

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme

epau

Laboratoire Architecture et Environnement



Mémoire
Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN ARCHITECTURE
Option: Architecture et Environnement

Thème

**Influence de l'éclairage et de la couleur sur l'appréciation
des ateliers dans l'extension de l'epau.**
Enquête auprès des occupants des ateliers du RDC, orientés Nord

Présenté et soutenu par
Oual Mohammed Seddik

Membre du jury :

Président de jury : A. BOUSSOUALIM, M.C.A, epau

Examineur : I. HAMITOU, M.A.A, epau

Examineur : N. BRAHIMI, M.A.A, epau

Encadreur : I.J. CHABANE, M.A.A, epau

Soutenu le 13 mai 2013

Résumé

Cette recherche vise à évaluer l'influence de l'environnement visuel sur la satisfaction des usagers dans les espaces d'étude universitaires.

Cet environnement visuel dans notre cas, a été considéré sous deux paramètres importants qui le constituent. Il s'agit de l'éclairage et de la couleur intérieure comme facteur lié à l'esthétique. Pour cela, nous avons mené une investigation au niveau de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme à Alger (epau) où, à travers des mesures des niveaux d'éclairement, nous avons cherché à évaluer l'éclairage intérieur ainsi que l'influence de la couleur dessus. Cela a été accompagné d'un questionnaire, élaboré pour connaître l'appréciation que les étudiants ont de leur environnement intérieur d'étude.

Les résultats montrent bien l'importance de l'environnement visuel dans la satisfaction des occupants envers leur environnement intérieur. Dans notre cas d'étude, un état d'insatisfaction à l'égard de l'environnement est lié à plusieurs éléments dont ceux liés à l'environnement visuel. Ces derniers se sont révélés très importants, surtout concernant l'éclairage intérieur, où les mesures confirment l'évaluation des occupants à travers le questionnaire. Ces mesures ont montré des niveaux d'éclairement en-dessous des normes, sous l'influence d'un certain nombre de facteurs dont la couleur intérieure.

Bien que cette petite recherche se limite à un seul cas d'étude, mais elle révèle un certain nombre d'éléments contribuant à l'insatisfaction des occupants de l'espace étudié, et qui peuvent être améliorés par des gestes simples, permettant ainsi à l'espace de devenir plus approprié pour l'activité qu'il accueille.

Table des matières

RESUME	
INTRODUCTION GENERALE	1
INTRODUCTION	2
PROBLEMATIQUE	3
HYPOTHESES DE LA RECHERCHE	3
OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	4
METHODE DE RECHERCHE.....	4
STRUCTURE DU MEMOIRE	4
I- APPRECIATION ET CONFORT DANS LES ESPACES INTERIEURS D'ETUDE.....	5
I- 1. INTRODUCTION.....	6
I- 2. L'ESPACE D'ETUDE ET SON APPRECIATION EN TANT QU'ENVIRONNEMENT INTERIEUR.....	6
I- 2.1. <i>Définition de l'espace intérieur pour les études</i>	6
I- 2.2. <i>Appréciation de l'environnement intérieur entre confort et satisfaction</i>	7
I- 2.3. <i>L'appréciation du confort</i>	8
I- 2.4. <i>Synthèse</i>	8
I- 3. LES COMPOSANTES DU CONFORT	8
I- 3.1. <i>Le confort thermique</i>	8
I- 3.2. <i>Le confort visuel</i>	8
I- 3.3. <i>Le confort acoustique</i>	9
I- 3.4. <i>La qualité de l'air</i>	9
I- 3.5. <i>Classement des composantes du confort :</i>	10
I- 3.6. <i>Synthèse</i>	10
I- 4. CONCLUSION	10
II - L'ECLAIRAGE DANS LES ESPACES INTERIEURS D'ETUDE ET L'APPORT DE LA COULEUR	11
II- 1. INTRODUCTION.....	12
II- 2. DEFINITION DE L'ECLAIRAGE.....	12
II- 3. LES EXIGENCES D'UN ECLAIRAGE DE QUALITE	12
II- 3.1. <i>Le niveau d'éclairage</i>	13
II- 3.2. <i>Le facteur lumière du jour (FLJ)</i>	14
II- 4. INFLUENCE DE L'ECLAIRAGE SUR LES OCCUPANTS	14
II- 4.1. <i>Influence du niveau d'éclairage</i>	14
II- 4.2. <i>Influence de la température de couleur</i>	15
II- 4.3. <i>Influence de la lumière naturelle</i>	15
II- 4.4. <i>Synthèse</i>	16
II- 5. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX POUVANT INFLUENCER L'ECLAIRAGE	16
II- 5.1. <i>Facteurs quantifiables influençant l'éclairage</i>	16
II- 5.2. <i>Facteurs subjectifs influençant la perception de l'éclairage</i>	17
II- 5.3. <i>Synthèse</i>	18
II- 6. SYNTHESE DE L'ECLAIRAGE INTERIEUR.....	18
II- 7. L'APPORT DE LA COULEUR DANS L'ESPACE INTERIEUR	18

II- 7.1.	<i>Définition, aspects et fonctions de la couleur</i>	18
II- 7.2.	<i>Effets de la couleur sur l'utilisateur de l'espace</i>	20
II- 7.3.	<i>Paramètres influençant l'appréciation des couleurs</i>	23
II- 7.4.	<i>Synthèse de la couleur intérieure</i>	24
II- 8.	CONCLUSION	24
III -	PRESENTATION DU CAS D'ETUDE ET METHODE D'ENQUETE	25
III- 1.	INTRODUCTION	26
III- 2.	PRESENTATION DU CAS D'ETUDE (L'EPAU)	26
III- 2.1.	<i>Historique de construction de l'epau</i>	27
III- 2.2.	<i>Organisation de l'extension Deluz (partie des ateliers)</i>	28
III- 3.	LA PREENQUETE (CHOIX DE L'ECHANTILLON SPATIAL)	29
III- 3.1.	<i>Outils de la préenquête</i>	29
III- 3.2.	<i>Critères de choix de l'échantillon</i>	29
III- 3.3.	<i>Caractéristiques de l'échantillon spatial</i>	30
III- 3.4.	<i>Procédure de mesure du niveau d'éclairage</i>	32
III- 3.5.	<i>Quelques données recueillies pour l'atelier 201b</i> :.....	33
III- 3.6.	<i>Synthèse</i>	35
III- 4.	L'ENQUETE	35
III- 4.1.	<i>Introduction</i>	35
III- 4.2.	<i>Situation initiale</i>	35
III- 4.3.	<i>Situation modifiée (mise en place du dispositif)</i>	40
III- 4.4.	<i>Difficultés du Travail de terrain</i>	42
III- 4.5.	<i>Traitement des données</i>	43
IV -	ANALYSE DES DONNEES ET DISCUSSION DES RESULTATS	44
IV- 1.	INTRODUCTION	45
IV- 2.	LE CONFORT GLOBAL	45
IV- 2.1.	<i>Le confort globalement perçu en atelier</i>	45
IV- 2.2.	<i>Evaluation et classement des composantes du confort</i>	46
IV- 2.3.	<i>Discussion</i>	50
IV- 2.4.	<i>Synthèse</i>	51
IV- 3.	L'ECLAIRAGE	52
IV- 3.1.	<i>Importance de la lumière dans la perception du confort visuel</i>	52
IV- 3.2.	<i>Les niveaux d'éclairage mesurés et comparés</i>	53
IV- 3.3.	<i>Discussion</i>	62
IV- 3.4.	<i>Synthèse</i>	63
IV- 4.	LA COULEUR INTERIEURE EN ATELIER	64
IV- 4.1.	<i>La couleur intérieure perçue</i>	64
IV- 4.2.	<i>Mise en place du dispositif et Influence de la couleur du plafond sur le niveau d'éclairage artificiel</i>	65
IV- 4.3.	<i>Discussion des résultats</i>	66
IV- 4.4.	<i>Synthèse</i>	66
IV- 5.	CONCLUSION DU CHAPITRE	67
	CONCLUSION GENERALE	68
	RESULTATS	69
	RECOMMANDATIONS	70

FAIBLESSES DE CETTE RECHERCHE	70
PERSPECTIVES DE RECHERCHE	71
BIBLIOGRAPHIE	72
A) REFERENCES PRIMAIRES	72
B) REFERENCES SECONDAIRES	74
LISTE DES FIGURES.....	78
LISTE DES TABLEAUX.....	79

ANNEXES

- Annexe-A : Le questionnaire d'enquête
- Annexe-B : Tableaux de mesures (exemple)
- Annexe-C : Transmittance du nouveau vitrage

Introduction générale

Introduction

L'architecte dans ses conceptions cherche toujours à créer un espace ou un bâtiment qui assure les conditions les plus favorables pour ses utilisateurs, et cela en réfléchissant puis en intervenant sur plusieurs paramètres où il a la possibilité d'apporter une influence. Ces paramètres peuvent être résumés en quatre groupes de conditions définissant le confort d'un espace. Il s'agit des conditions thermiques (confort thermique), de la qualité de l'air (confort aéraulique), de l'acoustique (confort acoustique) et de l'optique (Roulet, 2008). Pour ce dernier élément, on cherche à assurer le confort visuel, et cela à travers l'utilisation et la combinaison de plusieurs facteurs liés à l'environnement visuel, dont principalement l'éclairage naturel et artificiel, ajoutant à cela l'apparence de l'espace, regroupant la forme, la texture et la couleur. En plus de la lumière et l'apparence, s'ajoute un autre facteur qui est la vue vers l'extérieur dont l'espace bénéficie.

L'éclairage d'un espace peut jouer différentes fonctions variant de l'utilitaire, à l'esthétique, le sensoriel...etc. Cet éclairage et à cause de son interaction avec l'utilisateur de l'espace, affecte ce dernier, que ce soit sur le plan physiologique ou psychologique. Aujourd'hui, ce sujet prend de l'importance au niveau de la recherche et au niveau de la pratique où plusieurs disciplines s'y intéressent et où les architectes considèrent la lumière comme élément du projet architectural, alors que les spécialistes de l'énergie s'intéressent aux bénéfices de l'utilisation de l'éclairage naturel. D'autre part, les psychologues cherchent à comprendre la relation et les voies d'interaction entre l'usager et son environnement lumineux (Belakehal, 2006).

En nous inscrivant dans cette perspective d'intérêt scientifique, nous nous intéressons dans cette recherche à l'éclairage des espaces d'enseignement de l'extension de l'épau. Notre motivation émane de raisons personnelles et scientifiques à la fois, et aussi d'une ambition de contribuer à l'amélioration des conditions d'usage des espaces d'enseignements. Ce travail est issu de l'observation d'un espace d'enseignement vécu, composé de parois en béton brut de couleur grise, et éclairé par une combinaison de lumière naturelle et artificielle, ce qui peut avoir une influence non-négligeable sur ses utilisateurs (enseignants et étudiants) et éventuellement des implications sur leur productivité et créativité. Pour cela nous allons aborder dans cette recherche ces deux éléments (éclairage et couleur), où on va développer certains de leurs aspects, afin de mieux comprendre leurs effets sur l'utilisateur de l'espace. Pour enfin, aboutir à quelques considérations pratiques qui permettraient d'une part d'améliorer l'espace étudié, et d'autre part pourraient aider l'architecte dans sa prise en charge de l'environnement lumineux dans ses conceptions ou aménagements d'espaces d'enseignement.

Problématique

Un espace d'enseignement est supposé fournir à ses occupants un environnement favorable à l'apprentissage, cela signifie qu'il doit présenter de bonnes conditions pour étudier. Ces conditions varient suivant les facteurs environnementaux pris en compte. Parmi ces facteurs environnementaux, on a la lumière qui fait partie de l'environnement visuel. Ce facteur nous semble d'autant plus important que nous nous interrogeons sur son **importance parmi les autres facteurs de l'environnement visuel (?)**. En plus d'être nécessaire pour la vision, la lumière a aussi **un impact sur la physiologie et la psychologie** de l'homme. De ce fait elle va avoir une influence sur la perception et l'appréciation de l'environnement, c'est pourquoi, dans **notre environnement d'étude, nous nous interrogeons sur l'appréciation de l'environnement qu'elle génère chez l'occupant de l'espace, et sur le degré de conformité de l'environnement visuel d'étude, aux exigences d'un environnement de qualité favorisant l'apprentissage. (?)**

A travers le monde, il existe un grand nombre de constructions dont le style correspond à laisser le matériau à l'état brut, comme les œuvres de l'architecte brésilien Oscar Niemeyer avec du béton de décoffrage en Algérie. Parmi ses réalisations, trois projets en béton gris correspondent à des établissements d'enseignement supérieur, une activité qui nécessite un éclairage et une ambiance favorables au bon apprentissage. En sachant que l'éclairage dans un espace intérieur dépend en partie des propriétés des parois (texture et couleur) qui varient selon le matériau, nous nous interrogeons sur **l'influence du béton sur l'éclairage en termes de quantité, et sur son influence esthétique comme paramètre de l'environnement visuel sur l'appréciation globale de l'environnement. (?)**

Hypothèses de la recherche

La vision constitue l'un des plus importants moyens à travers lequel on interagit avec ce qui nous entoure. La lumière étant le facteur qui permet cette interaction, **cela va donner à la lumière une grande importance parmi les autres facteurs de l'environnement visuel**. De ce fait, si notre environnement présente une faible qualité de lumière, ça implique que l'appréciation de l'environnement serait négative.

L'éclairage en termes de quantité dépend de la couleur des parois en partie. La caractéristique qui nous intéresse au niveau de ces parois est le coefficient de réflexion, qui dans le cas du blanc parfait est égal à 100 % et dans le cas du noir absolu il est égal à 0%. Cela signifie que le béton avec sa couleur grise va réfléchir seulement une partie des rayons de lumière, **ce qui devrait diminuer l'éclairement qui atteint ces parois**. Pour le cas du béton au niveau du plafond, **cette diminution ne serait pas importante dans une situation d'éclairage direct, comme c'est le cas de notre espace d'étude**.

La couleur du béton brut peut être associée à la monotonie, ou encore à l'impression que le travail est inachevé, ce qui va générer une **appréciation négative à l'égard d'un espace en béton brut**.

L'appréciation d'un environnement diffère d'un individu à l'autre à cause de la subjectivité, qui est liée à plusieurs éléments comme les impressions visuelles subjectives, le genre ...

Objectifs de la recherche

L'objectif de ce travail est de comprendre l'influence de l'environnement visuel et en particulier l'éclairage et la couleur des espaces intérieurs d'étude, sur l'occupant. A travers l'évaluation des appréciations de l'espace engendré par ces deux éléments.

Cela afin d'aboutir à quelques recommandations qui permettraient de considérer les propriétés de l'environnement visuel intérieur dans la conception des espaces d'enseignement.

Méthode de recherche

Ce travail est une recherche empirique, structuré en une partie théorique et une partie pratique.

Dans la première partie on cherche à comprendre les différents concepts concernant la lumière, la couleur, et la relation de l'homme avec son environnement. Aussi on va chercher à connaître les différentes exigences et normes liées aux deux aspects de l'environnement visuel qui nous intéressent qui sont la lumière et la couleur. Cela pour établir une base de référence et de comparaison à notre cas d'étude.

Après la recherche théorique on passe au travail de terrain afin de vérifier nos hypothèses. Nous abordons dans cette partie, le terrain selon les deux approches quantitative et qualitative. L'approche quantitative, repose sur la prise de mesures sur site pour vérifier la quantité de l'éclairage. Quant à l'approche qualitative, elle se déroule à travers une enquête par questionnaire pour évaluer le degré d'**appréciation** des occupants de leur espace de travail, en mettant l'accent sur l'éclairage et la couleur intérieurs. Les données collectées sur terrain sont ensuite, analysées et discutées pour aboutir à des conclusions ainsi que quelques recommandations à la fin de cette recherche.

Structure du mémoire

En plus des chapitres introductif et conclusif, le mémoire est structuré en quatre chapitres. Le chapitre introductif présente la problématique, hypothèses et objectifs de cette recherche. Ensuite, dans le premier chapitre nous tentons de définir notre objet de recherche qui est l'environnement intérieur d'étude, ainsi que les concepts-clés de l'interaction entre l'utilisateur et son espace, qui sont autour du confort de la satisfaction et de l'appréciation des occupants. Dans le deuxième chapitre, nous abordons l'éclairage et ses dimensions, ainsi que la couleur intérieure dans son interaction avec l'éclairage intérieur. Le troisième chapitre présente toute la méthode adoptée pour aborder le terrain en deux étapes (pré-enquête et enquête) et les outils utilisés (protocole de prise de mesures avec luxmètre et construction du questionnaire). Puis, un quatrième chapitre où les données collectées sont analysées et discutées. Enfin, dans le chapitre conclusif, nous tentons de confirmer ou infirmer nos hypothèses de départ, de tirer quelques recommandations pour l'amélioration éventuelle des espaces étudiés et d'ouvrir quelques perspectives de recherche.

La rédaction de ce mémoire a été, autant que possible, balisée par des exigences méthodologiques de recherche scientifique. Parmi ces exigences, la citation des références dans le texte et en fin de mémoire a été empruntée au style APA (American Psychological Association), comme option disponible dans le logiciel d'écriture « Microsoft Office Word ».

I - APPRECIATION ET CONFORT DANS LES ESPACES INTERIEURS D'ETUDE

I- 1. Introduction

On va tenter dans ce premier chapitre, de définir l'environnement et précisément l'espace intérieur d'étude qui est l'objet de notre recherche dans ce mémoire. Ensuite dans un deuxième point, on va chercher à comprendre la relation d'influence de l'espace sur l'occupant. Cette relation ne peut être perçue qu'à travers une analyse de la manière dont cette personne perçoit et évalue un environnement. Pour cela, il nous faut décomposer l'environnement en éléments qui le constituent et voir l'influence de chaque élément sur l'occupant de l'espace et l'association des différentes influences, devraient nous mener vers l'influence de l'environnement. Face à la multitude des paramètres, nous avons essayé de les classer par importance relative, pour déterminer les plus importants et donc qui, par majorité, représentent l'influence globale.

I- 2. L'espace d'étude et son appréciation en tant qu'environnement intérieur

I- 2.1. Définition de l'espace intérieur pour les études

L'environnement est défini généralement comme étant « l'ensemble des éléments constitutifs du paysage naturel ou paysage artificiellement créé par l'homme » (Dictionnaire Hachette, 2011), c'est donc « le monde extérieur à l'individu » (Levy-Leboyer, C. 1993)¹. L'environnement selon (Moser, 2003) est constitué de quatre niveaux, depuis le micro-environnement, au niveau I, à l'environnement global, au niveau IV, en passant par l'environnement de proximité (niveau II) et l'environnement public (niveau III). L'objet de notre recherche dans ce mémoire se situe au niveau I, spécifique aux espaces privés où l'occupant bénéficie d'un contrôle étendue sur son environnement, et qui est l'espace de travail.

L'homme interagit avec son environnement d'une manière continue. Ce dernier avec ses différentes composantes influence l'homme au niveau du comportement, de la perception de l'espace et la compréhension de ses composantes et fonctions. Pour cette raison, on cherche toujours à créer un environnement de qualité qui porte une influence positive sur l'homme et non pas le contraire.

Savoir si l'environnement est de qualité ou pas, nécessite une évaluation de ce dernier. Cette évaluation consiste à connaître l'appréciation que l'homme a de son environnement intérieur, basée sur plusieurs facteurs qui constituent l'environnement intérieur. Ces facteurs sont classés selon Baker (1986)² en trois groupes principaux qui sont : premièrement, facteurs **ambiants** (température, son et odeur), deuxièmement **design** (plan, couleur, matière et mobilier), les derniers sont les facteurs **sociaux** (âge, sexe, éducation). (Fig.1)

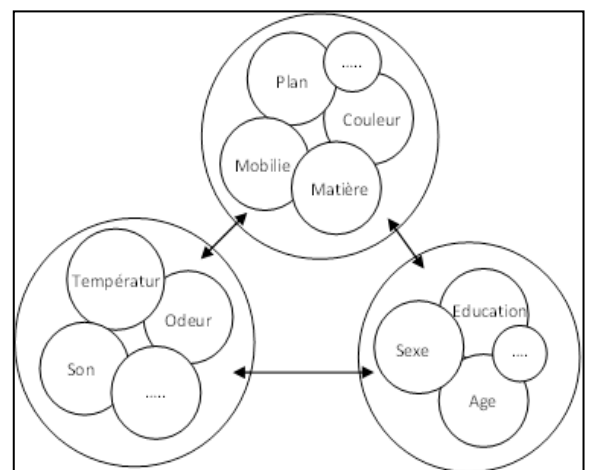


Figure 1 : Facteurs de l'environnement intérieur selon Baker(1986)

¹ Citée dans : (Chabane, 2006, p. 8)

² Citée dans : (Hidayetoglu & al, 2012 , p. 50) :

On veut dire par espace d'étude, les espaces destinés à la fonction d'apprentissage, et utilisés par les étudiants et enseignants. Ces espaces doivent assurer un environnement qui favorise l'apprentissage, la créativité, etc. Ces espaces sont soumis à des exigences de qualité qui diffèrent suivant l'âge des étudiants et suivant le type de tâche que l'espace doit accueillir. Par exemple pour le premier élément concernant l'âge, il y a une différence entre une école primaire et un lycée ou université. Pour le deuxième élément concernant la tâche exécutée, on va trouver une différence d'exigence entre un laboratoire de science, une classe de cour et un amphithéâtre au sein d'une même école par exemple. Aussi dans un autre niveau, les exigences pour une école d'architecture vont être différentes d'une école de droit où une classe peut ne servir qu'à lire et écrire, alors qu'au niveau d'une école d'architecture, en plus de ces fonctions normales d'une classe, il y a aussi le dessin et la réalisation des maquettes.

I- 2.2. Appréciation de l'environnement intérieur entre confort et satisfaction

L'appréciation de l'environnement peut être définie comme une évaluation ou un jugement (Dictionnaire Hachette, 2011) de ses différents aspects. Cette appréciation va nous définir deux notions qui sont le confort et la satisfaction. Ces deux notions qui se ressemblent dans la définition du dictionnaire comme étant le sentiment de bien-être de la personne (Le Robert Micro, 2006), nous laissent dire que le confort et la satisfaction sont une appréciation positive de l'environnement. D'un autre côté, dans la littérature scientifique, la différence entre le confort et la satisfaction est liée à trois éléments où « **le confort** est une notion **extrinsèques** qui réfère à un état **stable** de facteurs environnementaux, conçus pour l'homme selon des normes de bien-être **physique**; alors que **la satisfaction** est un état **instable** et **intrinsèque** à l'individu, qui concerne une situation globale ou spécifique d'un environnement,...la satisfaction correspond aux besoins **psychologiques et physiques combinés** d'un individu » (Chabane, 2006, p.19). Cette différence implique que, même si un espace est considéré confortable, cela ne signifie pas systématiquement qu'il est satisfaisant au regard des occupants. Dans ce sujet par exemple, des recherches ont montré qu'un confort trop stable peut être ennuyeux et des variations sont souhaitables (Roulet, 2008). Un autre auteur démontre le même point mais en employant une autre notion qui est le contraste, où il voit que « L'uniformité et l'invariabilité des conditions d'ambiances à l'intérieur d'un espace empêchent les occupants de s'apercevoir qu'ils s'y trouvent confortables » (Dubois, 2006, p.8). Cela signifie que dans ce cas pour arriver à la satisfaction, le confort seul n'est pas suffisant parce qu'on a besoin de petites tensions (d'inconfort) pour être satisfait.

D'après nos lectures, nous pensons que le confort est plus utilisé pour l'appréciation d'un environnement intérieur. Cela peut être lié à sa définition qui dépend essentiellement d'éléments physiques mesurables objectivement, en plus d'autres éléments qui sont subjectifs. Alors que la satisfaction est très sensible aux variations environnementales et personnelles, due à son caractère d'instabilité, et ne peut être que difficilement décelée (Chabane, 2006).

I- 2.3. L'appréciation du confort

L'appréciation du confort se fait à travers des mesures des différentes composantes quantifiables constituant l'environnement intérieur (côté objectif), en plus de l'avis de l'utilisateur de l'espace intérieur, qui constitue l'élément subjectif dans l'appréciation. Cette subjectivité résulte des caractéristiques différentes entre chaque personne, où les scientifiques ont montré qu'il y a, à titre d'exemple, une différence entre hommes et femmes dans la manière de percevoir leur environnement.

« La définition usuelle du confort se limite à la satisfaction des besoins propres à chaque composante du système sensoriel » (Dubois, 2006, p. 4). Ces besoins sont classés par les auteurs en quatre catégories principales liées aux conditions thermiques, visuels, acoustiques et les propriétés de l'air environnant. Ces quatre catégories ne sont pas les seules mais les plus importantes des composantes de l'environnement intérieur. On trouve aussi d'autres éléments qui portent leur influence sur le bien être des occupants d'un espace intérieur, où les plus évidents d'entre eux selon Roulet (2008), sont la dimension et la forme des espaces intérieurs, l'aménagement de ces espaces et le taux d'occupation ainsi que l'ambiance sociale.

I- 2.4. Synthèse

On retiendra de cette section que l'appréciation d'un environnement intérieur, dépend de plusieurs paramètres, regroupant le côté physique ainsi que le côté psychologique. Les paramètres physiques étant palpables et mesurables, sont les plus utilisés dans la littérature pour exprimer l'appréciation de l'espace. Ces paramètres physiques entre autres représentent l'état de confort.

I- 3. Les composantes du confort

Dans la section précédente sur l'appréciation du confort, nous avons mentionné qu'il y a quatre catégories de confort principales dans un environnement intérieur, dans la section qui suit, nous allons essayer de définir ces derniers et présenter les facteurs qui permettent d'évaluer chaque catégorie.

I- 3.1. Le confort thermique

Il est défini comme étant «le confort lié à une répartition de température et de flux de chaleur agréables » (Roulet, 2008, p. 85). Il est lié à plusieurs facteurs qui se regroupent en deux : des facteurs physiques et d'autres liés à la personne (Frontczak & Wargocki, 2011).

Les facteurs physiques se résument à un facteur principal qui est « la température opérative, la moyenne pondérée de la température de l'air et des surfaces entourant l'occupant » (Roulet, mai 2008, p. 57). En plus de cela, il y a la vitesse de l'air et son degré de turbulence, ainsi que les gradients de température qui ont aussi un effet. Les facteurs liés à la personne selon Roulet (2008) ou encore Frontczak & Wargocki (2011), sont l'activité (taux métabolique) et l'habillement.

I- 3.2. Le confort visuel

Le confort visuel est défini comme étant : « une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel» (Association Française de l'Éclairage, 1995)³. Un espace est considéré confortable si on arrive à y

³ Citée dans : (Dubois, 2006, p. 4)

assurer « un éclairage adapté à l'activité dans le champ visuel, en évitant des contrastes trop marqués, notamment l'éblouissement. Le spectre de la lumière utilisée doit être continu, et d'une température de couleur adaptée à l'éclairage » (Roulet, mai 2008, p. 57).

Tous ces facteurs d'évaluation du confort visuel sont liés à un seul élément qui est l'éclairage. Cela montre bien l'importance de l'éclairage dans le confort visuel. Cependant, au point de vue d'autres auteurs, cela n'est pas suffisant pour définir le confort visuel à cause de l'existence d'autres facteurs en plus des facteurs physiques, qui ont de l'importance et de l'influence sur l'évaluation du confort, comme l'apparence d'un espace et les vues qu'offre ce dernier. Pour cela, Dubois (2006, p. 7) voit qu'il est important « de considérer le confort d'une manière beaucoup plus globale, à l'intérieur de laquelle la lumière, l'architecture et l'occupant sont des éléments déterminants ».

I- 3.3. Le confort acoustique

Il est défini par Navai & Veitch comme étant « un état de contentement avec les conditions acoustiques »⁴. Ce contentement serait atteint par l'évitement des bruits gênants d'une part, et l'assurance d'une ambiance acoustique agréable dans les locaux, d'une autre part. La définition montre que ce confort est lié au son, qui peut être évalué suivant trois facteurs qui sont le niveau de bruit, la nuisance sonore et le temps de réverbération ou durée d'écho (Roulet, 2008).

I- 3.4. La qualité de l'air

Le terme confort « n'est pas couramment utilisé avec la qualité de l'air à l'intérieur d'un espace » (Frontczak & Wargocki, 2011, p.925). Pour atteindre une bonne qualité de l'air dans un espace intérieur il faut assurer une évacuation des polluants en contact avec ce dernier. Les facteurs d'évaluation de la qualité d'air sont : la vitesse de l'air par rapport à l'occupant de l'espace, l'humidité relative de l'air, la pureté ou la pollution de l'air et enfin les odeurs. (Roulet, 2008)

Au niveau de la littérature scientifique nous avons remarqué certaines différences dans la définition des composantes du confort dans les espaces intérieurs. Cela est retrouvé au niveau du confort thermique et la qualité de l'air. Cette différence peut être observée en comparant la définition de la qualité de l'air par Roulet (2008) et la définition du confort thermique par Givoni (1978)⁵ qui voit que les paramètres environnementaux déterminant le confort thermique, sont : la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité de l'air et le mouvement de l'air.

La comparaison nous montre deux facteurs (l'humidité et la vitesse de l'air), que certains auteurs attribuent à la qualité de l'air comme le cas de Roulet (2008), alors que d'autres comme le cas de Dubois (2006) ou Ouameur (2007), les attribuent au confort thermique. C'est pourquoi, la nomination de « confort olfactif » (liée à l'odeur) pourrait remplacer la « qualité de l'air », dans certaines situations.

Cependant, afin de faciliter le classement des composantes du confort dans la section suivante, nous optons pour la définition de Roulet (2008), où l'humidité et la vitesse de l'air font partie de la qualité de l'air.

⁴ Citée dans : (Frontczak & Wargocki, 2011, p. 925)

⁵ Citée dans : (Ouameur, 2007, p. 16)

I- 3.5. Classement des composantes du confort :

Nous pensons que le fait de connaître le classement des différentes composantes du confort, par ordre d'importance, permet de déterminer les éléments prioritaires, sur lesquels on peut agir et avoir des résultats significatifs dans l'appréciation que l'occupant a de son environnement intérieur.

Dans la littérature scientifique, quand on parle de confort en général, on commence par le confort thermique, ce qui nous laisse penser que ce n'est pas dû au hasard, mais reflète l'importance de ce dernier parmi les autres paramètres. En effet, Frontczak & Wargocki (2011) qui ont passé en revue les résultats de plusieurs recherches traitant chacune de l'appréciation des quatre composantes du confort, ont montré que les utilisateurs des édifices étudiés considèrent le confort thermique comme étant le paramètre le plus important ayant une influence sur la satisfaction de l'environnement intérieur. Les résultats de cette recherche sont illustrés dans la (Fig.2)

Cette recherche montre aussi qu'il n'y a pas possibilité de sortir avec un classement général des différentes composantes du confort à cause de la variation de ce dernier due à plusieurs facteurs qui varient selon la personne, la nature de l'environnement intérieur, temps (climat) etc. (Frontczak & Wargocki, 2011)

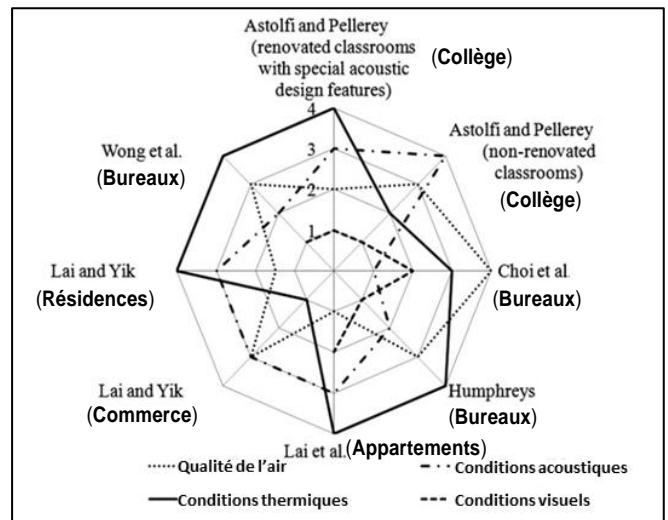


Figure 2 : Classement par ordre d'importance des composantes de la satisfaction de l'environnement intérieur
Source : (Frontczak & Wargocki, 2011, p. 925)

I- 3.6. Synthèse

Parmi les différentes composantes du confort, ce qui nous intéresse dans cette recherche est lié principalement au confort visuel qui comprend, pour nos considérations, l'éclairage ainsi que l'architecture où on retrouve l'aspect ou l'apparence de l'espace ainsi que les vues, qu'offre cet espace. Cette section nous a permis de constater aussi qu'en comparant entre les éléments de confort, l'environnement visuel présente une faible importance pour les occupants des espaces intérieurs, sauf s'il présente une importante source d'inconfort, alors que plusieurs recherches ont insisté sur l'importance de l'environnement visuel. Ce point sera développé après, dans le chapitre qui suit.

I- 4. Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'apercevoir l'existence d'une multitude de paramètres composant l'environnement ou l'espace intérieur, qui influencent la manière dont la personne apprécie cet espace. Notre recherche s'intéresse à l'environnement visuel, que l'on va essayer d'investir ainsi que les effets de cette partie de l'environnement sur l'occupant de l'espace. Pour cela, nous allons considérer deux variantes à développer, qui sont l'éclairage considéré comme élément clé dans le confort visuel ainsi qu'un autre élément lié à l'architecture et qui est la couleur.

II - L'ECLAIRAGE DANS LES ESPACES INTERIEURS D'ETUDE ET L'APPORT DE LA COULEUR

II- 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder deux éléments de l'environnement visuel, qui sont l'éclairage et la couleur où premièrement nous allons tenter de les définir et connaître leurs composantes, ensuite nous allons chercher l'influence de ces composantes sur l'utilisateur de l'espace, ainsi que l'influence d'autres éléments de l'environnement sur l'éclairage et la couleur.

II- 2. Définition de l'éclairage

Le terme « éclairage » se définit par rapport à la lumière qui se trouve sous deux types, naturelle ou artificielle. L'éclairage peut être défini comme étant l'«émission artificielle de rayons lumineux, et ensemble des procédés et matériels» (Dicobat9, 2008), et dans ce cas on parle d'éclairage artificiel et de lumière naturelle. D'autre part, l'éclairage est défini comme étant la «manière dont une surface est éclairée, naturellement ou artificiellement » (Le dictionnaire professionnel du BTP, 2000), et dans ce cas on parle d'éclairage artificiel et d'éclairage naturel.

On trouve plusieurs classements de l'éclairage selon le critère de comparaison, où dans le cas où on parle de sa nature, on trouve le naturel et l'artificiel ; alors que si on parle de source on trouve l'éclairage direct et l'indirect. Aussi, l'éclairage peut être classé par rapport à sa fonction, il y a l'éclairage d'ambiance, l'éclairage de sécurité, etc. (Roulet, 2008)

II- 3. Les exigences d'un éclairage de qualité

Pour l'évaluation de la qualité de l'éclairage, Küller(1991)⁶ suggère sept facteurs d'évaluation qui sont : Le niveau d'éclairement, l'uniformité de distribution de la lumière, les ombres, les réflexions (Luminance), l'éblouissement, la couleur de la lumière et les couleurs. Ces deux derniers facteurs sont techniquement appelés : température de couleur et indice de rendu de couleur. Ces mêmes sept facteurs peuvent être retrouvés chez Liljefors & Ejhed (1990)⁷, alors que dans d'autres recherches, sont ajoutés aux sept éléments précédents : la quantité de la lumière naturelle dite facteur de lumière du jour (FLJ) et le taux ou fréquence de papillotement de l'éclairage. (Frontczak & Wargocki, 2011)

Pour concevoir un éclairage de qualité, un certain nombre d'exigences est nécessaire. Ces exigences diffèrent selon le type de tâche exécutée dans l'espace considéré d'une part (Musa & al, 2012), et d'autre part selon les normes de l'aire géographique ou du pays en question, où à titre d'exemple la norme européenne (NF EN 12464-1) définit un triplé d'exigences lié aux trois facteurs qui sont le niveau d'éclairement, l'éblouissement et l'indice de rendu des couleurs (Lux la revue de l'éclairage, 2004). Alors que dans le code du travail algérien⁸, on retrouve seulement une exigence liée au niveau d'éclairement.

Suivant notre interprétation de la définition de l'éclairage de qualité de Boyce (1996)⁹ qui voit qu'un éclairage de qualité est atteint quand le système d'éclairage est techniquement correct et qu'il excite l'esprit de l'observateur, il semble se définir deux groupes d'exigences qui sont : des exigences techniques et des exigences psychologiques. Dans le premier groupe, « le niveau d'éclairement est la caractéristique la plus importante quantifiant la qualité de l'éclairage » (Roulet, 2008, p. 109). Quant au

⁶ Citée dans : (Arsenault, 2012, pp. 34,35)

⁷ Citée dans : (Pineault, 2009, p. 26)

⁸ S.A. (2003). *Code du travail – Recueil de textes législatifs et réglementaires* (éd. 2e). Alger: Berti

⁹ Citée dans : (ALG, 2001, pp. 5-6)

deuxième groupe (psychologique), on trouve chez Chabane (2006) que l'un des principaux effets de la lumière naturelle est la stimulation directe de l'esprit.

C'est pourquoi dans notre recherche, les deux facteurs qui seront pris en considération pour déterminer la qualité de l'éclairage intérieur sont : le niveau d'éclairage et le facteur de lumière du jour.

II- 3.1. Le niveau d'éclairage

Le niveau d'éclairage est le quotient du flux lumineux tombant uniformément sur une surface par l'aire de cette surface et il s'exprime en **lux** (Lx) (Roulet, 2008).

Dans notre recherche de normes d'éclairage pour les espaces d'études universitaires, nous avons constaté que la plupart des normes concernent les écoles primaires jusqu'au lycée sans mention spécifique aux espaces universitaires. C'est pourquoi, nous avons essayé de rassembler des normes liées aux tâches exécutées dans l'espace intérieur d'étude universitaire, ressemblant aux tâches des espaces bureaux. Le tableau suivant illustre une combinaison d'exigences du niveau d'éclairage dans les écoles et les bureaux.

Tableau 1 : Niveaux d'éclairage recommandés suivant la tâche

espace	Eclairage (lux) ¹⁰	référence
Ecole, bureaux, travaux courants, lecture, écriture, travail sur écran...	Min 300 Moy 400 Max 500	L'union Suisse pour la lumière (Roulet, 2008, p. 109)
Dessin, tracés, travaux techniques...	Min 500 Moy 750 Max 1000	
Bâtiments scolaires, salle de classe au primaire et secondaire	Min 500	Normes européennes sur l'éclairage : norme NF EN 12464-1
Eclairage des bureaux: dactylographie, lecture, poste CAO	Min 500	
Ecriture, dactylographie, lecture	Min 500	NBN EN 12464-1 (Code de Bonne Pratique en Eclairage Intérieur) (IBE-BIV)
Station de travail de conception assistée par ordinateur	Min 500	
Travail effectué sur un poste informatique	500	Ministère de la Justice Canada, 2004 (Dubois, 2006, p. 4)
Lecture de cartes ou de plans	1000	
Bureau de Dessin (studio)	300 - 400	Malaysian Standard MS 1525:2007 (Musa & al, 2012, p. 320)
Locaux de travail	120	Code du travail algérien (Code du travail – Recueil de textes législatifs et réglementaires, 2003, p. 537)
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200	

D'après ce tableau, le niveau d'éclairage recommandé varie entre 120 et 1000 lx. Mais en considérant la récurrence des valeurs d'une part, et d'autre part le type de notre espace d'étude (école d'architecture) nécessitant un travail de précision et de concentration, nous allons considérer l'intervalle entre **500 et 1000 Lx**. Cela est d'autant plus confirmé dans la publication de (Chabane & Bensalem, 2006) où il est considéré que même si 500 lux d'une source blanche d'éclairage, constitue un niveau typique d'éclairage recommandé dans un environnement d'espace bureaux pour le processus visuel ; il reste très insuffisant pour la stimulation du système humain qui doit varier entre 1000 et 1500Lx.

¹⁰La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) recommande trois valeurs (Min, Moy et Max) à choisir selon les caractéristiques physiques de la zone où s'exerce la tâche visuelle (contraste, facteur de réflexion), les exigences de performance et les capacités visuelles de l'opérateur. (Lux la revue de l'éclairage, 2004, p. 48)

II- 3.2. Le facteur lumière du jour (FLJ)

C'est le rapport de l'éclairement naturel en un point à l'intérieur du bâtiment à l'éclairement produit simultanément sur un plan horizontal à l'extérieur par l'hémisphère du ciel sans obstruction (inexistence d'ombre d'objet ou de bâti). Ce facteur s'exprime en % et se détermine généralement pour un ciel couvert type en raison de la bonne distribution de la lumière. (Roulet, 2008)

Tableau 2 : Facteur de lumière du jour recommandé

Type de bâtiment	Activité	FLJ moyen (%)	FLJ minimum (%)	Source
Bureaux de dessin	Générale	5	2.5	(Bodart & Deneyer, p. 5)
Ecoles	Salles de classe	5	2	
Espace intérieur en général	/	4-5	/	(Designing Quality Learning Spaces:lightning, 2007, pp. 9,22)
/	Pour la plupart des tâches	3-4	/	
/	/	5	/	(Philips, 2004, p. 45)

II- 4. Influence de l'éclairage sur les occupants

L'éclairage d'un espace intérieur avec ses différentes caractéristiques, porte une influence sur l'utilisateur de cet espace. Cette influence peut être directe sur l'œil, où l'augmentation du niveau d'éclairement améliore la visibilité, la vitesse et la précision d'exécution d'une tâche visuelle d'une part, mais en revanche, si l'éclairage n'est pas adéquat il peut causer sur le court terme, une tension dans les yeux et un mal de tête (Galitz, 1984)¹² ainsi qu'une diminution de l'acuité visuelle sur le long terme. L'éclairage porte aussi une influence indirecte sur l'utilisateur de l'espace (influence psychophysiologique) à travers son influence sur les hormones de la personne (Chabane, 2006). Aussi, l'éclairage exerce une influence sur l'impression subjective de l'environnement comme grandeur, clarté visuelle, intimité et ordre. (Öztürk, 2010)

Dans la littérature scientifique, où on parle des effets de la lumière, trois paramètres se répètent souvent : le niveau d'éclairement, la lumière naturelle et la température de couleur¹³. C'est l'influence de ces trois paramètres que nous allons aborder dans les sections suivantes.

II- 4.1. Influence du niveau d'éclairement

Différentes recherches montrent que le niveau d'éclairement agit sur les cycles circadiens¹⁴ et hormonaux, où la lumière influence le taux de mélatonine qui constitue l'hormone responsable du cycle jour et nuit (Chabane, 2006). Aussi on reconnaît au niveau d'éclairement, une influence sur l'activité qui s'accroît en fonction de la luminosité (exprimée en lux), cette activité serait optimale à partir de 420 Lx dans le cas de l'éclairage direct (Fleischer, Krüger & Schierz, 2001)¹⁵. Dans ce même sens, on trouve chez Van Bommel & Van den Beld (2003)¹⁶ qu'entre 450 et 1750 Lx, les ondes cérébrales delta baissent significativement, ce qui signifie un taux d'activité élevé.

¹² Citée dans : (Öztürk, 2010 , p. 2)

¹³ La Température de couleur : mesuré en degré Kelvin, elle définit la teinte de lumière où on a les teintes froides et les teintes chaudes

¹⁴ Cycle circadien : rythme biologique correspond à une période de 24 heures

¹⁵ Citée dans : (Roulet, 2004, p. 100)

¹⁶ Citée dans : Idem

Autre que les effets précédents liés à la physiologie, Küller (2006)¹⁷ a établi une relation entre le niveau d'éclairage et l'humeur (psychologie), où il a montré que dans les cas où la lumière était jugée trop sombre, cela coïncidaient avec des scores d'humeur plus négative.

II- 4.2. Influence de la température de couleur

La température de couleur de la lumière a une incidence non négligeable sur les occupants et la perception des environnements intérieurs (Arsenault, 2012). Cette incidence se manifeste sur plusieurs niveaux, où pour le niveau physiologique, concernant l'effet activateur, Kobayashi & Sato (1992)¹⁸ ainsi que Mukae & Sato (1992)¹⁹ montrent que les hautes températures de couleur sont plus activatrices que les basses températures de couleur. Par conséquent, cela va générer une meilleure productivité (Roullet, 2004). Pour le deuxième niveau qui concerne le côté psychologique, Knez (1995)²⁰ dans sa recherche sur les effets de l'éclairage intérieur sur les performances cognitives et l'humeur dans les bureaux, montre que la température de couleur qui génère une humeur positive augmente aussi la performance.

II- 4.3. Influence de la lumière naturelle

Dans la littérature scientifique, on reconnaît à la lumière naturelle des effets positifs bénéfiques pour la personne, sur les deux plans psychologique et physiologique (Chabane, 2006). Cette appréciation positive revient aux caractéristiques de la lumière naturelle qui diffèrent de l'éclairage artificiel. La première des caractéristiques est sa nature hautement **variable**, qui fait que les occupants d'un espace se sentent plus alertes, énergiques et positifs lors des journées ensoleillées en raison de la stimulation occasionnée par les forts contrastes résultants de l'alternance des zones claires et obscures (Gordon, 2003)²¹. La deuxième caractéristique est liée au niveau d'**éclairage** qui est trop élevé (peut atteindre 100.000 Lx sous le soleil), ce qui constitue selon Collins (1975)²² une source de stimulation psychologique positive, qu'on attribue souvent à l'apport thermique et la brillance de l'ensoleillement. D'un autre côté, ce niveau d'éclairage élevé constitue un effet activateur sur les occupants d'un espace. La troisième caractéristique est la **température de couleur**, comme on l'a vu précédemment, sur le fait que les températures de couleur élevées soient les plus activatrices. Selon Neumann et al. (2003)²³, la lumière naturelle (d'une verrière) possède une température de 5500°K tandis qu'une ampoule classique de 100W possède une température de couleur de 2750°K et un tube néon (blanc) une température de 3500°K. Cela montre bien que la lumière naturelle est meilleure en comparaison à l'éclairage artificiel.

En ce qui concerne les espaces d'études ou d'apprentissage, plusieurs recherches ont montré l'importance de la lumière naturelle, notamment au niveau de la performance qui selon des recherches aux Etats-Unis, l'éclairage naturel dans les classes d'enseignement serait lié à 20% d'amélioration

¹⁷ Citée dans : (Pineault, 2009, p. 17)

¹⁸ Citée dans : (Roullet, 2004, p. 100)

¹⁸ Citée dans : Idem

²⁰ Citée dans : (Öztürk, 2010, p.16)

²¹ Citée dans : (Dubois, 2006, p. 8)

²² Citée dans : (Chabane, 2006, p. 54)

²³ Citée dans : (Roullet, 2004, p. 100)

quant aux performances des étudiants (BRANZ, 2007). D'autres chercheurs comme Rittner et Robbin (2002)²⁴ indiquent que la lumière naturelle aide à retenir et apprendre l'information.

II- 4.4. Synthèse

On retiendra de cette section que l'éclairage le plus adéquat pour la personne est le naturel, qui présente des caractéristiques techniques supérieures à celles de l'artificiel, et qui génère des résultats positifs sur plusieurs niveaux tels que l'activité, et la performance.

II- 5. Facteurs environnementaux pouvant influencer l'éclairage

L'éclairage en raison de sa dépendance de plusieurs paramètres, subit plusieurs influences qui peuvent être liées au système d'éclairage en soit, comme élément interne, représentant les caractéristiques propres au luminaire dans le cas de l'éclairage artificiel par exemple. Ces influences peuvent être aussi causées par des éléments extérieurs et dans ce cas on parle de facteurs environnementaux. Ces derniers peuvent correspondre à titre d'exemple, à la luminosité du ciel local ou aux paramètres du projet (géométrie, taille de la pièce, type du vitrage, couleur de la pièce et la réflexion des surfaces extérieures) ou bien sûre aux deux à la fois. Certains chercheurs considèrent ces deux paramètres à la fois pour calculer la lumière naturelle à l'intérieur d'un espace d'étude (Garcia Tavares & al, 2006).

Dans cette section, nous allons diviser les facteurs environnementaux qui influencent l'éclairage d'un espace intérieur, en deux catégories : la première quantifiable, observée par mesures ; et la deuxième est subjective, observée chez les occupants.

II- 5.1. Facteurs quantifiables influençant l'éclairage

Les facteurs environnementaux quantifiables peuvent être divisés en deux catégories : internes et externes.

II- 5.1.1. Les facteurs internes (liés au local)

D'après la littérature, nous pouvons considérer cinq facteurs essentiels, pouvant influencer le niveau d'éclairage dans un local :

- a) Propreté du local : exprimée par le facteur de maintenance qui prend en compte l'empoussièremement des luminaires et l'encrassement du local.
- b) Taille des ouvertures : qui permet la pénétration de la lumière vers l'espace intérieur, où les grandes surfaces vitrées permettent de mieux éclairer les espaces intérieurs.
- c) Teinte du vitrage : exprimée par le facteur de transmission, où les teintes foncées atténuent fortement l'éclairage pénétrant à l'intérieur du local. Cela sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif, le type de vitrage affecte aussi la couleur de la lumière (Pineault, 2009).
- d) Géométrie et taille de la pièce qui sont prises en compte pour le calcul de la lumière naturelle (Garcia Tavares & al, 2006). Ces deux paramètres combinés influencent directement l'éclairage à travers la réflexion des parois intérieures (Bodart & Deneyer, s.d).

²⁴ Citée dans : (Winterbottom & Wilkins, 2009, p. 63)

- e) La couleur et texture des composantes internes du local qui affectent l'éclairage à travers le coefficient de réflexions internes des différentes composantes, où les facteurs de réflexion plus élevés permettent à la lumière d'être davantage réfléchi. (Bodart & Deneyer, s.d)

II- 5.1.2. Les facteurs externes

Nous pouvons considérer deux facteurs essentiels, pouvant influencer le niveau d'éclairage dans un local :

- a) L'environnement extérieur : regroupant le bâti et la végétation qui peut jouer deux rôles. Premièrement un masque empêchant la pénétration de la lumière par la création de zones d'ombre diminuant ainsi le niveau d'éclairage et deuxièmement, il peut jouer le rôle de diffuseur de lumière et cela dépend du coefficient de réflexion des surfaces extérieures.
- b) Le type de ciel : la lumière disponible diminue fortement lorsque le ciel se couvre. (Reinhart, Mardaljevic & Rogers, 2006)

II- 5.2. Facteurs subjectifs influençant la perception de l'éclairage

En considérant que l'occupant fait partie de l'environnement (bien qu'il soit la partie la plus importante) et qu'en réalité la qualité d'un éclairage n'est appréciée qu'à travers sa perception, les facteurs subjectifs peuvent être considérés sous cinq points :

- a) La vue du ciel à partir de l'espace intérieur, influence l'appréciation de l'éclairage, où les occupants d'un espace intérieur situé dans une partie sans vue vers le ciel, tendent à penser que l'éclairage qu'ils reçoivent est insatisfaisant. (BRANZ, 2007)
- b) La teinte du vitrage : des recherches ont montré à titre d'exemple qu'un verre bronze donne l'impression que la pièce est davantage lumineuse (Cuttle 1979; Boyce et al. 1991)²⁵.
- c) La couleur : une surface claire est perçue comme étant mieux éclairée qu'une surface foncée (Bodart & Deneyer, s.d).
- d) Le genre : la perception visuelle d'un même type d'éclairage peut différer d'une personne à l'autre en raison des composantes subjectives entrant dans le processus de perception (Lam, 1992)²⁶. Des recherches ont montré que les préférences du niveau d'éclairage diffèrent entre homme et femme, où les femmes favorisent des niveaux d'éclairage élevés plus que les hommes (Hidayetoglu.M.L & al, 2012). Cela nous laisse penser par conséquent que dans les mêmes conditions d'éclairage, l'appréciation de l'éclairage peut être différente entre les deux genres.
- e) Les attentes : l'appréciation de l'environnement de la personne est liée à ses attentes, où cette appréciation serait positive si les caractéristiques d'un espace sont fidèles aux attentes de l'occupant (Lam, 1992)²⁸. Cela selon nous, inclus l'éclairage, qui constitue une des caractéristiques de l'espace.

²⁵ Citée dans : (Arsenault, 2012, p. 25)

²⁶ Citée dans : (Pineault, 2009, p. 19)

²⁸ Citée dans : (Pineault, 2009, p. 19)

II- 5.3. Synthèse

Cette section nous a permis de remarquer que la plupart des facteurs affectant l'éclairage sont liés à la conception, ce qui veut dire qu'un espace bien planifié peut assurer d'avantage une bonne qualité d'éclairage.

II- 6. Synthèse de l'éclairage intérieur

On retiendra de cette section qu'un bon éclairage génère des effets positifs chez l'occupant de l'espace, où dans les espaces d'étude, un bon éclairage aide à la concentration et favorise l'apprentissage. Pour s'assurer de la qualité de l'éclairage dans un espace, deux facteurs sont essentiels. Il s'agit du niveau d'éclairement où nous avons opté pour un intervalle de 500 à 1000 Lx, qui correspond aux exigences des tâches exécutées dans une école d'architecture. Le deuxième facteur concerne l'apport de la lumière naturelle. Cette lumière qui constitue un élément positivement apprécié dans les espaces intérieurs dont le facteur (FLJ) doit être, pour notre cas, compris entre 2,5% et 5%.

Après avoir traité notre premier élément de l'environnement visuel, nous allons passer dans la partie qui suit au deuxième facteur, qui est la couleur.

II- 7. L'apport de la couleur dans l'espace intérieur

Dans cette partie concernant la couleur, nous allons commencer par quelques notions de base sur la couleur, ce qui va nous aider à comprendre dans une autre étape l'influence qu'a la couleur sur l'occupant de l'espace intérieur.

II- 7.1. Définition, aspects et fonctions de la couleur

II- 7.1.1. Définition de la couleur

La couleur n'existe pas sans la lumière (Öztürk, 2010), c'est pourquoi sa définition repose sur cette dernière. Lorsque la lumière du jour ou toute autre sorte de lumière incidente frappe une surface, certaines longueurs d'onde sont absorbées ou réfléchies par la matière colorante dite pigment. Dans ce cas, ceux sont les longueurs d'onde réfléchies qui donnent la couleur que voit l'observateur (Zelanski & Pat Fisher, 2006).

L'observation ou la vue des couleurs est assurée par l'œil qui contient ce qu'on appelle les cônes responsables de la vue des couleurs. On retrouve trois types de cônes sensibles aux différentes longueurs d'onde; courte, moyenne et longue dites autrement et respectivement : bleu, vert et rouge (Bright, Cook, & Harris, 2004). Toutes les autres couleurs qu'on voit sont une combinaison de ces trois couleurs.

Les trois couleurs; bleu, vert et rouge sont dites **couleurs primaires de la lumière** (Zelanski & Pat Fisher, 2006). Elles sont différentes des **couleurs dites pigmentaires** (liées à la matière), où les

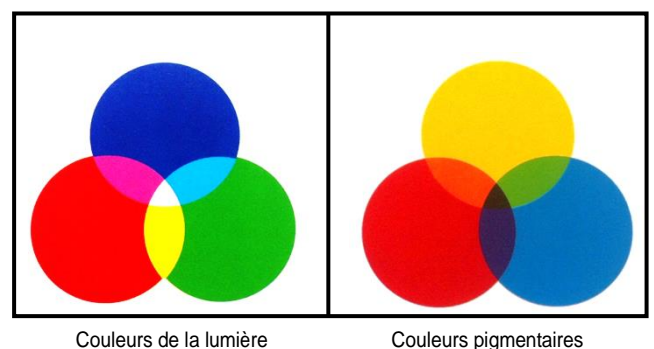


Figure 3 : Différence entre couleurs de la lumière et pigmentaires
Source : (Zelanski & Pat Fisher, 2006, p.16)

primaires sont; bleu, jaune et rouge. Le mélange ou la combinaison des couleurs primaires nous permet d'avoir toutes les autres couleurs, mais le comportement entre couleurs de la lumière et celles pigmentaire change, où le mélange entre couleurs de lumière donne du blanc, alors que dans le cas des pigmentaires, il donne du noir (Fig.3)

II- 7.1.2. Aspects de la couleur

Pour parler de couleur, trois éléments (qualités) doivent être définis, et qui sont appelés; teinte, valeur et saturation. (U.S. Army Engineer District, 1997). L'ensemble de ces éléments nous permet de distinguer chaque couleur par rapport à l'ensemble des couleurs existantes (Öztürk, 2010).

a) La Teinte

C'est la qualité ou caractéristique de couleur qui est associée aux noms comme rouge, bleu, vert, etc. (Fig. 4). Elle est déterminée par les longueurs d'ondes (Öztürk, 2010).

Les teintes dans la roue chromatique peuvent être divisées en deux catégories, où dans la première appelée couleurs chaudes (Fig. 5), on retrouve les couleurs du spectre allant du rouge au jaune, alors que la deuxième catégorie regroupe les couleurs qui vont du vert au violet, et qui sont dites couleurs froides. (U.S. Army Engineer District, 1997)

b) La Valeur

Connue sous le nom de luminosité, c'est le degré de luminosité ou d'opacité d'une couleur (Fig. 6) sur une échelle des gris allant du noir vers le blanc (Zelanski & Pat Fisher, 2006).

c) La Saturation

C'est le degré à partir duquel les couleurs deviennent grises lorsque elles sont mélangées avec leurs complémentaires. A l'état le plus pur, le plus vif, les couleurs sont saturées au maximum et lorsqu'elles deviennent de plus en plus ternes, on parle de baisse de saturation (Fig. 7). Elle est la mesure de pureté ou d'intensité relative d'une couleur (Zelanski & Pat Fisher, 2006)

Les couleurs qui s'éloignent de la basse saturation son dites teintes chromatiques. En contrepartie, le blanc, le noir et le gris, additionnés aux couleurs qui tendent vers ces deux derniers (noir et gris) en raison de leur basse saturation, sont dites couleurs neutres ou achromatiques. (Zelanski & Pat Fisher, 2006)

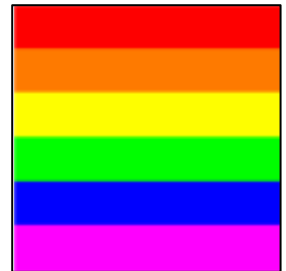


Figure 4 : Les teintes de couleur*

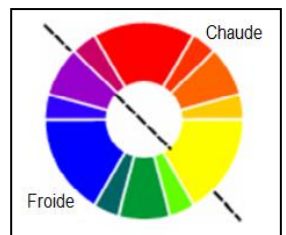


Figure 5 : Couleurs chaudes et froides sur la roue chromatique*



Figure 6 : La valeur d'une couleur*



Figure 7 : La saturation d'une couleur*

*Source des figures: (U.S. Army Engineer District, 1997, p. 3.7)

II- 7.1.3. Fonctions de la couleur dans les espaces intérieurs

La couleur est un élément important dans le design des espaces intérieurs, qui constitue un moyen de communication entre la personne et l'environnement bâti (Holtzschue, 2006)²⁹. Elle peut être utilisée pour différents buts qui varient entre l'esthétique et le fonctionnel.

Esthétiquement, Les couleurs sont utilisées pour moduler l'apparence des immeubles et les rendre agréables, harmonieux et accueillants. Ces buts sont atteints par l'utilisation appropriée de la couleur pour les différents éléments de design de l'espace, où la couleur permet de différencier, unifier ou accentuer ces derniers. Cela affecte notre manière de voir l'espace intérieur, où à titre d'exemple certaines couleurs rendent l'espace plus petit ou plus large. Aussi, certains éléments peuvent être vus comme proches ou éloignés en fonction de leurs couleurs. (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008)

Fonctionnellement, les couleurs peuvent aussi servir plusieurs objectifs. Elles peuvent être utilisées pour définir l'aire ou territoire d'un espace par rapport à son environnement. Elles peuvent aussi jouer un rôle important dans le repérage et l'orientation dans un espace, où à titre d'exemple la couleur est employée pour accentuer les entrées et sorties d'un espace. Une autre fonction est liée au caractère de l'espace que la couleur permet de définir à travers l'impression et la symbolique qu'elle suggère. (Öztürk, 2010)

II- 7.2. Effets de la couleur sur l'utilisateur de l'espace

La couleur dans les espaces intérieurs constitue un élément environnemental important pour les occupants, qui peut les affecter physiologiquement et psychologiquement ainsi que leurs impressions subjectives de l'espace. (Öztürk, 2010)

II- 7.2.1. Effets sur la perception de l'espace

Des recherches ont montré que la taille d'une pièce paraît différemment suivant la couleur utilisée pour les surfaces, où il a été démontré par Mahnke (1996)³⁰, que les couleurs claires augmentent la taille apparente d'un local, alors que les couleurs foncées ou de saturation élevée tendent à rendre la taille apparente d'une pièce, plus petite. D'un autre côté, les plafonds très hauts paraissent plus bas en appliquant des couleurs foncées ou froides. Suivant le même principe, l'application des couleurs claires ou froides fait qu'un plafond bas semble être haut. (Öztürk, 2010)

La couleur des parois intérieures a un effet considérable sur l'éclairage à travers sa qualité de réflexion (Öztürk, 2010). L'éclairage dû aux réflexions intérieures est généralement la composante principale de l'éclairage naturel au fond d'un local. La nature et la couleur des parois influencent donc fortement la distribution lumineuse dans un espace (Bodart & Deneyer, s.d). Pour cela l'utilisation des parois claires, qui vont jouer le rôle d'une source d'éclairage secondaire, va améliorer l'éclairage (Reyes, 1986)³¹, et assurer une répartition plus homogène de la lumière dans l'ensemble de la pièce (Bodart & Deneyer, s.d).

La lumière quand elle rencontre un matériau, une partie d'elle va être transmise (E_t), une autre absorbée (E_a) par le matériau et une partie va être réfléchiée (E_r). Ceci peut être exprimé par l'équation suivante : $E_i = E_t + E_a + E_r$, E_t : dans le cas du vitrage

²⁹ Citée dans : (Öztürk, 2010 , p. 17)

³⁰ Citée dans : Ibid., p. 29

³¹ Citée dans : Ibid., p. 33

Dans notre cas, on s'intéresse au plafond qui est opaque et donc l'équation précédente peut être réécrite comme suit : $E_i = E_a + E_r$, $E_{\text{absorbé}}$: représente la perte en éclairage

Les proportions de E_a et E_r dépendent des caractéristiques du matériau (couleur et texture). Le tableau suivant donne la perte en (%) qu'on a calculé par rapport au coefficient de réflexion des différents types de matériaux. (Réduction d'éclairage % = 100 - coefficient de réflexion)

La réduction obtenue n'est pas celle de tout l'éclairage au niveau de la pièce, mais c'est la réduction de la lumière ou rayon indirect qui se propage dans la pièce par réflexion. Cette réduction ne peut être significative que si l'éclairage conçu pour la pièce est de type indirect ou mixte.

Figure 8 : Facteur de réduction d'éclairage de différents matériaux (Source : Architecture et Climat, 2012)

Matériau	Peinture					
	Blanc	gris	noir	bleu	rouge	jaune
Reduction (%)	20-30	40-65	99.96	50-80	65-80	30-50
Matériau	Papiers peints			Autres		
	Très claires (blanc, crème)	Clairs (gris, jaune, bleu)	Foncés (noir, bleu, gris, rouge)	Crépis blanc neuf	Béton neuf	Béton ancien
Reduction (%)	25-35	40-55	99.64	20-30	50-60	99.85 - 99.95

II- 7.2.2. Effets physiologiques

Les recherches indiquent que la perception de la température change en relation avec la couleur intérieure d'un espace (Wise & Wise, 1988)³². Une expérience menée par Mahnke (1996)³³, a montré que les occupants d'un espace de couleur bleu-vert sentaient plus de froid que les occupants d'un espace rouge-orangé, malgré que la température ambiante a été la même dans les deux espaces. Cela est causé selon des recherches en physiologie par le fait que sous une lumière rouge, notre corps sécrète plus d'adrénaline, ce qui accroît la pression sanguine et le rythme respiratoire, le tout accompagné d'une légère mais réelle hausse de température. En revanche, des travaux en psychologie ont mis en évidence que des lumières vertes ou bleues ralentissent le rythme cardiaque, détendent les muscles et font baisser la température (Zelanski & Pat Fisher, 2006).

II- 7.2.3. Effets psychologiques

La couleur constitue un facteur environnemental important affectant la psychologie de l'occupant d'un espace. Elle est un élément majeur dans le design intérieur qui a le potentiel d'augmenter les conditions psychologiques et la productivité (Sundstrom, 1996; Wineman, 1986)³⁴. Cette importance a été affirmée par beaucoup de chercheurs, comme à titre d'exemple la recherche menée par Küller & al (2006)³⁵, visant à déterminer si l'éclairage intérieur et la couleur ont un impact sur l'humeur. Il a été affirmé que la couleur constitue un facteur environnemental important pour les travailleurs des

³² Citée dans : (Öztürk, 2010 , p.29)

³³ Citée dans : Ibid, p.30

³⁴ Citée dans : Ibid, p.2

³⁵ Citée dans : Ibid, p.38

bureaux. Dans le domaine de l'enseignement, la couleur a un impact sur la réussite des étudiants et également sur l'efficacité des enseignants (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008).

Les effets des différentes couleurs varient selon les caractéristiques de ces dernières. Pour cela et pour simplifier, on va constituer trois groupes liés aux caractéristiques de la couleur, où le premier groupe compare entre couleurs claires et foncées. Le deuxième groupe s'intéresse aux effets des couleurs chaudes et froides, alors que le troisième groupe comprend les couleurs chromatiques et les couleurs neutres.

a) Clares et Foncées

Les couleurs claires sont considérées comme étant actives tandis que les foncées sont passives (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008). Grandjean (1973)³⁶, suggère que les couleurs claires sont jugées plus amicales, lumineuses et elles paraissent plus agréables et plus belles par rapport aux couleurs foncées. Pour cela, il est recommandé d'utiliser des couleurs claires dans les écoles où leur application sur les parois crée un environnement favorable pour l'apprentissage. (Schools, s.d)

b) Chaudes et froides

Concernant l'activité, les couleurs chaudes et froides affectent l'occupant de l'espace différemment, où les couleurs chaudes sont souvent associées à l'excitation, l'activité et à l'éveil mental. Pour cela, elles sont de plus en plus utilisées dans les écoles, alors que les couleurs dites froides sont liées généralement à la relaxation et le calme (Zelanski & Pat Fisher, 2006).

En ce qui concerne les sentiments, selon Hârlemann (2007)³⁷, les couleurs chaudes génèrent de fortes émotions telles que l'affectation et la provocation ; alors que les couleurs froides sont associées souvent à la relaxation. Ceci peut être retrouvé dans des recherches de comportement au niveau des prisons qui montrent qu'une augmentation du niveau de violence peut être remarqué au niveau des pavillons peints en rouge ou jaune (couleurs chaudes), en comparaison avec les pavillons peints avec des couleurs froides telles que le bleu et le vert (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008). Cette différence n'est pas toujours valable, car dans une recherche menée par Joyce & Lambert (1996)³⁸ investiguant l'influence des différentes couleurs sur des collégiens, il a été montré que l'évaluation d'état d'humeur générée par une pièce peinte en bleu (froide) et une autre en rouge (chaude) était la même.

c) Couleurs chromatiques et neutres

En comparant les couleurs dites chromatiques avec les couleurs neutres ou autrement dites achromatiques (les gris, le blanc et le noir), on trouve que les neutres sont en général perçues négativement (Hidayetoglu & al, 2012). Cette appréciation se retrouve sur plusieurs niveaux, tel que la performance, l'humeur et l'appréciation de l'espace.

En ce qui concerne **la performance**, Gulak (1991)³⁹ montre que les couleurs neutres comme le gris et le beige étaient vues comme couleurs qui minimisent la concentration. Ces couleurs sont aussi sujets de monotonie et d'ennui ce qui les rend non stimulantes pour l'occupant de l'espace (U.S. Army

³⁶ Citée dans : (Yildirim, 2007, p. 3239)

³⁷ Citée dans : (Pineault, 2009, p. 25)

³⁸ Citée dans : (Yildirim, 2007, p. 3234)

³⁹ Citée dans : (Dalke & al, 2006, p. 346)

Engineer District, 1997). Un autre point lié à la performance est l'intelligence que Henner Hertel⁴⁰ a étudié chez des écoliers, et qui montre que la stimulation d'intelligence baisse dans les environnements neutres comme le blanc, le brun et le noir.

Pour ce qui est de l'**humeur**, il a été montré dans la recherche de Joyce & Lambert (1996)⁴¹, que des collégiens travaillant sur des anagrammes dans des pièces colorées, ont positivement jugé leur état d'humeur dans les pièces colorées relativement aux étudiants dans les pièces neutres.

Sur le point de l'**appréciation de l'espace**, Öztürk (2010) montre que l'espace peint avec couleur chromatique est trouvé plus agréable, attractif, satisfaisant et dynamique en comparaison avec l'espace peint avec une couleur neutre.

II- 7.3. Paramètres influençant l'appréciation des couleurs

La généralisation dans l'interprétation des effets des couleurs n'est pas toujours juste, parce que ces effets varient suivant le contexte où la couleur est appliquée (Dalke & al, 2006). Ce contexte contient beaucoup de paramètres liés à la personne ou à l'environnement, et qui portent leur influence sur la perception des couleurs.

- a) L'âge Selon Gale (1933)⁴², les petits enfants sont attirés par les couleurs chaudes et claires, mais ces préférences changent avec la maturation, où les adolescents préfèrent plutôt des couleurs foncées.
- b) Le genre
Les effets des couleurs diffèrent entre l'homme et la femme où une recherche, à titre d'exemple, menée par Kwallek & al (1996)⁴³ montre que les femmes ont indiqué plus de dépression, confusion et colère sous des couleurs de basse saturation, comme gris et beige ; alors que les hommes ont indiqué les mêmes résultats sous des couleurs de haute saturation, comme le vert, bleu, rouge, jaune et orangé.
- c) La Culture
La couleur a une symbolique qui diffère entre les cultures, où la même couleur va être interprétée différemment suivant la région par exemple. « Le blanc peut signifier la pureté aux états unis, la neutralité en France, la joie en Egypte et la mort en inde et au japon » (Daggett, Cobble & Gertel, 2008, p.7)
- d) L'éclairage
Nous avons précédemment montré que la couleur affecte l'éclairage. Il a été montré que dans le sens inverse, l'éclairage aussi influence l'appréciation de la couleur, où l'augmentation d'éclairage génère plus d'appréciations positives concernant la couleur. (Manav & Kutlu, 2010)
- e) La forme
La taille de la surface colorée et son environnement influencent notre manière de voir la couleur, où une grande surface colorée paraîtrait généralement plus claire qu'une très petite surface de la même couleur. (Zelanski & Pat Fisher, 2006)

⁴⁰ Citée dans : (Zelanski & Pat Fisher, 2006, p. 40)

⁴¹ Citée dans : (Yildirim, 2007, p. 3234)

⁴² Citée dans : (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008, p. 1)

⁴³ Citée dans : (Öztürk, 2010, p. 37)

II- 7.4. Synthèse de la couleur intérieure

La couleur a un effet sur la physiologie et la psychologie d'une personne. On retiendra de la section précédente que les couleurs neutres comme le gris, sont souvent sujettes à l'appréciation négative et cela pour différents espaces et émotions.

II- 8. Conclusion

Dans ce chapitre traitant l'environnement visuel, nous avons abordé deux niveaux d'influence.

Le premier niveau, concerne l'influence des paramètres constituant l'environnement visuel sur l'utilisateur de l'espace, où cette influence peut être physique ou psychologique ainsi que positivement ou négativement apprécié, et cela dépend des caractéristiques de l'élément traité. Il s'agit au premier lieu, de l'éclairage, où on a vu qu'un environnement lumineux génère des appréciations positives par rapport à un environnement sombre. Aussi, on a vu que la lumière naturelle constitue un élément clé pour atteindre un bon éclairage. Dans un deuxième lieu, intervient la couleur dont l'appréciation dépend du contexte, incluant plusieurs facteurs. Pour cela, la généralisation dans l'association des effets à des couleurs spécifique n'est pas toujours juste, mais en terme de catégorie de couleur, on a vu que les couleurs neutres ne sont généralement pas bien appréciées, en comparaison avec les autres couleurs.

Le deuxième niveau d'influence concerne l'interaction entre les deux éléments considérés dans l'environnement visuel, où on a vu que l'éclairage est influencé par la couleur et cela objectivement (quantité mesurée) et subjectivement, où les couleurs claires favorisent d'avantage l'appréciation positive qu'on a sur l'éclairage. Aussi, l'éclairage influence la perception de la couleur, où un éclairage élevé génère à priori une appréciation positive des couleurs.

III - PRESENTATION DU CAS D'ETUDE ET METHODE D'ENQUETE

III- 1. Introduction

Pour répondre à notre problématique nous avons choisi de combiner deux approches pour notre travail de terrain la première quantitative qui concerne les mesures sur site et la deuxième qualitative par questionnaire. Dans ce chapitre, nous allons au début présenter notre cas d'étude et ensuite les méthodes et outils utilisés pour collecter et traiter les données du terrain pour arriver au final à l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus.

III- 2. Présentation du cas d'étude (l'epau)

Notre recherche se déroule au niveau de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme (*epau*) située au quartier de Beaulieu à El-Harrach dans un espace qui regroupe trois autres écoles et une cité universitaire (Fig. 9). L'epau a été conçue par l'Architecte Brésilien Oscar Niemeyer, connu par l'utilisation du béton armé brut. Ce même architecte a conçu deux autres établissements universitaires en Algérie qui sont l'université Mentouri à Constantine (1971-1977) et l'université Houari-Boumediene USTHB à Alger (1974). Oscar Niemeyer a aussi réalisé la salle omnisports du 5-Juillet «la Coupole» à Alger.

Pour notre cas d'étude, nous avons choisi l'epau en raison de son accessibilité et la disponibilité des informations.

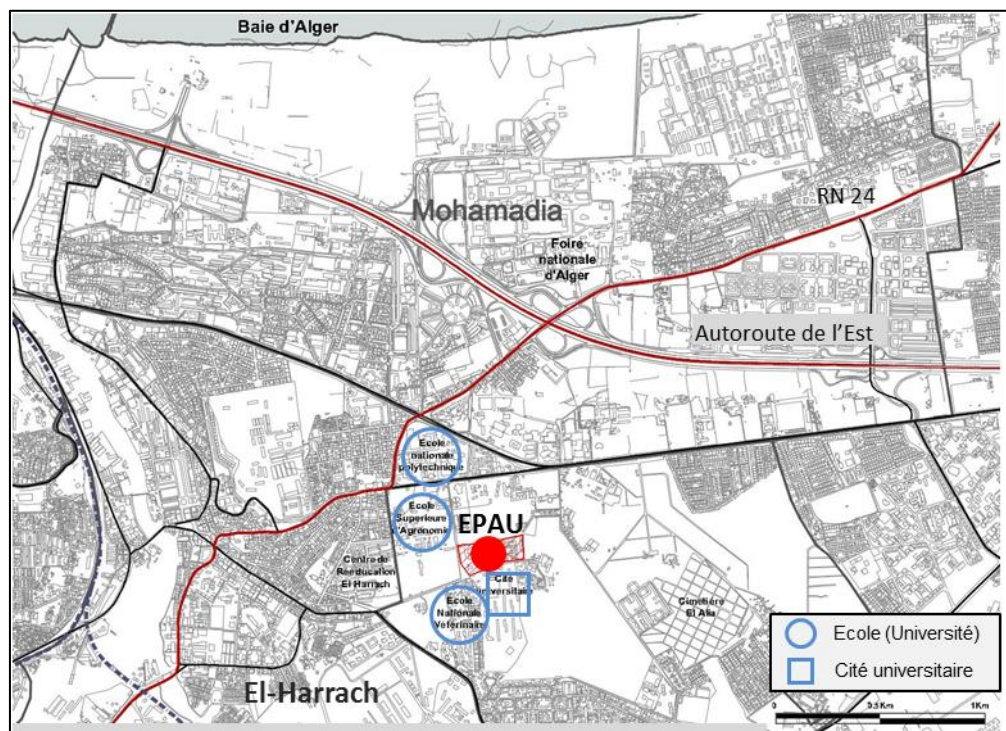


Figure 9 : Situation de l'epau à Alger

III- 2.1. Historique de construction de l'épau

L'épau a été construite en trois parties (Damerdji & Damerdji, 2012) (Fig.10).

III- 2.1.1. La première partie en 1970

L'épau fut réalisée en 1970, mais elle a été dessinée en 1968 par Oscar Niemeyer. Elle est composée de :

- deux amphithéâtres
- deux barres parallèles : une pour les ateliers et une pour l'administration
- une barre perpendiculaire aux 2 barres précédentes destinées aux salles de cours.

III- 2.1.2. La première extension en 1978

Conçue par l'architecte Jean Jacques Deluz, elle est constituée :

- d'un bloc administratif, aujourd'hui, réservé aux ateliers des classes préparatoires intégrées,
- d'une bibliothèque,
- des ateliers et des salles de cours,
- de deux blocs destinés au centre de recherche en architecture et urbanisme (CRAU), abritant aujourd'hui deux laboratoires de recherche (VUDD et VAP).

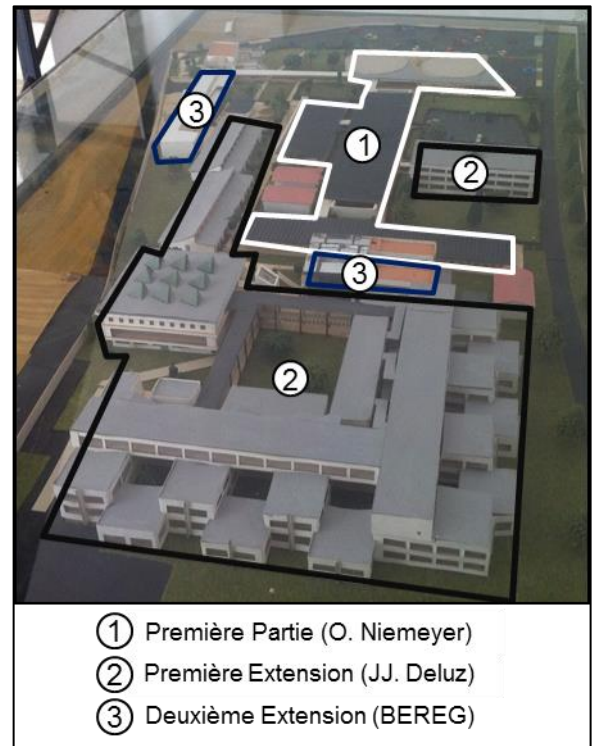


Figure 10 : Les trois parties de l'épau

III- 2.1.3. La deuxième extension entre 1999 et 2006 par le BEREG

Faite par le bureau d'étude de l'Etat (BEREG⁴⁵), cette extension comprend

- Construction du laboratoire des matériaux de construction
- Aménagement de l'espace d'articulation entre le projet d'O. Niemeyer et l'extension Deluz
- construction du nouveau bloc administratif

Ce qui nous intéresse dans cette recherche c'est les parois en béton brut. L'extension Deluz comporte des parois en béton de l'extérieur en plus de l'intérieur (plafond) à la différence de la partie Niemeyer où le béton est présent seulement dans les parois extérieures. C'est pourquoi nous avons choisi l'extension Deluz (partie qui regroupe ateliers et salles de cours) comme terrain d'investigation.

⁴⁵ BEREG : Bureau d'Etudes, de Réalisation et d'Engineering de projets

III- 2.2. Organisation de l'extension Deluz (partie des ateliers)

L'extension est un ensemble de cubes disposés sur deux cotés d'un espace vert de forme carrée (Fig. 11). Elle se compose de salles de cours et des ateliers distribués sur trois niveaux où, dans le premier niveau on trouve des salles de cour qui donnent vers l'espace vert central et les ateliers donnent vers l'extérieur ou vers des patios intérieurs. Les salles et les ateliers sont accessibles à partir d'une circulation horizontale en boucle (Fig. 12). De la même manière, le deuxième niveau est organisé en salles de cours et ateliers avec une circulation en boucle. Quant au troisième niveau, les ateliers se développent en deux grands rectangles formant un L (côté Nord et côté Est) (Fig. 13).

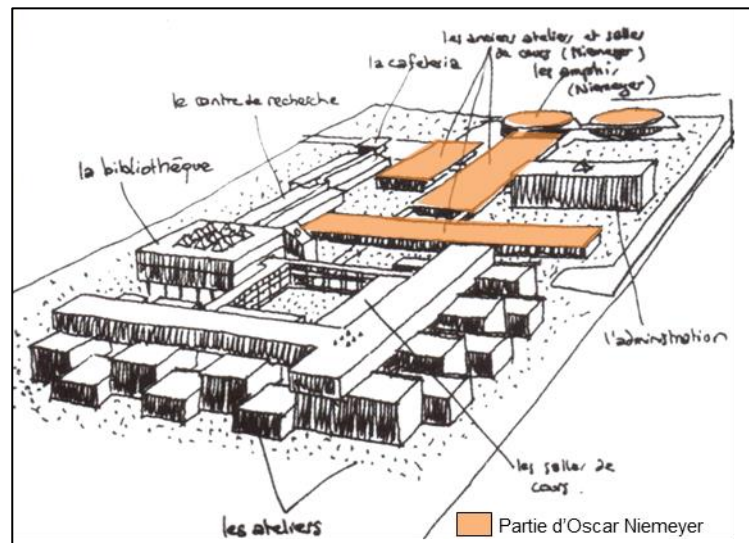


Figure 11 : Croquis de JJ Deluz
(Source: Damerdji & Damerdji, 2012, p.9)



Figure 12 : Plan du RDC de l'extension Deluz

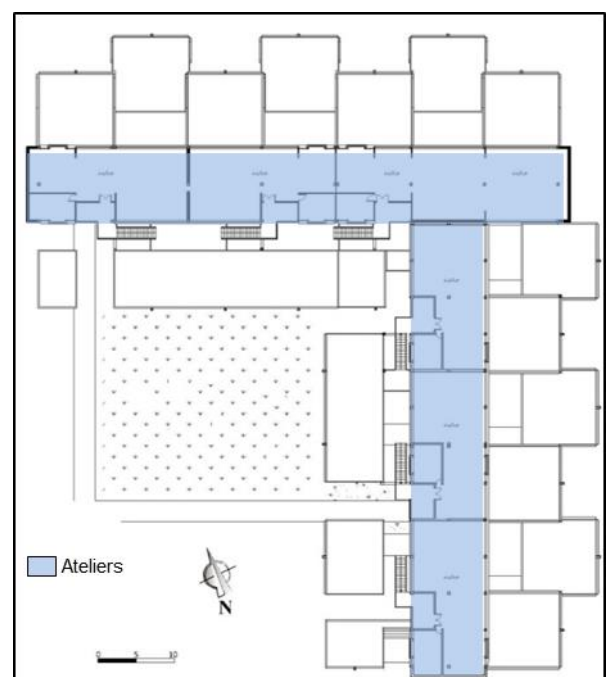


Figure 13 : Plan du 2ème étage de l'extension Deluz

(Source : Service technique de l'épau)

III- 3. La Préenquête (choix de l'échantillon spatial)

La préenquête s'est déroulée durant l'été 2012 (3-4 Juillet) et elle a consisté en la prise de photos et la prise des mesures du niveau d'éclairage. Cette étape nous a permis de choisir un échantillon parmi les ateliers de l'extension à travers ses caractéristiques.

III- 3.1. Outils de la préenquête

III- 3.1.1. Mesures photométriques

Dans cette recherche, nous nous sommes intéressés à la mesure du niveau d'éclairage parce que «la caractéristique la plus importante quantifiant la qualité de l'éclairage est l'éclairage local et sa répartition» (Roulet, 2008, p.109). L'éclairage étant la quantité de flux qui arrive sur une surface donnée. Son unité est le Lux (Lx). Il est généralement mesuré sur une surface plane au moyen d'un luxmètre. Le luxmètre⁴⁶ que nous avons utilisé dans cette enquête est le MT-4007 (Pro'sKit) de dimension (152x48x26mm) avec afficheur LCD de 3.5 chiffre (affichage maximal 1999) et une plage de mesure en 4 gammes de 20Lx, 200Lx, 2000Lx et 20000Lx.

III- 3.1.2. Observation

L'observation a été effectuée sur le site avec utilisation d'un appareil photo numérique, à différents moments aléatoires de la journée. Ces photos nous ont permis d'apprécier les différences et les ressemblances entre les ateliers de l'échantillon. Elles nous ont permis aussi d'apprécier les caractéristiques de chaque atelier.

III- 3.2. Critères de choix de l'échantillon

Pour le choix d'un échantillon au niveau de l'extension nous avons procédé par élimination :

-Elimination des salles de cour parce qu'on avait besoin d'un espace utilisé fréquemment par un même groupe d'étudiants durant plusieurs heures dans une même journée. Cela nous a menés vers le choix des ateliers (*utilisés par le même groupe d'étudiants au minimum, 2 fois par semaine, pour une journée entière de 9h à 17h*)

-Elimination des ateliers de la 5^{ème} année au 2^{ème} étage (Fig. 14) à cause de leur configuration spatiale intérieure (*existence de petites parois séparatrices au niveau d'un même atelier*). Parmi les ateliers qui restaient, nous avons cherché ceux avec les conditions d'éclairage les plus défavorables ce qui nous a permis d'éliminer les ateliers du premier étage qui offrent chacun trois(3) parois vitrées (Fig. 15). Ces parois engendrent un niveau l'éclairage important, en comparaison aux ateliers du RDC avec seulement deux(2) parois vitrées.

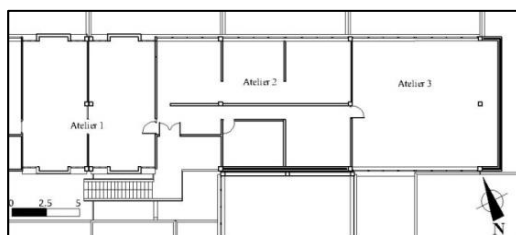


Figure 14 : Exemple de plan d'atelier au 2ème étage*

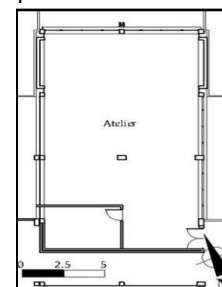


Figure 15 : Exemple de plan d'atelier au 1er étage*

⁴⁶ Luxmètre : constitué d'une cellule photovoltaïque recouverte d'un filtre correcteur lui donnant la sensibilité de l'œil et d'une lentille lui donnant une sensibilité proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence

* Source des plans : Service technique de l'epau

-Parmi les ateliers restants c'est-à-dire ceux du RDC, nous avons cherché à trouver deux ateliers qui devaient être presque **identiques** pour faciliter leur comparaison dans les étapes suivantes. On veut dire par identique, une ressemblance dans la forme (surface, parois), la position (atelier donnant vers l'extérieur ou l'intérieur), l'orientation (pour l'ensoleillement) et l'environnement immédiat (dans notre cas : l'escalier et le patio végétalisé). Nous avons considéré ces éléments à cause de leur influence sur l'éclairage.

-A cause du temps consacré à cette recherche et au volume du travail de terrain, nous avons opté pour le choix de deux(2) ateliers seulement pour constituer notre échantillon spatial. En observant le plan, nous sommes arrivés à trouver deux groupes d'ateliers semblables au côté Nord (**groupe A**) et (**groupe B**) et un groupe de deux ateliers du côté Est (**groupe C**) (Fig.16).

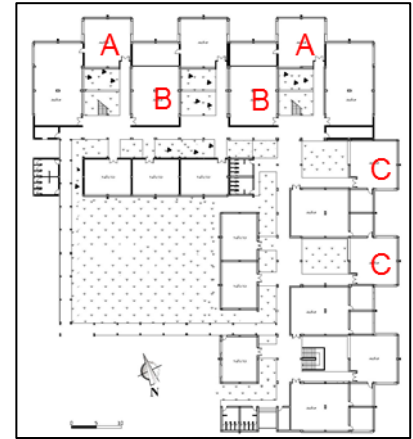


Figure 16 : Plan RDC de l'extension Deluz*

-Parmi ces groupes relevés, le *groupe C* a été éliminé, à cause de l'orientation Est où l'ensoleillement direct augmente le niveau d'éclairément. Puis, nous avons éliminé le *groupe B* malgré qu'il présente un niveau d'éclairément plus faible que le *groupe A* qui présente une géométrie plus simple (absence du poteau central qui est présent au niveau des ateliers du *groupe B*). Ce poteau semble avoir une influence sur l'uniformité d'installation des étudiants dans l'atelier.

Finalement, pour l'échantillon spatial, les deux ateliers retenus du groupe A sont les ateliers du RDC, orientés au nord, bénéficiant d'une seconde façade au sud donnant sur un patio planté et intégrant un escalier d'accès au 2^{ème} étage.

III- 3.3. Caractéristiques de l'échantillon spatial

Notre échantillon est donc composé de deux ateliers nommés **201b** et **203b** situés au rez-de-chaussée du côté Nord de l'extension Deluz et chaque atelier se caractérise par :

- Une **forme** rectangulaire presque carrée de (9.75x9.6m) entre axes (Fig. 17)
- Avec deux types de **Parois** verticales (Fig. 18), où dans le côté Nord et Sud on trouve de grandes vitres coulissantes et au côté Est et Ouest la paroi est presque opaque de couleur blanche (elle ne présente que de petites vitres de forme linéaire).

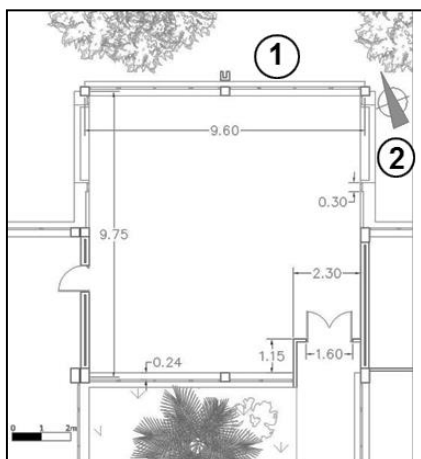


Figure 17 : Plan d'atelier 201b*

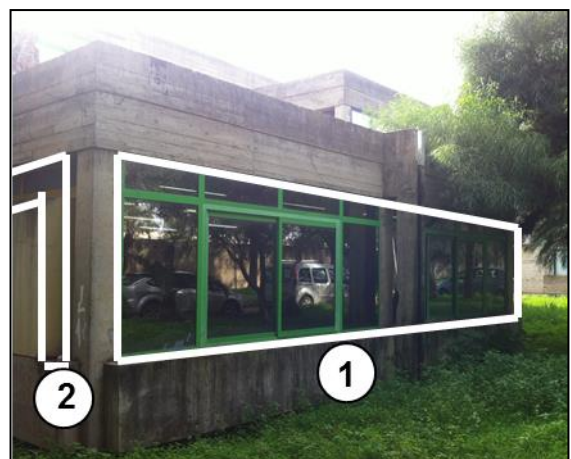


Figure 18 : Atelier 201b vue de l'extérieur côté Nord

* Source des plans : Service technique de l'épau

-Le **plafond** est à caissons en Béton non coloré et le revêtement de sol est d'une couleur marron (Fig. 19).

-Le vitrage n'est pas totalement transparent, il présente une teinte qui a de l'intérieur vers l'extérieur une couleur marron grisâtre et depuis l'extérieur une couleur grise réfléchissante (Fig. 20).

-L'atelier offre deux types de **vue vers l'extérieur** : une vers le patio et l'autre vers l'extérieur mais l'étendue de ces vues n'est pas grande à cause des obstacles qui sont les autres salles de cours, la végétation et l'escalier pour la vue vers le patio et le mur d'enceinte de l'école en plus de la végétation pour la deuxième vue.

-Le **meublement** au niveau de l'atelier est constitué de chaises et tables en bois de couleur beige foncé.



Figure 19 : L'intérieur de l'atelier 201b



Figure 20 : Teinte du vitrage

-Le système d'**éclairage électrique** est composé de onze (11) luminaires où chaque luminaire est composé de deux (2) tubes fluorescent de 1.2 m de longueur et de 36 watt de puissance (Fig. 21).

-Malgré qu'on aie cherché la ressemblance pour le choix des ateliers mais la pré-enquête nous a permis de remarquer une différence dans le niveau d'éclairage au niveau de la zone proche des vitres dans un même atelier et entre les deux ateliers. Cette différence est due à un facteur qui est la végétation proche des parois et qui n'a pas une distribution homogène (Fig. 22).

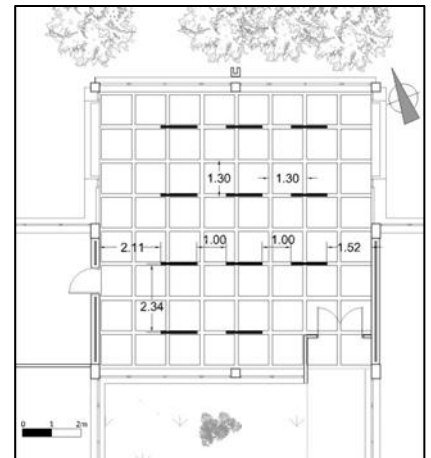


Figure 21 : Plan de plafond et éclairage



Figure 22 : Différence de densité de végétation côté patio

-Une autre différence entre les deux ateliers était au niveau des luminaires dont la forme change entre les deux ateliers de l'échantillon choisi (Fig. 23)

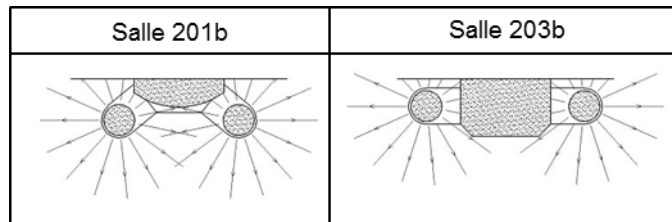


Figure 23 : Différence de forme entre les luminaires des deux ateliers de l'échantillon

III- 3.4. Procédure de mesure du niveau d'éclairage

Il existe des procédures normalisées de prise de mesures du niveau d'éclairage dans un local. Parmi ces procédures, nous avons utilisé celle qui consiste à mesurer le niveau d'éclairage en plusieurs points du local et établir une moyenne d'éclairage suivant la méthodologie définie par la norme NBN L 14 - 002⁴⁷ où on :

- Divise la surface du local en un certain nombre de rectangles élémentaires de dimensions égales (Fig. 24)
- Les éclairages ponctuels sont mesurés au centre de chaque rectangle.
- L'éclairage moyen sur l'ensemble de la surface considérée est la moyenne arithmétique des valeurs mesurées. $E_{moy} = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n$

Le nombre de rectangles dépend de K (indice de forme du local)
 $K = (a \times b) / h (a + b)$ | a et b = largeur et longueur du local,
 h = hauteur utile (h= hauteur luminaire - hauteur plan de travail).

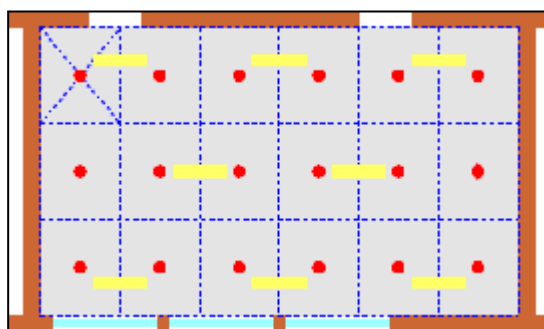


Figure 24 : Points de mesure sur plan d'un local

(source: Architecture et climat, 2012)

Tableau 3 : Nombre minimum de points de mesure relative à K

K	Nbre minimum de points de mesure
≤ 1	4
1 à 1,9	9
2 à 2,9	16
≥ 3	25

Pour **notre cas d'étude**, la division a été faite par rapport à la disposition des tables qui représente l'espace de travail. Il existe 22 tables (22 points de mesures) dans l'atelier en question ce qui est acceptable suivant la norme (Tab.3) parce que k dans notre cas est $k = (9.75 \times 9.6) / 2.1 (9.75 + 9.6)$
 $\rightarrow k = 2.3$

⁴⁷ Architecture et climat. (2012). Energie+ .Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire. Retrieved 2013, from Energieplus: <http://www.energieplus-lesite.be>

Les mesures ont été prises avec le luxmètre au niveau du centre de chaque table et dans les conditions suivantes :

- Salle vide
- Ciel clair
- Fenêtres et porte fermées
- Pas d'ombre de l'utilisateur du luxmètre

Huit mesures ont été prises en quatre temps : à 9h, 11h, 13h et 15h ; sous deux conditions d'éclairage : naturel seul et éclairage combiné et cela pour l'ensemble des points de mesures des ateliers considérés. Le choix des Heures de mesure a été effectué pour avoir des mesures de toute la journée. En combinant cela avec la considération des heures d'étude, nous sommes arrivés à trois temps de mesures qui sont : 9h, 12h et 16h. En cherchant à être plus précis, nous avons augmenté le nombre de temps de mesure en remplaçant la mesure de 12h par les deux mesures de 11h et 13h. En raison du temps que nécessite la procédure de prise de mesures au niveau des ateliers, nous avons remplacé la mesure de 16h par 15h, pour que la fin des mesures corresponde approximativement à 16h.

●En même temps que les mesures précédentes nous avons aussi effectué des mesures dans des points proches du vitrage (15 cm) qui ont pour but *l'évaluation du niveau d'éclairage naturel et l'influence du vitrage teinté sur ce dernier.*

-On a choisi quatre points (p1, p2, p3, p4), deux dans chaque côté vitré de l'atelier (Fig. 25).

-Ces mesures ont été effectuées sans éclairage artificiel et pour deux conditions (fenêtre ouverte et fenêtre fermée).

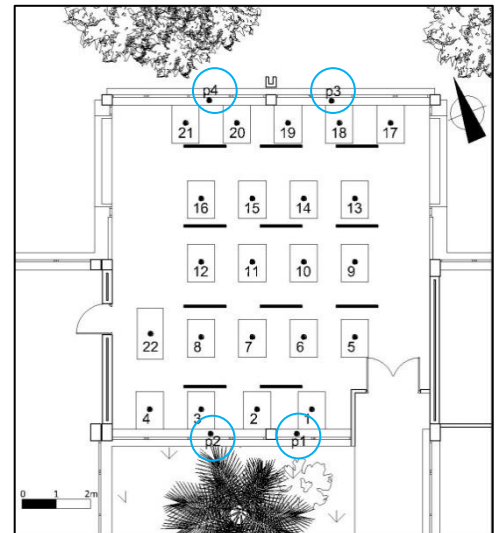


Figure 25 : Plan de points de mesure avec luminaires

III- 3.5. Quelques données recueillies pour l'atelier 201b :

Cette pré-enquête nous a permis d'avoir quelques résultats mais qui ne peuvent être concluants qu'en servant la discussion des résultats de l'enquête. Ces résultats vont être exploités ensuite dans le chapitre IV où ils serviront d'outil de référence et de comparaison.

Tableau 4 : Niveaux d'éclairage moyens de l'atelier 201b

Heure	Type d'éclairage	Eclairage moyen (Lx)
9h	Sans Eclairage Artificiel	62
	Avec Eclairage Artificiel	298
11h	SEA	86
	AEA	322
13h	SEA	70
	AEA	308
15h	SEA	69
	AEA	299

Tableau 5 : Niveaux d'éclairage à proximité du vitrage et diminution causée par la teinte

Sans éclairage artificiel		niveaux d'éclairage (Lx)		diminution d'éclairage		
point		Fenêtre	10h	15h	10h	15h
vitrage Sud	P1	Ouverte	127	158	37 %	40 %
		Fermée	80	95		
	P2	O	217	146	39 %	46 %
		F	132	78		
vitrage Nord	P3	O	2900	3980	85 %	85 %
		F	432	605		
	P4	O	892	478	84 %	77 %
		F	146	108		

Les tableaux 4 et 5 semblent annoncer déjà 3 points importants :

- L'existence d'un écart très important (plus de 200 lux) entre le niveau d'éclairage de la lumière naturelle et celui de l'éclairage combiné à l'intérieur des ateliers.
- Le niveau d'éclairage ne semble pas trop varier durant les différentes heures de prise de mesure, dans une même journée d'été.
- le niveau d'éclairage naturel, à proximité des parois vitrées est fortement influencé par la teinte du vitrage, et de manière très notable au niveau de la façade nord.

Les mesures prises sur terrain ainsi que l'observation nous ont permis de voir des différences au sein de chaque atelier étudié. Concernant les niveaux d'éclairage et les vues vers l'extérieur, cela nous a permis de découper l'atelier en trois zones (Fig. 26) :

- Deux périphériques (Z1 et Z3) à côté des vitres, constituée chacune d'une rangée de tables.
- Une zone centrale constituée de trois rangées de tables.

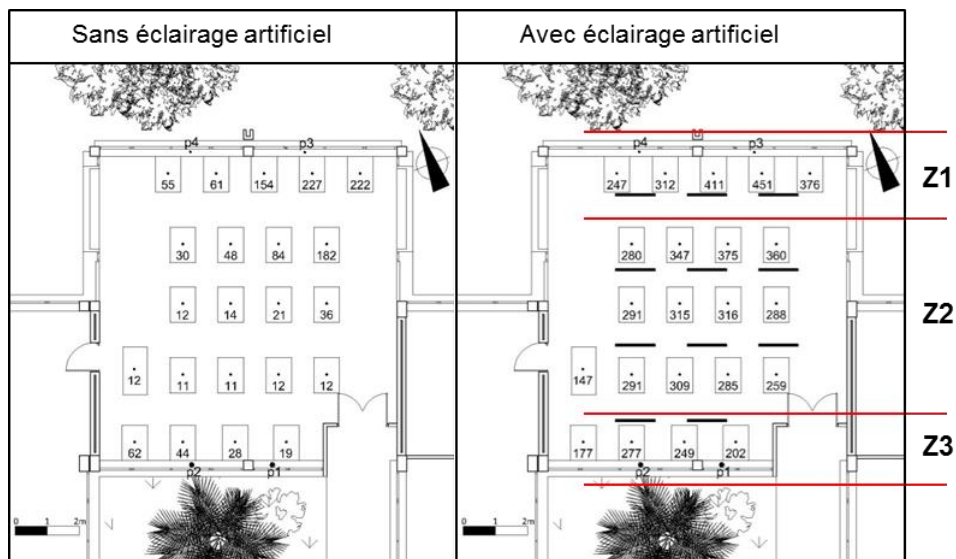


Figure 26 : Distribution d'éclairage mesuré à 9h (salle201b)

(Source : Service technique de l'epau)

III- 3.6. Synthèse

Notre échantillon est donc constitué de deux salles qui sont la 201b et la 203b, où on va mener notre recherche. Mais avant d'arriver à ce point, nous avons mené une pré-enquête au niveau des salles 201b ainsi que 202b, où on a recueilli des données annonçant déjà des résultats concernant le niveau d'éclairage ainsi que quelques éléments qui l'influencent, mais qui ne peuvent être concluants que par la suite, où l'enquête va permettre de vérifier cela.

III- 4. L'enquête

III- 4.1. Introduction

L'enquête a été effectuée au niveau des ateliers 201b et 203b entre décembre 2012 et janvier 2013. Elle regroupe les deux approches quantitative et qualitative.

Pour l'approche quantitative, elle repose sur des mesures du niveau d'éclairage dans les ateliers choisis, quant à l'approche qualitative elle repose sur le sondage de l'appréciation des occupants de ces ateliers, à travers le questionnaire.

Pour arriver à notre objectif de connaître l'influence de la couleur du Béton sur l'éclairage ainsi que sur l'appréciation des étudiants, notre intention première au départ était de comparer entre deux situations : l'initiale et la modifiée. La situation initiale concerne les niveaux d'éclairage à l'état actuel de l'atelier et tel que vécu par les étudiants. La situation modifiée devait consister à placer un dispositif en faux-plafond durant au moins 21 jours, à la suite duquel des mesures de niveau d'éclairage et un sondage d'appréciation des occupants, devaient être effectués. Dans les deux situations, étaient prévues des mesures des niveaux d'éclairage et un questionnaire à soumettre aux occupants (étudiants et enseignants), avec l'hypothèse d'une amélioration notable en termes de confort et d'appréciation des occupants.

Malheureusement, les aléas du temps d'étude et la grève des étudiants qui a duré au-delà des vacances d'hiver ne nous ont pas permis d'effectuer l'enquête que dans la situation initiale, sans les enseignants et sans la totalité des étudiants occupants les deux ateliers. Quant à la situation modifiée, nous nous sommes contentés de la prise de mesures des niveaux d'éclairage la journée après la mise en place du dispositif et deux autres mesures durant deux nuits de suite, où dans la dernière le dispositif a été démonté.

Ainsi, la présentation des étapes d'enquête dans cette partie de chapitre se fera en deux temps : la situation initiale d'abord avec le protocole de prise de mesures et la construction du questionnaire et son échantillon ; puis la situation modifiée avec la mise en place du dispositif en faux-plafond et les nouvelles mesures des niveaux d'éclairage, engendrés (éclairage artificiel seulement).

III- 4.2. Situation initiale

Dans cette première étape, des mesures des niveaux d'éclairage de l'éclairage naturel et combiné ont été prises durant le mois de janvier et le questionnaire a été soumis aux étudiants en décembre (juste avant les vacances d'hiver).

III- 4.2.1. Mesure des niveaux d'éclairément

Les mesures des niveaux d'éclairément sont des mesures photométriques en utilisant un luxmètre, comme il a été déjà expliqué en préenquête (revoir page 32). Les mesures ont été prises en deux journées : le cinq et le douze janvier 2013. Nous utiliserons les abréviations M1 et M2 pour distinguer ces deux journées. **M1** concerne les mesures du (05-01-2013) avec un ciel clair et **M2** concerne celles du (12-01-2013) avec un ciel mi-couvert de nuages (Fig. 27)

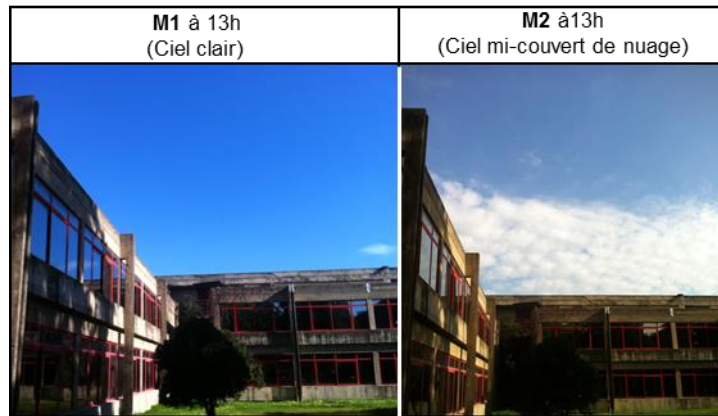


Figure 27 : Différence d'état du ciel entre M1 et M2

Une différence est à noter **entre ces mesures et les mesures de la préenquête et cela au niveau de :**

- La position des tables (points de mesure) (Fig. 28 et Fig.29).
- Les heures des mesures qui seront réduites à trois (à 9h, 13h et à 16h).
- La présence de l'ombre de l'utilisateur du luxmètre qui sera assis sur la chaise (on a essayé de reproduire l'ombre de l'utilisateur pour simuler les conditions d'utilisation réelles).

Pour M2 nous avons aussi ajouté deux autres points de mesures (Fig. 28):

- P5 au centre du tableau (verticale).
- P6 au centre du plafond (le luxmètre étant orienté vers le sol).

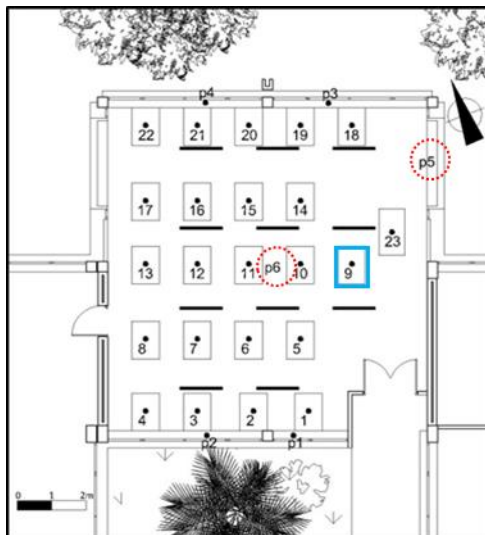


Figure 28 : Plan de points de mesure de luminaires en atelier 201b (M1, M2, M3)

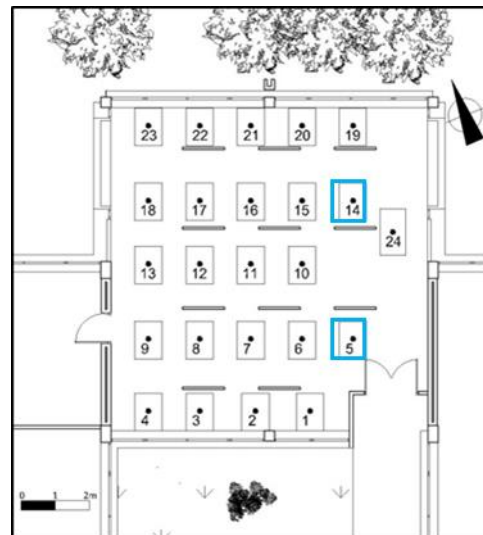


Figure 29 : Plan de points de mesure avec l'atelier 203b pour les mesures M1

Il faut mentionner qu'au niveau de l'atelier 203b, la lampe d'un luminaire était en panne située entre les points de mesure (12) et (17) du côté du (17).

III- 4.2.2. Le questionnaire

Dans cette section nous présentons les étapes de construction du questionnaire, la composition de l'échantillon concerné et le mode d'administration du questionnaire.

III- 4.2.2.1 Construction du Questionnaire

Ce questionnaire est structuré en quatre (4) sections qui portent sur :

- le confort,
- l'éclairage,
- la couleur,
- Section sur les caractéristiques de l'échantillon (questions signalétiques).

Pour l'élaboration de ce questionnaire, nous avons commencé par la détermination des objectifs puis les indices pour arriver enfin à la formulation des questions qui répondent à chaque objectif (Tab. 6). Cette méthode nous a permis de couvrir les trois premières sections, et la quatrième section a concerné les détails de la population interrogée (Tab. 7)

Au total notre questionnaire regroupe 24 questions (voir annexe A) et les questions peuvent être sous forme fermée ou ouverte. Certaines questions sont composées de plusieurs parties (telle que question n°5).

Tableau 6 : Construction du questionnaire – objectifs, indices et question

Objectifs	Indices	Questions	Forme
Vérifier si l'éclairage est suffisant pour le travail dans l'atelier ou pas	Eclairage: naturel, artificiel ou combiné	1) Avez-vous déjà travaillé en atelier sans allumer l'éclairage ? (Jamais → Toujours)	fermée
	Suffisant: quantité ou qualité	2) Est-ce que la lumière dans votre atelier vous permet d'effectuer facilement votre travail ? (Oui/Non)	ouverte en partie
		3) La lumière naturelle dans votre atelier est (Suffisante/Insuffisante)	fermée
		4) êtes-vous satisfait(e) de l'éclairage électrique en général dans votre atelier ? (Oui/Non)	ouverte en partie
		5) En comparant l'atelier à votre espace de travail hors de l'école, vous diriez qu'il y a (+de lumière en atelier/-de lumière en atelier/la même chose)	fermée
	Travail en l'atelier: Enseignement ou études Travail en groupe ou individuel Sur Pc ou feuille	6) Si on vous demandait comment améliorer la lumière dans votre atelier, que diriez-vous ?	ouverte
7) En atelier vous travaillez surtout sur (PC/Feuilles/Les deux)		fermée	
Connaître l'importance de l'éclairage dans le confort	importance: classement, comparaison	8) Veuillez cocher puis classer parmi les éléments qui suit ceux que vous considérez importants pour votre confort en atelier. (L'humidité/Le Calme/La Chaleur/La dimension/La Fraîcheur/La vue/La propreté/Le mobilier/La Lumière/Les personnes/L'odeur/Le Bruit/La couleur en atelier/Autre)	fermée

Connaître l'importance de l'éclairage dans le confort	éclairage : naturel, artificiel, combiné ou lumière en général	11) Pensez-vous que la lumière en atelier a une influence sur votre énergie ? (Non/Oui+/Oui-)	fermée
	confort: thermique, acoustique, visuel, qualité de l'air...	9) En général, vous considérer votre atelier: Lumière (très sombre → très lumineux) Température (très froid → très chaud) Son (très calme → très bruyant) Odeur (très mauvaise → très agréable)	fermée
		10) Considérez-vous que votre atelier est confortable ? (Oui/Non)	Ouverte en partie
		12) Si on vous confiait la mission d'apporter des modifications aux parois de votre atelier, que proposeriez-vous ? Sol (Garder/Changer) Plafond (Garder/Changer) Murs (Garder/Changer)	ouverte
		19) Y a-t-il autre chose que vous aimeriez changer dans votre atelier ? (Oui/Non)	Ouverte en partie
Connaître l'importance de la couleur dans le confort	importance: classement, comparaison	la même que 8)	fermée
	Couleur: De quoi A l'intérieur ou à l'extérieur	14) Quelle est la couleur dominante à l'épau et où elle se trouve?	ouverte
		15) Quelle est la couleur que vous remarquez le plus à l'intérieur de votre atelier?	ouverte
	Confort Visuel (apparence de l'espace étudié)	16) Pensez-vous que l'intérieur de votre atelier est visuellement agréable ? (Oui/Non)	Ouverte en partie
Evaluer l'influence de la couleur sur l'éclairage intérieur	influence: positive ou négative couleur : des parois éclairage intérieur: éclairage en général	17) Pensez-vous qu'en changeant la couleur du plafond dans votre atelier en une couleur plus claire, l'éclairage s'améliorerait ? (Oui/Non/Ne sait pas)	fermée
Vérifier l'effet de la couleur du béton sur l'usager	Effet : Négatif ou positif Couleur du béton Usager : Etudiant ou enseignant	18) Pensez-vous que la couleur des parois a une influence sur votre humeur? (Non/Oui+/Oui-)	fermée

Tableau 7 : Formulation des questions de la quatrième section – (détails population)

	Concernant le :	Questions	Type
Détails de la population	travail	19) Si on vous demande en général, combien de temps passez-vous à travailler sur votre projet en atelier, vous diriez plutôt : (0à25% / 25à50% / 50à75% / 75à100%)	fermée
	social	20) Comment qualifiez-vous vos relations en atelier avec : L'enseignant (Bonnes/Moyennes/Autre) Le groupe (Bonnes/Moyennes/Autre)	fermée
	individu	21) Genre (Homme/femme)	fermée
		22) Est-ce que vous habitez à la cité universitaire ? (Oui/Non)	fermée
	Espace d'étude	23) Veuillez décrire avec des mots simples votre atelier	ouverte
		24) la position dans l'atelier	

La première formulation du questionnaire a été administrée comme « **Questionnaire test** » à huit étudiants en 5^{ème} année, aléatoirement choisis (facilement accessibles).

Durant ce test, l'enquêteur était proche de l'enquêté pour observer et éclaircir les points obscurs. L'observation et la relecture de ces questionnaires-test, nous ont permis d'apporter des améliorations au questionnaire final (Tab.8). Ces améliorations ont concerné 4 points importants :

- plus de précision au niveau de certaines questions,
- plus d'espace d'écriture pour les questions ouvertes,
- traduction de mots incompris en langue arabe,
- changement dans l'ordre de quelques questions.

Tableau 8 : Exemples d'améliorations apportées au questionnaire

1ère formulation de la question	2ème formulation de la question	Observation
Pensez-vous que la couleur des parois (murs, plafond et sol) a une influence sur votre humeur ?	Pensez-vous que la couleur des parois (murs, plafond et sol) a une influence sur votre humeur (مزاج)? (On parle de l'état actuel de l'atelier)	traduction de mot et Précision
En général, vous considérer votre atelier: <u>Température</u> :	En général, vous considérer votre atelier: <u>Température</u> : (Ⓛ Eté / Ⓜ Hiver)	précision

La forme finale du questionnaire a été mise en Annexe-A de ce mémoire.

III- 4.2.2.2 L'échantillon

Il est composé d'étudiants en 1ère année second cycle (3ème année) occupant les deux salles 201b et 203b. Chaque salle est occupée par quatorze (14) étudiants. Ainsi 28 étudiants devaient faire l'objet de cette enquête. Malheureusement, les aléas de la grève ne nous ont permis d'atteindre que 21 étudiants et donc 21 questionnaires collectés. De ces 21 étudiants, 13 occupent l'atelier 201b et 8 occupent l'atelier 203b. Dans le tableau (9), figurent les détails de l'échantillon interrogé, dans sa composition et sa représentativité par rapport à la population parente des étudiants de l'épau.

Tableau 9 : Caractéristiques de l'échantillon

Répartition de l'échantillon par salle (100% = 21 étudiants)		Répartition de l'échantillon par Genre (100% = 21 étudiants)	
Atelier 201b	Atelier 203b	homme	femme
13 étudiants (62%)	8 étudiants (38%)	5 (24%)	16 (76%)
Représentativité par rapport à la population totale (1004 étudiants à l'épau)			
Total questionnés / Total école	Hommes / homme total	Femmes / femme total	
2.09%	1.08%	2.94%	

III- 4.2.2.3 Mode d'administration du questionnaire

Le questionnaire a été distribué aux enquêtés qui l'ont eux-mêmes rempli (forme auto administrée) et nous sommes restés à proximité pour expliquer ou clarifier quelques points obscurs. Le questionnaire auto-administré et notre présence durant le remplissage du questionnaire ont eu trois effets positifs importants :

- Rapidité de remplissage du questionnaire.
- Assurance de retour des questionnaires.
- Limiter l'influence de l'enquêteur sur les réponses.

III- 4.3. Situation modifiée (mise en place du dispositif)

Dans cette situation, nous avons apporté des modifications au plafond de l'atelier 201b et cela à deux niveaux : premièrement au niveau de la forme (du caisson → au plat) et deuxièmement au niveau de la couleur (du gris → au blanc). Pour arriver à ces modifications, nous avons utilisé un dispositif en faux-plafond en papier blanc pour couvrir la totalité de la surface du plafond.

Le choix de l'atelier s'est porté sur la salle 201b à cause du nombre plus important de questionnaires effectués avec ce groupe (13/14 étudiants) par rapport à l'autre atelier (8/14 étudiants).

III- 4.3.1. Technique de mise en place du faux-plafond

Pour la mise en place du dispositif en faux-plafond, nous avons utilisé :

- du papier blanc pour impression, sous format d'un rouleau de (914 x 500cm),
- du scotch a double faces collantes.

Nous avons divisé le plafond en cinq sections de (9.3m x largeur de la section) à cause de l'installation électrique fixée sur les caissons qui forment un obstacle au passage du papier. Le papier a été coupé en plusieurs bandes de (914cm x largeur de la section) et il a ensuite été collé sur les caissons à l'aide du scotch. Chaque section accueille onze (11) bandes de (914cm x largeur de la section). Les bandes de papier ont été posées l'une à côté de l'autre dans le sens longitudinal de l'atelier avec une zone de chevauchement **c = 7,5cm** entre chaque deux bandes (Fig. 30)

$$\text{nombre de bandes} = \frac{\text{Longueur d'atelier}}{\text{Largeur du papier}} = \frac{9,3}{0,914} = 10,17 \approx 11$$

$$c = \frac{(\text{nombre de bande} \times \text{largeur de bande}) - \text{longueur d'atelier}}{\text{nombre de zones de chauvauchements}} = \frac{(11 \times 0,914) - 9,3}{10}$$

$$c = 0,0754 \text{ m}$$

Nous avons choisi d'utiliser de petites bandes posées perpendiculairement aux luminaires et non pas de grandes bandes (longueur d'atelier x 0,914cm) posées parallèlement aux luminaires pour simplifier la mise en place parce qu'avec une grande longueur la précision aurait diminué et on aurait eu besoin de plus de mains d'œuvre pour la mise en place du dispositif.

-il faut mentionner qu'on n'a pas pu couvrir tout le plafond en raison du temps qui nous a été donné, où on n'a pas pu terminer la dernière bande du fond allant du côté Sud au Nord (en rouge sur la Fig.30).

-la mise en place de chaque bande de papier coupé nécessite deux personnes au minimum (Fig.31). Dans notre cas, il y avait présence permanente de 6 personnes et le travail nous a pris environ 8 heures de temps (entre 17h et 2h du matin).

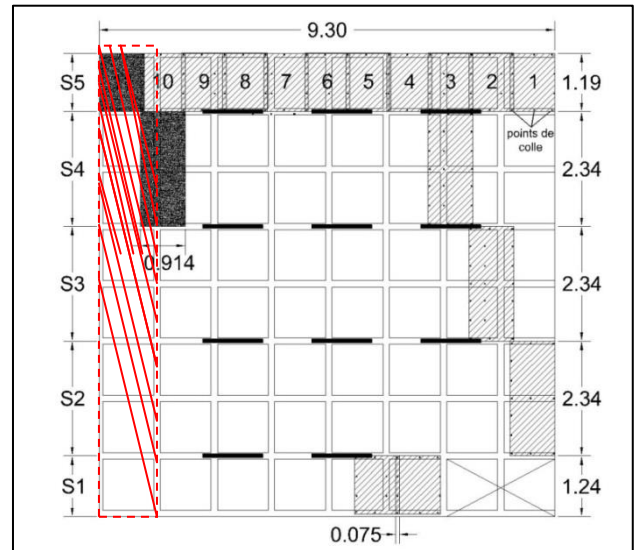


Figure 30 : Plan de mise en place du dispositif



Figure 31 : Mise en place du dispositif

III- 4.3.2. Mesures du niveau d'éclairage avec dispositif (M3)

Elles ont été effectuées le treize (13) janvier 2013 suivant la méthode expliquée précédemment (revoir p.32) avec une différence au niveau de la météo car c'était une journée de pluies. Il faut aussi mentionner que les mesures au niveau de l'atelier 201b à 13h sont différentes de l'ensemble des autres mesures, faute de présence des occupants de l'atelier où nous avons constaté l'intervention d'autres paramètres qui peuvent avoir eu une influence sur ces mesures. Ces paramètres concernent :

- La présence des PC.
- La présence du data show (on l'a éteint).
- L'ouverture et fermeture de la porte.
- L'ombre des occupants qui se déplaçaient.

III- 4.3.3. Les nouvelles mesures de nuit, avec dispositif (M4 et M5)

a) Déroulement et conditions de prise des mesures

Après avoir effectué les mesures du niveau d'éclairage (M3) en situation de post installation du dispositif, le treize janvier 2013, il nous a paru difficile de comparer les mesures prises sur terrain à cause de la différence des conditions de prise de mesure (exemple pour M3 il y avait la pluie alors que ce n'était pas le cas pour M1 ou M2, ce qui va défavoriser les mesure de M3).

Alors nous avons décidé de prendre de nouvelles mesures le jour même, où nous avons choisi la période du soir pour éliminer l'influence de la présence des occupants et celle de l'éclairage naturel, laissant seulement l'éclairage artificiel comme paramètre d'appréciation de l'influence du nouveau dispositif sur le niveau d'éclairage en atelier.

Afin d'assurer les mêmes conditions de prise de mesure d'éclairage artificiel au niveau des deux ateliers, 201b et 203b, nous avons dévissé la même lampe en salle 201b que celle en panne en salle 203b.

Les nouvelles mesures devaient nous permettre de comparer entre deux atelier avec un plafond différent, mais pour confirmer les résultats obtenus nous avons voulu aussi comparer les mesures du même atelier (201b) avec et sans dispositif et pour cela nous avons prévu des mesures le jour même du démontage du dispositif (ces mesures ont été prises la nuit du quatorze janvier 2013)

b) Procédure de prise de mesures

Les mesures ont été prises au niveau de cinq (5) points correspondant à 5 tables, mais pas au centre de ces tables mais plutôt en essayant de positionner le luxmètre au milieu de deux lignes de luminaires parallèles (Fig. 32).

Nous avons choisi cinq tables centrales pour premièrement réduire le temps de mesure et deuxièmement éviter l'influence venant de l'extérieur de l'éclairage parasite. Ces mesures ont été prises sans l'ombre de l'enquêteur.

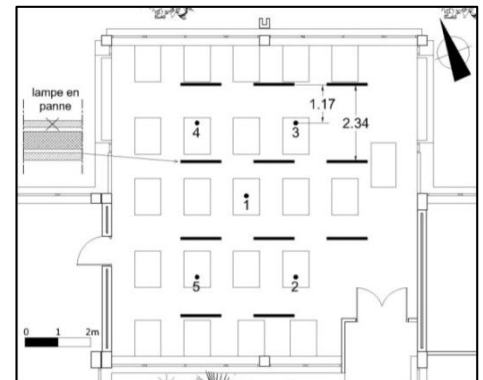


Figure 32 : Nouveaux points de mesure (nuit)

III- 4.4. Difficultés du Travail de terrain

Dans cette phase de travail, nous avons rencontré un certain nombre de difficultés, certaines ont concerné la préparation de l'enquête et d'autres ont concerné l'enquête même sur terrain. En somme, nous avons retenu les points suivants :

- Au niveau du questionnaire, Il aurait été préférable, dans la première question, de dessiner les tables sur le plan de l'atelier proposé pour faciliter le repérage de certaines réponses.
- Position des tables : dans les mesures (M1) les tables dans les deux ateliers n'étaient pas disposées de la même manière avec une différence au niveau de 3 tables qui ne se superposent pas (Fig.28-29). Nous avons donc éliminé les 3 valeurs mesurées pour pouvoir faire la comparaison entre les mesures M1, M2 et M3.
- Des luminaires en panne : certains luminaires pendant les mesures ont nécessité une intervention manuelle pour leurs mises en marche (défaut au niveau du starter).

-La grève : pendant l'enquête sur terrain les étudiants concernés étaient en grève. Bien que cela nous ait permis de prendre les mesures du niveau d'éclairage en toute liberté (salles vides), mais pour l'administration du questionnaire, il nous a fallu chercher les étudiants un par un avec le délégué du groupe qui nous a aidé à les trouver et les rassembler en petits groupes à chaque fois.

-Il avait été prévu d'administrer un questionnaire après installation du dispositif, mais cela n'a pu être réalisé à cause de la grève donc pas de possibilité que les enquêtés concernés aient eu contact avec le nouveau dispositif pendant une longue durée (3 semaines prévues) pour qu'ils puissent l'apprécier. Une autre raison nous a empêchés d'administrer le deuxième questionnaire c'est que les occupants de l'atelier concerné par le dispositif ont été déplacés vers un autre atelier. C'est ainsi que nous avons désinstallé le dispositif un jour après son installation pour pouvoir prendre les mesures M5.

III- 4.5. Traitement des données

Pour l'analyse des données recueillies avec luxmètre et avec questionnaire, nous avons utilisé des statistiques élémentaires pour la description et l'évaluation des différents facteurs traités dans cette recherche. Nous avons aussi eu recours au croisement des données pour voir leurs interactions et l'influence d'un paramètre sur un autre.

IV - ANALYSE DES DONNEES ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV- 1.Introduction

L'analyse des données recueillies à travers le questionnaire et les mesures du niveau d'éclairage est structurée en trois sections : le confort globalement perçu dans les ateliers, la qualité du niveau d'éclairage mesuré et perçu en atelier, et enfin la couleur intérieure en atelier.

Dans la première section qui concerne « **le confort global** » nous tentons d'analyser les données concernant l'appréciation générale du confort en atelier et les données concernant les différentes composantes du confort et leur influence sur l'appréciation globale de l'atelier.

Dans la deuxième section, nous analysons les données montrant l'importance du paramètre « **éclairage** » par rapport aux autres composants du confort. Ensuite, on tente d'analyser les données sur l'appréciation de l'éclairage et son influence sur les usagers, et les comparer aux mesures prises sur terrain.

Enfin, dans la troisième section qui concerne « **la couleur** » intérieure de l'atelier, on tente d'analyser l'appréciation des occupants, puis connaître l'influence de la couleur du plafond sur le niveau d'éclairage suite à la mise en place du dispositif en faux plafond.

IV- 2.Le Confort global

Dans cette section, nous analysons les réponses aux questions qui concernent : **le confort globalement perçu en atelier** (q.2: *Veillez décrire avec des mots simples votre atelier. / q.4 : Considérez-vous que votre atelier est confortable ?*), ainsi que **l'évaluation et le classement des composantes du confort** (q.1b: *Veillez marquer, à l'aide d'un cercle votre endroit préféré dans cet atelier, où vous pensez le mieux travailler / q.3 : Veillez cocher parmi les éléments suivants ceux que vous considérez importants pour votre confort en atelier / q.5 : évaluation sur une échelle à 5 degrés de l'éclairage, la température, le son et l'odeur [voir Annexe-A]*)

IV- 2.1. Le confort globalement perçu en atelier

Dans cette partie nous analysons les réponses à deux questions. Dans la première question on a directement demandé à l'utilisateur si l'atelier était confortable ou pas (q.4) et dans la deuxième on a demandé à l'étudiant de décrire son atelier (q.2).

La totalité des répondants (100%) considèrent leur atelier comme étant « inconfortable » et ils justifient leur appréciation par quatre catégories d'inconfort sous-jacents : l'inconfort thermique en premier (36%), puis l'inconfort visuel (33%) puis la qualité de l'aire (17%) et enfin une dernière catégorie d'autres paramètres (14%) liés au mobilier, la propreté, la position et la dimension (Fig. 33).

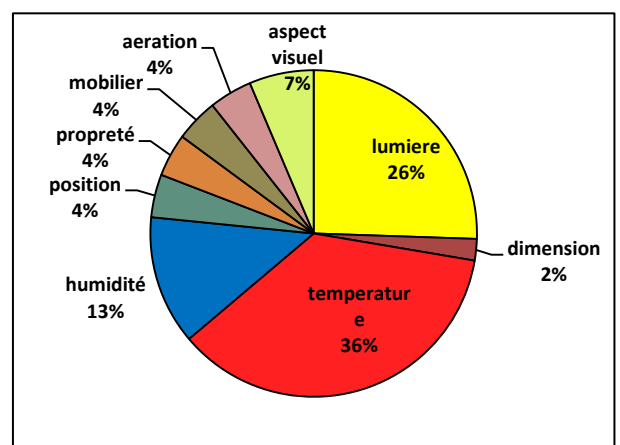


Figure 33 : Eléments d'inconfort

La description de l'atelier par les étudiants, révèle que la grande majorité (88%) des caractéristiques citées renvoie à des valeurs négatives, alors que 12% seulement renvoient à des valeurs positives (Tab.10).

Tableau 10 : Description de l'atelier

critères cités	Appréciation (%)	
	Négatif	Positif
Dimension	3	7
Lumière	29	-
Température	32	-
Humidité	7	-
Son	-	2
Propreté	2	-
Aspect visuel	5	3
Mobilier	2	-
Position de l'atelier	8	-
Total	88 %	12 %

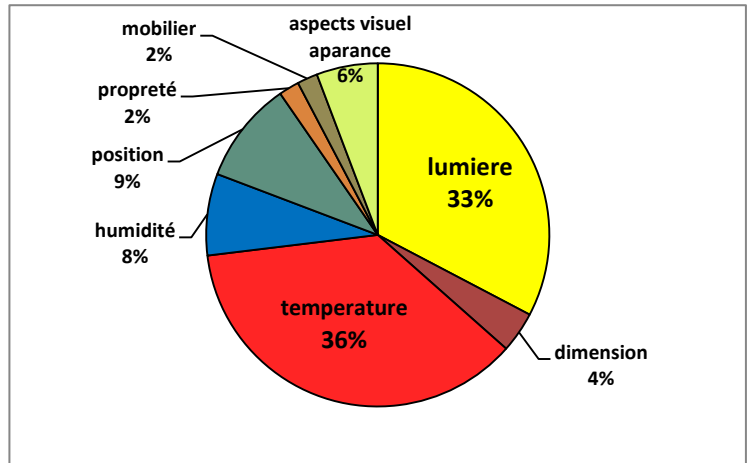


Figure 34 : Répartition des éléments négativement appréciés

Parmi les caractéristiques négatives (Fig. 34), on peut remarquer que deux d'entre elles se distinguent fortement : la première relative au confort thermique avec 36% (32/88%) et la deuxième relative au confort visuel (39%). Cette dernière concerne de manière dominante la lumière avec 33% (29/88%) et l'aspect visuel (relative à l'apparence de l'atelier) avec 6%

En comparant la figure (33) qui représente les éléments d'insatisfaction par rapport au confort global en atelier et la figure (34) qui représente les caractéristiques négatives citées dans la description de l'atelier, on trouve une ressemblance au niveau des éléments les plus cités, qui sont le confort thermique (36%-36%) et le confort visuel (33%-39%). Cela nous semble comme une confirmation du classement des éléments d'inconfort dans l'atelier.

IV- 2.2. Evaluation et classement des composantes du confort

Selon Roulet (2008), le confort peut-être catégorisé en 4 éléments qui sont : le confort thermique, le confort visuel, le confort acoustique et la qualité de l'air, et nous ajoutons une cinquième catégorie regroupant les autres éléments, sous « autre », symbolisées par (CT, CV, CA, QA et autre). Dans cette section, on va tenter d'analyser les réponses aux questions portant sur le choix et le classement des éléments de confort par priorité (q.3), sur l'évaluation des composantes du confort sur une échelle à 5 degrés (q.5) et enfin sur l'emplacement préféré de l'étudiant en atelier (q.1b : marquage sur plan dessiné).

IV- 2.2.1. Fréquence des choix des catégories de confort

Les éléments les plus choisis par les utilisateurs des ateliers sont relatifs au confort visuel (35%), composé de plusieurs éléments (lumière, couleur et vue). La deuxième catégorie est relative au confort thermique (21%) avec ses composantes de chaleur et fraîcheur (Fig.35). Enfin, la catégorie « autre » est représentée avec 26% des réponses et malgré qu'elle soit proportionnellement plus grande que la catégorie précédente, elle est différente dans la grande variété de ces composantes (Tabl.11).

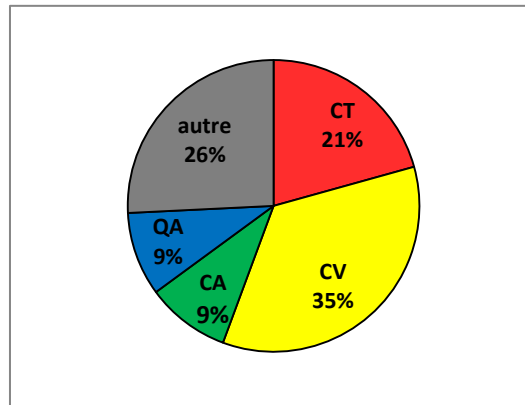


Figure 35 : Fréquence des catégories de confort choisis

Tableau 11 : Fréquence des éléments de confort choisis

Eléments	Fréquence	Fréquence (%)
Chaleur	20	14,3%
Lumière	20	14,3%
propreté	18	12,9%
couleur	16	11,4%
Vue	13	9,3%
Calme	12	8,6%
Mobilier	12	8,6%
Fraîcheur	9	6,4%
odeur	9	6,4%
humidité	4	2,9%
personnes	4	2,9%
dimension	1	0,7%
bruit	1	0,7%
autre	1	0,7%
Total	140	100%

IV- 2.2.2. Le classement des catégories de confort

Suivant les réponses à la question de classement des éléments de confort présentés en liste, nous avons sélectionné les 5 premières positions, correspondant au nombre de catégories de confort considérées plus haut. L'ordre d'importance des catégories s'est donc révélé comme suit (Fig.36) :

- 1) La première place concerne en premier lieu le confort thermique (33%) ensuite le confort visuel (24%) puis la propreté (24%).
- 2) La deuxième place du classement est occupée principalement par le confort visuel (48%) puis le confort thermique (19%) et enfin la propreté (14%).
- 3) La troisième place est d'abord attribuée à la propreté (24%) ensuite à égalité de pourcentage, elle est attribuée à la fois, au confort thermique, acoustique et la dimension, avec 19% chacun
- 4) La quatrième position comprend au premier plan le confort visuel (38%) ensuite le confort thermique (28%).
- 5) Enfin, à la cinquième position le confort visuel domine avec (58%).

Mais d'un autre point de vue, la catégorie du confort visuel en moyenne, est la plus citée dans ces cinq premières places avec 35,6%, suivie par 27.2% pour la catégorie autre, 21.8% pour le confort thermique, 8.4% concernant le confort acoustique et 7% attribué à la qualité de l'air.

De ce classement, nous pouvons clairement observer que les éléments de confort auxquels les répondants ont donné priorité sont d'abord, et de manière dominante le « confort visuel » puis le « confort thermique ». Un élément autre que le confort acoustique ou la qualité de l'air, s'est manifesté avec insistance non négligeable dans les réponses, qui est « la propreté », présent dans les 3 premières positions du classement.

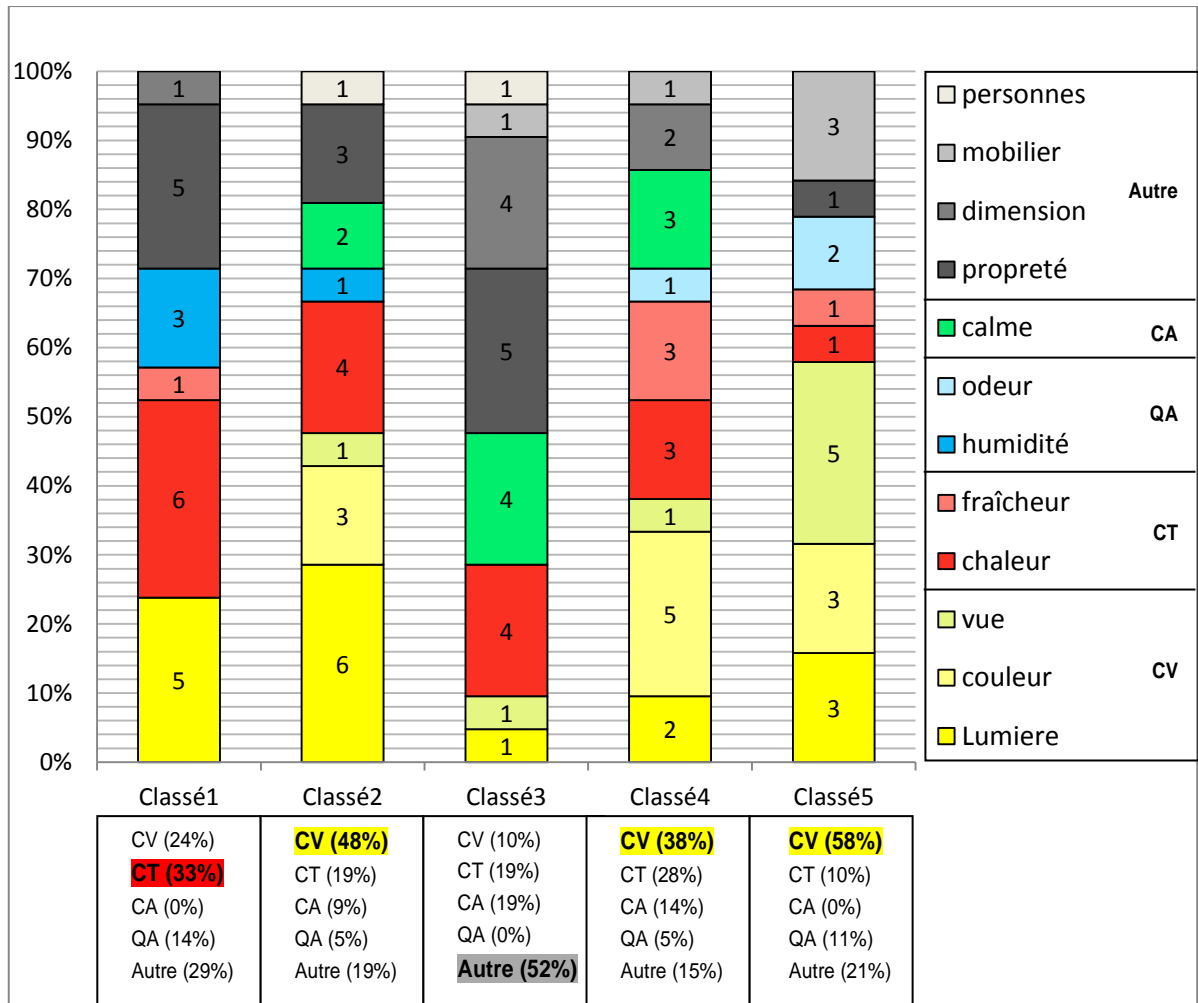


Figure 36 : Classement des différentes composantes du confort par ordre d'importance

IV- 2.2.3. Endroit préféré en atelier

Pour la question (q.1-b1), nous avons demandé aux répondants de choisir leur endroit préféré en atelier.

Le plan présenté en figure dans le questionnaire a été divisé durant le traitement des données en trois zones distinctes⁴⁸. Plus que la moitié des répondants (52%) semble préférer la zone3 (Fig.37)

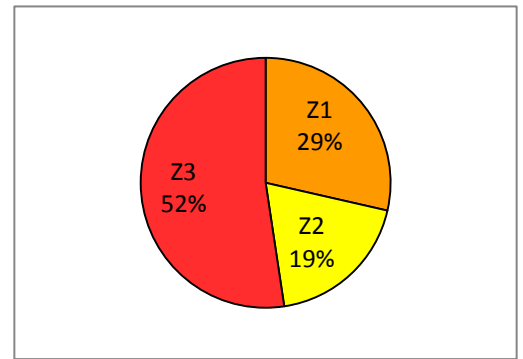


Figure 37 : Distribution des endroits préférés dans l'atelier

Les éléments cités pour justifier le choix de l'endroit préféré (q.1-b2) sont regroupés sous trois catégories : la catégorie environnementale qui concerne la lumière, la vue (vers nature/vers mouvement), l'aération, le calme et l'isolation, ensuite on a la catégorie pédagogique qui concerne la proximité de l'enseignant ou du tableau, et enfin la catégorie outils qui concerne la présence de prise électrique pour recharger le pc et la disponibilité d'un réseau wifi dans certains endroits de l'atelier. (Fig. 38).

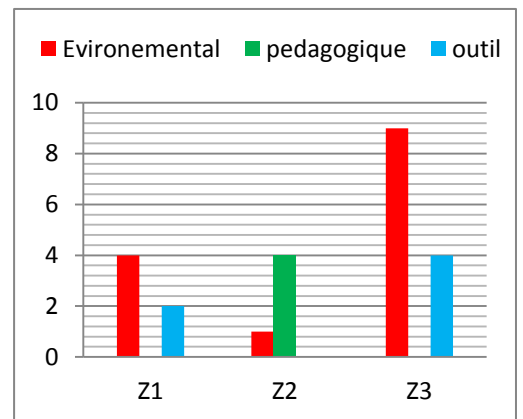


Figure 38 : Fréquences et répartition des éléments de préférence

La qualité la plus recherchée est celle environnementale. Elle regroupe plusieurs éléments dont particulièrement ceux liés au confort visuel (lumière et vue) qui sont remarquablement les plus recherchés (75%) (Fig. 39). Bien que la lumière (40%) et la vue vers l'extérieur (35%) semblent se concurrencer, la lumière peut être considérée comme dominante en termes de facteur recherché car elle est indépendante d'une zone quelconque. Alors que la vue vers l'extérieur est conditionnée en zone 1 par le mouvement à l'extérieur et en zone 3 par la nature.

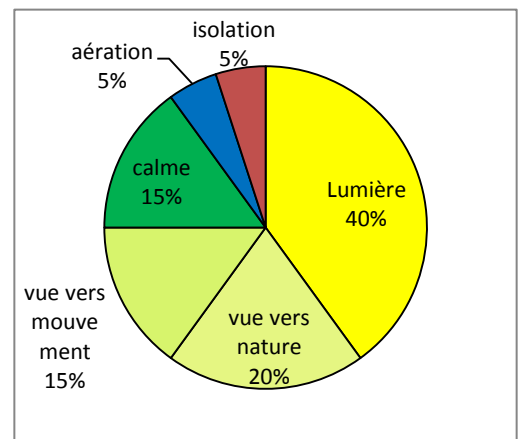


Figure 39 : Fréquences des éléments environnementaux cités dans tous les zones

Cela montre bien l'importance qu'a la lumière au point de vue des étudiants questionnés.

⁴⁸ La division en 3 zones s'est faite par rapport aux différences au niveau de la lumière et les vues (voir page.34)

IV- 2.2.4. Evaluation des composantes du confort en atelier

Concernant l'évaluation séparée des éléments lumière, température, son et odeur, au niveau de la question (q.5) les résultats sont les suivants :

- Concernant la lumière, la majorité des répondants considèrent que leur atelier est *sombre* (80%) ou *très sombre* (5%).
- Concernant la température, en hiver 90% des occupants de l'atelier considèrent que l'atelier est *très froid* ou *froid* (5%) et autre 5% la considèrent comme *adéquate*⁴⁹. En été la majorité (76%) considèrent que la température est *adéquate*.
- La majorité des occupants de l'atelier ont une appréciation à tendance positive (*calme* 43%, *adéquat* 33%) du confort acoustique et seulement 24% le considèrent comme *bruyant*. Cette appréciation nous semble liée à la position du répondant en atelier où la totalité des 24% s'assoit dans la zone centrale de l'atelier (en zone 2).
- Le dernier élément proposé pour évaluation aux étudiants, était l'odeur liée à la qualité de l'air. La majorité (81%) la considère comme étant *adéquate* et 19% seulement, considèrent qu'elle est *mauvaise*. Cette dernière proportion semble influencée par le genre du répondant car tous le taux correspond à des réponses d'étudiantes femmes.

D'après les résultats de la (q.5), on remarque bien que les problèmes chez les étudiants se posent au niveau du confort thermique et visuel (éclairage), qui sont les deux éléments ayant une appréciation majoritairement négative par rapport à d'autres éléments qui sont le confort acoustique et la qualité de l'air.

IV- 2.3. Discussion

Pour le classement des éléments de confort par ordre d'importance, la recherche d'Astoolfi & Pellerey a montré que la catégorie la plus importante du confort est celle du thermique (revoir p.10) ce qui diffère de nos résultats où le confort visuel était le plus important, en le comparant aux cinq recherches de Astoolfi & Pellerey, Choi & al, Humphreys, Lai & al et Wong & al, (Fig.40) où il a été classé soit dernier ou avant dernier.

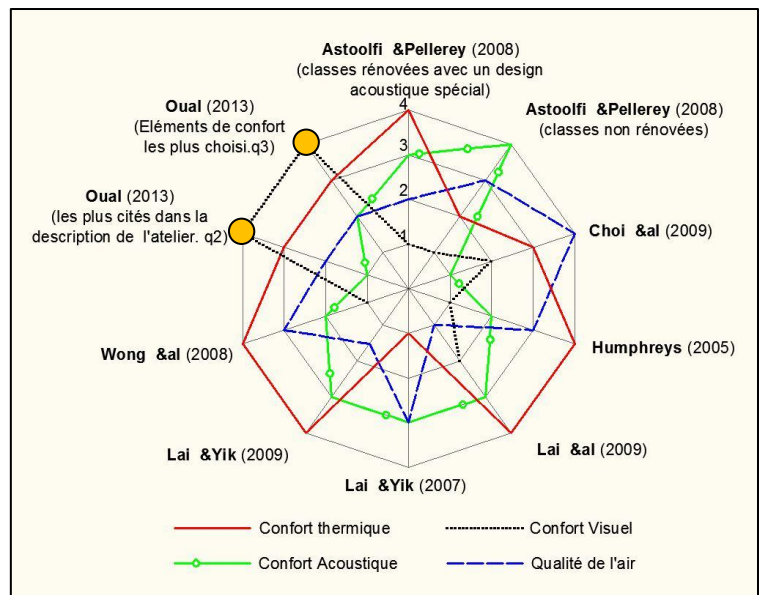


Figure 40 : Classement des éléments de confort par ordre d'importance

⁴⁹ Température «Adéquate» en hiver : On pense que c'est une erreur due l'administration du questionnaire en période hivernale alors que nous avons commencé par la question de température sur la période estivale (voir annexe-A). D'ailleurs plusieurs répondants ont corrigé leur première réponse sur leur questionnaire

La différence de classement peut-être à cause d'une appréciation positive du confort visuel dans ces recherches, ce qui le rend moins apparent par rapport aux autres éléments (voir la section précédente). Alors que dans notre cas, il est source d'inconfort majeur, pour cela il est considéré le plus important par les étudiants. Cela peut être remarqué dans la recherche d'Astroolfi & Pellerey (Fig.40), où le classement du confort acoustique a baissé après la rénovation des classes avec un traitement acoustique spécial.

D'un autre point de vue, cela est en grande partie lié à des raisons méthodologiques, où « la plupart des recherches se concentrent sur des facteurs individuels sélectionnés et laissent les autres fixes ou neutralisent des interactions potentielles par le design expérimental » (Franz, 2006, p.1)

Un autre élément concerne les facteurs qui composent chaque groupe de confort qui peuvent être différents entre ces recherches et la nôtre (revoir pp. 8-9). Ces hypothèses ne peuvent être vérifiées que par une recherche approfondie des différentes recherches citées dans la figure en haut, pour voir les paramètres et critères de classement et les conditions des différentes recherches.

La comparaison des résultats concernant le confort qui révèle une appréciation généralement négative à l'égard des composantes de l'environnement étudié, avec l'auto évaluation de performance par les étudiants (Fig.41), qui montre que la majorité des étudiants questionnés (71%) évaluent leurs temps passé sur le travail en atelier en-dessous de 50%. Cela montre bien que l'influence de l'environnement sur la productivité en atelier peut être négative. Tout en étant conscient de l'influence d'autres paramètres relationnels psychosociaux ou psychopédagogiques, nous pensons que le poids de l'environnement physique sur la productivité des étudiants est loin d'être négligeable, bien au contraire. Dans ce sens, les facteurs environnementaux peuvent agir de manière isolée ou combinée, comme la couleur dont l'influence a été démontrée en littérature, sur les conditions psychologiques et la productivité des occupants dans les espaces bureaux (Sundstrom, 1996)⁵¹. Bien que l'occupation de notre espace d'étude soit moins importante que l'occupation des espaces bureaux (8 heures par jour ou plus, tous les jours), nous pensons aussi que la couleur intérieure des ateliers, particulièrement le gris du béton, influence fortement la productivité des étudiants.

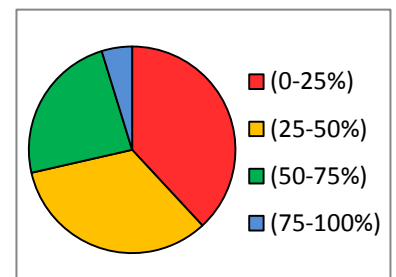


Figure 41 : Rendement des étudiants en atelier

IV- 2.4. Synthèse

On retiendra de cette étape d'analyse deux points principaux :

- L'environnement étudié a une appréciation globalement négative chez les étudiants occupants et il est considéré d'une manière générale comme « inconfortable ».

- Les composantes principales du confort que considèrent les étudiants dans leur appréciation négative des ateliers sont essentiellement le confort thermique et le confort visuel. Ce dernier, bien qu'il regroupe « la couleur intérieure », « la vue vers l'extérieur » et « l'éclairage », tous importants dans l'évaluation et le classement des éléments de confort, « l'éclairage » est la composante dominante du « confort visuel », fortement mis au premier plan de plaintes négatives.

⁵¹ Citée dans : (Öztürk, 2010, p. 2)

Un autre point est à considérer dans cette analyse, c'est que l'enquête ait été effectuée en hiver. On pense que cela a influencé et accentué l'importance des plaintes sur la composante thermique parmi les autres composantes du confort. Il semblerait donc, par élimination, que le confort visuel (éclairage, vue et couleur intérieure) soit dominant dans l'appréciation du confort général et que l'éclairage, plus particulièrement, soit le plus considéré dans cette appréciation. Ces résultats peuvent être vérifiés à travers une enquête en été qui permet de voir l'importance de la composante thermique en comparaison avec celle d'hiver.

IV- 3. L'éclairage

Dans cette section, nous tentons d'évaluer le niveau d'éclairage intérieur dans les deux ateliers étudiés, à travers la comparaison des mesures prises in situ et l'analyse de la partie du questionnaire relative à l'éclairage.

IV- 3.1. Importance de la lumière dans la perception du confort visuel

La section précédente nous a permis de constater l'importance du confort visuel parmi les autres composants du confort. L'enquête nous a révélé trois éléments principaux qui composent le confort visuel, à savoir la lumière, la vue vers l'extérieur et la couleur intérieure. Parmi ces éléments, la lumière a dominé dans l'appréciation de l'inconfort général en atelier (27% était la part de la lumière dans le taux d'inconfort visuel de 33%).

Elle est aussi dominante dans les réponses à la question portant sur la description de l'atelier, avec un taux de 29% sur les 34% représentant l'inconfort visuel.

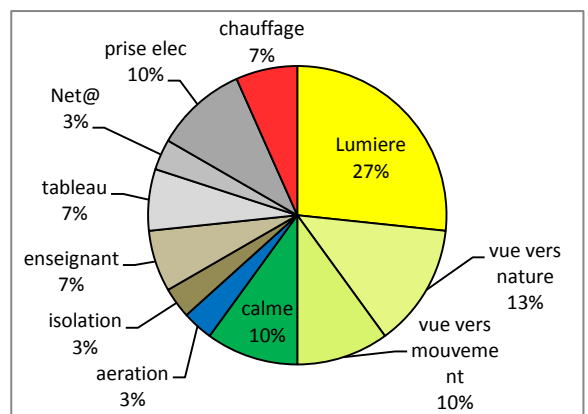


Figure 42 : Eléments de choix de l'endroit préféré en atelier

La lumière se retrouve encore une fois en position de dominance dans le classement des éléments de confort. Elle a été seule parmi les paramètres du confort visuel dans la première place avec 29% après le confort thermique. Enfin, la lumière a été la plus recherchée par les étudiants dans leur choix du positionnement préféré en atelier avec un pourcentage de 27% sur les 50% liés au confort visuel (Fig.42).

Nous déduisons de la récurrence de la lumière que c'est un facteur environnemental très important dans l'appréciation de l'environnement intérieur, qui conditionne fortement le positionnement des étudiants dans leur espace d'étude. C'est donc un facteur important de conception d'un espace d'étude. Cependant, plus de détails sont nécessaires pour concevoir un éclairage satisfaisant dont principalement le type d'éclairage (naturel ou artificiel) les niveaux d'éclairage, etc. La section suivante nous permet d'aborder quelques caractéristiques de l'éclairage dans les espaces enquêtés qui le rendent positivement ou négativement apprécié.

IV- 3.2. Les niveaux d'éclairage mesurés et comparés

Cette section concerne la comparaison des mesures du niveau d'éclairage prises dans les trois ateliers, en été et en hiver, entre éclairage naturel et éclairage combiné (voir p.36). Pour effectuer cette comparaison, les mesures du niveau d'éclairage ont été synthétisées en un niveau d'éclairage moyen, calculé à travers la formule suivante :

$$E_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad / \quad n : \text{nombre de points de mesure, } E_i : \text{niveau d'éclairage au niveau d'un point } i$$

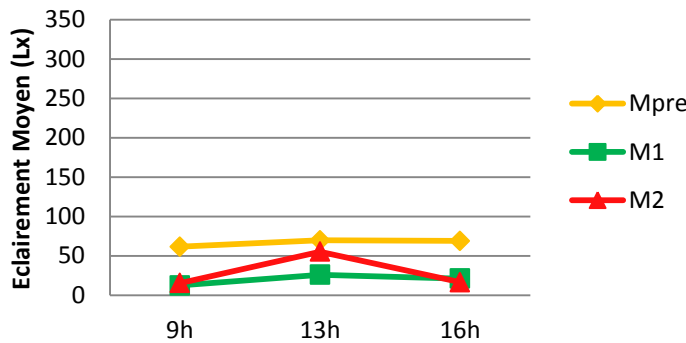
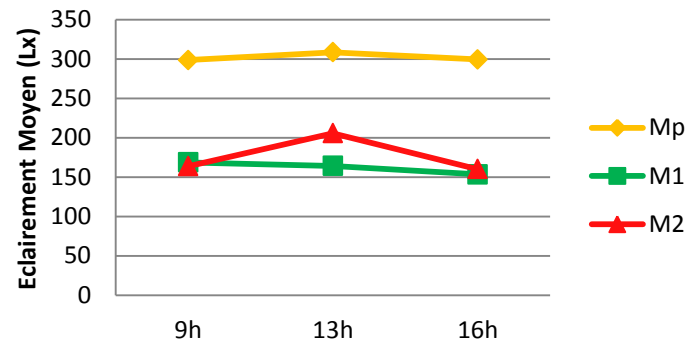
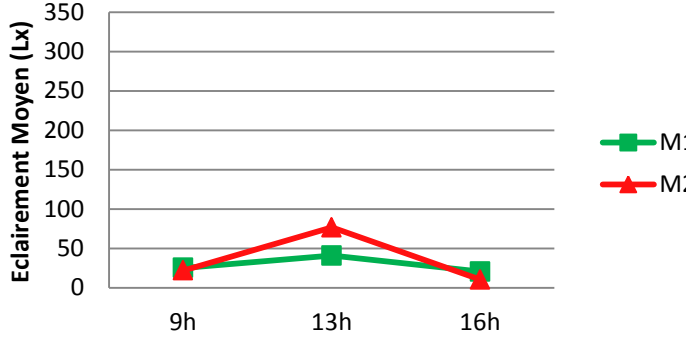
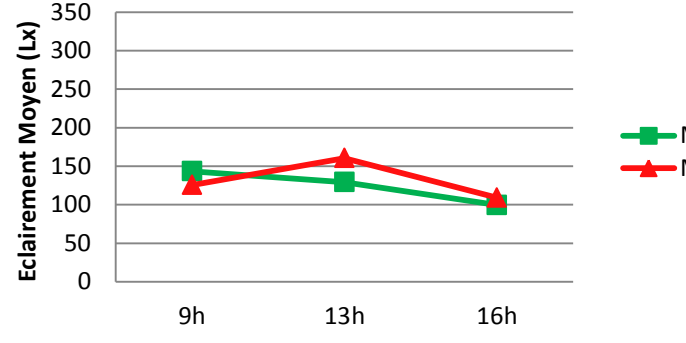
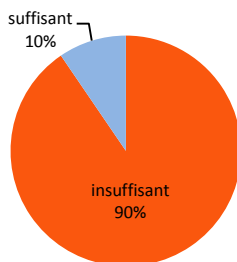

Avec cette opération, nous avons obtenu des niveaux d'éclairage moyens pour chaque atelier, chaque journée de mesure (Mpre, M1, M2...) et pour les différentes heures de mesures (9h, 13h, 16h). (Voir tableau 12)

IV- 3.2.1. Comparaison des niveaux d'éclairage moyens entre deux ateliers semblables

IV- 3.2.2.1 Facteurs d'influence des niveaux d'éclairage moyens

Dans cette partie, nous considérons l'éclairage moyen de tous les points de mesure dans chaque atelier (voir Fig.25). Les résultats ont été formalisés par les figures suivantes :

Tableau 12 : Niveau d'éclairage moyen par atelier et par heure

	Eclairage Naturel	Eclairage Combiné
Atelier 201b	<p>G.1</p> 	<p>G.2</p> 
Atelier 203b	<p>G.3</p> 	<p>G.4</p> 
Questionnaire	 <p>Figure 43 : Suffisance de l'éclairage naturel</p>	 <p>Figure 44 : Suffisance de l'éclairage en général</p> <p>Figure 45 : Satisfaction de l'éclairage artificiel</p>

La lecture de ces graphes permet d'observer que le niveau d'éclairément à l'intérieur des deux ateliers varie selon trois éléments principaux qui sont le temps dans l'année, le type de ciel (couvert ou clair) et l'heure de prise des mesures.

1. Premièrement pour le temps dans l'année, l'éclairément est le plus élevé en période d'été (M_{pre}) où l'éclairage combiné atteint les 308Lx à 13h en salle 201b.
2. Deuxièmement pour le type de ciel, on remarque que le niveau d'éclairément atteint des niveaux plus élevés sous ciel couvert (M2) que sous ciel clair (M1). Cela semble s'expliquer par le fait que sous ciel couvert, « le rayonnement lumineux est diffusé dans toutes les directions » (Architecture et climat, 2012) ce qui va permettre une plus grande pénétration par les parois latérales, et augmenter le niveau d'éclairément à l'intérieur de l'atelier.
3. Troisièmement pour l'heure, le niveau d'éclairément augmente en matinée pour atteindre son maximum en milieu de journée puis redescend en après-midi.

IV- 3.2.2.2 Niveaux d'éclairément suffisants ou insuffisants

Dans cette section, nous comparons les mesures du niveau d'éclairément en ateliers, aux normes scientifiques de confort minimal nécessaires pour le bon déroulement des tâches requises dans ces espaces. Pour cette comparaison, les mesures ont été synthétisées en niveaux d'éclairéments moyens par heure de prise de mesures durant la journée, obtenant ainsi trois niveaux moyens d'éclairément [E_{moy} (9h), E_{moy} (13h), E_{moy} (16h), qui à leur tour vont être alignés pour comparaison, suivant la formule suivante [$E_{moy} = \frac{E_{moy}(9h)+E_{moy}(13h)+E_{moy}(16h)}{3}$]

Le tableau (13) résume tous les éclairéments moyens de chaque journée de mesure, de l'éclairage naturel et de l'éclairage combiné. Nous pouvons y observer que l'éclairément moyen combiné des ateliers varie dans l'année, où il est le plus élevé en été (307Lx) en atelier 201b et diminue d'environ 45%, en hiver. Il diffère aussi par rapport au type de ciel, où en période d'hiver il augmente d'environ 7% sous ciel couvert par rapport au ciel clair.

Tableau 13 : Eclairément Moyen de chaque journée de mesure

Eclairément moyen (Lx)		E. Naturel		E. Combiné	
		201b	203b	201b	203b
été	M_{pre}	72	-	307	-
Hiver.clair	M1	20	29	162	124
Hiver.nuage	M2	29	36	176	132
Hiver.Pluie	M3	-	19	-	114

IV- 3.2.2.3 Rapports entre éclairage naturel et éclairage combiné

Dans cette section, nous abordons le rapport de pourcentage d'éclairage naturel par rapport à l'éclairage combiné général en atelier (Fraction d'Eclairage naturel / Eclairage combiné x 100) (Tab.14).

Les résultats ont montré une variation entre 16 et 28% dans les deux ateliers. Cette variation semble dépendre encore une fois du temps dans l'année et du type de ciel, où l'apport de la lumière naturelle est plus grand en été 23% qu'en hiver 12% (exemple : en atelier 201b, l'éclairage est de 72Lx en été et de 20Lx en hiver). Aussi, cet apport est plus grand sous ciel couvert que sous ciel clair (Différence de 7 à 9Lx).

Tableau 14 : L'apport de la lumière naturelle

L'apport de l'éclairage naturel	
201b	203b
23%	-
12%	23%
16%	28%
-	16%

L'éclairage moyen naturel est plus élevé au niveau de l'atelier 203b qu'en atelier 201b, à l'opposé de l'éclairage moyen combiné qui est plus élevé au niveau de l'atelier 201b. Cela peut être expliqué comme suit :

-Bien que les deux ateliers soient presque similaires (orientation, position et environnement bâti), la différence en termes d'éclairage naturel semble causée par la végétation qui est plus dense à proximité de l'atelier 201b (Fig.46). Cela justifie la réponse des étudiants à la question (12) portant sur leur proposition pour améliorer la lumière en atelier (voir annexe-A), avec 17% proposant le déplacement de la végétation (Fig.47).

-Quant à l'éclairage combiné, malgré que l'atelier 203b soit le plus éclairé naturellement, son éclairage combiné est plus faible qu'en l'atelier 201b. On pense que la différence réside dans l'installation électrique des luminaires (type de luminaires, lampes en panne, durée d'utilisation des lampes, propreté des lampes, etc.).

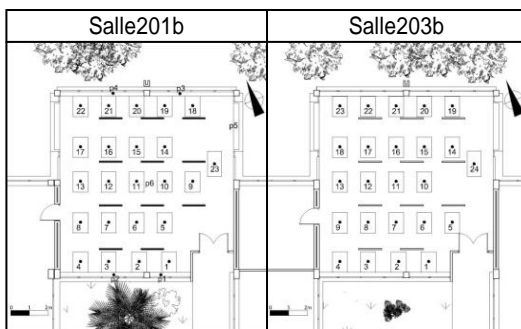


Figure 46 : Différence de densité de végétation

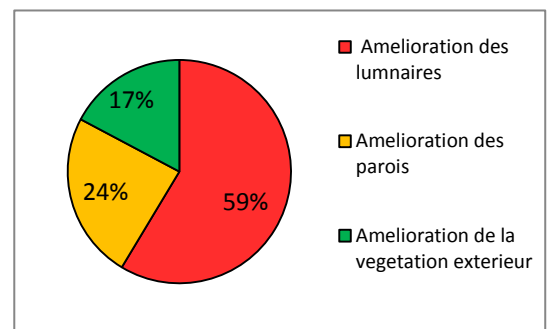


Figure 47 : Améliorations proposées par les étudiants

IV- 3.2.2.4 L'éclairage naturel et le Facteur de lumière du jour

L'éclairage naturel moyen dans les deux ateliers varie entre 19 et 36Lx, suivant les conditions du ciel (météo) en hiver, et il peut atteindre les 70Lx en été où l'éclairement est le plus élevé. Ces valeurs semblent insuffisantes pour le travail exigé en atelier, comme on le verra plus loin en discussion des résultats car les étudiants travaillent à la fois sur plan horizontal pour le dessin et sur plan vertical des écrans d'ordinateur. En effet, l'enquête a révélé que 62% des répondants travaillent le plus souvent sur les deux supports (feuilles et pc) et 33% utilisent principalement le pc comme support de travail (Fig.48). Cette insuffisance est d'autant plus vérifiée par les réponses à la question (q.7) où 90% des répondants pensent que la lumière naturelle n'est pas suffisante en atelier et 81% ont déclaré qu'ils n'ont jamais travaillé dans l'atelier sans éclairage artificiel (Fig.49).

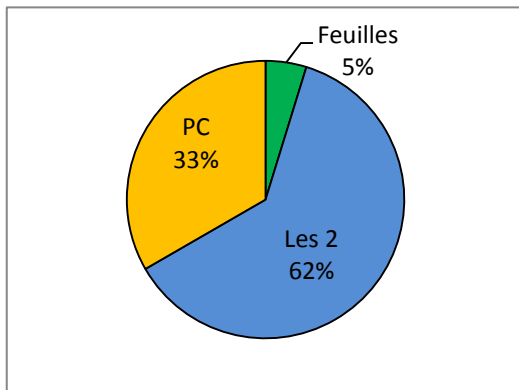


Figure 48 : Support de travail

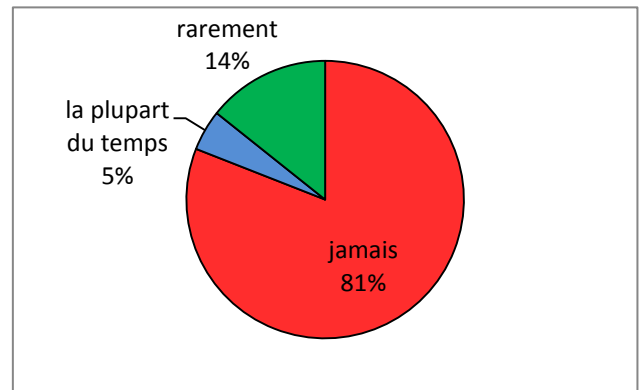


Figure 49 : Fréquence de travail, en atelier, sous éclairage naturel seul

Facteur de lumière de jour

Le calcul du facteur de lumière de jour s'est fait en utilisant la formule expliquée dans le chapitre deux (revoir p.14) pour la mesure M2 (sous ciel couvert). Pour cela, nous avons pris en considération les valeurs du niveau d'éclairement sous ciel couvert à l'extérieur de 600 à 900 fc (6458.35 à 9687.52 Lux)⁵³. Dans notre cas, le ciel était partiellement couvert, c'est pourquoi nous n'allons considérer que la valeur la plus grande (correspondant à 900 fc⁵⁴). Avec ces valeurs, nous avons obtenu le tableau suivant :

Tableau 15 : Facteur de lumière du jour correspondant à M2

FLJ (%) à 13h		FLJ min		FLJ moyen		FLJ max	
		201b	203b	201b	203b	201b	203b
Eclairement extérieur (ciel couvert)	≈ 9700 Lx	0.05	0.06	0,57	0,79	4.31	3.65

Ce tableau montre bien que la quantité de lumière naturelle, malgré qu'elle soit grande à l'extérieur, elle ne pénètre pas suffisamment à l'intérieur de l'atelier, où on a pour les points les plus critique (les plus profonds) des valeurs en deçà de (0.1%), ce qui est très petit.

Le tableau montre aussi un grand écart entre la valeur maximale et minimale du FLJ, ce qui reflète le **manque d'uniformité** de distribution de la **lumière naturelle** au sein de l'atelier.

⁵³ (Bensalem & Bakdi, 2002, p.776)

⁵⁴ (1 FC = 10.76 Lx)

IV- 3.2.2.5 L'éclairage combiné

Pour ce qui concerne l'éclairage combiné, le niveau d'éclairement varie de 114 Lx (temps de pluie) jusqu'à 176Lx sous ciel couvert en période d'hiver, alors qu'en été il a atteint 307Lx au niveau de l'atelier 201b. Cet éclairage combiné semble aussi être inadéquat car en réponse à la question n°6 du questionnaire, seulement 33% des utilisateurs des deux ateliers considèrent que la lumière combinée leur permet d'effectuer facilement leur travail et 67% considèrent qu'elle est insuffisante (Fig. 44). Dans cette dernière proportion de répondants insatisfaits (67%), un tiers se plaint de manque de lumière et un autre tiers se plaint de manque d'ensoleillement, le reste mentionne d'autres éléments (Fig.50)

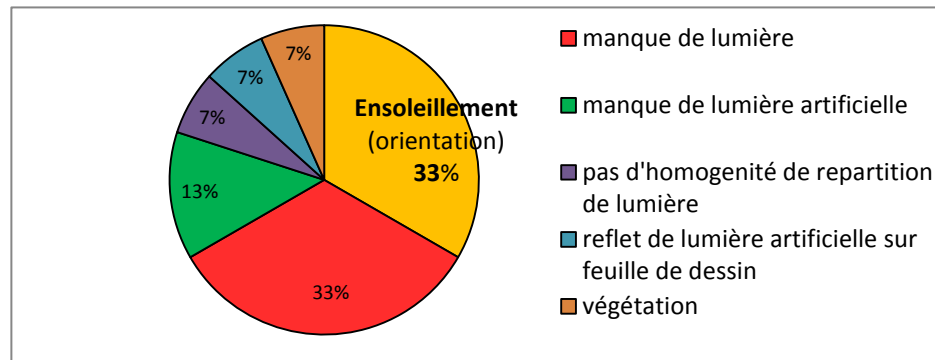


Figure 50 : Eléments d'insatisfaction à l'égard de la lumière en atelier

IV- 3.2.2.6 Importance de l'éclairage naturel dans l'appréciation d'éclairage

En comparant l'insatisfaction générale des répondants quant à l'éclairage en atelier (Fig.44), aux deux évaluations de l'éclairage artificiel et le naturel séparément (Fig.45) et (Fig.43), on déduit que la perception et l'appréciation de la lumière, en général, repose en grande partie sur la perception de **la lumière naturelle**.

IV- 3.2.2.7 Comparaison des niveaux d'éclairement en atelier, par zone :

En analysant les tableaux de mesures des niveaux d'éclairement (Annexe-B), nous avons constaté une différence de grandeur notable entre les mesures dans un même atelier et dans la même journée rejoignant ainsi les résultats de la pré-enquête (voir p.34). Par exemple pour M2 (hiver, ciel couvert) au niveau de l'atelier 201b, l'éclairement combiné maximal est de ($E_{max} = 439Lx$) à un point de mesure, situé au Nord, alors qu'au niveau de la zone centrale, la même journée à la même heure (ou à quelques minutes près), l'éclairement est de ($E_{min} = 81Lx$). Cela nous a poussés à nous interroger sur l'homogénéité de distribution de la lumière en atelier et c'est pourquoi nous avons établi un tableau d'homogénéité des niveaux d'éclairement dans un même atelier, exprimée par un indice d'uniformité⁵⁵ (Tab.16).

⁵⁵ Uniformité : le rapport entre Éclairement minimum et Éclairement moyen (E_{min}/E_m). Cet indice est utilisé pour vérifier l'uniformité de distribution de la lumière sur un plan de travail (exemple : une table), mais dans notre cas en vas l'utiliser différemment sur toute la surface de l'atelier. Cet indice varie entre (0 et 1) où le 1 représente une distribution égale de la lumière sur tout le plan de travail

Indice d'uniformité des niveaux d'éclairage par atelier et par zone

Tableau 16 : Indice d'uniformité $(I_{19h} + I_{113h} + I_{116h} / 3)$

Uniformité « U »		E. Naturel		E. Combiné	
		201b	203b	201b	203b
été	M _{pre}	0,2	-	0,4	-
hiver clair	M1	0,3	0,2	0,4	0,4
hiver nuage	M2	0,1	0,1	0,4	0,5
hiver pluie	M3	0,2	0,1	0,4	0,5

Ce tableau montre qu'une faible homogénéité de distribution de lumière existe au niveau des deux ateliers, où l'indice d'uniformité varie entre 0.1 et 0.5 au maximum, ce qui est très loin du 1 qui représente une répartition totalement uniforme. Cette uniformité est plus critique dans le cas de l'éclairage naturel seul que dans le cas de l'éclairage combiné. Cela peut être expliqué par les parois latérales vitrées qui apportent plus de lumière dans les zones latérales qu'au centre de l'atelier. Alors que dans le cas de l'éclairage combiné, le manque de lumière au centre est compensé par les luminaires, réduisant ainsi l'écart entre les deux zones latérales vitrées et le centre de l'atelier et améliorant donc l'indice d'uniformité. Cette amélioration d'indice est due au fait que le niveau d'éclairage de l'éclairage naturel est très faible.

L'un des résultats de la préenquête (voir p.34) nous a permis de découper l'atelier en trois zones (Z1, Z2, Z3) pour lesquelles nous avons calculé l'indice d'uniformité figuré dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Uniformité du niveau d'éclairage par zone

Uniformité			E. Naturel						E. Combiné					
			201b			203b			201b			203b		
			Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
Eté	M _{pre}	0,2	0,4	0,4	-	-	-	0,4	0,4	0,7	-	-	-	
Hiver	Clair	M1	0,9	0,4	0,4	0,8	0,5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7
	Nuage	M2	0,9	0,3	0,2	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,7	0,5	0,6
	Pluie	M3	0,7	0,4	0,3	0,8	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6

En considérant l'indice d'uniformité par zone, on observe des valeurs plus élevées, qui se rapprochent même de la valeur idéale qui est le « 1 ». Il semblerait, selon les valeurs du tableau, que la zone 1 couvre le plus grand nombre des valeurs où l'uniformité se rapproche du 1.

Bien que ce tableau justifie le découpage préalable de la préenquête en 3 zones, l'indice n'est pas vraiment grand (≈ 1) au niveau de la même zone et cela semble s'expliquer par la présence de végétation pour les Z1 et Z3 et même Z2 en partie et aussi l'existence de petites vitres au niveau de la façade Est et Ouest (Fig.17 et 18) ce qui semble avoir une influence sur l'indice d'uniformité de la Z3 et Z2.

En observant les valeurs de l'indice d'uniformité de tout l'atelier qui montre que l'éclairage manque d'homogénéité, il nous semble qu'une évaluation d'éclairage reposant sur le niveau d'éclairage moyen de tout l'atelier n'est pas vraiment précise, pour cela dans la partie qui suit nous allons établir un niveau d'éclairage moyen par zone.

Tableau 18 : Niveau d'éclairage moyen par zone et par heure

M1	201b		203b	
E. Naturel	<p style="text-align: right;">G1</p>	<p style="text-align: right;">G2</p>		
	E. Combiné	<p style="text-align: right;">G3</p>	<p style="text-align: right;">G4</p>	
Questionnaire		<p style="text-align: center;">Figure 51 : Endroit préféré en atelier 201b</p>		<p style="text-align: center;">Figure 52 : Endroit préféré en atelier 203b</p>

Les niveaux d'éclairage moyens par zones

Dans cette section, nous calculons le niveau d'éclairage moyen pour chaque zone (Tab.18).

Les graphes montrent que la variation du niveau d'éclairage par rapport à l'heure dans la journée est faible au niveau de la (Z2) à l'encontre des zones (Z1) et (Z3). Cette variation est une caractéristique de la lumière du jour, donc l'éclairage de la Z2 dépend principalement de l'éclairage artificiel à l'opposé des zones (Z1) et (Z3) qui subissent une grande influence de la lumière naturelle. En comparant ces résultats aux résultats du niveau d'uniformité en Z2 (voir Tab.17), on déduit que l'emplacement des luminaires a une part non négligeable dans le manque d'homogénéité de distribution du niveau d'éclairage en atelier.

D'après les graphes G3 et G4 et les figures 51 et 52, on peut observer que la zone préférée par les étudiants correspond à la zone avec le niveau d'éclairage le plus élevé et la zone la moins appréciée par les étudiants correspond au niveau d'éclairage le plus faible, cela confirme encore une fois l'importance de l'éclairage pour les occupants de l'espace étudié.

IV- 3.2.2. L'influence de la teinte

Dans cette section, nous allons comparer entre les mesures prises au niveau des points p1, p2, p3 et p4. La comparaison se fera entre deux situations (fenêtre ouverte/fenêtre fermée) (revoir p.33). La comparaison entre les deux situations nous a permis de constituer le tableau ci-dessous, qui représente la perte en éclairage naturel pénétrant à travers le vitrage de l'atelier, exprimé par (%).

Tableau 19 : Réduction du niveau d'éclairage causée par la teinte du vitrage

		diminution d'éclairage (%)					
		heure (201b)			heure (203b)		
		9h	13h	15h	9h	13h	16h
Mpre	P1	37	x	40	x	x	x
	P2	39	x	46	x	x	x
	P3	85	x	85	x	x	x
	P4	84	x	77	x	x	x
M1	P1	35	23	24	49	46	46
	P2	32	93	36	42	39	37
	P3	86	88	85	88	86	87
	P4	85	84	81	84	85	83
M2	P1	18	27	9	45	45	44
	P2	34	40	32	37	38	41
	P3	83	85	85	87	87	88
	P4	79	80	80	83	80	84
M3	P1	13	x	33	45	38	39
	P2	36	x	46	37	36	41
	P3	85	x	x	87	90	88
	P4	82	x	82	83	87	83

On remarque depuis le tableau que la diminution causée par la teinte varie entre 9 et 93%, cette réduction du niveau d'éclairage selon le tableau diffère entre les deux côtés de l'atelier (Nord et Sud). Dans le côté Sud, la réduction est généralement entre 20 et 40%, alors qu'au côté Nord la réduction est généralement entre 80 et 90%. Cela peut être expliqué par le fait que la teinte dans les deux côtés ne soit pas la même. A défaut d'informations techniques sur les propriétés du vitrage utilisé, la différence entre les teintes des vitres peut être visuellement perçue sur place. Sur le terrain on

remarque que la partie orientée Nord (où se trouve p3 et p4) reflète plus de lumière et donc la diminution de l'éclairage entrant serait plus grande (Fig.53)

Il est à noter que : Les valeurs ici discutées, sont sous forme d'intervalles ; alors que la transmittance d'un vitrage de même que sa réduction de lumière doivent normalement être fixes. Cela nous semble lié à un facteur environnant qui serait la végétation, qui fait que la lumière qui atteint le point de mesure ne soit pas la même pendant la période de mesure (mesure avec fenêtre fermée puis ouvrir la fenêtre et reprendre la mesure)



Figure 53 : Différence perçue de la teinte entre vitrages du côté Nord et Sud

IV- 3.3. Discussion

Dans cette partie, on va commencer par la comparaison des deux éléments qu'on a considérés comme importants pour l'évaluation d'un éclairage intérieur. Il s'agit premièrement du niveau d'éclairage et deuxièmement de l'apport de la lumière naturelle.

- Les mesures du niveau d'éclairage dans les deux ateliers, montrent des résultats concernant l'éclairage naturel seul ou combiné, en deçà des normes scientifiquement reconnues entre 500 et 1000Lx (revoir p.13) et cela sous les différentes conditions, que ce soit le temps dans l'année ou le type de ciel. La plus grande valeur d'éclairage moyen au niveau de l'atelier 201b en période d'été qui a été mesurée, atteint 307Lx, mais cela reste en dessous de la norme. Alors que la valeur d'éclairage moyen la plus basse qui a été mesurée au niveau de l'atelier 203b en hiver (pluie), avec 114 Lx, ce qui est très bas par rapport à 500 ou encore 1000 Lx.
- Pour ce qui est de la lumière naturelle, les calculs nous ont donné un facteur de lumière du jour (FLJ) moyen de 0.57% (atelier 201b) et 0.79% (atelier 201b). Ce qui est bien en-dessous de la norme fixant des valeurs entre 2.5 et 5% pour qu'un espace soit considéré comme bénéficiant d'un bon niveau d'éclairage naturel (revoir p.14).

Dans cette section on va parler du coefficient d'uniformité que nous avons remarqué être petit dans les deux situations d'éclairage combiné ainsi que d'éclairage naturel seul, reflétant ainsi le manque d'uniformité de distribution de lumière dans l'atelier. Ce coefficient même après la mise en place du dispositif, il ne s'est pas amélioré (Tab.16) malgré que la couleur blanche soit supposée être plus réfléchissante ce qui devait améliorer l'uniformité. Cela semble être dû au fait que l'éclairage soit de type direct donc « le plafond ne reçoit la lumière...que de manière indirecte, son influence sur la répartition de la lumière est relativement faible » (Bodart & Deneyer, s.d, p. 19).

Pour ce qui est de la teinte du vitrage, le tableau 19 nous donne des niveaux de réduction de la lumière entre 20 et 40% pour les vitres du côté Sud et des valeurs entre 80 et 90% pour les vitres du côté Nord. Cela correspond à des valeurs de transmittance de 60 à 80% au Sud et 10 à 20% au Nord. Ces derniers (10 à 20%) sont en deçà des recommandations de Boyce & al. (1995)⁵⁶ qui ont cherché à déterminer le seuil à partir duquel la réduction de transmittance d'un vitrage est perceptible et ils ont conclu que « la transmittance minimale acceptable se situe entre 25 et 38% ». C'est-à-dire qu'en deçà de 25% la transmittance est inacceptable, alors que nous avons au côté Nord une transmittance de 10 à 20%.

IV- 3.4. Synthèse

On retiendra de cette partie que l'éclairage au niveau des deux ateliers est d'une part insuffisant en termes de quantité exprimée en lux et d'autre part il manque d'uniformité de distribution au niveau des plans de travail des étudiants. Cela est dû à plusieurs éléments qui sont :

- La végétation à proximité des vitres qui constitue un facteur environnemental extérieur influençant la quantité de lumière du jour reçue à l'intérieur de l'atelier, et aussi le positionnement de cette végétation qui influence la répartition de la lumière et génère ainsi une faible uniformité à l'intérieur de l'espace.
- Les vitres utilisées pour les parois latérales, sont traitées avec une teinte qui réduit la quantité de lumière naturelle pénétrante dans les ateliers étudiés.
- Le système d'éclairage artificiel, dont l'emplacement des luminaires contribue en partie au manque d'uniformité, et aussi le type de luminaire dont la différence de forme entre les deux ateliers étudiés (Voir p.32) explique en partie la différence des niveaux d'éclairement entre ces derniers.

On retiendra aussi que la lumière naturelle sous ses deux aspects (lumière du jour et ensoleillement) constitue un élément important dans l'éclairage intérieur, soit en termes de quantité où son faible niveau est un des paramètres qui font que l'espace présente des niveaux d'éclairement faibles, soit sur l'appréciation de l'éclairage par les occupants de l'espace, où le manque d'ensoleillement ainsi que de la lumière du jour constituent un élément important d'insatisfaction des occupants à l'égard de l'éclairage

⁵⁶Citée dans : (Pineault, 2009, p. 27)

IV- 4. La Couleur intérieure en atelier

Dans cette partie, on va tenter de comprendre l'influence de la couleur des parois, particulièrement le « gris » du plafond sur le niveau d'éclairage et sur l'humeur des étudiants en ateliers étudiés. Pour le premier point qui concerne l'influence sur le niveau d'éclairage, on utilise les mesures prises in situ, et pour le deuxième point on analyse les données du questionnaire.

IV- 4.1. La couleur intérieure perçue

En analysant la question (15) du questionnaire, portant sur l'appréciation globale de l'atelier (voir annexe-A), la majorité des étudiants (76%) considèrent que l'intérieur de leurs ateliers est non agréable (Fig.54). Cette appréciation est justifiée en grande partie (53%) par la couleur que certains considèrent comme étant **incohérente** et d'autres la qualifient de **sombre** ou **pas chaleureuse** (Fig.55).

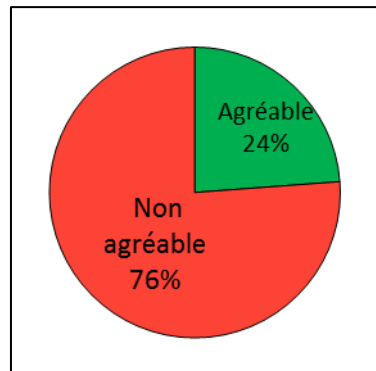


Figure 55 : Appréciation de l'apparence (esthétique) de l'atelier

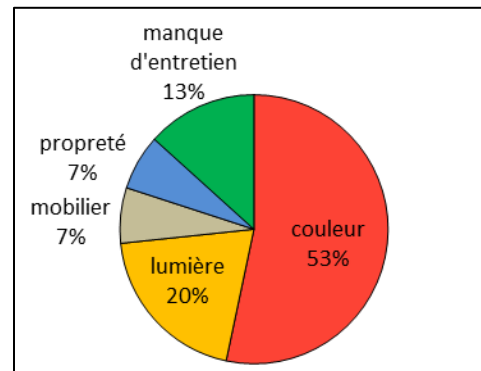


Figure 54 : Causes de l'appréciation négative de l'intérieur de l'atelier

En observant le graphe présentant la couleur la plus remarquée en atelier, on constate que selon les étudiants c'est la couleur grise du béton (Fig.56). Cela veut dire que l'appréciation de cette couleur est en grande partie négative donc la couleur du béton semble avoir des effets négatifs sur les occupants de ces ateliers. Ces résultats ont été confirmés par les réponses à la question q.16 (voir annexe-A) qui demande aux étudiants directement s'ils pensent que la couleur des parois intérieures de l'atelier affecte leur humeur. En effet, la majorité des étudiants (76%) pensent que la couleur actuelle des parois intérieures affecte négativement leur humeur (Fig.57), cela confirme une de nos hypothèses de départ qui suppose que la couleur grise du béton a des effets négatifs sur l'occupant de l'espace.

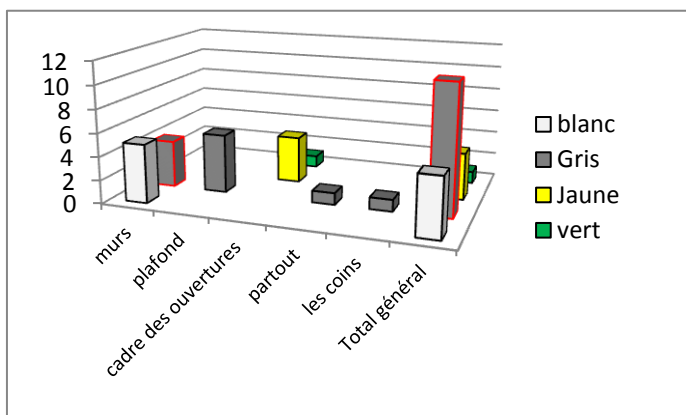


Figure 56 : La couleur la plus remarquée en atelier

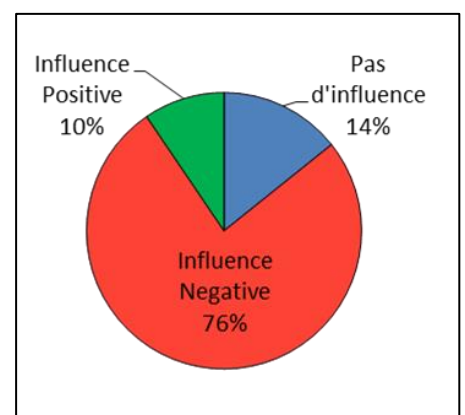


Figure 57 : Effet de la couleur des parois sur l'humeur des répondants

Au niveau de la figure (56), on remarque que la couleur grise a été mentionnée au niveau des murs, or que réellement sur terrain en atelier, les murs sont en partie blancs et en partie vitrés, à l'intérieur le gris du béton n'existe qu'au plafond (revoir Fig.19). Deux explications nous paraissent probables pour ce point :

- La dominance de la couleur grise dans l'environnement étudié : sachant que la majorité des questionnaires ont été effectués en dehors des ateliers étudiés, et sous la dominance de la couleur grise à l'épau exprimée dans la question (q.13) qui montre que la couleur grise est la plus dominante avec 90% par rapport au vert (10%). Cette dominance peut être aussi remarquée au niveau de la même question dans la partie où on leur demande de préciser l'endroit où elle peut être remarquée, où 67% des étudiants utilisent l'expression «Partout ».
- La couleur grise a peut-être été utilisée pour décrire aussi l'aspect des vitres dont la teinte se rapproche du gris.

IV- 4.2. Mise en place du dispositif et Influence de la couleur du plafond sur le niveau d'éclairage artificiel

Pour évaluer l'influence de la couleur des parois sur la lumière artificielle en atelier, nous avons utilisé parmi les mesures recueillies celles de (M5b) liées à la mise en place du dispositif en faux plafond. Ces mesures représentent des niveaux d'éclairage prises dans la même journée, au niveau de l'atelier 201b de nuit, en deux temps : avec le dispositif en place et juste après l'avoir enlevé. Cette situation de prise de mesures de nuit, a permis réellement d'apprécier l'effet du dispositif qui a rendu la couleur et la profondeur des caissons du plafond comme unique variable à apprécier. Cette mesure (M5b) diffère des autres mesures à cause du nombre limité d'éléments qui peuvent influencer l'éclairage, où pour M4 et M5 on doit comparer entre deux ateliers différents et pour M3, en plus des différences entre les ateliers, on avait d'autres éléments, alors que la mesure (M5b) est une comparaison au sein du même atelier avec un temps réduit entre les mesures (revoir page 42).

Tableau 20 : Mesures M5

M5 (b)	Points de mesure								
	Atelier	1	2	3	4	5	E_m	E_{min}	U
Eclairage (Lx)	203b (témoin)	161	138	155	124	149	145	124	0,85
	201b (Sans Dispositif)	218	194	217	160	200	198	160	0,81
	201b (Avec Dispositif)	311	281	287	221	287	277	221	0,8
Amélioration (avec dispositif) (%)		29,9	31,0	24,4	27,6	30,3	28,7	–	–

Le tableau nous permet d'observer une amélioration du niveau d'éclairage après la mise en place du dispositif, cette amélioration semble être causée par deux facteurs qui sont :

- Premièrement, la couleur blanche qui est plus réfléchissante que la couleur grise du béton,
- Deuxièmement, la forme plane du dispositif qui a probablement aussi amélioré la réflexion du plafond et qui a amélioré d'avantage le niveau d'éclairage sur le plan de travail

Le tableau montre aussi que cette amélioration n'est pas la même sur tous les points de mesures, cela veut dire que si on avait pris tous les points de mesures (23) à la place de (5) seulement, l'amélioration moyenne aurait été différente que celle qu'on a trouvée et pour cela on ne peut pas généraliser.

Ces résultats rejoignent les résultats du traitement de la question (17) (voir annexe-A), où 81% des répondants pensent que le changement de la couleur du plafond en couleur claire améliorerait l'éclairage en atelier (Fig.58). Aussi, au niveau de la q.18, dans la partie sur le plafond, 75% des améliorations proposées par les étudiants concernent la couleur, les 25% restants proposent un faux plafond (Fig.59).

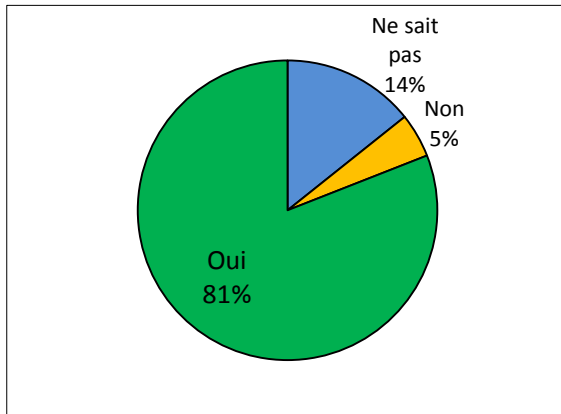


Figure 58 : L'éclairage s'améliorerait si la couleur du plafond est claire?

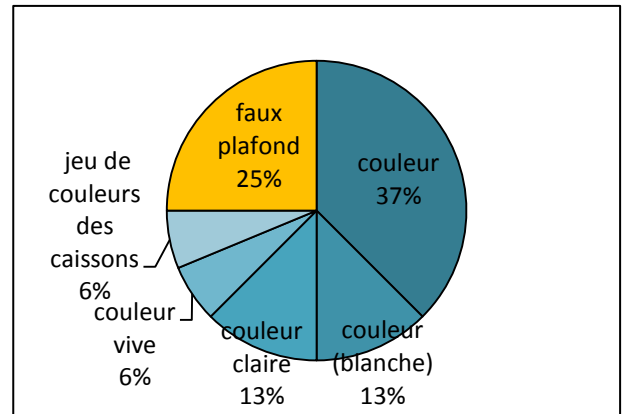


Figure 59 : Améliorations proposées par les étudiants au niveau du plafond

IV- 4.3. Discussion des résultats

Le premier point concernant la couleur dans l'espace étudié est en rapport avec la caractéristique de réflexion. Cette dernière nous intéresse au niveau du plafond en béton, où selon *Architecture et climat* (2012) le béton a une réflexion de 0.4 à 0.5 (béton neuf), et 0.05 à 0.15 (béton ancien). Cette caractéristique du béton ne rejoint pas les recommandations concernant la couleur pour plafond qui doit être claire (Schools, S.D) ainsi qu'avec une réflexion de 0.8 ou plus selon la littérature (Öztürk, 2010 ; Schools, s.d)

Nous sommes arrivés, dans notre cas d'étude, à une amélioration de 28,7 % du niveau d'éclairage, et cela en effectuant des changements au niveau du plafond seulement. Cette amélioration est plus grande que celle attendue par le changement de couleur des parois du foncé au claire, qui est estimée à environ 20% (*Architecture et climat*, 2012). Cette différence nous semble liée à la deuxième variante au niveau du plafond, où nous avons modifié la forme en plus de la couleur.

IV- 4.4. Synthèse

On retiendra de cette partie que les ateliers étudiés sont négativement appréciés sur le plan esthétique, où la couleur est susceptible d'avoir des effets négatifs sur l'humeur des étudiants, ainsi que sur l'éclairage. Pour ce dernier point, nous avons vu que la couleur employée au niveau du plafond de l'espace étudié ne rejoint pas les recommandations favorables pour un bon éclairage où les résultats montrent qu'une amélioration au niveau de l'éclairage s'est produite, en changeant la couleur du foncé vers le claire.

IV- 5. Conclusion du chapitre

Dans le chapitre précédent, on a vu que le confort visuel constitue une partie importante dans l'appréciation de l'environnement, à travers l'évaluation de deux de ses composantes qui sont l'éclairage et la couleur. Les résultats nous montrent que les deux éléments considérés sont généralement négativement appréciés, ce qui nous laisse dire que l'appréciation de l'environnement visuel est négative et cela génère par conséquent une appréciation négative quant à l'environnement étudié. Ce qui explique l'état d'inconfort et d'insatisfaction des occupants envers leur atelier.

Conclusion Générale

Résultats

Concernant le confort, l'espace étudié est considéré comme étant inconfortable et cela est dû à plusieurs paramètres dont ceux liés aux conditions thermiques ainsi que ceux liés aux conditions visuelles et la qualité de l'air, qui sont globalement les plus critiqués.

Cette recherche montre essentiellement que la qualité la plus recherchée au niveau de l'atelier est liée à l'environnement visuel et précisément la lumière et qu'en plus des quatre catégories du confort, d'autres éléments peuvent se manifester, comme ça été le cas de la propreté de l'espace qui s'est révélé importante pour le confort, d'après les étudiants.

Concernant l'éclairage, nous sommes arrivés à conclure qu'au niveau des ateliers étudiés, il est négativement apprécié et cela due à plusieurs éléments liés à sa quantité ainsi que sa qualité :

- Nous avons vu que la quantité de lumière ou niveau d'éclairage, exprimé en lux dans les deux ateliers n'atteint pas le minimum recommandé pour les tâches exécutées dans le type d'espace étudié.
- Cet éclairage est aussi caractérisé par une mauvaise répartition sur la surface ou l'aire des deux cas étudiés (201b et 203b).
- Le faible taux de lumière naturelle pénétrant à l'intérieur des espaces étudiés ainsi que le manque d'ensoleillement réclamé par une portion non négligeable des occupants qui le lient à l'insatisfaction à l'égard de l'éclairage.

Cette recherche nous a aussi révélé quelques éléments qui semblent affecter négativement l'éclairage au niveau des ateliers étudiés. Il s'agit de :

- L'environnement immédiat extérieur de l'espace, se manifestant dans notre cas par la végétation très proche qui empêche le captage de la lumière naturelle malgré la grandeur des vitres. Cette végétation peut servir de protection contre les rayons solaire certes, mais dans notre cas d'étude et précisément au Nord nous pouvons considérer qu'elle est mal placée.
- La teinte du vitrage s'est révélée aussi comme étant un important facteur entravant la pénétration de la lumière du jour avec une réduction qui s'élève à des niveaux très grands sur les parois donnant vers l'extérieur périphérique de l'extension Deluz. Cette forte réduction peut être justifiée sur les parois orientées à l'Est (salles 301b, 302b ...) pour protéger les ateliers des rayons solaires directes, mais au côté Nord ce même vitrage utilisé, nous semble très mal placé car il réduit sensiblement la pénétration, plus que nécessaire, de l'éclairage naturel.
- Cette recherche montre aussi que la couleur intérieure affecte l'éclairage et que même dans notre cas, où l'éclairage est de type direct, l'influence de la couleur est à prendre en considération même si elle est associée à un autre facteur qui est la forme.

Bien que nous n'ayons pas pu vérifier l'influence de la couleur du béton sur les occupants de l'espace étudié, d'une manière précise, mais nous pouvons dire que cette couleur constitue un élément important en ce qui concerne l'appréciation négative globale de l'apparence de l'espace en question. Aussi, il nous semble que l'utilisation du béton brut dans notre cas, au niveau du plafond, n'est pas vraiment appropriée pour l'esthétique et l'éclairage des ateliers.

Recommandations

Notre espace étudié présente, en terme de confort, un certain nombre de faiblesses, qui sont sur le plan visuel, liées principalement à l'éclairage. Ce dernier peut être amélioré, en intervenant sur le système d'éclairage en soit, et sur l'environnement physique. Concernant l'environnement physique, l'amélioration de l'éclairage selon nous, consiste à minimiser les pertes en éclairage artificiel (on veut dire par perte la partie d'éclairement absorbée par la pièce ou les composantes des luminaires ainsi que le mobilier) et maximiser le captage de la lumière naturelle.

Cette amélioration de l'éclairage repose sur plusieurs facteurs environnementaux dont essentiellement la couleur des parois internes et externes, la taille des masques végétaux et la teinte du vitrage :

- Concernant la couleur des parois, il est recommandé de peindre les murs extérieurs qui font face au local et les porte-à-faux, ainsi que les surfaces intérieures par une couleur claire réfléchissante et éviter les matériaux foncés. Cela va diminuer l'absorption de la lumière et maximiser sa diffusion. Il est recommandé aussi d'éliminer les masques en taillant la végétation et utiliser des arbres à feuilles caduques.
- On peut aussi agir au niveau des vitres et plus exactement sur le coefficient de transmission du vitrage qui conditionne la quantité de lumière extérieure qui parvient à l'intérieur des locaux (voir annexe-C).

Ces dispositifs sont considérés non coûteux et efficaces en les comparant à d'autres dispositifs techniques qui peuvent être réfléchis pour les nouvelles constructions et qui seraient plus coûteux.

Faiblesses de cette recherche

- Une des principales faiblesses de cette recherche est la petite taille de l'échantillon qui ne permet pas d'apprécier les différences d'une manière sûre, où un échantillon plus grand aurait permis d'éliminer des éléments 'parasites'.
Toujours au niveau de l'échantillon, les proportions concernant le genre étaient déséquilibrées, ce qui ne nous a pas permis d'observer les différences entre homme et femme. Ce facteur n'est pas négligeable car il est considéré dans les recherches comme important, voire influent sur l'appréciation de l'environnement.
- Autre faiblesse, le caractère général de cette recherche qui ne permet pas de voir d'une manière précise l'influence séparée des éléments considérés (par exemple on a traité l'éclairage comme un tout, alors que parmi ces composantes la température de couleur a des effets différents par rapport au niveau d'éclairement).
- Notre recherche a concerné un environnement d'enseignement, alors que la plupart des recherches sur les environnements d'enseignement concernent les phases primaire jusqu'au lycée. Le manque de références et d'éléments de comparaison sur la phase universitaire nous a conditionné à combiner les normes et les recommandations entre écoles et bureaux. Cela peut être considéré comme une faiblesse dans certaines parties de cette recherche.
- Enfin, une dernière faiblesse concerne les facteurs considérés dans l'évaluation du degré de confort visuel en atelier. Pour des raisons de faisabilité, dans cette recherche nous avons limité l'évaluation du confort visuel aux deux paramètres éclairage et couleur intérieurs ; alors que pour définir la qualité d'un environnement visuel, dans un espace intérieur, et d'une manière sûre, il aurait fallu considérer tous les paramètres du confort visuel.

Perspectives de recherche

- Un des éléments que nous n'avons pas pu confirmer d'une manière sûre, a été l'influence de la couleur sur l'éclairage, du moins dans notre cas elle a été associée à la forme (profondeur du caisson). Une autre recherche plus approfondie permettrait d'isoler cet élément (couleur) pour mieux apprécier son influence.
- Sur le plan économique : Il serait intéressant d'évaluer l'influence des différents éléments traités tels que la teinte du vitrage et la couleur des parois (en relation avec l'éclairage) sur la consommation d'énergie dans les espaces intérieurs.
- Sur le plan psychologique : il serait intéressant d'essayer de connaître les effets engendrés par un matériau de construction utilisé à travers le monde entier, qui est le béton sous sa couleur brute, sur la psychologie des occupants des lieux en question.

Liste des références

a) Références Primaires

- ALG (Advanced lighting guidelines).(2001).**Chap.4: Lighting design considerations .
(www.iar.unicamp.br, version pdf, consulté en 2013). Chapitre 4-3 "Lighting quality": pp. 5-23.
- Architecture et climat. (2012).** *Energie+ .Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire.* Retrieved 2013, from Energieplus: <http://www.energieplus-lesite.be>
- Arsenault, H. (2012).** *Effets du verre teinté sur la qualité de la lumière naturelle, l'éveil des occupants et l'utilisation d'un éclairage d'appoint .*Mémoire (M. Sc), Québec : Université Laval .
- Belakehal, A. (2006).** *Etude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux.cas des milieux arides à climat chaud et sec.* Thèse de doctorat, Biskra: Université Khider Mohamed Biskra. Chapitre "Introduction générale": pp. 1-7.
- Bensalem, R., & Bakdi, S. (2002).** The luminous environment of the National Museum of Fine Arts of Algiers. *Design with the environment* (pp. 775-779). Toulouse: 19thInternational conference on passive and low energy architecture.(PLEA 2002).
- Bodart, M., & Deneyer, A. (s.d).** *Guide d'aide à l'interprétation et à l'amélioration des résultats sous les ciels et soleil artificiel du CSTC.* Belgique:Université Catholique de Louvain(UCL) et CSTC.version pdf
- BRANZ(Building Research Association of New Zealand). (2007).** *Designing Quality Learning Spaces:lightning.* Developed for the Ministry of Education.(www.branz.co.nz, version pdf, consulté en 2013).
- Bright, K., Cook, G., & Harris, J. (2004).** *Contrast & Perception. Design Guidance for Internal Built Environments .* UK: The University of Reading.
- Chabane, I. (2006).** *Evaluation de la qualité vécue des environnements hermétique en mur-rideau de verre.*Mémoire de magistère, Alger: Ecole polytechnique d'architecture et d'urbanisme. Chapitre 1: pp. 7-24; Chapitre 3: pp. 44-69.
- Chabane, I. J., & Bensalem, R. (2006).** Tinted glass curtain wall and its implications on the occupant's health – case study of a tight office building in Algiers. Geneve: 23thConference on Passive and Low Energy Architecture. (PLEA 2006).
- Daggett, W. R., Cobble, J. E., & Gertel, S. J. (2008).** *Color in an Optimum Learning Environment.* International Center for Leadership in Education.
- Dalke, H., & al. (2006).** Colour and lighting in hospital design. *Optics & Laser Technology*(38), pp. 343-365.
- Damerdji, S. & Damerdji, M. (2012).** *EPAU 1970-2012.* Alger: epau
- De Vigan, J. (2008).** *Dicobat 9.* Lonrai, France: Arcature.
- Dictionnaires le Robert. (2006).** *Le Robert Micro.* Paris: Le Robert.

- Dubois, C. (2006).** *Confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture L'influence de l'éclairage naturel sur les occupants.* Mémoire (M. Sc), Québec: Université Laval. Chapitre 2 "Confort": pp. 4-14.
- Franz, G. (2006).** Space, color, and perceived qualities of indoor environments. *Environment, Health and Sustainable Development (IAPS 19)*. Seattle, USA: Hogrefe & Huber, pp.1-8.
- Frontczak, M., & Wargocki, P. (2011).** Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*(46), pp. 922-937.
- Garcia Tavares, S., & al. (2006).** Parametric Lighting Studies. Geneva, Switzerland: 23th *Passive and Low Energy Architecture*. (PLEA2006).
- Hachette . (2011).** *Dictionnaire Hachette*. Paris: Hachette.
- Hidayetoglu, M., & al. (2012).** The effects of color and light on indoor way finding and the evaluation of the perceived environment. *Journal of Environmental Psychology*(32), pp. 50-58.
- IBE-BIV. (s.d).** *Code de bonne pratique en éclairage intérieur*. Bruxelles: IBE-BIV.
- Lux la revue de l'éclairage. (2004, Mai/Juin).** Cahier technique. *LUX*(228), 45-50.
- Manav, B., & Kutlu, R. G. (2010).** The Effects of Colour and Light on Space Perception . *Colour and Light in Architecture*, (pp. 173-178).
- Moser, G. (2003).** *Questionner, analyser et améliorer les relations à l'environnement* in Moser, G., & Weiss, K. (sous la direction). *Espaces de vie*. Paris: Armand Colin : pp. 11-47.
- Musa, A., & al. (2012).** Indoor Environmental Quality for UKM Architecture Studio: An Analysis on Lighting Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*(60), pp. 318-324.
- Ouameur, F. A. (2007).** *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics*. Mémoire (M. Sc), Québec: Université Laval. Chapitre 1 "Introduction": pp. 1-31.
- Öztürk, E. (2010).** *The effects of color scheme on the appraisal of an office environment and task performance . Thesis of master of fine arts, Ankara : Bilkent university.* Chapitre 1: pp. 1-6; Chapitre 2 : pp. 7-42.
- Philips, D. (2004).** *Daylighting.Natural light in architecture*. Oxford: Architectural Press. Chapitre 5 "Calculations ": pp. 45-59.
- Pineault, N. (2009).** *Effets des types de vitrage sur la qualité de l'éclairage naturel, Étude expérimentale à l'aide d'une maquette à échelle réduite d'une salle de séjour.* Mémoire (M. Sc), Québec : Université Laval. Chapitre 2 " Cadre théorique ": pp. 13-29.
- Reinhart, C., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006).** Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. Conseil national de recherches Canada (*CNRC-NRC*). (NRCC-48669), pp. 1-25.
- Roulet, C. A. (2008, mai).** *Conditions de confort et de logement sain.* Luxembourg: Centre de Recherche Bulbic Henri Tudor.(Cycle de formation pour architectes et ingénieurs-conseils). Chapitre 2 "Confort thermique" : pp. 3-13; Chapitre 10 "Résumé " : pp. 57-58.

- Roulet, C. A. (2008).** *Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments*. Suisse: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Chapitre 1 : pp. 1-20; Chapitre 4 : pp. 85-120; Chapitre 8 : pp. 267-279.
- Roulet, B. (2004).** *L'influence de la couleur en marketing : vers une neuropsychologie du consommateur*. Thèse de doctorat, Rennes: centre de recherche en économie et management. Chapitre 1 " Couleur et physiologie " : pp. 35-109.
- Roy, J. P., & Lacroix, J. B. (2000).** *Le dictionnaire professionnel du BTP*. Paris: Eyrolles.
- S.A. (2003).** *Code du travail – Recueil de textes législatifs et réglementaires (2^{ème} ed.)*. Berti, Alger : pp. 537-540
- Schools. (s.d).** *A guide to energy efficient and cost effective lighting*. department of education and science, Dublin, Irland. pp. 1-7.
- U.S. Army Engineer District. (1997).** *Design guide for interiors*. Omaha: US army corps of engineers. Chapitre 3 " Light and Color " : pp. 3.1-3.8; Chapitre 4 " Design Basics " : pp. 4.1-4.10.
- Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009).** Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*(29), pp. 63-75.
- Yildirim, K & al. (2007).** Effects of indoor color on mood and cognitive performance. *Building and Environment*(42), pp. 3233-3240.
- Zelanski, P., & Pat Fisher, M. (2006).** *Les théories de la Couleur*. Paris: Thalia. Chapitre 2, 3 , 4: pp. 14-48.

b) Références secondaires

Dans cette liste, les références secondaires ont été reprises telles que Citées dans nos références primaires avec leurs styles de citation respectifs.

Citées dans (ALG [Advanced lighting guidelines], 2001) :

Boyce (1996) [référence manquante dans le document original]

Citées dans (Arsenault, 2012) :

Cuttle K (1979). Subjective assessments of the appearance of special performance glazing in office. *Lighting Research and Technology*; 11(3): 140-149.

Küller R (1991). Environmental assessment from a neuropsychological perspective. In: T. Gärling T & **Evans GW. (Eds).** *Environment, cognition, and action: An integrated approach*. Oxford University Press: New York. pp. 111-147

Citées dans (Chabane, 2006) :

Collins (1975) [référence tertiaire citée dans Tabet-Aoul(1991)]

Levy-Leboyer, C. (1993) "Environnement ", in Bloch, H. ; et al. (sous la dir.) « Grand dictionnaire de la psychologie ». 2ème Ed. Larousse, France : p. 273.

Citées dans (Daggett, Cobble, & Gertel, 2008) :

Gale (1933) [*référence manquante dans le document original*]

Citées dans (Dalke & al, 2006) :

Gulak MB. Architectural guidelines for state psychiatric hospitals. *Hosp Commun Psychiatr* 1991;42(7):705-7

Citées dans (Dubois, 2006):

Association Française de l'Éclairage (AFE). (1995), Vocabulaire de l'éclairage, Paris : Société d'Éditions Lux, 50p.

Gordon, G. (2003), Interior Lighting for Designers 4th Edition, États-Unis : John Wiley & Sons, pp.292.

Citées dans (Frontczak & Wargocki, 2011) :

Lai ACK, Mui KW, Wong LT, Law LY. An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings. *Energy Build* 2009;41(9):930 e 6 **Wong & al (2008)**

Navai M, Veitch JA. Acoustic satisfaction in open-plan offices: review and recommendations. Research Report RR-151. Ottawa, Canada: Institute for Research in Construction, National Research Council Canada .Availableat, <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/rr/rr151/rr151.pdf>; 2003

Wong LT, Mui KW, Hui PS. A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in of fices. *Build Environ* 2008; 43(1):1 e6.

Citées dans (Hidayetoglu.M.L & al, 2012) :

Baker, J. (1986). The role of the environment in marketing services: The consumer perspective. In J. Czepiel, & Et Al (Eds.), *The services challenge: Integrating for competitive advantage* (pp. 79 e84). Chicago: American Marketing Association.

Citées dans (Ouameur, 2007) :

Givoni, B (1978). L'homme, l'architecture et le climat, John Wiley & Sons, New York.

Citées dans (Öztürk, 2010) :

Galitz, W. O. (1984). The office environment. Willow Grove, Pennsylvania: Administrative Management Society Foundation

Holtzschue (2006) [*référence manquante dans le document original*]

Knez, I. (1995). Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (1), 39-51.

- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B. & Tonello, G. (2006).** The impact of light and color on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*, 49 (14), 1496- 1507
- Kwallek, N., Lewis, M. C., Lin-Hsiao, J. M. D., & Woodson, H. (1996).** Effects of nine monochromatic office interior colors on clerical tasks and worker mood. *Color Research and Application*, 21 (6), 448-458.
- Mahnke, F.H. (1996).** Color, environment & human response. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Reyes, M. R. (1986).** Experimental approach to lighting level: Color and Light in an office environment. Unpublished Masters Thesis. Texas Tech University: Broadway
- Sundstrom, E. (1986).** Work Places: The psychology of the physical environment in offices and factories. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wise, B. K., & Wise, J. A. (1988).** Human factors of color in environmental design: A critical review. California: Ames Research Center

Citées dans (Pineault, 2009) :

- Boyce P R, Eklund N, Magnum S, Saalfield C & Tang L (1995).** Minimum acceptable transmittance of glazing. *Lighting Research & Technology*; 27(3): 145-152.
- Hårlemann M (2007).** Study of Colour Shifts in Various Daylights: Dominantly Reddish and Greenish Rooms Illuminated by Sunlight and Skylight. *J. Colour Design and Creativity*. 1 (1): 8. pp. 1-15.
- Küller (2006) [référence manquante dans le document original]**
- Lam, W. (1992).** Perception and lighting as formgivers for architecture. New York: Van Nostrand Reinhold. 310 pp.
- Liljefors A, Ejhed J. Bättre belysning [in English; Improved lighting].** Report T17. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning, 1990.

Citées dans (Roullet, 2004) :

- Fleischer S., Krüger H. & Schierz C.,** Effect of Brightness Distribution and Light Colours on Office Staff, *Proceedings of the 9th European Lighting Conference, Lux Europa, June 2001, Reykjavik, Iceland, p 76-80.*
- Neumann & al,** Color Appearance in Multispectral Radiosity , *Proceedings of the 2nd Computer Graphics and Geometry Conference, Budapest, 2003, p 183-194.*
- Van Bommel W.J. & G.J. Van Den Beld,** *Lighting For Work: Visual and Biological Effects*, Philips Lighting ©, Eindhoven, The Netherlands, April 2003
- KOBAYASHI H. & M. SATO,** Physiological Responses To Illuminance And Color Temperature Of Lighting, *Annals of Physiological Anthropology*, vol. 11 (1), January 1992, p 45-49.
- MUKAE H. & SATO M,** The effect of color temperature of lighting sources on the autonomic nervous functions, *Annals in Physiological Anthropology*, vol. 11 (5), 1992, p 533-538.

Citées dans (Winterbottom & Wilkins, 2009) :

Rittner, H., & Robbin, M. (2002). Color and light in learning. *School Planning & Management*, 41(2), 57–58

Citées dans (Yildirim, K. 2007) :

Grandjean E. Ergonomics of the home. New York: **Wiley; 1973.**

Joyce ML, Lambert DR. Memories of the way stores were and retail store image. *International Journal of Retail & Distribution Management* **1996**;24:24–33

Citées dans (Zelanski & Pat Fisher, 2006) :

Henner Hertel (s.d) [*référence manquante dans le document original*]

Liste des figures

Figure 1 : Facteurs de l'environnement intérieur selon Baker(1986).....	6
Figure 2 : Classement par ordre d'importance des composantes de la satisfaction de l'environnement intérieur.....	10
Figure 3 : Différence entre couleurs de la lumière et pigmentaires	18
Figure 4 : Les teintes de couleur*	19
Figure 5 : Couleurs chaudes et froides sur la roue chromatique*.....	19
Figure 6 : La valeur d'une couleur*.....	19
Figure 7 : La saturation d'une couleur*	19
Figure 8 : Facteur de réduction d'éclairement de différents matériaux	21
Figure 9 : Situation de l'epau à Alger.....	26
Figure 10 : Les trois parties de l'epau	27
Figure 11 : Croquis de JJ Deluz.....	28
Figure 12 : Plan du RDC de l'extension Deluz	28
Figure 13 : Plan du 2ème étage de l'extension Deluz	28
Figure 14 : Exemple de plan d'atelier au 2ème étage*	29
Figure 15 : Exemple de plan d'atelier au 1er étage*.....	29
Figure 16 : Plan RDC de l'extension Deluz*	30
Figure 17 : Plan d'atelier 201b*	30
Figure 18 : Atelier 201b vue de l'extérieur côté Nord.....	30
Figure 19 : L'intérieur de l'atelier 201b.....	31
Figure 20 : Teinte du vitrage	31
Figure 21 : Plan de plafond et éclairage	31
Figure 22 : Différence de densité de végétation côté patio	31
Figure 23 : Différence de forme entre les luminaires des deux ateliers de l'échantillon	32
Figure 24 : Points de mesure sur plan d'un local	32
Figure 25 : Plan de points de mesure avec luminaires	33
Figure 26 : Distribution d'éclairement mesuré à 9h (salle201b).....	34
Figure 27 : Différence d'état du ciel entre M1 et M2	36
Figure 28 : Plan de points de mesure de luminaires en atelier 201b (M1, M2, M3)	36
Figure 29 : Plan de points de mesure avec l'atelier 203b pour les mesures M1	36
Figure 30 : Plan de mise en place du dispositif.....	41
Figure 31 : Mise en place du dispositif.....	41
Figure 32 : Nouveaux points de mesure (nuit)	42
Figure 33 : Eléments d'inconfort.....	45
Figure 34 : Répartition des éléments négativement appréciés	46
Figure 35 : Fréquence des catégories de confort choisis	47
Figure 36 : Classement des différentes composantes du confort par ordre d'importance	48
Figure 37 : Distribution des endroits préférés dans l'atelier	49
Figure 38 : Fréquences et répartition des éléments de préférence	49
Figure 39 : Fréquences des éléments environnementaux cités dans tous les zones	49
Figure 40 : Classement des éléments de confort par ordre d'importance	50
Figure 41 : Rendement des étudiants en atelier	51
Figure 42 : Eléments de choix de l'endroit préféré en atelier	52
Figure 43 : Suffisance de l'éclairage naturel.....	54
Figure 44 : Suffisance de l'éclairage en général.....	54

Figure 45 : Satisfaction de l'éclairage artificiel	54
Figure 46 : Différence de densité de végétation	56
Figure 47 : Améliorations proposées par les étudiants	56
Figure 48 : Support de travail	57
Figure 49 : Fréquence de travail, en atelier, sous éclairage naturel seul	57
Figure 50 : Eléments d'insatisfaction à l'égard de la lumière en atelier	58
Figure 51 : Endroit préféré en atelier 201b	60
Figure 52 : Endroit préféré en atelier 203b	60
Figure 53 : Différence perçue de la teinte entre vitrages du côté Nord et Sud	62
Figure 54 : Appréciation de l'apparence (esthétique) de l'atelier	64
Figure 55 : Causes de l'appréciation négative de l'intérieur de l'atelier	64
Figure 56 : La couleur la plus remarquée en atelier	64
Figure 57 : Effet de la couleur des parois sur l'humeur des répondants	64
Figure 58 : L'éclairage s'améliorerait si la couleur du plafond est claire?	66
Figure 59 : Améliorations proposées par les étudiants au niveau du plafond	66

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Niveaux d'éclairage recommandés suivant la tâche	13
Tableau 2 : Facteur de lumière du jour recommandé	14
Tableau 3 : Nombre minimum de point de mesure relative à K	32
Tableau 4 : Niveaux d'éclairage moyens de l'atelier 201b	33
Tableau 5 : Niveaux d'éclairage à proximité du vitrage et diminution causée par la teinte	34
Tableau 6 : Construction du questionnaire – objectifs, indices et question	37
Tableau 7 : Formulation des questions de la quatrième section – (détails population)	39
Tableau 8 : Exemples d'améliorations apportées au questionnaire	39
Tableau 9 : Caractéristiques de l'échantillon	40
Tableau 10 : Description de l'atelier	46
Tableau 11 : Fréquence des éléments de confort choisis	47
Tableau 12 : Niveau d'éclairage moyen par atelier et par heure	54
Tableau 13 : Eclairage Moyen de chaque journée de mesure	55
Tableau 14 : L'apport de la lumière naturelle	56
Tableau 15 : Facteur de lumière du jour correspondant à M2	57
Tableau 16 : Indice d'uniformité ($U_{9h} + U_{13h} + U_{16h} / 3$)	59
Tableau 17 : Uniformité du niveau d'éclairage par zone	59
Tableau 18 : Niveau d'éclairage moyen par zone et par heure	60
Tableau 19 : Réduction du niveau d'éclairage causé par la teinte du vitrage	61
Tableau 20 : Mesures M5	65

ANNEXES

Annexe -A : Le questionnaire d'enquête

Annexe -B : Tableaux de mesure (exemple)

Annexe -C : Transmittance du nouveau vitrage

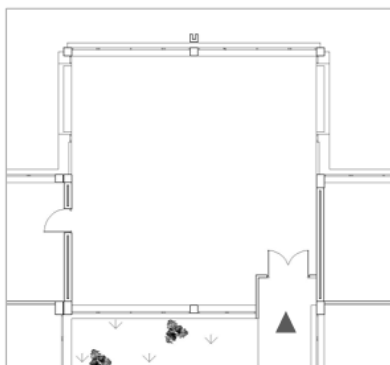
Annexe - A : Le questionnaire d'enquête

Questionnaire

Ce questionnaire fait partie d'une recherche en master qui vise à évaluer l'influence du traitement des parois intérieures sur l'éclairage et le confort de l'utilisateur.

Les réponses sont anonymes et nous vous remercions de bien vouloir y consacrer un peu de votre temps.

1) Ceci est un schéma de votre atelier (201b).



a) Veuillez marquer, sur le dessin à l'aide d'une **croix**, l'endroit où vous vous **assayez le plus souvent**.

b.1) Veuillez marquer, à l'aide d'un **cercle** votre **endroit préféré** dans cet atelier, où vous pensez le mieux travailler.

b.2) Qu'est ce qui vous plaît dans l'endroit marqué par un cercle ?

.....
.....

2) Veuillez **décrire** avec des mots simples votre atelier :
(donnez ces caractéristiques)

.....
.....

3) Veuillez cocher parmi les éléments suivants ceux que vous considérez **importants** pour votre **confort en atelier**.

- | | | |
|---|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> L'humidité(A) | <input type="checkbox"/> Calme(F) | <input type="checkbox"/> Chaleur(K) |
| <input type="checkbox"/> La dimension(B) | <input type="checkbox"/> Fraîcheur(G) | <input type="checkbox"/> La vue(L) |
| <input type="checkbox"/> La propreté(C) | <input type="checkbox"/> Le mobilier(H) | <input type="checkbox"/> Lumière(M) |
| <input type="checkbox"/> Les personnes(D) | <input type="checkbox"/> L'odeur(I) | <input type="checkbox"/> Bruit (N) |
| <input type="checkbox"/> La couleur en atelier(E) | <input type="checkbox"/> Autre(J) | |

3-1) Veuillez classer dans le tableau suivant les éléments que vous avez cochés, en prenant le « 1 » pour le plus important (il se peut qu'il reste des cases vides « c'est normal »)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

4) Considérez-vous que votre atelier est confortable ?

- Oui Non

-Si **Non** pourquoi ?

.....
.....

5) En général, vous considérez **votre atelier**:

Lumière :

- Très Sombre Sombre Adéquat (معتدل) Lumineux Très lumineux

Température : (① Eté / ② Hiver)

- Très froid froid Adéquat Chaud Très chaud

- ② Très froid froid Adéquat Chaud Très chaud

Son : (son venant de l'extérieur)

- Très bruyant Bruyant Adéquat Calme Très calme

Odeur :

- Très mauvaise Mauvaise Adéquate Agréable Très agréable

6) Est-ce que la **lumière** dans votre atelier vous permet d'effectuer **facilement votre travail** ?

- Oui Non

-Si **Non** pourquoi ?

.....

7) La **lumière naturelle** dans votre atelier est :

- Suffisante Insuffisante

8) Avez-vous **déjà travaillé** en atelier **sans allumer l'éclairage** ?
(on exclut la projection avec le data show)

- Jamais
 Rarement
 La plupart du temps
 Toujours

9) Etes-vous satisfait(e) de l'éclairage électrique en général dans votre atelier ?

Oui Non

-Si **Non** pourquoi ?

.....

10) Pensez-vous que la lumière en atelier a une influence sur votre énergie ? (On parle de l'état actuel de l'atelier)

Non
 Oui (influence positive)
 Oui (influence négative)

11) En comparant l'atelier à votre espace de travail hors de l'école, vous diriez qu'il y a :

Plus de lumière en atelier
 La même chose
 Moins de lumière en atelier

12) Si on vous demandait comment améliorer la lumière dans votre atelier, que diriez-vous ?

.....

13) Selon vous, à l'EPAU, quelle est la couleur dominante ?

.....

-Où se trouve cette couleur ?

.....

14) Quelle est la couleur que vous remarquez le plus à l'intérieur de votre atelier ?

.....

-Où se trouve cette couleur ?

.....

15) Pensez-vous que l'intérieur de votre atelier est visuellement agréable ?

Oui Non

-Si **Non** pourquoi ?

.....

16) Pensez-vous que la couleur des parois (murs, plafond et sol) a une influence sur votre humeur (مزاج)? (On parle de l'état actuel de l'atelier)

Non
 Oui (influence positive)
 Oui (influence négative)

17) Pensez-vous qu'en changeant la couleur du plafond dans votre atelier en une couleur plus claire, l'éclairage s'améliorerait ?

Oui Non Ne sait pas

18) Si on vous confiait la mission d'apporter des modifications aux parois de votre atelier, que proposeriez-vous ? (Veuillez expliquer en cas de changement)

Sol Garder tel quel.
 Changer (.....)

Plafond Garder tel quel.
 Changer (.....)

Murs Garder tels quels.
 Changer (.....)

19) Y a-t-il autre chose que vous aimeriez changer dans votre atelier ?

Oui Non

-Si **Oui** ?

.....

20) En atelier vous travaillez surtout sur :

PC Feuilles Les deux

21) Si on vous demande en général, combien de temps passez-vous à travailler sur votre projet en atelier, vous diriez plutôt :

de 0 à 25%
 de 25 à 50%
 de 50 à 75%
 de 75 à 100%

22) Comment qualifiez-vous vos relations en atelier avec :

L'enseignant Bonnes
 Moyennes
 Autre

Le groupe Bonnes
 Moyennes
 Autre

23) Vous êtes :

Homme Femme

24) Est-ce que vous habitez à la cité universitaire ?

Oui Non



Annexe - B : Tableau de mesure (Exemple)

Tableau B1 : Mesures d'éclairage (M2) au niveau de l'atelier 201b

1, 2, ...24 (Points de mesures) N : Eclairage naturel seul C : Eclairage combiné (naturel+ artificiel)			Niveau d'éclairage (Lx)																						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
201b	9h	N (9:07-9:15)	4,3	3,1	3,8	3,3	1,6	1,6	1,6	1,2	3,3	3,3	2,4	1,8	2,5	7,5	7,4	4,1	8,4	128,5	92,6	30	24,8	12,8	6,7
		C (9:16-9:23)	64,3	98,1	112	53,2	141,8	195	178	78	185	205	220	191	94	226	233	201	100	301	273	211	194	77	137
	13h	N (13:03-13:10)	10,2	9	9,3	8,6	7,5	6,5	5,6	4,8	13,3	13,7	10,8	9,6	9,9	30	25	15	53	418	330	103	101	53	25
		C (13:23-13:27)	127	165	182	81	203	234	213	94	212	233	244	215	107	258	257	224	130	439	384	245	236	96	149
	16h	N (16:03-16:09)	6,5	4,4	5,1	4	1,8	1,8	1,7	1,4	3,1	2,8	2,1	2,2	3,1	10,6	6,4	3,8	17,3	130	100	29	24	10,8	5,9
		C (16:10-16:17)	67	92,4	121,4	54,8	153,7	184,3	168,9	77	178,9	198,5	212	190	92	218	227	204	101	288	261	201	182	72	136

Tableau 21 : Eclairage mesuré à proximité des vitres

Sans éclairage artificiel FO : Fenêtre ouverte FF : Fenêtre fermée			niveau d'éclairage (Lx)		
			Heure (9:24-9:30)	Heure (13:29)	Heure (16:17)
201b	P1	FO	18	95	18,2
		FF	14,7	69	16,5
	P2	FO	19	89	14,7
		FF	12,5	53	10
	P3	FO	856	4000	878
		FF	142	608	131,8
	P4	FO	177	802	161
		FF	37,8	160	32,1

Annexe - C : Transmittance du nouveau vitrage

Le nouveau vitrage:

Durant le mois d'Avril, une modification a été apportée aux vitres de quelques ateliers de l'extension Deluz (3 ateliers : 202, 202b ; 203). Cette modification a consisté au remplacement des anciennes vitres simples, par un double vitrage. En les observant, on a remarqué que la teinte de l'ancien vitrage était plus foncée que la nouvelle teinte (Fig.1).

Ceci a suscité notre curiosité, du moment qu'une de nos recommandations dans le mémoire a concerné le changement du vitrage pour améliorer le niveau d'éclaircement (revoir p.70). C'est pourquoi, nous avons voulu vérifier l'effet réel du changement par une teinte plus claire sur le niveau d'éclaircement aux abords du vitrage (15 cm).

En comparant les nouvelles mesures du niveau d'éclaircement au niveau des quatre points p1, p2, p3 et p4 (Fig.2) à ceux de la préenquête, on a trouvé que le nouveau vitrage, au niveau de l'atelier 202b (Fig.1) présente un coefficient de transmission plus grand que celui de l'ancien vitrage (surtout au côté Nord), engendrant un gain de près de 40% en termes de pénétration de lumière naturelle. Cela devrait améliorer l'éclairage dans l'atelier considéré mais qui ne peut être vérifié qu'avec des mesures du niveau d'éclaircement dans tout l'atelier pour déterminer l'éclaircement moyen (revoir p. 33 pour procédure de mesures).



Figure 60 Différence de la teinte entre les deux types de vitrage

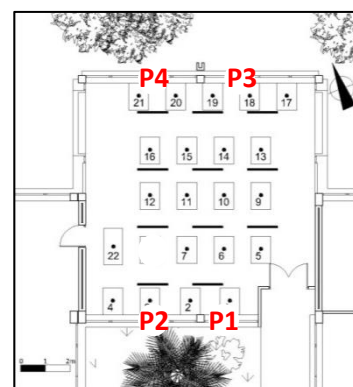


Figure 2 Les 4 points pris pour les mesures

Tableau C1 : Influence de la teinte du vitrage sur l'éclaircement

Diminution du niveau d'éclaircement (%)			10h		15h	
			Mpré	Nouvelles mesures	Mpré	Nouvelles mesures
201b	Côté Sud	P1	37	31	40	42
		P2	39	41	46	54
	Côté Nord	P3	85	83	85	86
		P4	84	81	77	78
202b	Côté Sud	P1	44	33	40	43
		P2	48	39	52	46
	Côté Nord	P3	86 →	57	86 →	49
		P4	86 →	50	87 →	42

Annexe - D : Vérification de l'amélioration du niveau d'éclairage

Vérification de l'amélioration du niveau d'éclairage (dans la suite de l'annexe C)

Dans cette partie on a voulu vérifier les résultats concernant l'amélioration du niveau d'éclairage, causé par le changement du vitrage par un autre plus claire (comme déjà expliqué dans l'annexe C). Mais dans ce cas d'une manière plus détaillé où on a effectué les mesures selon la procédure expliqué dans le troisième chapitre (voir p.32). Les résultats obtenus sont résumé dans les deux tableaux suivant :

Tableau 22 : Influence de la teinte du vitrage sur l'éclairage

Diminution du niveau d'éclairage (%)			10h			15h		
			Mpré (04-07-2012)	Mesures (27-04-2013)	Mesures (04-07-2013)	Mpré (04-07-2012)	Mesures (27-04-2013)	Mesures (04-07-2013)
201b	Côté Sud	P1	37	31	10	40	42	35
		P2	39	41	53	46	54	47
	Côté Nord	P3	85	83	86	85	86	85
		P4	84	81	81	77	78	78
202b	Côté Sud	P1	44	33	57	40	43	52
		P2	48	39	42	52	46	46
	Côté Nord	P3	86	57	55	86	49	54
		P4	86	50	47	87	42	61

↓ Ciel clair
↓ Ciel couvert
↓ Ciel clair
↓ Ciel couvert

Tableau 2 : Influence de la teinte du vitrage sur l'éclairage moyen

Eclairage moyen (Lx)		E. Naturel		E. Combiné	
		201b	202b	201b	202b
04-07-2012	M _{pre}	72	64	307	251
04-07-2013	M _{verif}	114	204	326	379

≠ 42 Lx ≠ 140 Lx ≠ 19 Lx ≠ 128 Lx
Amélioration de 218.75%
Amélioration de 50.99%

Selon le Tableau.1 :

Une amélioration de transmittance du vitrage a été observée surtout au côté Nord entre 26% et 36% pour les mesures du 04 juillet 2013. Cette amélioration est de 29% à 45% pour les mesures du 27 avril 2013.

Sachant que le facteur de transmittance du vitrage est fixe, la différence entre les résultats des deux mesures (du 27 avril et du 4 juillet 2013) peut être expliquée par l'influence de deux facteurs, qui sont l'état du ciel et la végétation. Ces deux mêmes facteurs justifient quelques résultats au côté Nord pour les mesures du 4 juillet qui montrent une diminution et non pas une amélioration de transmittance du vitrage en comparaison aux résultats du 27 avril 2013.

Selon le Tableau.2 :

L'amélioration de transmittance du vitrage a généré une amélioration du niveau d'éclairage moyen dans l'atelier avec le nouveau vitrage.

Pour l'appréciation de cette amélioration voici une comparaison des résultats trouvés :

- Notre première intention était de prendre des mesures dans la même salle, la même période de l'année et dans les mêmes conditions que les mesures de la préenquête pour comparer entre l'ancien et le nouveau vitrage. Mais en arrivant sur site une des conditions (type du ciel) était différente (été 2012 : ciel clair / été 2013 : ciel couvert).
- Pour cela on ne compare pas entre les résultats de l'été 2012 et celles de l'été 2013 de la salle (202b), mais plutôt entre les résultats de la salle 202b et 201b en été 2012 et les résultats de ces mêmes salles en été 2013. Le tableau 2 montre qu'avec l'ancien vitrage (mesures d'été 2012) le niveau d'éclairage était plus bas dans la salle 202b et cela dans le cas de l'éclairage naturel ainsi que le combiné. Pour le cas du nouveau vitrage, les résultats montrent que le niveau d'éclairage est supérieur dans la salle 202b. Cela nous semble confirmer l'amélioration du niveau d'éclairage moyen causé par l'emploi du nouveau vitrage.