecture de  
Biskra



-utilisation da plusieurs  
couleurs (jaune , orange , bleu ,  
blanc ...)  
-utilisation plusieurs textures  
-utilisation de vitrage

Synthèses générales

**Pour les matériaux:**

-Ecologique et durable  
-Locale te reflète l'identité de la  
région

**Pour les couleurs :**

-Bien choisi et inspiré de  
l'environnement et la nature  
des matériaux

Stratégies environnementale



Tissu de voile  
nervuré

Cette structure métallique et le  
voile nervuré combine la  
protection requise contre le  
soleil avec une pénétration  
maximale de la lumière et de la  
transparence



La terrasse végétalisée est  
l'un des technique pour  
l'isolation thermique  
optimal



Le bon choix de  
vitrage aide a  
éclairer des  
espaces intérieurs  
sans aucun  
problème visuel



le corridor :passage de  
circulation ouvert et  
élément d'articulation entre  
les espaces



Le doubles peau dans la façade  
nord-ouest :  
-système de protection solaire  
c'est une meilleur solution pour  
évitè les problèmes qui peuvent  
gêner le confort intérieur des  
étudiants

**Les stratégie  
environnementale utilisés  
doit être réponde aux :**

-Les facteurs de climat  
chaud et aride ,  
l'ensoleillement et comment  
choisir les protection  
solaire  
-L'orientation de projet  
-Utilisation maximales de  
les énergies  
renouvelables(soleil ,  
source d'eau )



**C- Le programme surfacique proposé d'école d'architecture à Biskra**

Parmi le programme officiel algérien des instituts d'architecture et l'étude analytique des exemples existant et livresques, on a proposé un programme surfacique correspond à la capacité de terrain et d'étudiants

	<b>L'espace</b>	<b>Surface</b>	<b>Nombre</b>	<b>S. totale de l'espace</b>
<b>Secteur pédagogique</b>	Atelier de dessin	80 m2	15	1200 m2
	Atelier de maquette	150 m2	1	150 m2
	Salle de TD	65 m2	18	1170 m2
	Salle d'informatique	75 m2	2	150 m2
	Salle de projection	80 m2	2	160 m2
	Laboratoire de topographie	165 m2	1	165 m2
	Bibliothèque	575 m2	1	575 m2
	Amphi	300 m2	2	600 m2
	Dépôt	125 m2	1	125 m2
	Sanitaire	42 m2	8	336 m2
	Circulation		25%	
<b>Secteur administratif</b>	Scolarité	85 m2	1	85 m2
	Bureau de directeur	45 m2	1	45 m2
	Secrétariat	16 m2	1	16 m2
	Bureau de responsable de spécialité	20 m2	2	40 m2
	Bureau de responsable de pédagogie	35 m2	1	35 m2
	Salle de réunion	80 m2	1	80 m2
	Bureau de comptabilité	30 m2	1	30 m2
	Salle d'archive	25 m2	1	25 m2
	Salle de tirage	33 m2	1	33 m2
	Sanitaire	33 m2	2	66 m2
<b>Surface totale : 4750 m2</b>				

**Tableau V.8 :** programme surfacique proposé

**Conclusion :**

Dans ce chapitre on a décomposé leur étude sur deux approches, l'une approche théorique qui présente la partie littéraire de projet (école d'architecture/éducation), l'autre c'est l'approche analytique qui étudie des analyses des exemples relatives à le projet soi des exemples existants ou livresques

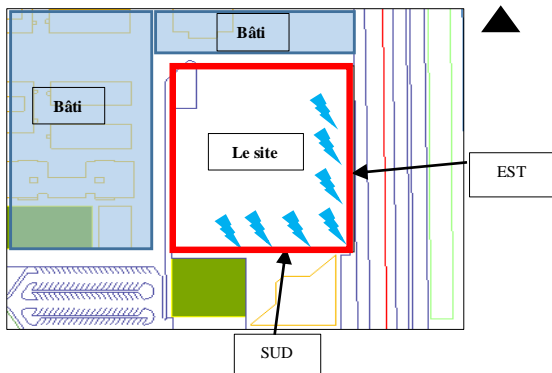
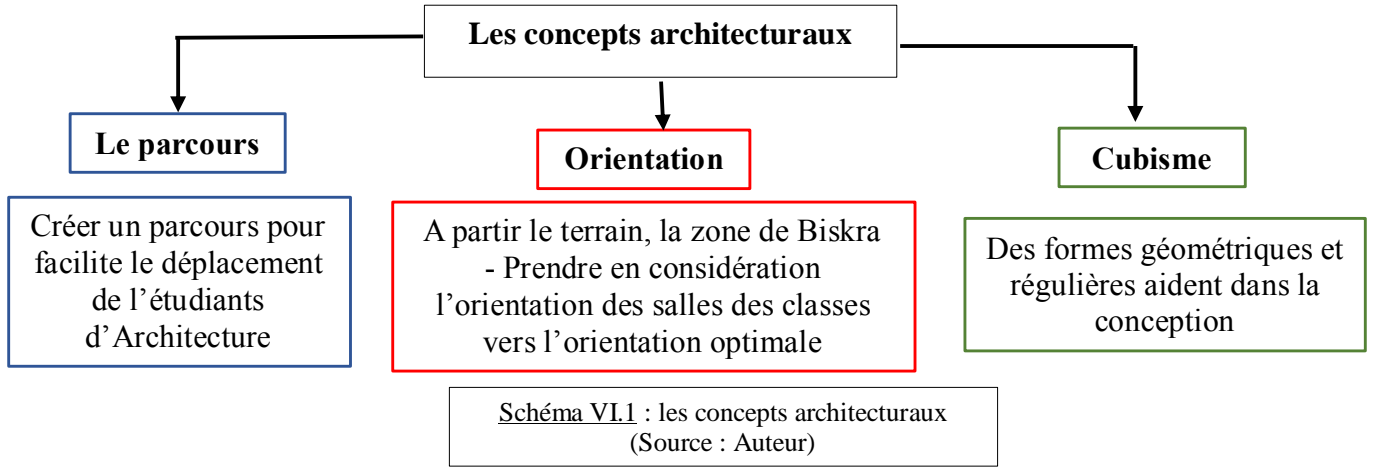
**Chapitre VI :**  
**Relation Thème - Projet**





**I- Eléments de passage et concepts :**

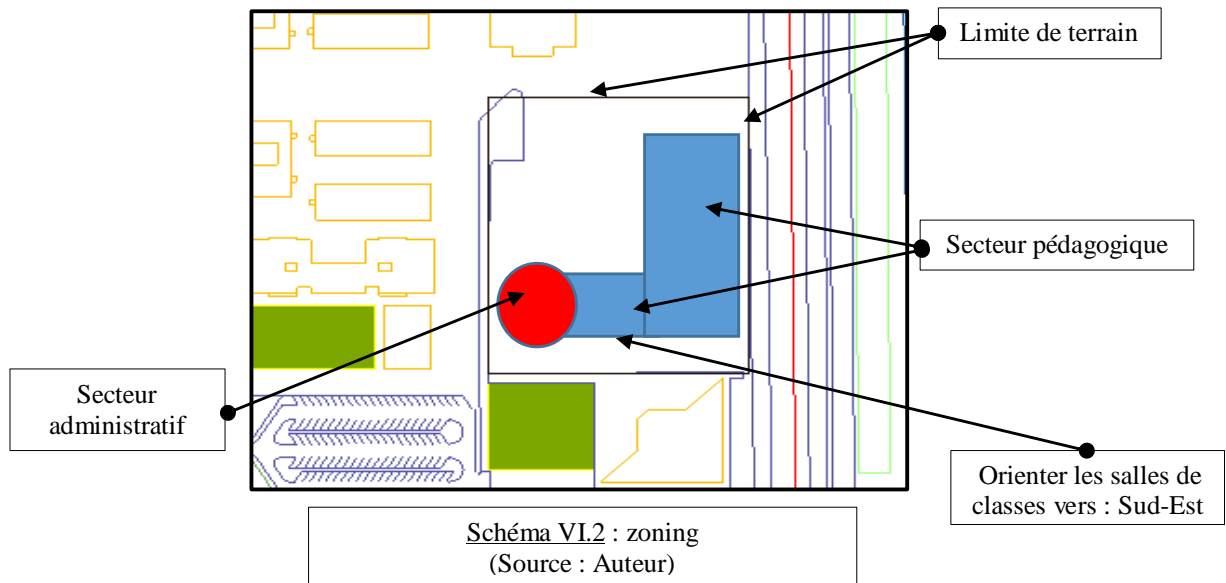
**I.1- à partir l'analyse des exemples :**



Selon le projet (école d'architecture): les espaces que nous prenons en considération sont les salles de classe et la bibliothèque

En fonction de la forme du site, de l'environnement et des conditions climatiques, l'idée est basée sur le zoning

**I.2- A partir l'analyse de site :**



L'orientation favorable des salles de classe et la bibliothèque est : SUD/EST

## I.3- A partir l'étude expérimentale des articles scientifiques

Selon les résultats des expérimentations des articles et quand la zone est chaude et aride, nous avons extrait :

- Utilisation des ouvertures en bande pour diminuer l'éblouissement
- Utilisation des couleurs claires au plafond et pour les meubles d'aménagement intérieur
- L'intégration de la végétation pour améliorer la qualité de vie extérieure



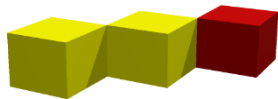
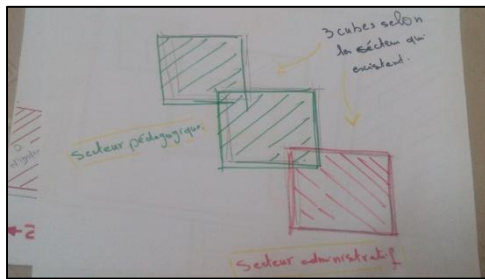
Fenêtre en bande



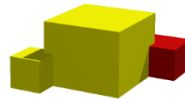
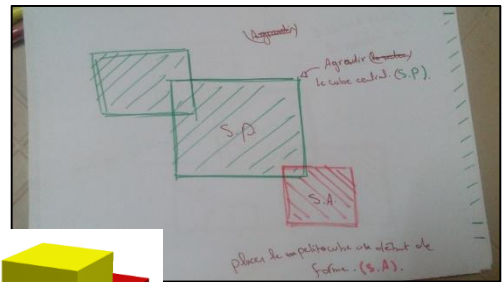
Le projet : Ecole d'architecture à Biskra



II- Processus de l'idée conceptuelle :

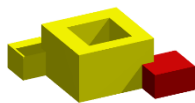
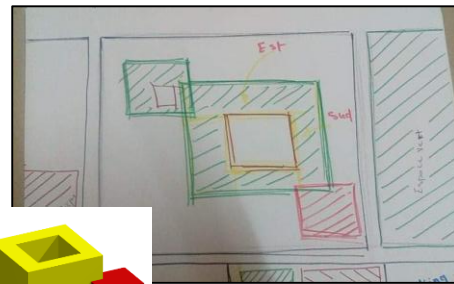


3 cubes selon les secteurs existants

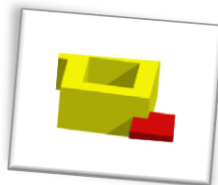
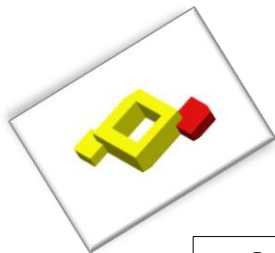


Agrandir le cube central (S.P)

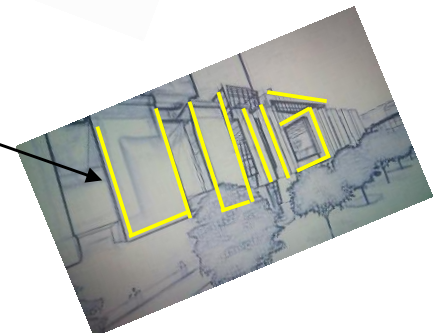
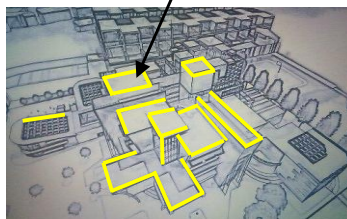
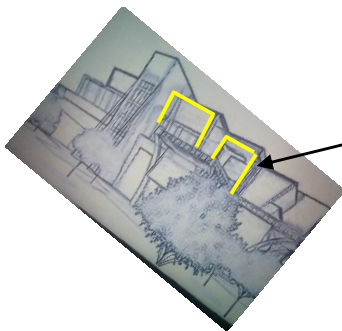
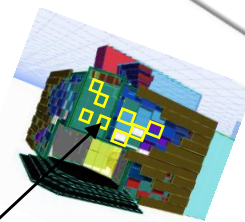
Choix d'orientation



Jeu de volumes:  
Technique de cubisme



Créer un rapport entre  
plan-Façade

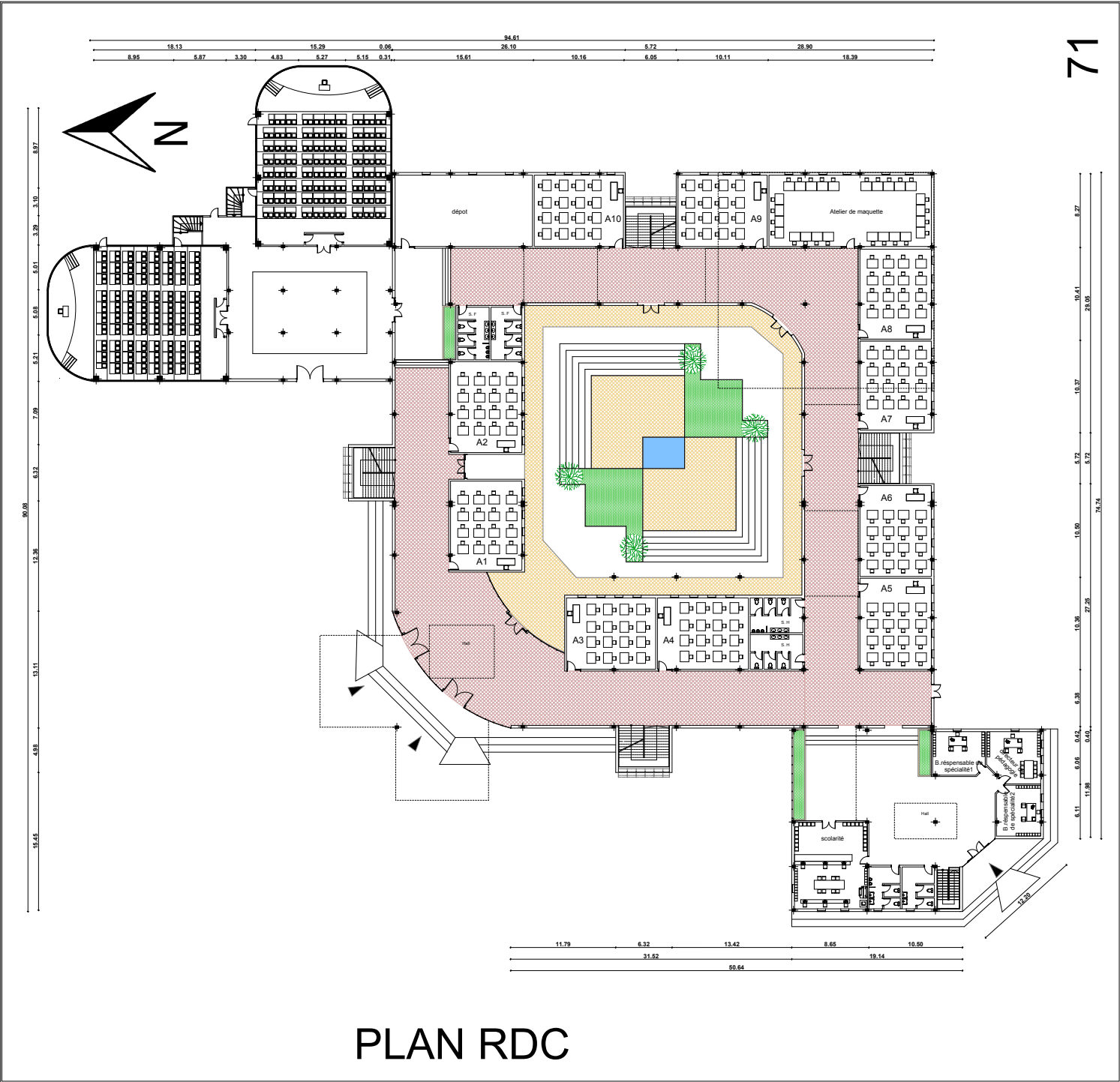


Contenu de projet

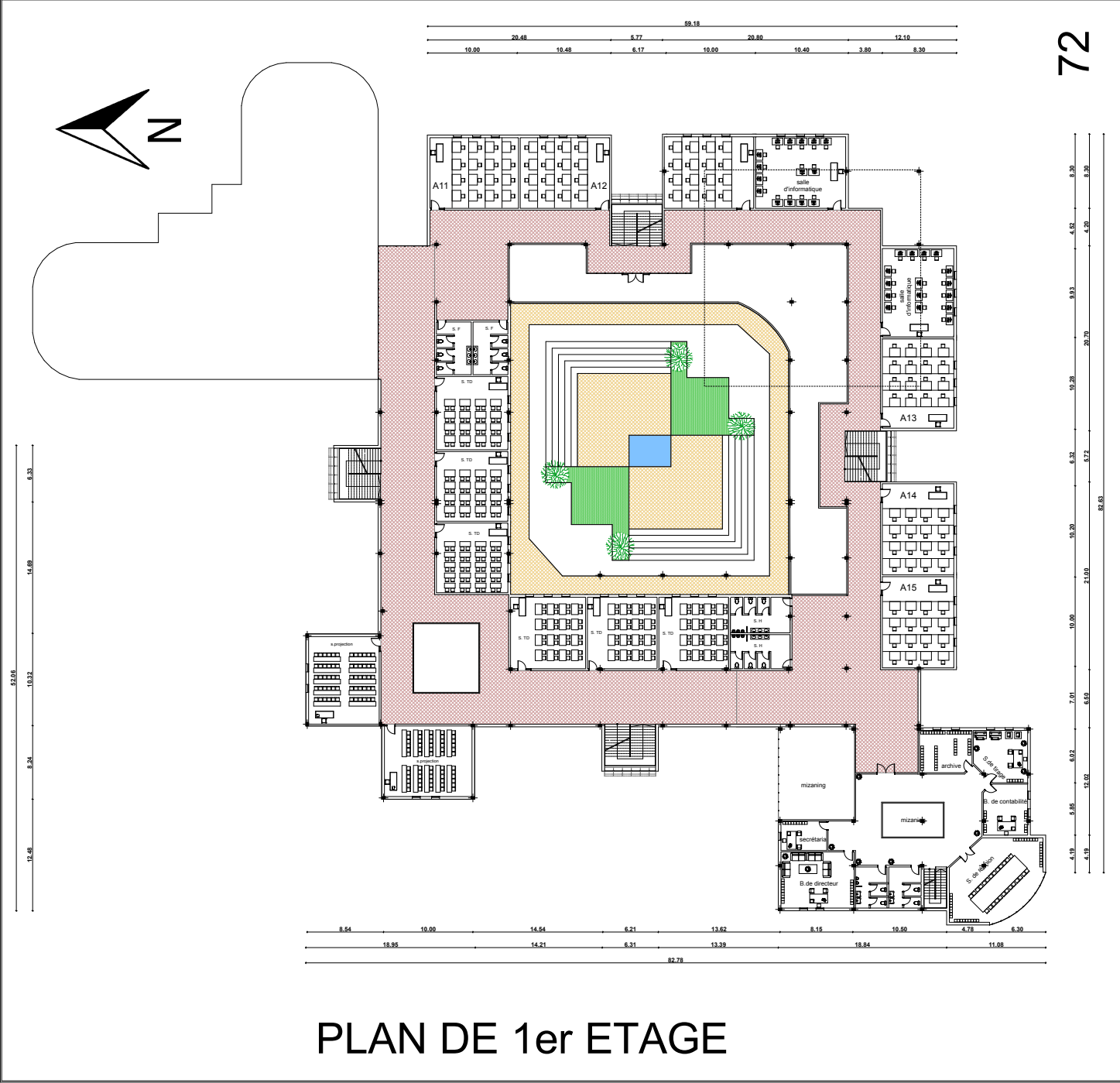


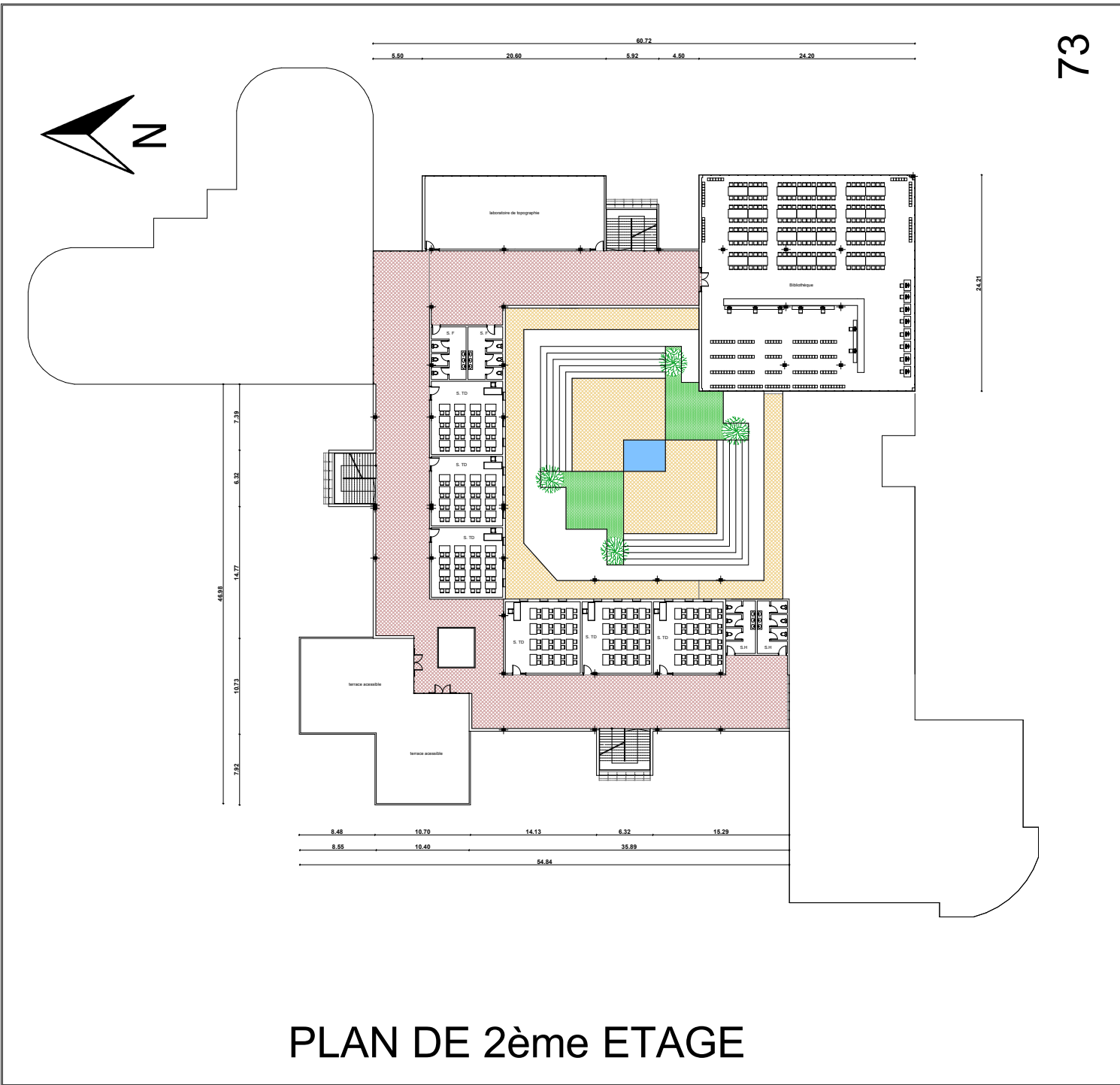


**Plan de masse**



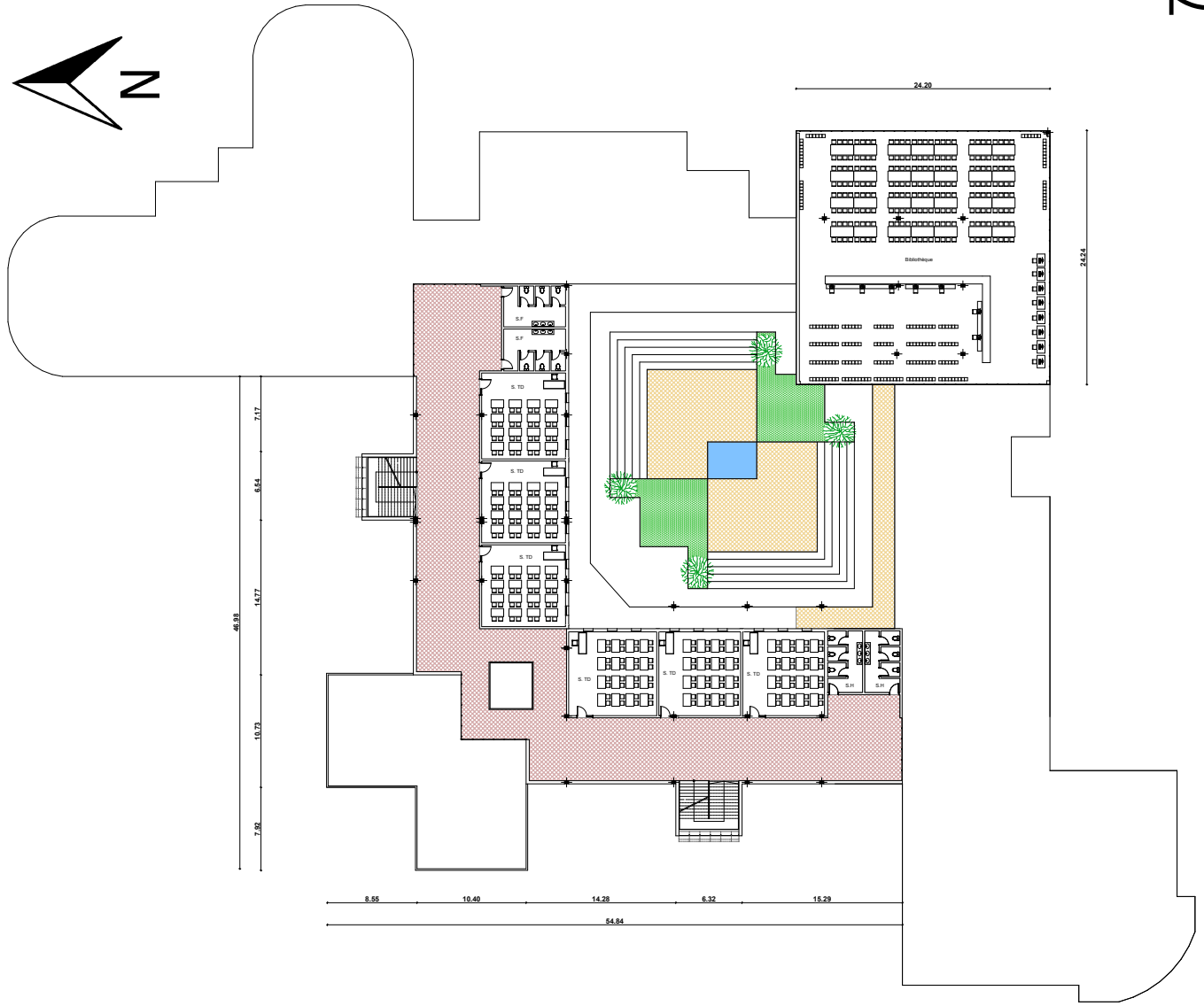
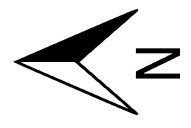
PLAN RDC





PLAN DE 2ème ETAGE





PLAN DE 3ème ETAGE



**Façade Nord**



**Façade Ouest**



**Façade Est**



**Façade Sud**





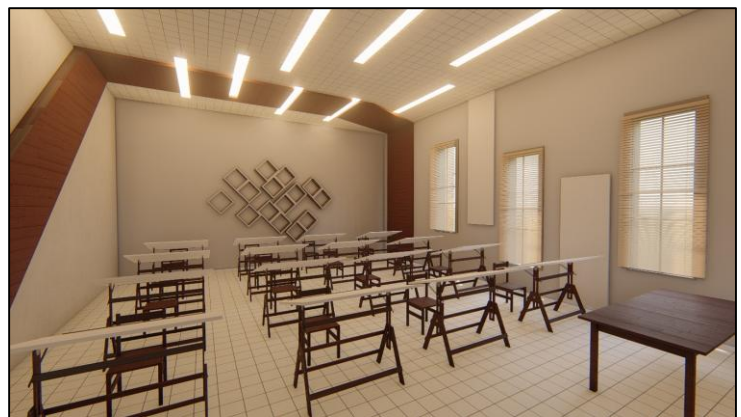
**Render extérieur  
L'entrée principale**



**Render extérieur**



**Render intérieur  
Salle de classe**



**Render intérieur  
Bibliothèque**

**Conclusion générale**

## *Conclusion générale*

Du point de vue de la durabilité, la fenêtre est une source de l'éclairage naturelle, a un effet très marquant sur la vie intérieure de l'espace architectural en général, particulièrement dans les salles de classes. Pour cela, elle est devenue un élément principale dans la conception architecturale des écoles et surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort visuel.

Dans les salles de classes, une lumière confortable, non éblouissante, offre un confort pour l'œil et des conditions de perception optimales des étudiants. L'objectif de cette recherche est de qu'atteindre le confort visuel par la diminution de l'éblouissement. La partie théorique de ce travail étudie le confort visuel et ses paramètres qui sont directement liés à la fenêtre et à ses caractéristiques, tout ça dans le premier chapitre. Le deuxième chapitre étudie les stratégies de la lumière naturelle et ses systèmes de gestion.

D'autre côté, et pour la bonne utilisation de la fenêtre et ses configurations qui soumise à des facteurs climatiques de la zone chaude et aride de Biskra, on a fait une étude analytique expérimentale sur des articles scientifiques. Ces articles sont des expérimentations faites dans des salles de classes au niveau de la fenêtre dans des zones de même climat de Biskra. Les résultats et les recommandations extraits de cette analyse ont été pris en compte dans la conception de notre projet (Ecole d'Architecture à Biskra). Parmi ces recommandations je pris en considération : **l'orientation** des fenêtres des salles de classe vers l'Est et Sud pour profiter une lumière uniforme, utilisation des **fenêtres en bandeau** par position verticale, cette stratégie permet de réduire l'éblouissement et de l'ouverture à la vue extérieure, l'exploitation du **débord de toiture** comme une protection solaire pour les salles orienté vers le Sud et Est, Employer **des couleurs claires** de bonne réflectivité pour les parties opaques ainsi que pour les surfaces internes des salles de classe. La couleur blanche fournit un avantage global en reflétant la radiation solaire qui serait autrement absorbée et réfléchi en bas vers le local, aussi **l'aménagement de la salle de classe** : le type de mobilier ainsi que son agencement peuvent avoir de fortes répercussions sur la distribution de la lumière dans l'espace et sur le confort visuel des occupants. Les éléments essentiels à la tâche visuelle habituelle (table, bureau, tableau, ...) doivent être disposés judicieusement en fonction de l'emplacement des ouvertures à la lumière naturelle. Les résultats ont montré que les stratégies mentionnées ci-dessus à améliorer le rendement de la fenêtre car il augmente le niveau d'éclairage dans tout le local, surtout au fond pour maintenir les étudiants dans une situation de confort visuel et même thermique.

### **Les limites et perspectives de la recherche**

Cette étude est spécialisée dans le traitement d'un seul paramètre de confort visuel qui est l'éblouissement par une méthode analytique expérimentale sur des articles scientifique, parce que ce paramètre a un effet important sur la performance des étudiants.

Cette recherche ouvre la perspective à d'étudier soi d'autre paramètre parmi les paramètres de confort visuel ou chercher de solution pour renforcer l'efficacité de la fenêtre pour atteindre le confort visuel dans l'espace architectural

## **Bibliographie**

### **Thèse et mémoire :**

**BENDEKKICHE. S (2017)** Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe par simulation inverse. Mémoire de magistère : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Biskra : Université Mohammed Khider Biskra

**BENHARKAT. S (2002)** Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe cas d'étude, cas d'étude : Bloc des lettres de l'université Mentouri Constantine. Mémoire de magistère : Architecture bioclimatique. Constantine : Université Mentouri de Constantine

**DAICH. S (2011)** Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas : la ville de Biskra. Mémoire de magistère : Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Biskra : Université Mohammed Khider Biskra

**ZEMMOURI. N (2005)** Daylight availability intergrated modelling and evaluation: A Fuzzy logic based approach. Thèse de Doctorat, Sétif: Université Farhat Abbas de Sétif

### **Articles:**

**AHADI.A, KHANMOHAMMADI.M, MASOUDINEJAD.M, ALIREZAIE.B (2016)**  
Improving student performance by proper utilization of daylight in educational environments  
Case study: IUST1 School of Architecture, the school of Architecture and Environmental Design, payam Noor University of Tehran.

**BARAA. J, Al-KHATATBEH.S (2017)** Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques, Département of Architecture, Jordan University of Science and Technology, Irbid 22110, Jordan

**KHALED A. Al-Sallal (2010)** Daylighting and visual performance: evaluation of classroom design issues in the UAE, Department of Architectural Engineering, UAE University, Al-Ain, United Arab Emirates



**ZOMORODIAN. Z, KORSAVI. S, TAHSILDOOST. K (2016)** The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study. Department of Architecture, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

**ZOMORODIAN. Z, MEHDI A, BELTRAN. L (2017)** Evaluation of Thermal and Visual Comfort in University Classrooms: The Cases of Two LEED Silver Certified Buildings, Qatar University, Doha

### **Ouvrage:**

**Association Française de l'Eclairage (1987).** Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires, Paris : LUX.

**Association HQE (2004).** Bâtiment et démarche HQE. Valbonne : ADEME.

**FAURE. D (2006).** Confort visuel, Centre de Ressources enviroBOITE

**Ministère de la Culture et de la Communication (2014).** Les études supérieures d'architecture en France, Ministère de la culture et communication, France

**BALEZ. S (2007)** L'éclairage naturel 2ème partie: Stratégies et prédétermination,

### **Documents gouvernementaux:**

**Algérie. Conseil Supérieur de l'éducation (Mars 1998).** Principes généraux de la nouvelle politique éducative et la réforme de l'enseignement fondamental : Synthèse du document de base. Alger : Conseil Supérieur de l'éducation.

**France. Ministère de l'Education Nationale.** « Arrêté du 30 mars 1965 : Réglementation de l'éclairage dans les locaux scolaires et universitaires » (BOEN n°15 du 22 avril 1965).

### **Site web:**

**Association Promotelec.** « Eclairage des salles de classe ». [En ligne]  
[www.promotelec.com](http://www.promotelec.com). (Page consultée le 26 mars 2004)

[www.Energie.com](http://www.Energie.com)

[www.zumtobel.com/education](http://www.zumtobel.com/education)

<http://www.eneg.arch.ucl.ac.be/eclairage>

[www.EnvironnementBuildink.com](http://www.EnvironnementBuildink.com)

[www.SlidShar.com](http://www.SlidShar.com)

[www.Archi-Positives.com](http://www.Archi-Positives.com)

[www.s.csiceinecneceidreircetc.ct.ocmom](http://www.s.csiceinecneceidreircetc.ct.ocmom)