

## INTRODUCTION :

L'objet de ce chapitre est la mise en œuvre de la première technique de recherche utilisée dans notre travail. En effet, tous les détails concernant la première expérimentation menée auprès des étudiants sont expliqués. Ces explications ont englobé les expérimentations menées auprès des deux groupes. Le groupe B représente celui qui a reçu un contenu classique de connaissance, suivant la méthode classique d'enseignement en vigueur au sein du département d'architecture de Biskra. Le groupe A, quant à lui, représente le groupe concerné par la méthode d'enseignement proposée par cette recherche, et qui consiste à réaliser un ensemble de manipulation sur deux modèles réduits.

La première démarche, entamée dans ce chapitre, consiste à définir le cadre expérimental de cette expérimentation, et ce en décrivant le protocole expérimental. Ceci, nous a permis de comprendre le déroulement de l'expérience, de connaître ses étapes, de détailler le matériel expérimental qui a été utilisé, et de bien cerner l'expérimentation.

L'interprétation des résultats présente la finalité de cette expérimentation. C'est la raison pour laquelle, les résultats ont été présentés de la façon la plus exhaustive possible, afin de faciliter leurs analyses, et surtout leurs interprétations. Ces étapes présentent en réalité, la seconde démarche réalisée dans ce chapitre.

## **GROUPE B :**

Le groupe B représente les étudiants qui ont suivi l'ancienne méthode d'enseignement. C'est avec ce groupe, que se fera la comparaison, entre notre système proposé, et l'ancien système.

Un enseignant d'équipement du département d'architecture de l'université de Biskra a eu la bienveillance de prendre part à cette expérimentation, et a dispensé un cours théorique, ayant pour thème « lumière et vision » au groupe B. le contenu de l'exposé rentre dans le cadre du programme officiel du département d'architecture, réservé à l'enseignement de la lumière naturelle en architecture dans le système conventionnel en vigueur.

### **Structure du cours :**

Le contenu du cours théorique, qui se trouve sous forme détaillé au niveau de l'Annexe F.1 ; traite des principaux points:

- L'anatomie de l'œil
- La lumière et l'œil
- Les théories relatives à la lumière : Trois théories ont été abordées
  - Théorie de l'émission de Newton
  - Théorie des ondulations
  - Théorie corpusculaire
- Le photorécepteur
- La réponse du photorécepteur
  - Luminosité
  - Couleur
- Grandeurs photométriques
  - Angle solide
  - Intensité lumineuse

- Flux lumineux
- Eclairage
- Luminance

## **GROUPE A :**

L'ensemble des méthodes d'enseignement proposées ont été expérimentées avec le groupe A.

### **1. LE CADRE EXPERIMENTAL :**

#### **1.1. Protocole expérimental :**

L'expérimentation s'est déroulée en deux phases. Chaque phase comporte plusieurs étapes. Afin d'atteindre les objectifs fixés, une ou plusieurs manipulations ont été effectuées durant chaque étape. Ces applications doivent se faire d'une manière successive en respectant leurs ordres.

##### **1.1.1. Le déroulement de l'expérience :**

C'est par un exposé théorique de courte durée que cette expérience a débuté (Annexe F.2). En effet, tout le groupe, soit 20 d'étudiants, a assisté à une projection de 20mn. Au cours de cette dernière certaines notions sur la lumière naturelle en architecture ont été relatées succinctement. Il s'agit : des mouvements de rotation de la terre, l'énergie solaire, le rayonnement solaire, les sources de la lumière naturelle, la course solaire, les effets du changement de l'heure, les types de ciel, les réflexions du sol extérieur, la propagation de la lumière, l'absorption, la réflexion, la transmission, les grandeurs photométriques, et les éléments qui peuvent faire varier la quantité de lumière rayonnée, la quantité de lumière reçue et la brillance, comme l'orientation de l'ouverture, les masques de l'environnements, les caractéristiques de la fenêtre, les zones de distribution lumineuse et les systèmes de distribution lumineuse.

L'objectif de cet exposé théorique est de préparer les étudiants pour l'étape suivante, de les initier, et de les aider à acquérir certaines notions de base sur la lumière naturelle, et sur le vocabulaire architectural.

L'étape suivante, consiste à faire des manipulations sur des modèles réduits et exige un travail avec des sous-groupes de cinq étudiants. Cela, nous a contraint de donner les mêmes explications et directives à suivre pour chaque sous-groupe. Et ce, afin, d'offrir les mêmes conditions d'apprentissage, établir un équilibre et éviter au maximum l'influence étrangère.

##### **1.1.2. La tâche à accomplir:**

La tâche consiste à faire des manipulations sur des modèles réduits, et des observations, directes et sur séquence vidéo et photographies (Figure VI. 1).

Ces images facilement manipulables, offrent plusieurs avantages. Elles servent d'empreintes de la relation spatiale. C'est un excellent support pour l'observation et une bonne source d'imagination, sans oublier le fait qu'elles soient un bon moyen d'interprétation, et de représentation de la réalité car elles se rapprochent au maximum de l'observation directe.



Figure VI. 1 : Manipulations sur des modèles réduits. (Source : l'auteur).

A la suite de chaque expérience, les observations doivent être notées par les étudiants sur une fiche d'observation donnée au préalable à chaque étudiant (Annexe G). Cette fiche d'observation sert de support pour noter les observations, mais aussi de fil conducteur pour les différentes étapes de l'expérience (Figure VI. 2).

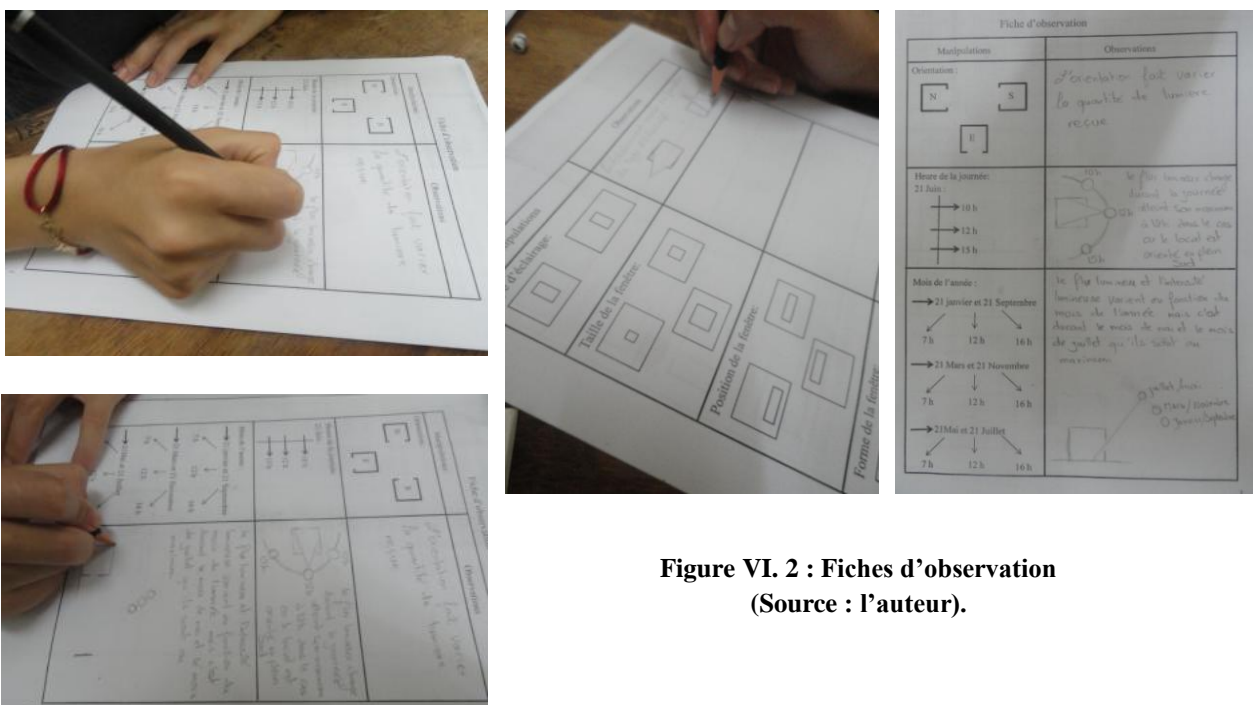


Figure VI. 2 : Fiches d'observation (Source : l'auteur).

## 1.2. Etapes de l'expérience :

L'expérience s'est déroulée en deux étapes. Ce sont les éléments qui régissent la quantité de lumière rayonnée qui sont visés dans la première étape. Pour la deuxième étape, on se tourne plutôt vers le bâtiment qui représente une cible pour la lumière naturelle, autrement dit, à la quantité de lumière reçue, et à la brillance.

### 1.2.1. La première étape : Source et disponibilité de la lumière naturelle.

Le but recherché dans cette étape est de toucher à la disponibilité de la lumière naturelle, et de cerner les éléments qui peuvent l'influencer et la faire varier. Pour ce faire, on s'est servi de la partie théorique, et plus précisément, de la deuxième partie du second chapitre, qui traite la source et la disponibilité de la lumière (Voir chapitre II, section 2).

En effet, des facteurs propres à la source et à la disponibilité de la lumière naturelle ont pu être relevés dans cette partie, pour constituer des variables indépendantes pour cette expérimentation.

Ces variables sont :

- L'orientation
- L'heure de la journée
- Le mois de l'année
- La topographie
- Masque naturel
- Masque urbain
- Réflexion des surfaces extérieures

#### 1.2.1.1. Le matériel expérimental :

La notion de matériel expérimental évoque généralement les stimuli utilisés : mots, textes, signaux lumineux... mais recouvre aussi le matériel de représentation et le matériel de recueil de données.

- **Le stimulus :** Le stimulus utilisé pour cette expérience est un signal lumineux, qui est à l'état brut dans le cas d'une observation in situ, ou représenté sur des photographies, ou des vidéos.
- **La maquette :** Une maquette à l'échelle 1/50 est utilisée pour plusieurs expériences, on l'appelle maquette A (Figure VI. 3).

Elle représente un local d'une surface de 35m<sup>2</sup>, avec une largeur de 5m, une profondeur de 7m, et une hauteur de 4m. L'ouverture de ce local est relativement large. Elle a une surface absolue de 3m<sup>2</sup>. Ceci nous donne un rapport moyen de 8% entre la surface de la fenêtre et celle du sol. Ainsi, qu'un rapport de la surface de la fenêtre sur la surface des murs en façade égale à 15% ceci correspond aux valeurs recommandées par la table de Mohoney pour le dimensionnement des fenêtres dans la ville de Biskra.

Avec une hauteur de 2m et une largeur de 1,5m, cette fenêtre possède une forme intermédiaire. Sa localisation est intermédiaire par rapport à la hauteur, et centrale par rapport à la largeur du mur de la façade.

La maquette est fabriquée de papier maquette d'une épaisseur de 0,6cm, couvert d'un papier blanc, uni et lisse. Le choix s'est porté sur ce matériau, car il est facilement manipulable, résistant, et ne

réfléchit aucunement la lumière. La maquette est ouverte d'un coté pour permettre la prise de vue, à l'aide d'une webcam qui est placée à cet endroit.



Figure VI. 3 : Maquette A (échelle 1 /50) (Source : l'auteur).

- **La prise de vue :**

La prise de vue de cette expérimentation est effectuée avec une webcam (4Mpix) branchée directement à un ordinateur portable pour nous permettre de voir directement ce qui se passe à l'intérieur du modèle réduit. Cette webcam est placée à une hauteur de 1,6m, c'est à dire entre 1,5m et 1,7m, ce qui représente l'emplacement recommandé pour une camera (Bodart, 2008) (Figure VI. 4). La figure VI. 5 présente deux vues de l'intérieur prisent par cette webcam.



Figure VI. 4 : Webcam  
(Source : l'auteur).



Figure VI. 5 : Vues intérieures prises par la webcam (Source : l'auteur).

#### 1.2.1.2. Durée de l'expérience :

L'expérience a duré environ une heure à une heure et demie, en une seule séance. C'est la décontraction et le temps alloué à ces expériences qui font que les sujets de l'expérience restent attentifs.

#### 1.2.1.3. Sensibilité et difficulté des épreuves :

Certaines variables étrangères peuvent affecter la validité de l'expérience. Il s'agit de contraintes associées aux variables indépendantes.

Pour cette première phase, certains éléments peuvent être considérés comme variables étrangères, on citera :

- La qualité des photographies et des séquences vidéo.
- L'absence de camera munie d'objectif avec un angle large.

#### 1.2.1.4. Les expériences de la première étape :

C'est au moyen du tableau VI.1, que nous allons tenter d'expliquer le protocole qui est appliqué. Nous expliquons en premier lieu l'expérience qui est menée, ensuite on donne les objectifs de cette expérience. Pour que cette partie expérimentale, soit en conformité et en parfaite continuation avec la partie théorique, nous mettrons l'accent sur ce qu'évoque cette expérience dans la première étape du processus d'apprentissage : la sensation, ainsi que la méthode d'enseignement qui lui correspond, à savoir la prise de conscience.

Le tableau VI.1 explique les 6 expériences menées dans cette 1<sup>ère</sup> phase. Pour chaque expérience on distribue le matériel expérimental et une photo. On définit les objectifs à atteindre, les manipulations à faire et enfin les grandeurs photométriques visées par ces expériences.

Pour cette première phase, les paramètres variables sont : l'orientation, l'heure de la journée, le mois de l'année, la topographie du terrain, l'environnement urbain, et enfin, le coefficient de réflexion du sol.

#### 1.2.2. La deuxième étape : trajectoire et cible de la lumière.

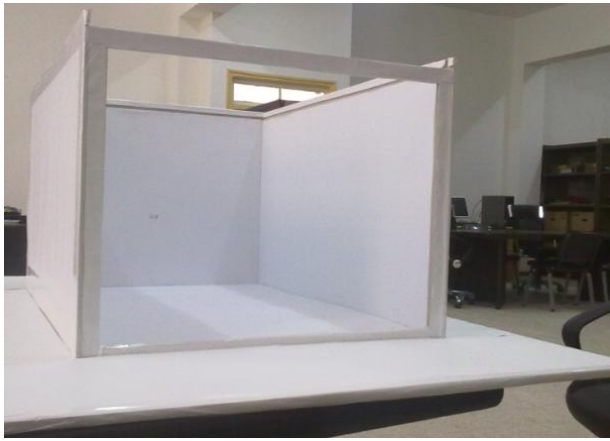
Pour structurer l'expérimentation, on a eu recours à la partie théorique de la deuxième partie du second chapitre et plus exactement celle qui touche les éléments qui peuvent influencer la trajectoire et la cible de la lumière (Voir chapitre II, section 2). On a pu faire ressortir les variables indépendantes sur lesquelles on peut agir, afin de voir leurs impacts sur les variables dépendantes.

Ces variables sont :

- type d'éclairage
- taille, position et forme de la baie
- zone de distribution lumineuse
- système de distribution lumineuse
- profondeur du local
- aménagement intérieur
- revêtement des surfaces intérieures

##### 1.2.2.1. Le matériel expérimental :

- **Le stimulus :** Le stimulus utilisé pour cette expérience est un signal lumineux, qui est à l'état brut dans le cas d'une observation in situ, ou représenté sur des photographies, ou des vidéos.
- **La maquette :** Une maquette à l'échelle 1/10 est utilisée pour plusieurs expériences, on l'appellera Maquette B. Elle représente un local d'une surface de 35m<sup>2</sup>, avec une largeur de 5m, une profondeur de 7m, et une hauteur de 4m. (Figure VI. 6)



**Figure VI. 6 : Maquette B (échelle 1 /50) (Source : l'auteur).**

La particularité de cette maquette, c'est d'offrir une maniabilité du toit et du mur qui contient la baie, et ce, grâce à ces deux parois amovibles comme représenté par les deux images de la figure VI. 7.



**Figure VI. 7 : Paroi et toit amovible (Source : l'auteur).**

La maquette est fabriquée de papier maquette d'une épaisseur de 0,6cm, couvert d'un papier blanc, uni et matte. Les raisons du choix de ce matériau sont : la facilité de manipulation, la bonne résistance et la non-réflexion de la lumière. Pour permettre la prise de vue, une webcam a été placée à son emplacement dans ce modèle réduit. (Figure VI. 8)



**Figure VI. 8 : Emplacement de la webcam (Source : l'auteur).**

L'ouverture de ce local est relativement large, elle a une surface absolue de 3m<sup>2</sup>. Ceci nous donne un rapport moyen de 8% entre la surface de la fenêtre et celle du sol. Ainsi, qu'un rapport de la surface de la fenêtre sur la surface des murs en façade égale à 15%, ce qui correspond aux valeurs recommandées par la table de Mohoney pour la ville de Biskra.

Avec une hauteur de 2m et une largeur de 1,5m, cette fenêtre possède une forme intermédiaire. Sa localisation est intermédiaire par rapport à la hauteur, et centrale par rapport à la largeur du mur de la façade (Figure VI. 9).



**Figure VI. 9 : L'ouverture du local (Source : l'auteur).**

- **La prise de vue :** Pour nous permettre de voir directement ce qui se passe à l'intérieur du modèle réduit la prise de vue de cette expérimentation est réalisée avec une webcam (4Mpix) branchée directement à un ordinateur portable. Cette webcam est placée à une hauteur de 1,6m, c'est à dire entre 1,5m et 1,7m, ce qui représente l'emplacement recommandé pour une camera (Figure VI. 4).

#### 1.2.2.2. Durée de l'expérience :

L'expérience s'est déroulée en une seule séance de 1h30. C'est la décontraction et le temps alloué à ces expériences qui font que les sujets de l'expérience restent attentifs.

#### 1.2.2.3. Sensibilité et difficulté des épreuves :

Certaines variables étrangères peuvent affecter la validité de l'expérience, il s'agit de contraintes associées aux variables dépendantes.

Pour cette première phase, certains éléments peuvent être considérés comme variables étrangères, on citera :

- La qualité des photographies et des séquences vidéo.
- Le manque de camera munie d'objectif avec un angle large

#### 1.2.2.4. Les expériences de la deuxième étape :

Comme pour la première phase, c'est au moyen du tableau VI. 2, qui contient les mêmes détails donnés dans le tableau précédent, que le Protocole expérimental qui sera appliqué est expliqué.

Ce deuxième tableau explique les six expériences faites pour cette 2<sup>ème</sup> phase. Les paramètres variables de cette étape sont : les caractéristiques de la baie, le type d'éclairage, la zone de distribution, le système de distribution, la profondeur du local, les meubles, la couleur, la texture et la brillance des surfaces intérieures.

















## 2. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS:

Les fiches d'observations renseignées au cours de l'expérimentation ont été recueillies à la fin de cette expérience. Ces fiches, représentent la base de nos résultats, et le moyen avec lequel on a tenté de concrétiser les représentations faites par les étudiants lors des manipulations sur les modèles réduits.

### 2.1.Représentation des observations :

La première étape de présentation des résultats, consiste à mettre en exergue la façon avec laquelle les étudiants représentent leurs observations. Après, la lecture de l'ensemble des fiches, trois modes de représentation ont pu être relevés : i) Le premier en utilisant les moyens verbaux (l'écrit) (Figure VI. 10), le second à l'aide des moyens non verbaux (dessins, schéma), (Figure VI. 11), et le troisième à l'aide des deux moyens combinés (verbaux et non verbaux), (Figure VI. 12)

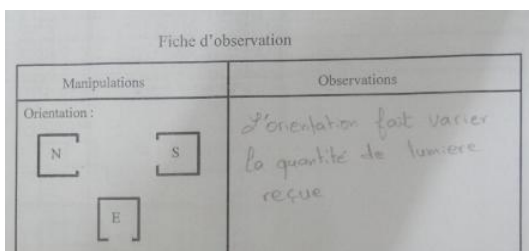


Figure VI. 10 : Présentation des résultats au moyen de texte

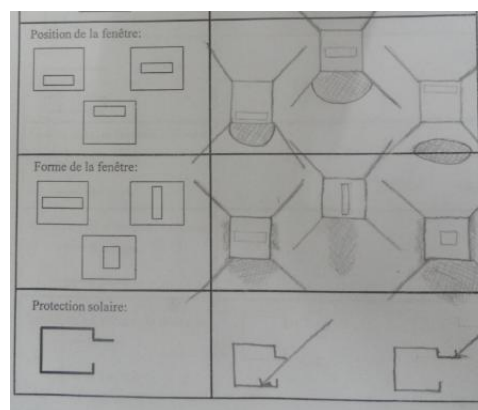


Figure VI. 11 : Présentation des résultats au moyen de schéma et croquis

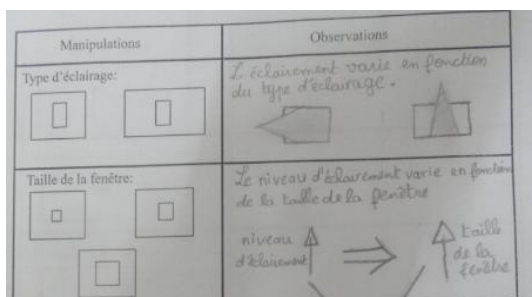


Figure VI. 12 : Présentation des résultats au moyen de texte et dessin

Afin de connaître, parmi, les trois modes de représentation, quel est le plus récurrent dans les observations des étudiants, nous allons sommer les taux de ces trois représentations de la totalité des fiches d'observations (Figure VI. 13).

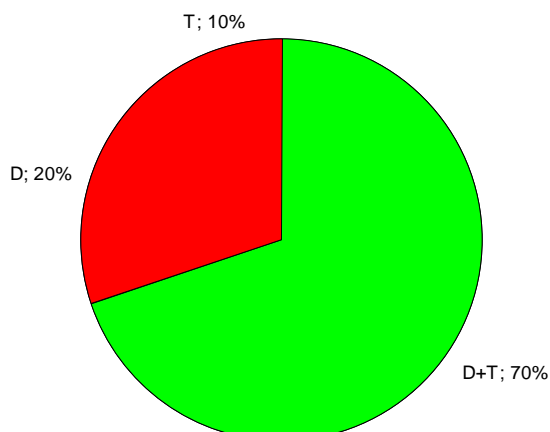


Figure VI. 13 : représentation des observations



Ces résultats montrent que plus des deux tiers des étudiants (70%) se sont prononcés pour la représentation des observations, en combinant texte et dessin. Moins d'un tiers d'entre eux (20%), on choisi l'outil graphique seulement sur leurs fiches d'observations, et enfin une minorité, (10 %) se sont exprimés avec les mots.

**Interprétation :**

Les résultats obtenus révèlent le penchant qu'ont les étudiants pour les moyens non verbaux, pour exprimer leurs observations. En effet, la majorité des étudiants préfèrent les dessins et les schémas pour s'exprimer. Les moyens verbaux viennent seulement appuyer les représentations graphiques, rare sont les étudiants qui s'expriment avec les mots et les textes seulement.

Deux raisons auraient expliqué ce choix : i) l'envie de s'exprimer avec l'outil graphique étant donné qu'ils se considèrent, d'ores et déjà, comme des futurs architectes, et ii) la difficulté qu'ils trouvent à s'exprimer verbalement et à trouver les mots pour décrire ce qu'ils pensent.

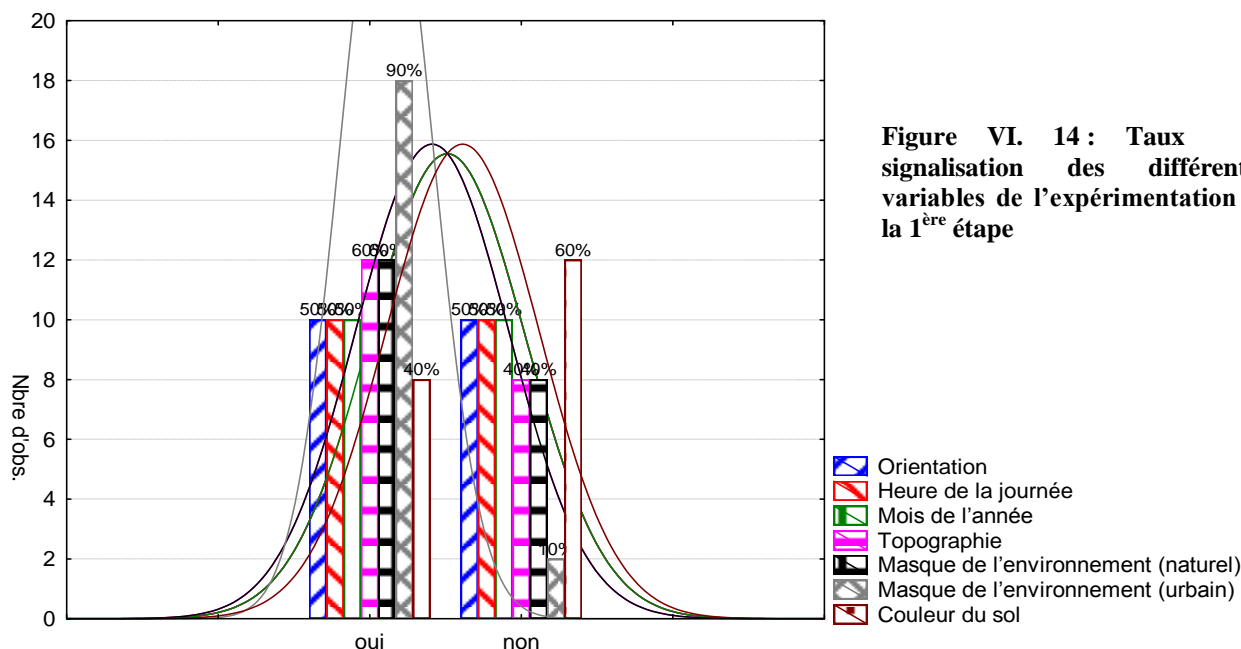
**2.2. Taux de signalisation des différentes variables de l'expérimentation :**

Nous avons tenté de décortiquer les différentes fiches d'observations, afin de montrer les manipulations qui ont suscité le plus, l'intérêt des étudiants durant l'expérience. Pour ce faire, nous avons relevé dans ces fiches, le nombre d'observations (graphique ou textuel), propre à chaque variable, et le transcrire en pourcentage. Cette démarche s'applique pour les deux étapes de cette expérimentation.

**2.2.1. Etape 1 : Source et disponibilité de la lumière.**

Cette première étape, englobe les facteurs qui peuvent influencer la quantité de lumière rayonnée. Elle prend en considération les variables suivantes : orientation, heure de la journée, mois de l'année, topographie du terrain, masque de l'environnement, qu'il soit naturel ou urbain, et couleur du sol.

En premier lieu, nous avons réalisé des histogrammes représentant le pourcentage des observations relevées pour chacune des variables citées ci-dessus (Figure VI. 14). Ensuite, et dans le but de faciliter la lecture et la compréhension des résultats, nous avons dressé un tableau récapitulatif, pour indiquer le taux de fréquence de la signalisation des différentes variables de l'expérience. Ce taux est exprimé en pourcentage (Tableau VI. 3).



**Figure VI. 14 : Taux de signalisation des différentes variables de l'expérimentation de la 1ère étape**

Variable	Pourcentage (%)
Orientation	50%
Heure de la journée	50%
Mois de l'année	50%
Topographie	60%
Masque de l'environnement (naturel)	60%
Masque de l'environnement (urbain)	90%
Couleur du sol	40%

**Tableau VI. 3 : Tableau récapitulatif des taux de signalisation des différentes variables de l'expérimentation de la 1<sup>ère</sup> étape**

Ce tableau, montre que les manipulations relatives aux masques de l'environnement urbain, ont eu le plus grand taux d'intérêt chez les étudiants. En effet, presque la totalité du groupe (90%), a noté des observations concernant cette variable sur les fiches. Suivi, par les manipulations faites sur le masque de l'environnement naturel, relief du terrain, par un taux de 60%, soit plus de la moitié du groupe. L'heure de la journée, l'orientation, et le mois de l'année, n'ont intéressé que la moitié des étudiants durant leurs observations. La couleur du sol, représente la variable qui a suscité le minimum d'intérêt chez les étudiants, deux cinquième du groupe, seulement, a signalé des observations concernant cette variable.

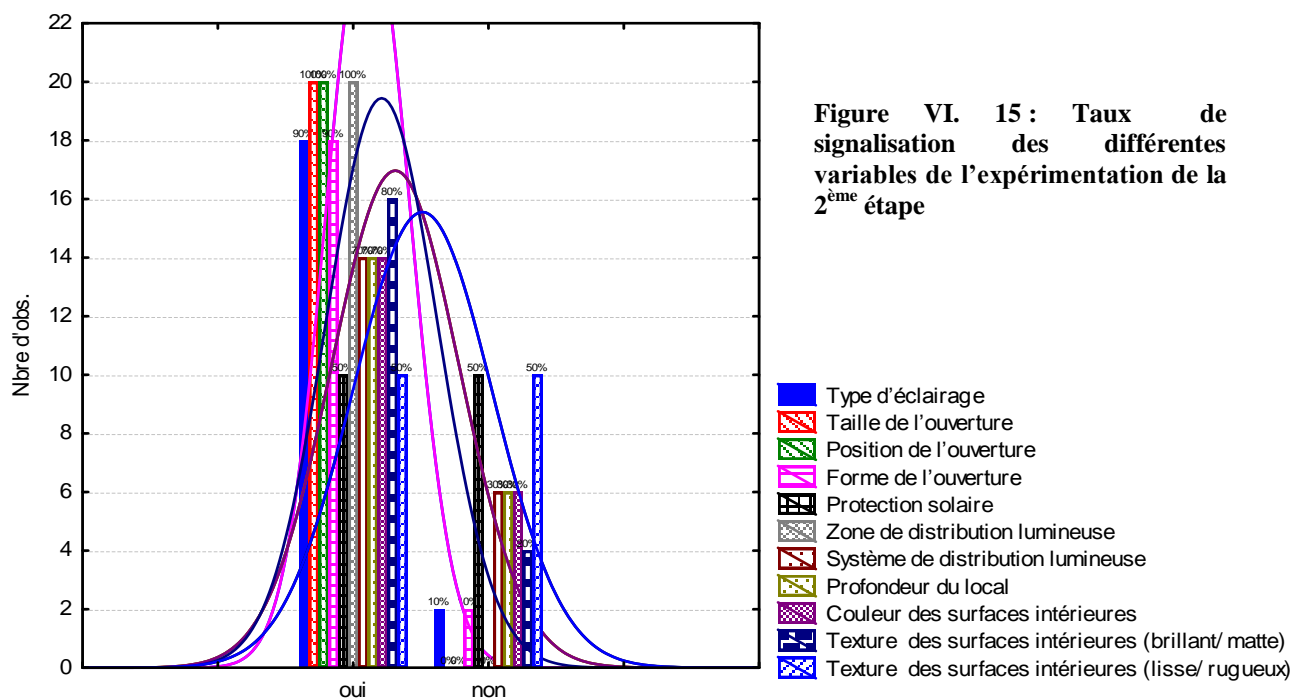
Interprétation :

Ces résultats montrent que les étudiants donnent un intérêt particulier pour les éléments urbains qui peuvent constituer un masque de l'environnement. Cet intérêt décroît dès qu'il s'agit d'un masque naturel, et continue sa décroissance, lorsqu'on s'intéresse à l'heure de la journée, au mois de l'année, à l'orientation du bâtiment, et à la couleur du sol.

On remarque à travers ces résultats, que les expériences sur le bâti sont celles qui intéressent le plus les étudiants. Ceci, peut être expliqué par la capacité des étudiants en architecture à manipuler ces éléments. En effet, ils seraient probablement conscients que seuls les architectes peuvent intervenir sur l'environnement urbain, et que la tâche de concevoir les bâtiments est la leur. L'influence dans ce cas est palpable et concrète. Elle l'est moins, lorsqu'il s'agit d'éléments naturels, comme la topographie du terrain ou la végétation et encore moins dès qu'il est question de l'heure de la journée, du mois de l'année et de l'orientation.

**2.2.2. Etape 2 : Trajectoire et cible de la lumière.**

La deuxième étape, nous guide beaucoup plus vers les caractéristiques architecturales du bâtiment. Dans cette étape, les éléments architecturaux qui peuvent influencer la quantité de lumière reçue sont pris en compte sans oublier, bien évidemment, les caractéristiques de l'espace intérieur. Les variables des histogrammes (Figure VI. 15), représentent le pourcentage des observations relevées pour chacune d'elles à savoir : le type d'éclairage, la taille, la position et la forme de l'ouverture, la protection solaire, la zone de distribution lumineuse, le système de distribution lumineuse, la profondeur du local, la couleur et la texture des surfaces intérieures.



Variable	Pourcentage (%)
Type d'éclairage	70%
Taille de l'ouverture	90%
Position de l'ouverture	90%
Forme de l'ouverture	80%
Protection solaire	40%
Zone de distribution lumineuse	95%
Système de distribution lumineuse	60%
Profondeur du local	70%
Couleur des surfaces intérieures	70%
Texture des surfaces intérieures (brillant/ matte)	60%
Texture des surfaces intérieures (lisse/ rugueux)	40%

Tableau VI. 4 : Tableau récapitulatif des taux de signalisation des différentes variables de l'expérimentation de la 2<sup>ème</sup> étape

A travers, l'analyse des fiches d'observations, nous relevons que lors de l'expérience, les variables relatives à la baie ont attiré, le plus l'attention des étudiants. En effet, presque la totalité des expérimentalistes (80 % à 95 %), ont inscrit sur leurs fiches d'observations des remarques concernant, les caractéristiques de l'ouverture : taille, forme, position et de la zone de distribution lumineuse. Deux tiers du groupe ont pris en considération la profondeur du local, la couleur des surfaces intérieures et le type d'éclairage. Plus de la moitié du groupe soit 60%, donnent plus d'importance aux expériences réalisées sur le système de distribution lumineuse, et sur la texture (brillante/ matte) des surfaces intérieures. La texture des surfaces intérieures (lisse/ rugueuse), et la protection solaire, ont été les deux variables qui ont suscitées le moins d'intérêt chez les étudiants (40%).

Interprétation :

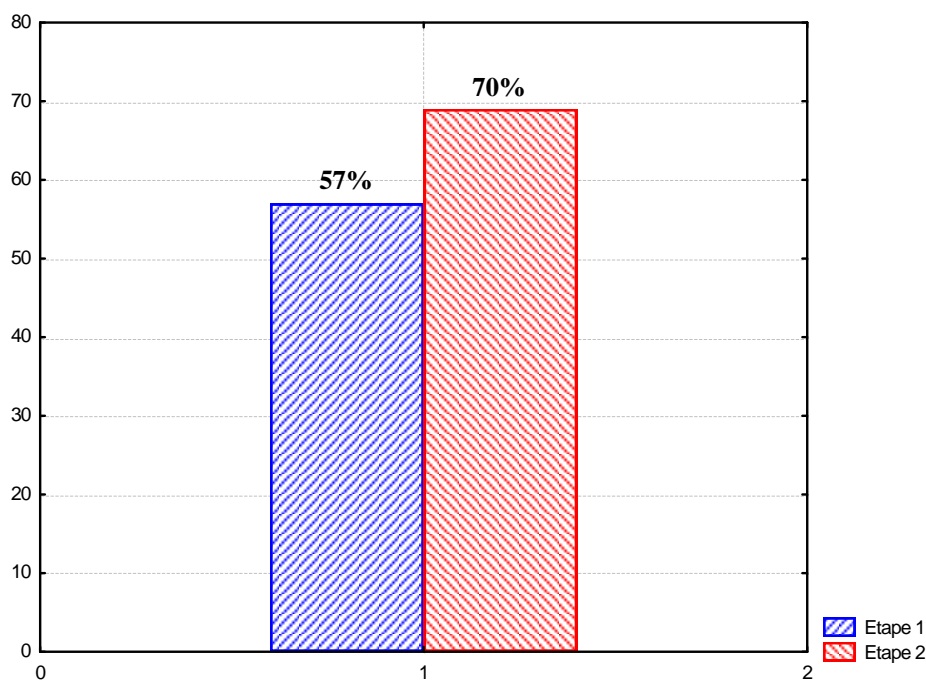
Grâce au rôle important qu'elle joue, en matière d'éclairage naturel, thermique, et vue vers l'extérieur, la baie présente une composante primordiale dans le bâtiment. Cela trouve son

explication dans les résultats relatifs aux caractéristiques de l'ouverture, le type d'éclairage et la zone de distribution, affichés par les étudiants lors de l'expérience qui traitait la baie. Les expérimentalistes ont accordé plus de temps et d'intérêt, lors de l'expérience du traitement de la baie qu'à ceux des composantes des bâtiments : protections solaires, couleur et texture des surfaces intérieures, et profondeur du local.

### 2.2.3. Comparaison entre les deux étapes (source et disponibilité/trajectoire et cible) :

Dans le but, de connaître, qu'elle étape a suscité, plus d'intérêt chez les étudiants, lors de l'expérimentation, une comparaison des taux de signalisation s'avère nécessaire (Figure VI. 16).

Elle consiste, à calculer pour chaque étape, la moyenne de l'ensemble des taux de signalisation de toutes les variables. Pour la première étape, on tient compte, uniquement, des variables qui peuvent influencer la disponibilité de la lumière naturelle. Quant à la deuxième étape, seules les variables, qui peuvent faire varier les propriétés de la lumière reçue dans le bâtiment sont prises en considération. Enfin, on compare, les deux moyennes trouvées, pour mettre en évidence l'étape qui a récolté le plus d'observations.



**Figure VI. 16 : Comparaison entre les deux étapes**

L'histogramme, révèle que la deuxième étape a reçu le plus d'observations de la part des étudiants. En effet, plus des deux tiers du groupe (70 %) ont commenté les résultats des manipulations de la deuxième étape, contre un peu plus de la moitié du groupe (57%), pour la première étape.

#### Interprétation :

Ces résultats pourraient expliquer la sensibilité de ces étudiants aux éléments architecturaux, comparés aux éléments climatiques, topographiques et urbains. Ceci revient au fait qu'ils réalisent moins l'impact de l'environnement extérieur sur la lumière naturelle. En effet, les manipulations qui touchent les éléments architecturaux (fenêtres, parois, couleurs des murs.....) intéressent plus les étudiants comparés à celles faites sur des éléments extérieurs, comme la topographie, les

masques de l'environnement, la période de l'année, l'heure de la journée, .....etc. Ceci explique la capacité des étudiants à contrôler ces éléments architecturaux, à l'inverse des éléments naturels sur lesquels ils ne peuvent pas intervenir en tant qu'architecte. C'est cette notion de contrôle perçu qui a fait la différence dès qu'il s'agit d'éléments architecturaux.

### 2.3. Les expressions les plus évoquées dans les observations :

Après avoir relevé les taux de la signalisation des différentes variables de l'expérience, dans cette étape, les éléments répétitifs dans les observations des étudiants, ont été recensés à leurs tours. Il s'agit des mots et des expressions directement cités, mais aussi des mots qu'on peut inscrire en interprétant, au mieux, les schémas et les croquis réalisés par les étudiants. Le mot « expression » est attribué à toutes les expressions écrites ou graphiques.

Ce travail débute par relever les expressions les plus répétées dans toutes les fiches d'observation, et de tracer des histogrammes qui représentent les taux de la répétition de chaque expression chez l'ensemble des étudiants. Ensuite, et dans le but de faciliter la lecture de ces histogrammes, nous avons dressé un tableau récapitulatif. Cette démarche a été appliquée aux deux étapes de cette expérimentation, prisent séparément.

#### 2.3.1. Etape 1 : Source et disponibilité de la lumière.

Sur les fiches d'observations retenues de cette étape, qui rappelant le, traite des éléments externes qui peuvent influencer la lumière naturelle, nous avons relevé les quatre expressions qui se répètent le plus (Figure VI. 17) les histogrammes qui représentent les taux des expressions les plus répétées dans cette étape, tableau 5 support pour mieux interpréter par la suite les histogrammes) :

- 1- Quantité de lumière rayonnée.
- 2- Obstacles pour la lumière naturelle.
- 3- Réflexion et absorption des surfaces
- 4- Flux lumineux

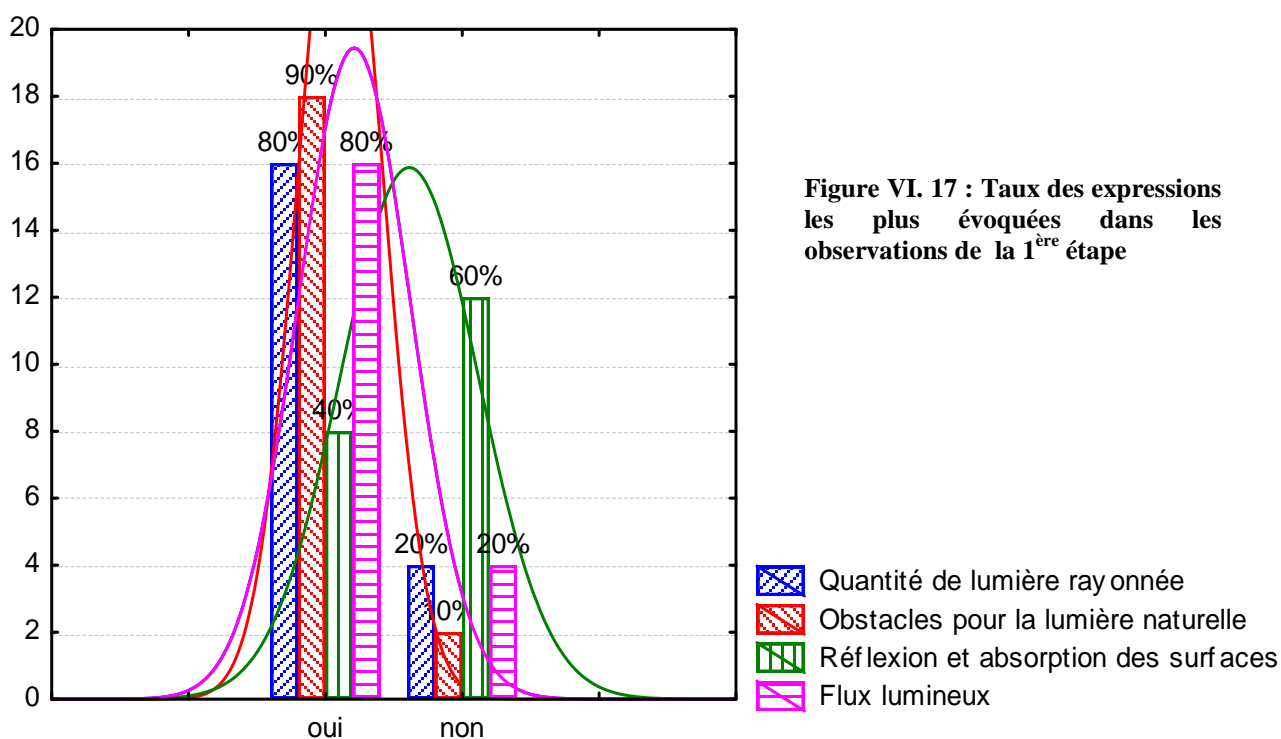


Figure VI. 17 : Taux des expressions les plus évoquées dans les observations de la 1<sup>ère</sup> étape

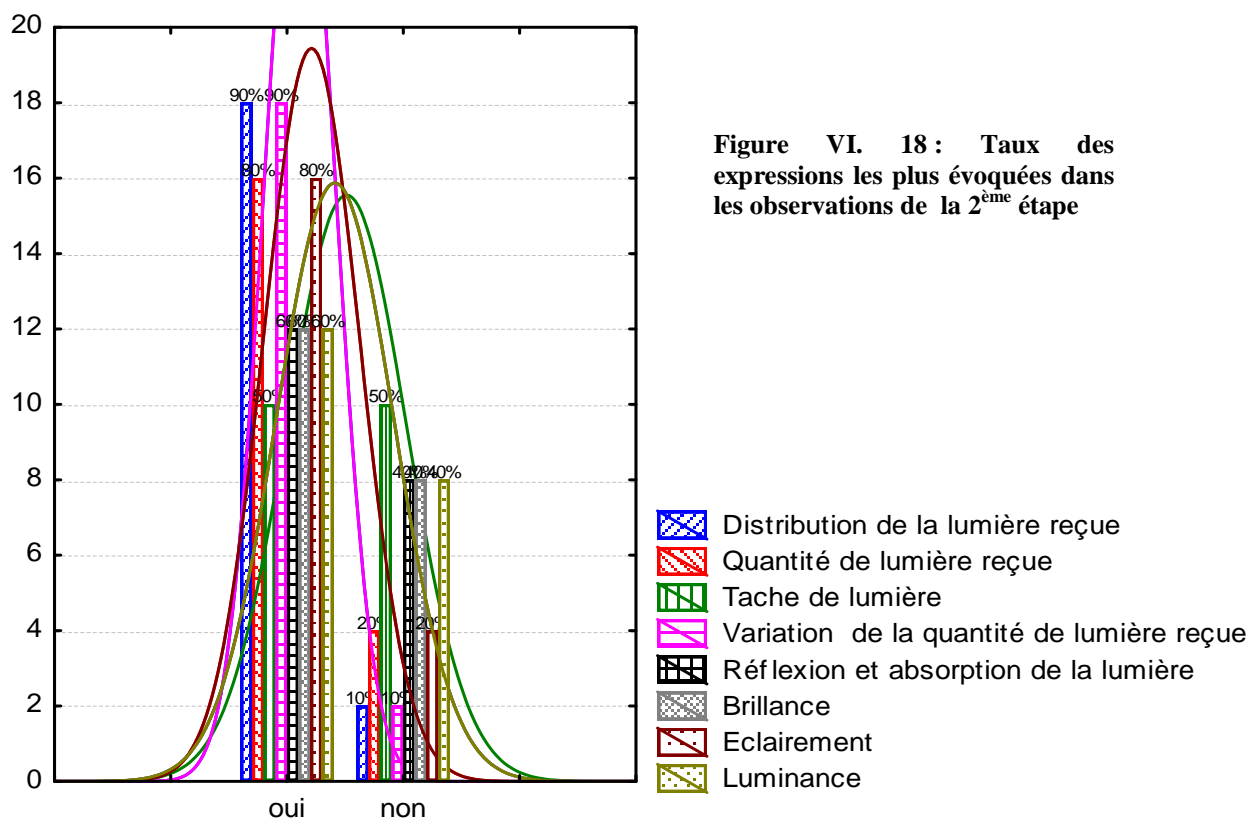
Expression	Pourcentage (%)
Quantité de lumière rayonnée.	80%
Obstacles pour la lumière naturelle.	90%
Réflexion et absorption des surfaces	40%
Flux lumineux	80%

Tableau VI. 5 : tableau récapitulatif des taux des expressions les plus évoquées dans les observations de la 1<sup>ère</sup> étape

### 2.3.2. Etape 2 : Trajectoire et cible de la lumière.

La deuxième partie de l'expérimentation qui relate l'aspect architectural du bâtiment, était la plus riche en remarques et en observations. Les mots et les dessins inscrits dans les fiches d'observations le confirment. Mais, on a relevé, seulement, les expressions les plus répétées, qui sont transcrites, pratiquement dans la totalité des fiches d'observations (Figure VI. 18) les histogrammes qui représentent les taux des expressions les plus évoquées dans les observations de la 2<sup>ème</sup> étape, tableau 6 support pour mieux interpréter par la suite les histogrammes) :

- 1- Distribution de la lumière reçue.
- 2- Quantité de lumière reçue.
- 3- Tache de lumière.
- 4- Variation de la quantité de lumière reçue.
- 5- Réflexion et absorption de la lumière.
- 6- Brillance.
- 7- Eclaircissement.
- 8- Luminance.



Impression	Pourcentage (%)
Distribution de la lumière reçue.	90%
Quantité de lumière reçue.	80%
Tache de lumière.	50%
Variation de la quantité de lumière reçue.	90%
Réflexion et absorption de la lumière.	60%
Brillance.	60%
Eclairement.	80%
Luminance.	60%

Tableau VI. 6 : Tableau récapitulatif des taux des expressions les plus évoquées dans les observations de la 2<sup>ème</sup> étape

## 2.4. Entre les variables de l'expérimentation et les expressions les plus évoquées :

L'objectif recherché dans cette partie est de trouver une relation, entre les variables de l'expérimentation et les expressions les plus évoquées. Le recours aux analyses des correspondances multiples (ACM) était nécessaire afin de déceler les associations existantes entre : i) les variables de chacune des deux étapes de cette expérimentation, et ii) les expressions les plus évoquées durant chacune d'elle.

### 2.4.1. Les variables de la 1<sup>ère</sup> étape et ses expressions :

La première analyse, des correspondances réalisées a pour but de déceler les associations existantes entre : i) les variables de la première expérimentation (orientation, heure de la journée, mois de l'année, topographie, masque de l'environnement (naturel et urbain), couleur du sol), et ii) les expressions les plus évoquées durant cette étape (quantité de lumière rayonnée, obstacles pour la lumière naturelle, réflexion et absorption des surfaces, flux lumineux)

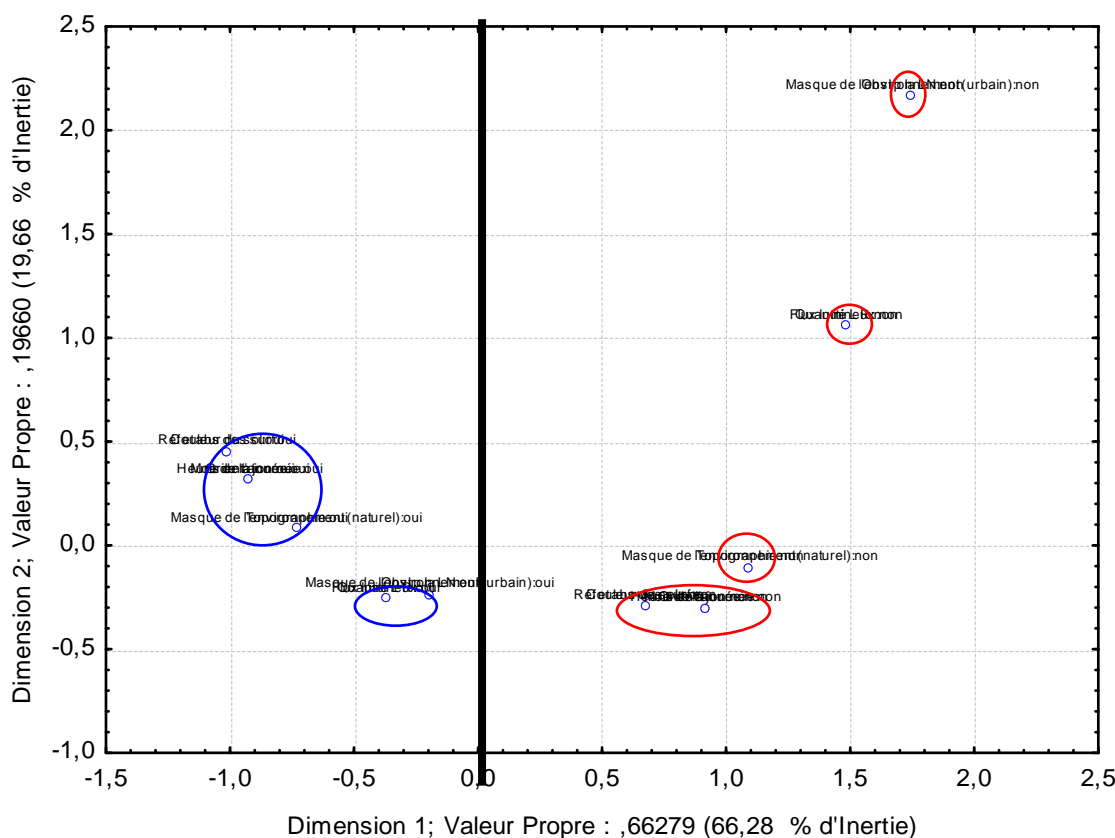
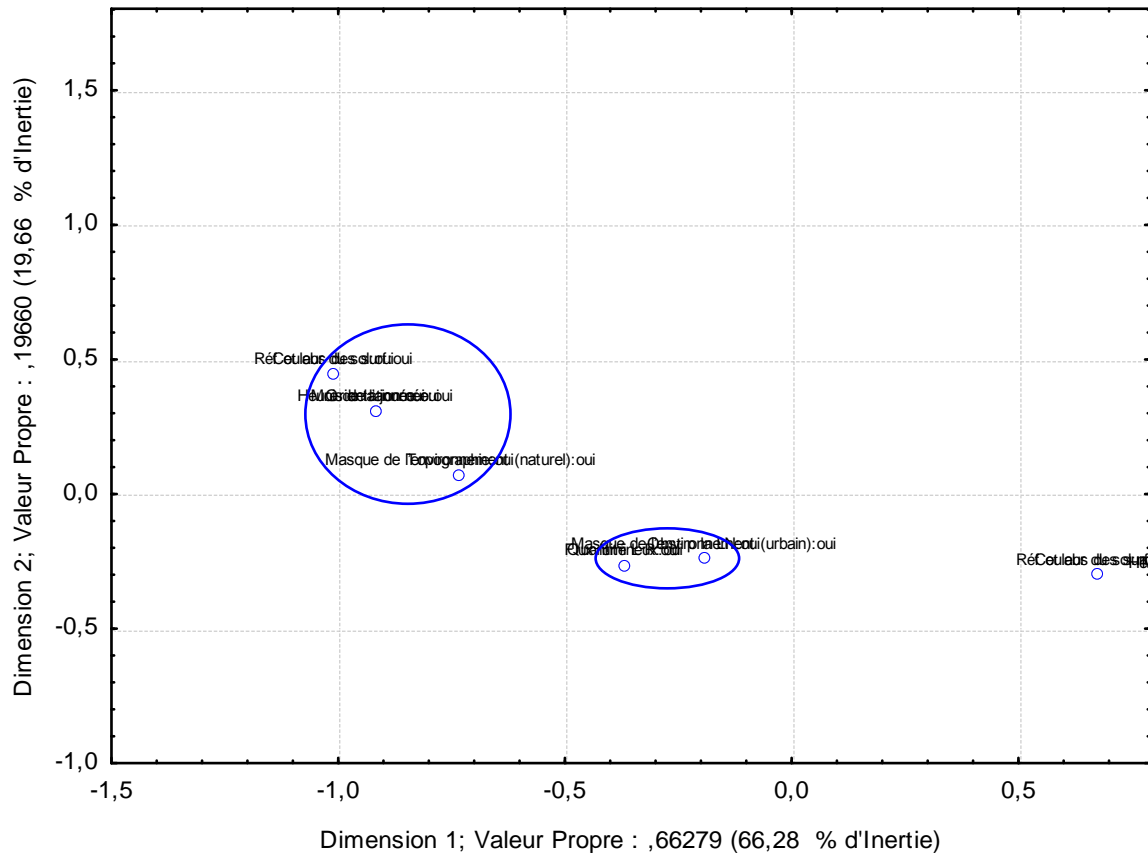


Figure VI. 19 : ACM entre Les variables de la 1<sup>ère</sup> étape et ses expressions

Le graphe résultant de cette analyse (Figure VI. 19), montre que l'axe 1 discrimine les modalités positives à gauche, et les modalités négatives à droite. On peut donc l'interpréter essentiellement comme l'axe d'opposition entre la confirmation des variables et des expressions, et l'infirmité de ces variables et de ces expressions. Deux classes peuvent être distinguées du côté gauche de cette axe, celui des réponses positives. Du côté droit de l'axe, les modalités qui comportent les réponses négatives, composent trois classes.



**Figure VI. 20 : Correspondances situées du côté gauche de l'axe**

Deux classes peuvent être distinguées du côté gauche de cet axe (Figure VI. 20), celles des réponses positives. Dans la première classe, on relève trois associations qui sont : i) l'orientation avec l'heure de la journée, ii) la couleur du sol avec la réflexion et l'absorption des surfaces, et iii) la topographie avec les masques de l'environnement naturels. La deuxième classe quant à elle, est caractérisée par deux associations : i) la quantité de lumière rayonnée avec le flux lumineux, et ii) le masque de l'environnement naturel avec l'obstacle pour la lumière naturelle



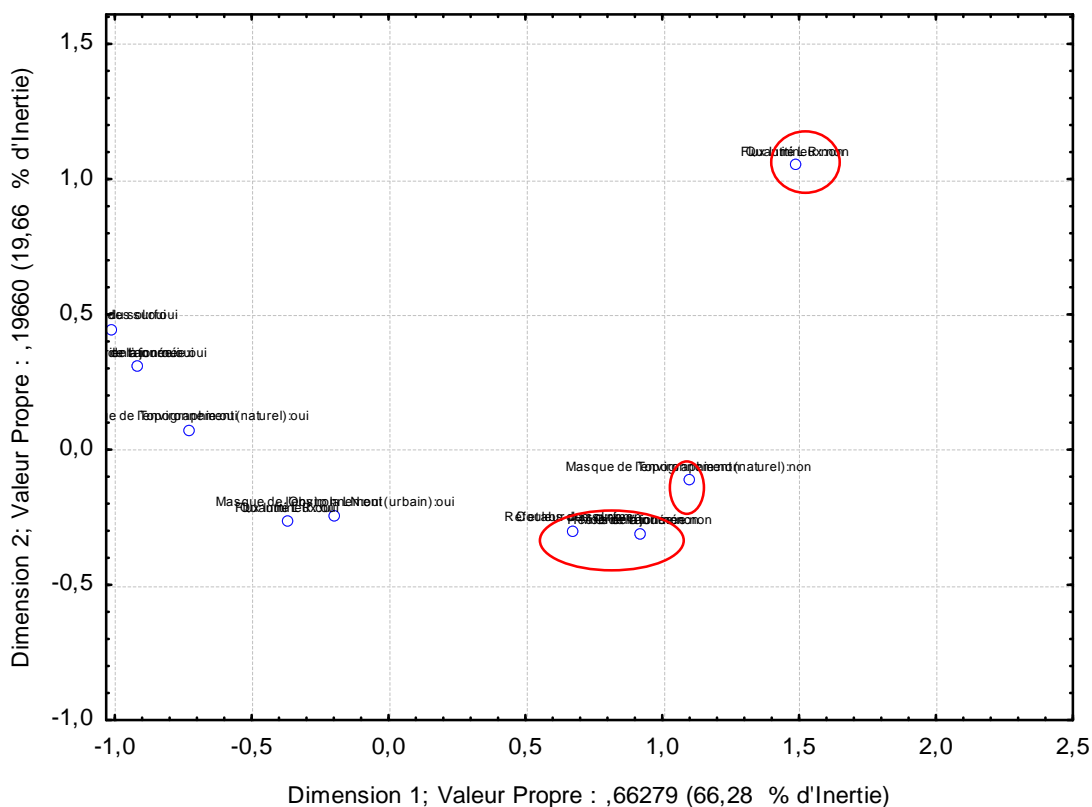


Figure VI. 21 : Correspondances situées du côté droit de l'axe

Du côté droit de l'axe (Figure VI. 21), les modalités qui comportent les réponses négatives, composent trois classes. La première classe associe : couleur du sol, réflexion, absorption des surfaces et aussi, topographie, et masque de l'environnement naturel. La deuxième, associe l'orientation, l'heure de la journée et le mois de l'année. Quant à la dernière, elle associe quantité de lumière rayonnée et flux lumineux. Dans l'ensemble de ces classes, qu'elles soient du côté droit ou gauche de l'axe, on a pu relever des associations entre trois variables et trois expressions.

Variables de la première étape	Expressions les plus évoquées
couleur du sol: oui	réflexion et absorption de la LN par les surfaces: oui
masque naturel de l'environnement : oui	obstacle pour la lumière naturelle ; oui
couleur du sol : non	réflexion et absorption des surfaces: non

Tableau VI. 7 : Tableau explicitant les correspondances existantes entre les variables de la première étape, et les expressions les plus évoquées dans cette étape.

Ces résultats montrent que lorsque les étudiants agissent sur la couleur du sol, ils pensent à la réflexion et à l'absorption de la lumière naturelle par les surfaces, et lorsqu'ils agissent sur les masques naturels de l'environnement, ils pensent aux obstacles pour la lumière naturelle. Cela, révèle une certaine logique. Car, d'une part les masques de l'environnement peuvent réellement constituer un obstacle pour la lumière naturelle, d'autre part la couleur du sol agit sur la réflexion et à l'absorption de la lumière naturelle par les surfaces.

#### 2.4.2. Les variables de la 2<sup>ème</sup> étape et ses expressions :

La seconde analyse des correspondances réalisées a pour objectif de déceler les associations existantes entre les variables de la deuxième expérimentation (le type d'éclairage, taille, position et forme de l'ouverture, protection solaire, zone de distribution lumineuse, système de distribution

lumineuse, profondeur du local, couleur et texture des surfaces intérieures), et des expressions les plus évoquées durant cette étape (distribution de la lumière reçue, quantité de lumière reçue, tache de lumière, variation de la quantité de lumière reçue, réflexion et absorption de la lumière, brillance, éclairage, luminance)

Comme pour la première analyse, le graphe de cette ACM, montre que l'axe 1 représente l'axe d'opposition entre les réponses positives (qu'il s'agit de variables ou d'impression évoquée), et les réponses négatives. Il révèle aussi, l'existence de six classes, disposées par trois, de chaque côté de l'axe.

Les trois classes situées sur la partie gauche du graphe, représentent, l'association entre : système de distribution lumineuse, protection solaire, texture des surfaces intérieures (lisse, rugueuse), texture des surfaces intérieures, avec : tâche de lumière, réflexion et absorption de la lumière, brillance et luminance, constituant ainsi la première classe. La deuxième classe est constituée de l'association de forme de l'ouverture avec quantité de lumière reçue et éclairage. La dernière classe, compte la position de l'ouverture, zone de distribution lumineuse, type d'éclairage, profondeur du local et couleur des surfaces, mais aussi : distribution de la lumière reçue et variation de la quantité de lumière reçue (Figure VI. 22).

Les trois classes situées sur le côté droit de l'axe 1, montrent l'association de la taille de l'ouverture et la position avec la distribution de la lumière reçue et la variation de la quantité de lumière reçue ; ce qui constitue la première classe. La deuxième classe, associe forme de l'ouverture avec quantité de lumière reçue et éclairage. La troisième classe révèle l'association entre: texture des surfaces intérieures (brillante/matte) et brillance et luminance. Elle révèle aussi l'association entre texture des surfaces intérieures (lisse/ rugueuse) et protection solaire avec tâche de lumière.

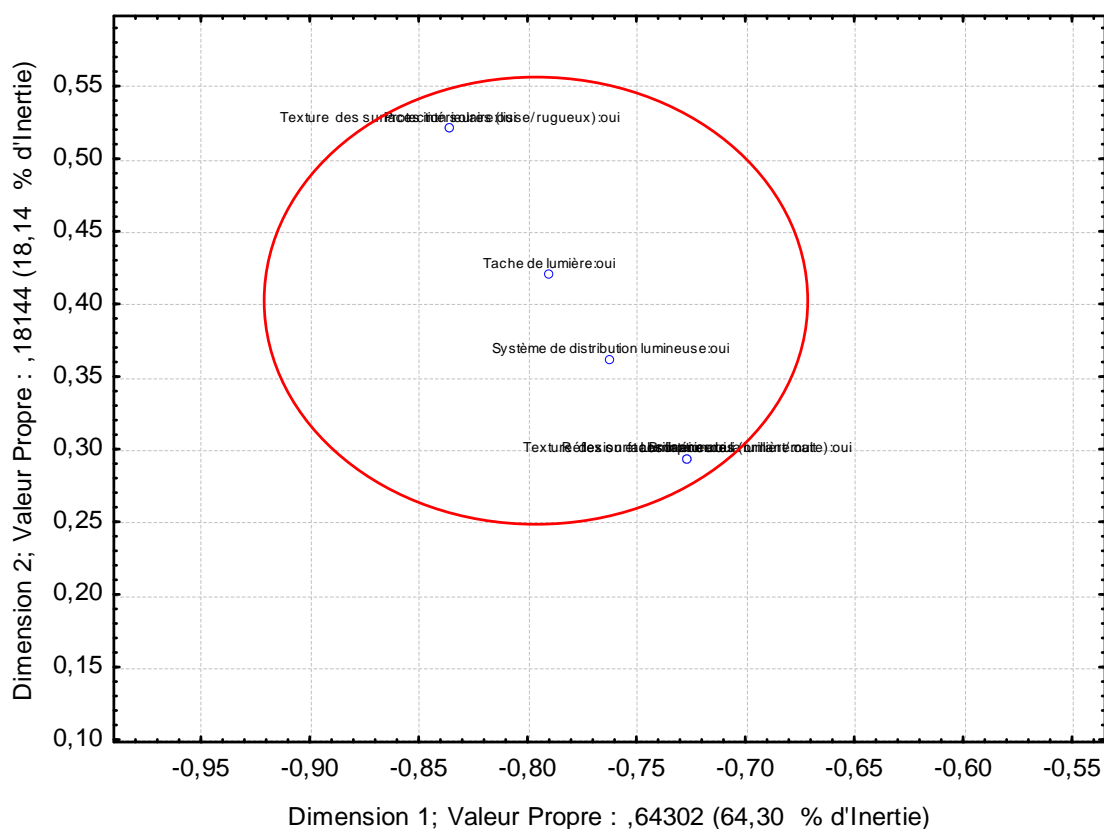


Figure VI. 22 : Classe révélée par l'ACM

Cette ACM, nous permet de relever à partir des nuages de son graphique plusieurs associations (Tableau VI. 8):

<b>Variables de la deuxième étape</b>	<b>Expressions les plus évoquées</b>
système de distribution lumineuse: oui	tâche de lumière: oui
texture des surfaces intérieures (brillant/matte): oui	-réflexion et absorption de la lumière: oui -brillance: oui -luminance: oui
forme de l'ouverture: oui	-quantité de lumière reçue: oui -éclairage: oui
position de l'ouverture: oui	-distribution de la lumière reçue: oui -variation de la quantité de lumière reçue: oui
-taille de l'ouverture: non -position de l'ouverture: non	-distribution de la lumière reçue: non -variation de la quantité de lumière reçue: non
forme de l'ouverture: non	-quantité de lumière reçue: non -éclairage: non
texture des surfaces intérieures (lisse/rugueuse): non protection solaire: non	-tâche de lumière: non

**Tableau VI. 8 : Tableau explicitant les correspondances existantes entre les variables de la deuxième étape, et les expressions les plus évoquées.**

Lorsque les caractéristiques de la baie (taille, forme, position) sont évoquées, les notions de : quantité de lumière reçue, éclairage, distribution lumineuse et variation de la quantité de lumière reçue, sont elles aussi évoquées.

Une autre association peut aussi être énoncée. Elle réunit les caractéristiques des surfaces intérieures (brillante/ matte) et les notions de : réflexion et absorption de la lumière, brillance et luminance.

## **CONCLUSION :**

Le recours au modèle réduit pour acquérir des connaissances dans le domaine de sciences physiques, relatives à la lumière naturelle, révèle que les étudiants se sont imprégnés de certaines notions.

Les résultats obtenus montrent que l'association de la couleur avec la réflexion et l'absorption de la lumière, ou l'association des caractéristiques de la baie à la distribution de la lumière et sa variation, le bon emploi des grandeurs photométriques, ne font que confirmer que le recours à la maquette présente un intérêt non négligeable sur le plan de l'interception du signal lumineux. Ceci revient au fait que la maquette permet de placer l'œil de l'observateur au cœur même du dispositif étudié. Elle lui offre aussi plus de possibilité pour prendre conscience du phénomène lumineux et de connaître les éléments architecturaux qui peuvent agir sur lui.