

## **Chapitre III**

### **Le système light shelf**

#### **Introduction**

Dans la conception traditionnelle, Les fenêtres reçoivent une grande quantité d'énergie provenant du soleil. Il est important de noter que l'intensité de la lumière est très forte à proximité de la fenêtre, provoquant des problèmes d'éblouissement et de surchauffe à cause de l'ensoleillement direct, sans avoir une uniformité de l'éclairage dans tout l'espace. A quelques mètres de la fenêtre, le niveau d'éclairage est souvent trop faible. Toutefois, l'utilisation de fenêtres plus grandes avec des vitrages de grande transmission de lumière pour en fournir un niveau suffisant à une distance plus éloignée de la fenêtre s'est avérée inefficace. La distribution non uniforme de l'éclairage sur le plan de travail ainsi que le gradient de la luminance au sein de l'espace peut générer un environnement lumineux inconfortable.

Pour obtenir un éclairage uniforme et bien réparti dans tout le local, il faut se concentrer sur la façon dont la lumière du jour peut être distribuée et transmise. Pour atteindre cet objectif, il faut recourir aux nouvelles techniques d'éclairage naturel. Actuellement, il existe de nouveaux systèmes qui permettent d'éclairer et de contrôler la lumière du jour. Parmi ces systèmes, nous trouvons les puits de lumière, les light shelves, les conduits de lumière, les vitrages spéciaux, les persiennes, etc... Ces systèmes permettent à la fois d'éclairer naturellement les espaces et de réduire l'utilisation de l'éclairage électrique pendant le jour.

Dans ce chapitre, on va étudier l'un des systèmes de contrôle d'éclairage naturel le plus utilisé en architecture qui est le système light shelf. Ce système est conçu pour fournir des niveaux d'éclairage plus élevés et plus profonds dans l'espace pendant les heures d'exploitation optimale de la lumière du jour durant toute l'année. Ainsi, il permet d'obtenir un bon facteur de lumière du jour et d'atteindre le confort visuel par la réduction des effets d'éblouissement et de contrastes. Ce système sera présenté en détail, ainsi que son fonctionnement, son rôle pour réduire la consommation d'énergie ainsi que le rapport du climat avec sa conception.

## I. Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle

Les systèmes de modélisation de l'éclairage naturel sont conçus pour régler les problèmes de la répartition inégale de la lumière naturelle dans un espace en réduisant les niveaux excessifs de clarté près des fenêtres et en les augmentant dans les zones qui en sont éloignées, donnant ainsi naissance à une lumière plus équilibrée et une distribution harmonieuse dans l'espace. L'ajout des nouveaux systèmes à la fenêtre, tels que les light shelves, les light pipes, les systèmes prismatiques ou les persiennes propose une stratégie d'éclairage naturel viable en raison de la capacité de ces dispositifs à dévier et introduire la lumière naturelle vers le fond de l'espace.

### I.1. Système de puits de lumière

Le puits de lumière est un nouvel outil d'éclairage naturel ; il permet d'apporter de la lumière naturelle dans des pièces qui ne possèdent pas d'ouvertures sur l'extérieur ou en complément d'une ouverture existante. Il peut être installé dans les bureaux de grande profondeur, salle d'exposition, salle d'opération aveugle, atelier ou garage en sous sol...etc. Il est constitué de trois composants : une coupole qui capte la lumière de l'extérieur, un conduit de lumière qui se présente sous la forme d'un tube recouvert d'un film réfléchissant permettant de guider la lumière par réflexion et enfin, un diffuseur, qui répartit la lumière dans la pièce à éclairer. Ce nouveau système d'éclairage zénithal permet d'éclairer naturellement les espaces sombres et de réduire considérablement la consommation énergétique de la pièce pendant le jour. Cette quantité de lumière fournie par le système varie au cours de l'année.

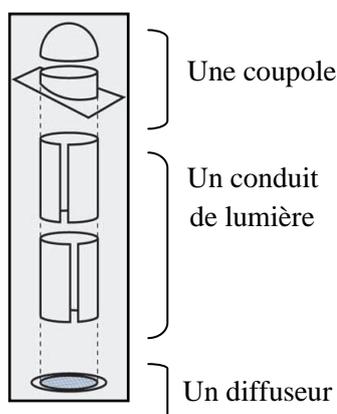


Figure 83 : Les composants de conduit de lumière (Source : Guide de dimensionnement des conduits de lumière naturelle)



Figure 84 : Vue intérieur d'un puits de lumière. (Source: <http://www.natureetconfort.fr>)



Figure 85 : Coupe sur un puits de lumière. (Source : Dr Anne Rialhe)

## I. 2. Les plafonds anidoliques

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



Figure 86 : Le plafond anidolique.  
(Source : J.-L. Scartezzini et al.)

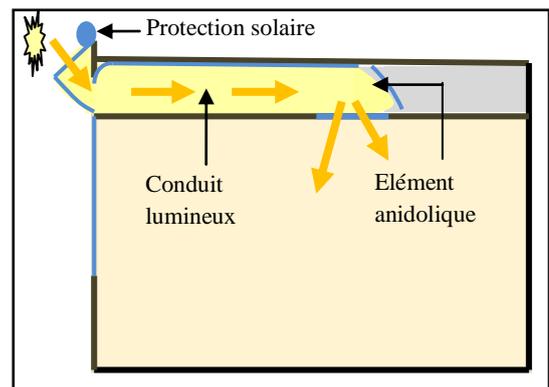


Figure 87: Le fonctionnement du plafond anidolique (Source : Auteur)

Ce système est conçu pour augmenter les niveaux de lumière en profondeur et créer une distribution plus équilibrée dans tout l'espace, tout en occupant l'espace réduit du faux plafond. Ainsi, il conduit à faire des économies importantes d'énergie par la réduction de l'utilisation des lampes dans les espaces ayant une grande profondeur.

## I.3. Les étagères de lumière (light shelf)

Un light shelf est un dispositif conçu pour capter la lumière du jour et la réorienter vers le fond de l'espace par réflexion au niveau du plafond et cette stratégie va entraîner une répartition plus uniforme de la lumière. Le light shelf divise la fenêtre en une partie inférieure, qui sert à fournir une vue vers l'extérieur et une partie supérieure très réfléchissante qui sert à rediriger la lumière du jour vers le fond de l'espace. Ce système peut prendre différentes

configurations : horizontales ou inclinées, droites ou incurvées, situées à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre, comme il peut être combiné. Il permet aussi de contrôler la lumière directe en réduisant le phénomène de l'éblouissement. Ce système est plus performant dans les conditions de ciel clair. Le système light shelf fonctionne comme suit : la surface supérieure du système va capter la lumière du jour et la rediriger vers le plafond en protégeant l'occupant des pénétrations directes du soleil. Le plafond à son tour va diffuser la lumière profondément dans la pièce. Ce système permet d'apporter la lumière du jour au fond de l'espace et, par conséquent, assure le confort visuel par l'obtention d'un niveau d'éclairage uniforme et la réduction de la consommation d'électricité.



Figure 88 : Vue intérieure d'une étagère de lumière (Source : David. B. Floyd et al.)

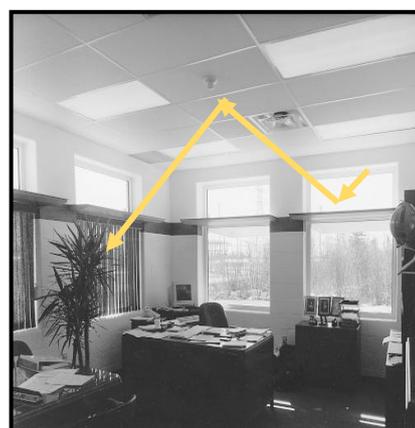


Figure 89: Le fonctionnement du système (Source: ENERGY EFFICIENCY MANUAL, CONTROL AND USE OF SUNLIGHT,)

#### **I. 4. Les conduits de lumière (light pipe)**

Le conduit de lumière est une stratégie visant à apporter la lumière du jour au fond d'un espace ou aux étages inférieurs d'un immeuble. Il est composé de : un capteur solaire qui rassemble la lumière du soleil (il peut être un simple miroir fixe ou un système informatisé sophistiqué (Héliodon) qui suit les mouvements du soleil), un concentrateur qui regroupe l'énergie solaire sur une petite surface (il est fait d'un miroir de concentration ou de lentille qui concentre l'énergie captée à partir d'un collecteur de grande taille sur une surface plus petite de sorte qu'il peut être transporté efficacement), un système de transport (il peut être une simple ouverture à travers les différents étages d'un bâtiment comme il peut être un prisme) et enfin, un système de distribution. La lumière est ensuite transportée vers l'intérieur.



Figure 90: Le système Light pipe (Source : Bartenbach L'chtLabor)

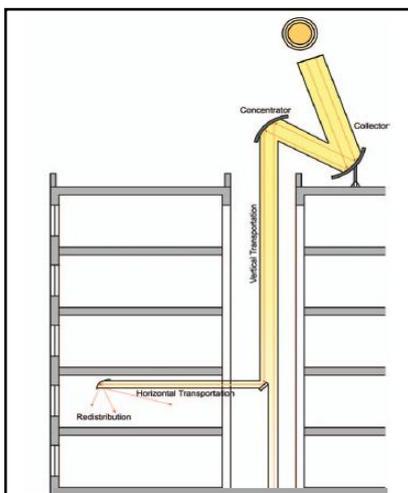


Figure 91: Les composants du système (source : Bartenbach L'chtLabor)

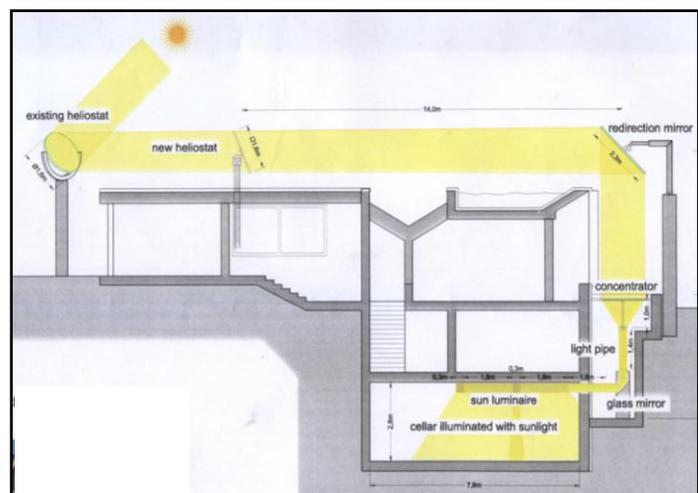


Figure 92 : Le fonctionnement du système (source : Bartenbach L'chtLabor)

La technique de conduit de lumière a pour but d'éclairer par la lumière du jour des espaces qui n'ont pas un contact direct vers l'extérieur, comme des sous sols, par exemple. Ce système permet aussi de rendre les luminaires électriques offrant une lumière propre dont la source initiale est la lumière naturelle (figure 92).

## I.5. Les stores réfléchissants (les persiennes)

Les stores réfléchissants actuels ou les persiennes ont une double fonction : la première est de réduire l'effet de l'éblouissement causé par la fenêtre qui provient de la pénétration directe du rayonnement solaire dans un espace, la deuxième, consiste à rediriger la lumière naturelle

vers le fond du local, augmentant ainsi le niveau de la lumière du jour, ce qui permet d'obtenir une répartition uniforme de la lumière sur toute la surface de l'espace. Comme le système light shelf, le système lamelle fonctionne de façon optimale dans des conditions de ciel clair avec soleil. Les persiennes peuvent être conçues pour être statiques ou dynamiques. Dans le dernier cas, elles sont contrôlées automatiquement de manière qu'elles puissent suivre le mouvement du soleil. Sur une fréquence quotidienne et saisonnière, les persiennes automatiques donnent généralement de meilleurs résultats que ceux statiques, mais nécessitent une calibration et des algorithmes qui ont besoin d'ajustement en fonction des besoins de l'éclairage du bâtiment.

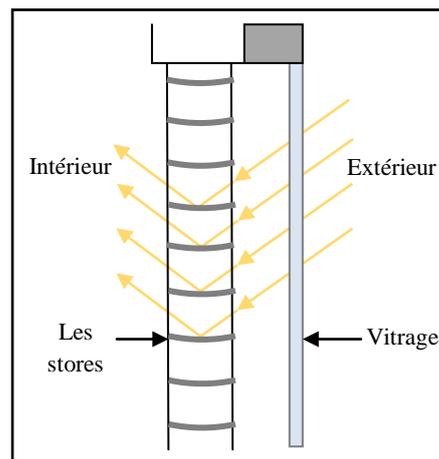


Figure 93: Les stores réfléchissants  
(Source : Auteur)

## **I.6. Les vitrages spéciaux**

### **I.6.1. Les vitrages directionnels**

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

### **I.6.2. Les Holo-lux**

Le holo-lux est un type de vitrage qui consiste à guider la lumière venant de l'extérieur vers l'intérieur du local, de manière à éclairer une grande surface et à obtenir un éclairage plus profond. Il peut être installé au niveau de la façade ou en toiture (cas d'éclairage zénithal). Le holo-lux peut aussi être combiné avec une protection solaire dans une façade à double peau.

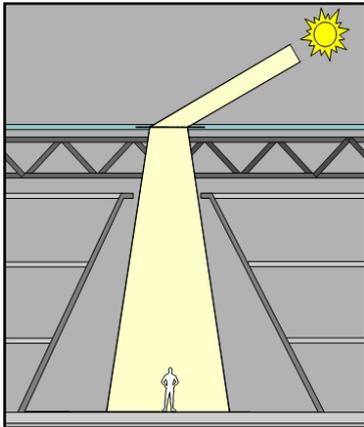


Figure 94 : Principe de fonctionnement de holo-lux. (Source : GLB)



Figure 95 : L'intégration de holo-lux dans le plafond de bibliothèque de l'académie Mont Cenis, Herne. (Source : GLB )

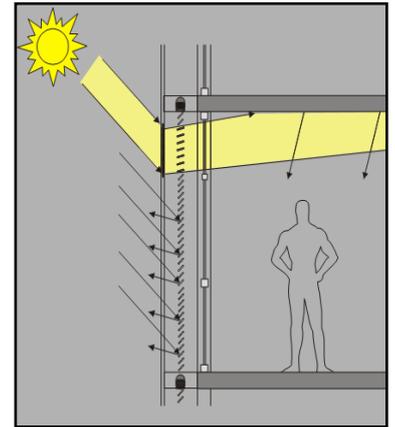


Figure 96 : Holo-lux combiné avec une protection solaire en double peau. (Source : GLB)

### I.6.2. Les vitrages prismatiques

Le vitrage prismatique est conçu pour changer la direction de la lumière et la réorienter au moyen de la réfraction et réflexion. Le principe de fonctionnement des vitrages prismatiques est le suivant : quand un rayon de lumière frappe le prisme, sa direction est modifiée en raison de la réfraction. Une partie de celui-ci est alors réfléchi vers le plafond et au-delà, vers l'arrière de la salle. En principe, le panneau prismatique peut être placé dans la partie supérieure d'une fenêtre latérale. Les vitrages prismatiques peuvent, soit rediriger la lumière naturelle plus profondément dans le bâtiment, soit exclure la lumière d'un espace. Bien qu'ils soient habituellement transparents, ils obscurcissent la vue vers l'extérieur. Il vaut donc mieux les utiliser pour la partie supérieure d'une fenêtre afin de ne pas couper la vue des occupants.

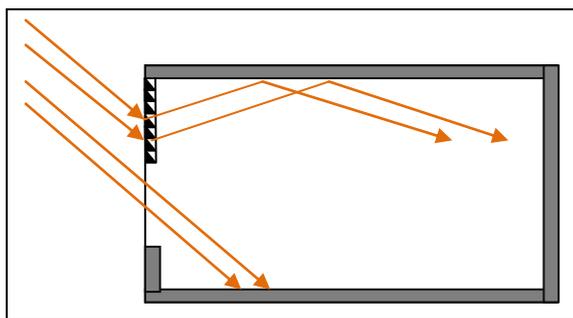


Figure 97 : Le système de vitrage prismatique (Source : Auteur)

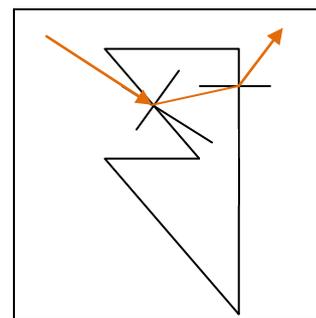


Figure 98 : La réfraction de la lumière par le prisme. (Source : Auteur)

## **II. Les caractéristiques du système light shelf**

### **II. 1. Description et définitions**

Un light shelf est un auvent dont la surface supérieure est réfléchissante qui se situe au niveau de la fenêtre, utilisé aussi bien pour canaliser passivement l'éclairage naturel dans un espace et pour fournir de l'ombre. La lumière du soleil est réfléchiée par la surface supérieure du light shelf vers l'intérieur de local et en particulier vers le plafond qui fournit une lumière diffuse supplémentaire qui donne un éclairage uniforme et permet également la pénétration de la lumière profondément, ce qui réduit le besoin d'éclairage artificiel.

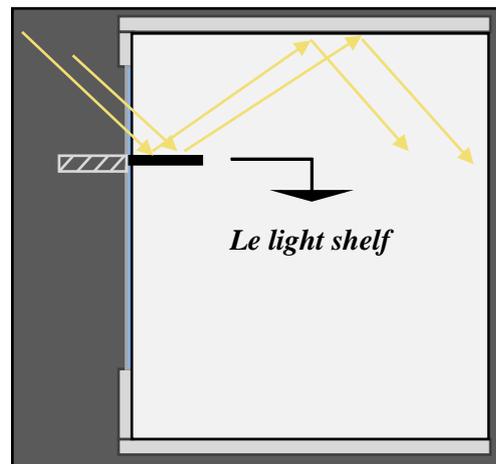


Figure 99: Le système light shelf  
(Source : Auteur)

Le light shelf est un dispositif simple qui doit être combiné avec d'autres dispositifs pour éviter les problèmes d'éblouissement qui sont dus à la pénétration directe de la lumière dans la partie inférieure de la fenêtre. La caractéristique principale du light shelf est la réflexion au niveau de sa face supérieure. Il est équipé d'un bord pour la sécurité. Les principales propriétés d'un light shelf sont de faire pénétrer la lumière profondément dans la pièce, de contrôler la lumière directe du soleil en réduisant l'éblouissement tout en admettant la lumière du ciel et les rayons solaires réfléchis. Il permet également de réduire les charges de refroidissement en diminuant partiellement les gains solaires pendant les périodes estivales, d'atteindre le confort visuel et d'apporter l'ombre près des fenêtres. Cet élément architectural peut être intégré dès le début de la conception du bâtiment ou ajouté par la suite pour augmenter son efficacité énergétique. Le système light shelf fournit un éclairage naturel d'une zone qui s'étend profondément.

La largeur de cette zone dépend de la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre, de son orientation, de la latitude du site, de l'heure du jour et de la clarté du ciel.

### **II.1.1. Effet de la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre**

Pour que l'étagère de lumière fonctionne efficacement, il doit être installé au moins à 2 m au sol. Si le light shelf se trouve en haut et si la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre est grande, le light shelf peut fournir une pénétration plus profonde de la lumière naturelle dans le local tout en ombrant la fenêtre. Ceci est parce que le système peut jeter tout les rayons directs du soleil vers l'intérieur du local. Ainsi, grâce à ce système, la profondeur de la zone intérieure peut s'étendre sur une distance de 3 mètres à 7 mètres de la fenêtre. La figure 2 montre que la lumière naturelle captée par le light shelf se distribue plus profondément dans le local dans le cas où le light shelf est placé le plus haut possible dans la fenêtre.

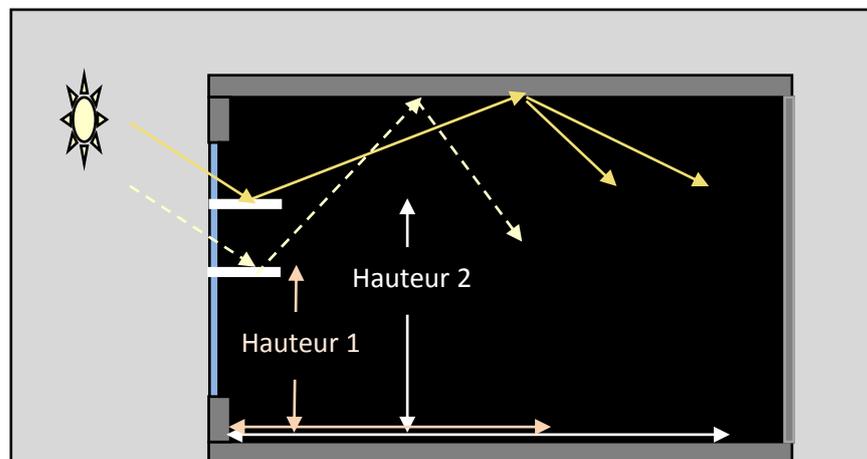


Figure 100: La hauteur du light shelf

(Source : Auteur)

### **II.1.2. L'effet de l'orientation de la fenêtre**

L'orientation de la fenêtre joue aussi un rôle très important : si la fenêtre se trouve en face du soleil, elle va recevoir une énorme quantité d'énergie qui pourrait être utilisée pour éclairer naturellement des locaux. En principe, le côté le plus éclairé de la voute céleste est au nord, mais cette orientation diffère selon le climat de la région. Dans l'hémisphère nord, l'orientation la plus favorable est au sud, car elle peut assurer une bonne stratégie lumineuse et thermique à la fois. Si une fenêtre est orientée entre sud-est et sud-ouest et si elle reçoit la

lumière directement du soleil, chaque unité de surface pourrait éclairer de 20 à 100 unités de surfaces intérieure. Le tableau suivant donne les caractéristiques de chaque orientation :

Orientation	Caractéristiques
Nord	Lumière stable-pas de lumière directe du soleil, que diffuse le ciel, répartition la même, paysage éclairé par le direct du soleil, protection de l'intérieur pour les luminances du ciel blanc, pas de problème de surchauffe en été.
Sud	Lumière changeante-lumière du soleil variable durant la journée, répartition pas la même, protection de l'extérieur et de l'intérieur, problème de surchauffe en été et risque d'éblouissement.
Est	Lumière directe du soleil le matin, protection extérieure souhaitable.
Ouest	Lumière directe du soleil le soir, protection extérieure obligatoire.

Tableau 8: Les caractéristiques de chaque orientation (Source : Auteur)

### II.1.3. L'effet de la latitude du site

La latitude du site est l'un des facteurs principaux qu'il faut prendre en considération lors de choix du light shelf car l'angle d'incidence des rayonnements solaires qui vont être captés par le système varie en fonction de la latitude du lieu. La quantité d'énergie reçue est plus importante dans les hautes latitudes. C'est pour cela que certaines configurations du light shelf sont adéquates dans certaines régions alors que dans d'autres, elles donnent des résultats non satisfaisants et créent plusieurs problèmes en termes de confort visuel et thermique.

### II.1.4. L'effet de l'heure du jour

Le light shelf fonctionne seulement dans les moments du jour où le soleil brille dans le ciel car son rendement varie en fonction du nombre d'heures pendant lesquelles le système est exposé au soleil. Donc, il faut orienter l'étagère de lumière de telle façon qu'elle puisse capter le maximum de lumière qui est émise dès le lever jusqu'au coucher du soleil, surtout en hiver où le nombre d'heures ensoleillées est réduit. Par ciel clair avec soleil, la répartition lumineuse varie fortement d'une heure à l'autre et d'un point à l'autre du local. La lumière disponible augmente jusqu'à la mi-journée, puis elle diminue.

### II.1.5. L'effet de la clarté du ciel

La clarté du ciel est un facteur très important pour que le système light shelf fonctionne de manière parfaite et donne des résultats exacts. Le light shelf fonctionne le plus efficacement dans des conditions du ciel clair avec soleil car il capte le maximum de rayons solaire et les fait pénétrer profondément dans le local. Par contre, dans des conditions d'un ciel couvert, ces étagères de lumière ne peuvent pas augmenter le niveau d'éclairage à l'intérieur de la pièce car le niveau d'éclairage extérieur est faible.

## II.2. Les différentes composantes

Le light shelf est une surface horizontale composée de deux parties, la première se trouve à l'intérieur et apparaît comme un plateau éclairé ; la deuxième est à l'extérieur et joue le rôle d'ombrage (cette partie peut être exclue dans certaines régions). Ce système est inséré dans un cadre de fenêtre le divisant en deux parties : supérieure et inférieure. La partie inférieure occupe la plus grande surface vitrée de la fenêtre alors que la partie supérieure est celle qui redirige la lumière et la fait pénétrer à l'intérieur du local par le plafond. Ce système d'éclairage a besoin de quatre composantes essentielles pour qu'il puisse jouer son rôle parfaitement. Ces éléments peuvent être installés à l'intérieur ou à l'extérieur selon le besoin d'éclairage du local. Le schéma suivant montre les principaux composants du light shelf ainsi que le rôle de chacun d'eux :

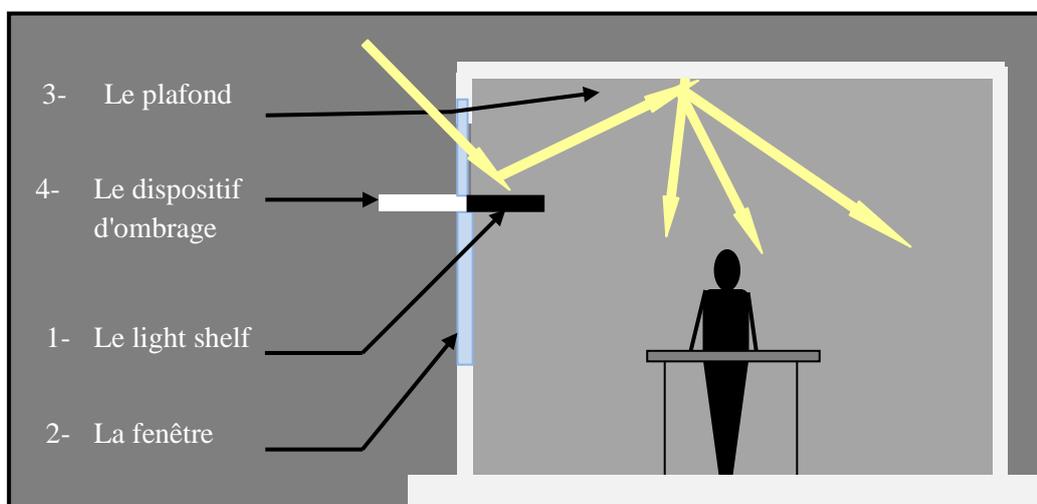


Figure 101 : Les différents composants du système light shelf  
(Source : Auteur)

### **II.2.1. Le light shelf lui-même**

Un light shelf est un auvent très réfléchissant qui permet la pénétration du rayonnement solaire par sa partie supérieure dans le local. Il est tout simplement un réflecteur de lumière. La surface du light shelf doit être aussi réfléchissante que possible comme elle peut être mate, brillante ou spéculaire. Une surface spéculaire renvoie théoriquement plus de lumière mais il faut pour cela qu'elle soit nettoyée très régulièrement. En pratique, un light shelf brillant ou semi-spéculaire est le meilleur choix.

### **II.2.2. La configuration de la fenêtre**

Le light shelf divise la fenêtre en deux parties ; il distribue la lumière naturelle seulement par la portion de la fenêtre qui se trouve au dessus du réflecteur. Les fenêtres fonctionnent mieux dans des conditions de ciel clair avec soleil car, les light shelves nécessitent un ensoleillement direct. Elles ne doivent pas être ombragées par des objets à l'intérieur ou même à l'extérieur. Si la fenêtre est munie d'un vitrage teinté ou réfléchissant, il peut réduire considérablement les bénéfices potentiels du light shelf ou les rendre peu importants. Ces types de vitrage généralement bloquent de 70 à 80 % de la lumière solaire incidente. Les rayons de lumière sont très utiles avec les fenêtres qui ont une grande quantité de surface de vitrage à une hauteur supérieure de 2 m.

### **II.2.3. Effet du plafond**

Le plafond est aussi un élément important qui influence les performances des light shelves car il joue le rôle de distributeur de la lumière naturelle qui est redirigée vers l'intérieur par ce dernier. Cette distribution dépend de la hauteur et de l'inclinaison du plafond ainsi que de ses caractéristiques de diffusion qui sont importantes au niveau de ce processus. Ces caractéristiques sont sa finition liée à son degré de specularité, sa couleur et sa pente. Bien qu'un plafond présentant une surface spéculaire réfléchisse plus de lumière dans le local, il faut savoir qu'il augmentera aussi les risques d'éblouissement à proximité du light shelf. La couleur du plafond doit être aussi claire que possible pour augmenter la réflexion de la lumière. Enfin, la pente du plafond a beaucoup d'importance : un plafond incliné vers le fond du local ou de forme arrondie (incurvée vers l'intérieur) de l'espace augmentera fortement la profondeur de la pénétration de la lumière dans le local.

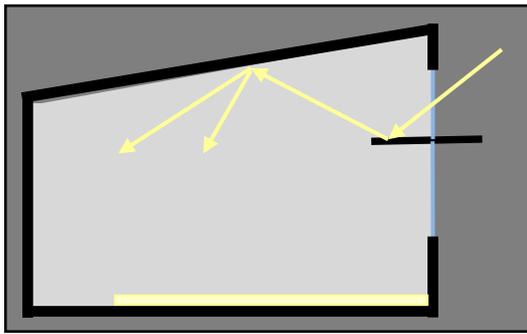


Figure 102: Light shelf avec un plafond incliné  
(Source : Auteur)

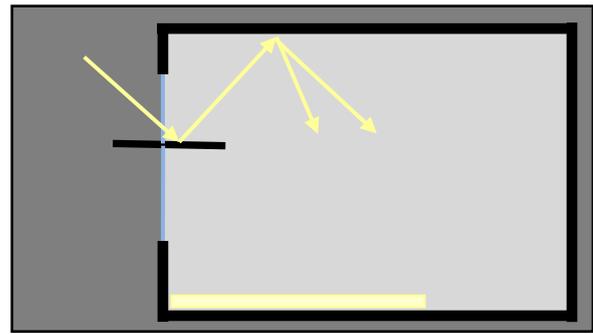


Figure 103: Light shelf avec un plafond droit  
(Source : Auteur)

Il est donc important d'introduire le light shelf au début de la phase de conception architecturale et structurelle d'un édifice puisqu'il nécessite un plafond relativement haut pour être efficace et de préférence, qu'il soit combiné avec un plafond incliné vers l'intérieur et teinté par un matériau très réfléchissant.

#### **II.2.4. Le dispositif d'ombrage**

Un light shelf est un élément architectural qui peut améliorer la distribution de lumière du jour dans un local seulement éclairé par des fenêtres qui sont exposées directement au soleil. Donc, ce système doit être équipé d'un dispositif d'ombrage pour empêcher l'éblouissement causé par la partie inférieure de la fenêtre. Ces dispositifs d'ombrage peuvent être externes ou internes selon les besoins. Aussi, grâce à ce dispositif, la conservation d'énergie et le confort thermique peuvent être atteints.

#### **II.3. L'emplacement et/ou la position**

Le light shelf s'installe au niveau de la fenêtre sur une ou plusieurs façades. Un problème fondamental avec les light shelves est la nécessité de les placer trop élevés. En pratique, le light shelf doit généralement être installé au-dessus du niveau de la tête des gens, au moins à 2m du sol. Cette hauteur permet au système de mieux fonctionner, d'éviter le problème de stockage sur le light shelf et enfin qu'il ne soit pas une gêne pour les occupants de l'espace surtout avec une largeur importante.

Il y a deux raisons pour lesquelles le light shelf doit être installé haut :

-Une des raisons, c'est la sécurité : le light shelf s'étend dans l'espace. Les gens pourraient toucher le dispositif s'il était assez bas. C'est pourquoi il doit être installé au-dessus de la hauteur d'une personne.

-L'autre raison est l'éblouissement. La partie supérieure du light shelf a une surface réfléchissante. Si l'étagère se trouvait sous le niveau de l'œil, elle pourrait refléter la lumière du soleil dans les yeux des gens. Donc, il doit être installé à un niveau inférieur et les gens ne seraient pas en mesure de se rapprocher de la fenêtre. Aussi, la position basse va augmenter la quantité de lumière réfléchi vers le plafond mais elle accroît les risques d'éblouissement.

#### **II.4. La profondeur du système Light shelf**

La conception d'un light shelf devrait être intégrée avec le bâtiment et prévue au début des étapes de la conception. Sa taille et sa profondeur dépendent de la fenêtre, les dimensions du local et l'orientation de la façade. Il est aussi large que la fenêtre et dans certaines configurations, il dépasse la largeur de la fenêtre. Sa profondeur est proportionnelle à la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre mais le rapport est un compromis. La profondeur requise pour refléter la lumière dépend de l'élévation du soleil. Si le soleil est bas dans le ciel, elle fait face à la fenêtre et dans ce cas, on a besoin d'une étagère très profonde pour refléter la majorité de la lumière du soleil au plafond. Un light shelf à cette profondeur peut être difficile à installer comme il peut paraître inadapté. Pour résoudre tous ces problèmes, ses côtés devraient être conçus pour garder la brillance de la lumière du soleil tout en rendant l'étagère plus large que la fenêtre ou en installant un élément latéral qui s'étende vers le haut de l'étagère. Alors, l'augmentation de la profondeur du light shelf limitera l'éblouissement mais diminuera aussi la pénétration de la lumière et la vue vers l'extérieur. Même si une orientation horizontale est proche de l'optimum, le light shelf ne doit pas être exactement horizontal, ce qui est le cas d'une étagère fixe. De préférence, il faut utiliser un light shelf réglable dont on peut régler l'inclinaison selon l'angle d'incidence du soleil. Cette inclinaison améliorera la faible pénétration de la lumière du jour à de hautes altitudes du soleil et l'incliner légèrement vers le haut, permettra de refléter plus de lumière au coucher du soleil. Cette inclinaison peut être automatisée avec un assez simple capteur optique.

Il existe une autre configuration du light shelf qui est représentée par un store vénitien avec des lames réglées à une position horizontale. Si les étagères de lumière sont assez étroites pour égaler la profondeur du cadre de la fenêtre, elles ne poseraient pas beaucoup de problème de sécurité. En outre, étant horizontales, elles n'auraient pas beaucoup interféré avec la vue. Le principal inconvénient de cette disposition est sa susceptibilité de refléter une image du soleil dans les yeux des occupants qui se tiendraient à proximité et qui regarderaient par la fenêtre.

## **II.5. Les différents types de système light shelf existants**

Un light shelf se situe à environ deux mètres de hauteur du sol, divisant la fenêtre en deux parties. Sa position dépend de la configuration de la pièce (la géométrie), de la hauteur de la personne et de la hauteur sous plafond pour permettre une vue vers l'extérieur et ne pas causer d'éblouissement. Pour que la configuration du light shelf soit efficace et performante durant toute l'année, il faut qu'elle réponde à deux exigences : la première, avoir la capacité de rediriger la lumière naturelle vers le plafond ce qui permettra de faire pénétrer la lumière naturelle profondément dans la pièce tout en répondant aux demandes d'éclairage naturel. La deuxième, assurer les besoins d'ombrage du local, c'est-à-dire, protéger l'occupant des pénétrations directes du soleil qui provoquent l'éblouissement, la gêne visuelle, la surchauffe en été et par conséquent, apportera la sensation d'inconfort.

Il existe plusieurs types de light shelf qui sont classés suivant différents paramètres : selon son inclinaison, sa position à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre, sa forme (droite ou incurvée) comme on peut avoir un light shelf combiné.

### **II.5.1. Les light shelves type incliné**

L'inclinaison du système light shelf permet d'optimiser les rayons solaires. Le principe de base peut être amélioré par un système mobile permettant différentes réorientations de la lumière en fonction des saisons. Cette inclinaison dépend de l'angle d'incidence du rayonnement solaire qui varie selon la latitude du lieu. Une petite inclinaison peut améliorer les performances du système qui peut prendre deux formes : soit tourné vers l'intérieur et de cette façon, il va mieux diffuser la lumière au fond de la pièce et mieux l'éclairer. Il introduit également la possibilité de réfléchir la lumière solaire vers les yeux des occupants

car l'angle solaire est faible. Soit tourné vers l'extérieur et dans cette configuration, le light shelf va protéger l'occupant des pénétrations directes du soleil qui provoquent l'éblouissement, créant un grand ombrage, mais il apporte moins de lumière vers le fond de la pièce.

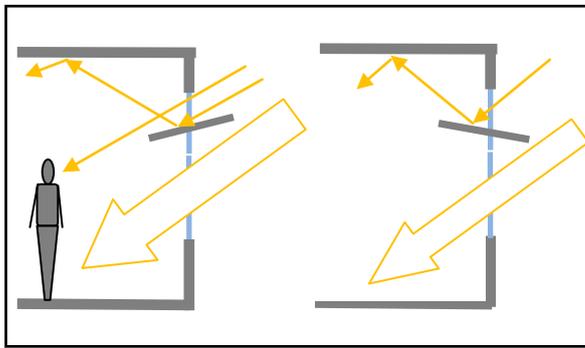


Figure 104 : Light shelves type incliné  
(Source : Auteur)

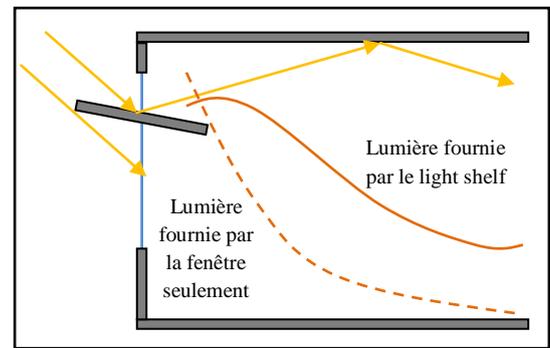


Figure 105 : Le rendement de type incliné  
(Source : Auteur)

## II.5.2. Les light shelves type droit ou incurvé

Les light shelves droits sont un bon compromis entre une inclinaison du système vers l'intérieur de la pièce ou vers l'extérieur. Ils captent le maximum des rayons solaires par leurs surfaces horizontales, apportent mieux la lumière au fond et projettent l'ombre sur la grande fenêtre, réduisant l'effet de l'éblouissement. Alors que les light shelves incurvés captent plus de lumière surtout lorsqu'ils sont fabriqués avec un matériau très réfléchissant (aluminium par exemple) ; mais ce type ne s'adapte pas aux climats chauds car il contribue à la surchauffe, surtout pendant les mois d'été.

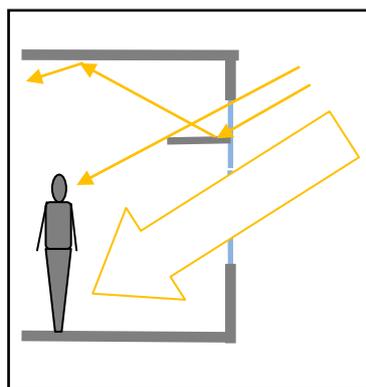


Figure 106 : Light shelves droites  
(Source : Auteur)

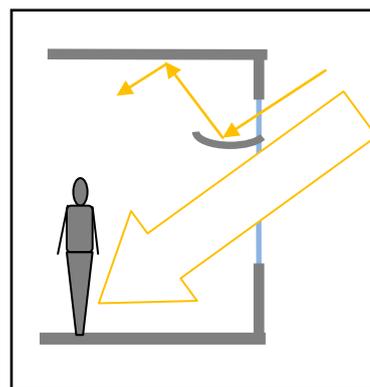


Figure 107 : Light shelves incurvés  
(Source : Auteur)

### II.5.3. Les light shelves type intérieur, extérieur

Le light shelf qui est placé à l'intérieur offre un ombrage pour la partie vitrée qui se trouve au dessous de l'étagère, augmentant ainsi la pénétration de la lumière dans le local. Par contre, le light shelf extérieur est plus efficace en fournissant de l'ombre à l'intérieur tout en reflétant moins de lumière vers l'arrière de la salle.

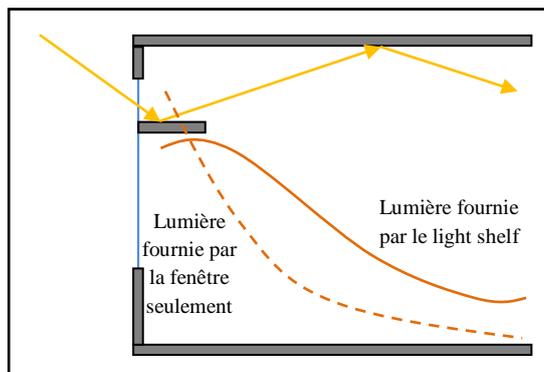


Figure 108 : Light shelf type intérieur  
(Source : Auteur)

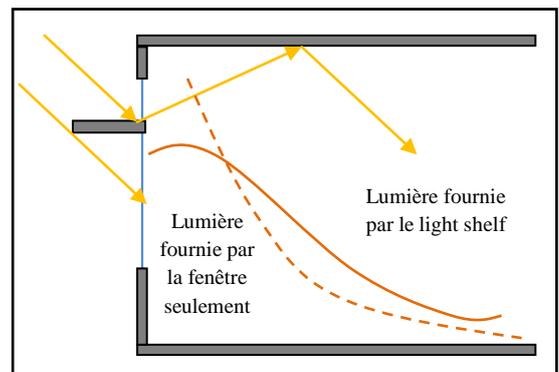


Figure 109 : Light shelf type extérieur  
(Source : Auteur)

### II.5.4. Les light shelves type: combiné

Selon la latitude et le climat de la région, de multitudes configurations de light shelf sont produites. Le light shelf combiné doit assurer à la fois la distribution lumineuse la plus uniforme dans le local et la plus profonde ainsi qu'une meilleure protection contre le rayonnement solaire direct surtout pendant les saisons chaudes.

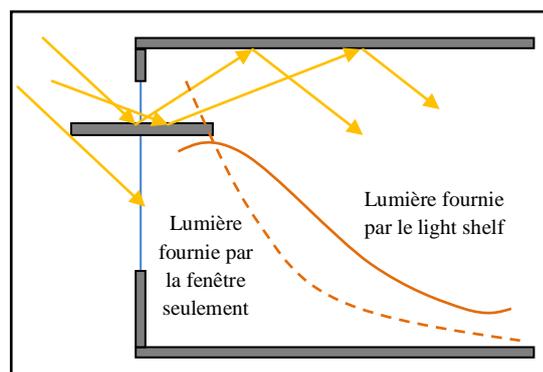


Figure 110 : Le rendement de type combiné  
extérieur+intérieur (Source : Auteur)

Les schémas ci-dessous montrent quelques configurations de light shelf combiné:

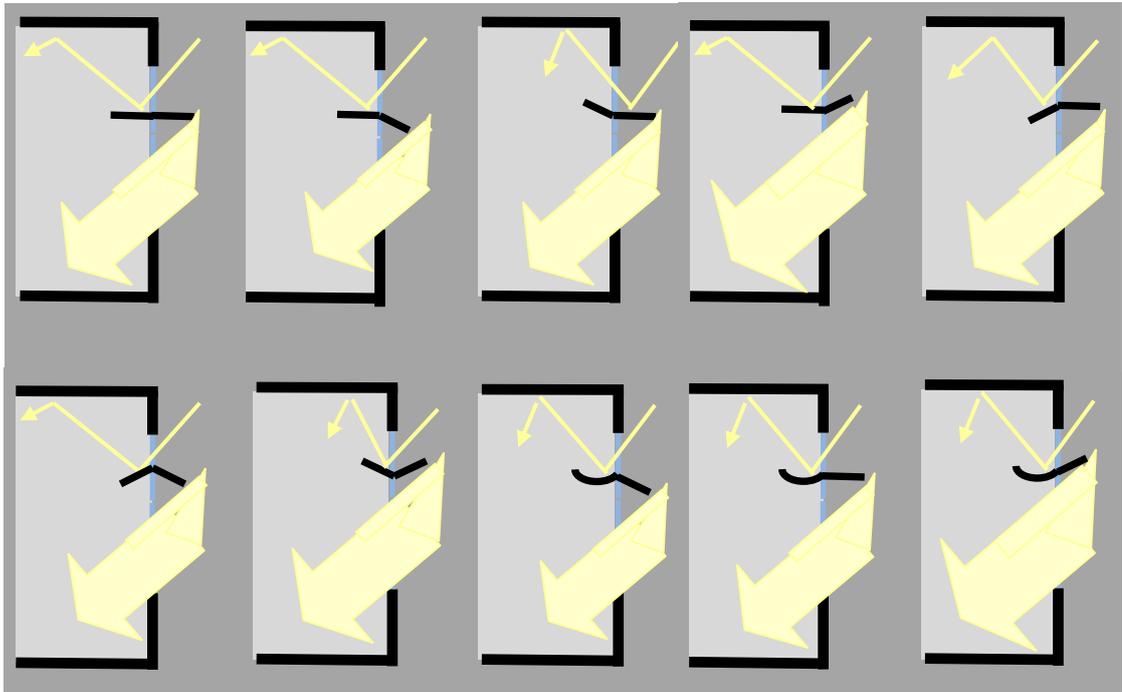


Figure 111 : Light shelves combinés (Source : Auteur)

Afin que les utilisateurs soient en mesure de régler la luminosité de la pièce pour assurer le confort visuel à différents moments de la journée et dans les saisons, des stores peuvent être installés au-dessus et en dessous des light shelves.

## **II.6. Le fonctionnement du système**

Les concepts traditionnels considèrent la fenêtre comme une source d'éclairage principale et son rôle est limité pour éclairer seulement les espaces qui se trouvent à sa proximité, ce qui crée un éclairage non uniforme qui se dégrade vers le fond du local (fig.112) et par conséquent, nous allons rencontrer un grand problème d'éblouissement et de contraste entre la fenêtre et le fond de la pièce. Le light shelf est apparu pour apprivoiser la lumière du soleil qui pénètre par les fenêtres. Il s'agit d'un miroir qui est installé à l'intérieur de la fenêtre et qui fait entrer la lumière du soleil et la réfléchit vers le plafond, puis la distribue profondément dans le local, ce qui permet d'avoir un éclairage plus au moins uniforme et plus profond (fig.113).

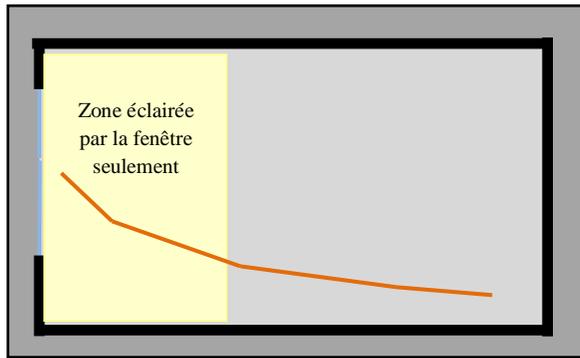


Figure 112: la courbe de l'éclairement dans un local éclairé uniquement par la fenêtre.  
(Source : Auteur)

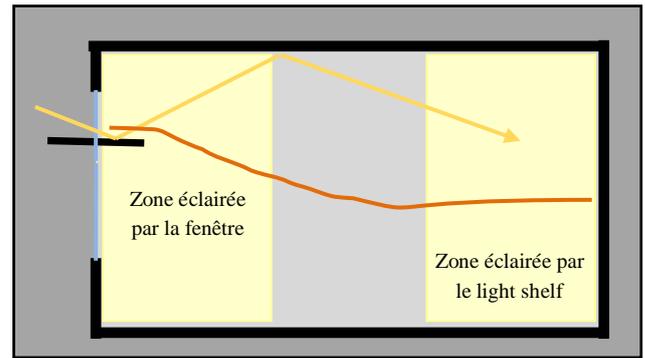


Figure 113: la courbe de l'éclairement dans un local éclairé par une fenêtre munie d'un light shelf.  
(Source : Auteur)

Ce système a une profondeur variable et un réflecteur principal et des réflecteurs latéraux pour rediriger la lumière du soleil qui arrive obliquement vers l'arrière de l'espace. Un réflecteur secondaire avec un film spéculaire très réfléchissant (95%) est placé au-dessus du réflecteur principal au niveau du plan du plafond près de la fenêtre pour intercepter et rediriger les faibles angles de soleil en plein hiver sur le réflecteur principal. Pour maximiser la quantité de lumière captée par le réflecteur principal tout en minimisant la profondeur du light shelf, des bi-niveaux et des multi-niveaux de systèmes de réflecteurs ont été développés.

Ces systèmes servent à augmenter l'ouverture de vitrage au niveau du plan de la fenêtre de 0.6 à 0.9 m et d'abaisser la hauteur de la fenêtre de 1,5 à 1,2 m tout en réduisant la profondeur du light shelf de 1.4m à 0.5m.

## **II.7. L'efficacité du système**

Pour qu'un light shelf soit efficace, le plafond et les murs de l'espace équipé de ce système doivent en général être clairs pour bien réfléchir la lumière et pour aider la distribution de la lumière. De plus, la surface supérieure du light shelf doit être enrobée d'un matériau réfléchissant de sorte que lorsque la lumière le frappe, elle va rebondir vers le plafond en poussant la lumière profondément dans la pièce. Aussi, pour augmenter son efficacité, le meilleur emplacement de l'étagère doit être supérieur à 2m car il n'est généralement pas pratique de l'installer si élevé, ni si bas. Pour que les étagères donnent de meilleurs résultats, elles devraient être installées horizontalement. Si la surface de l'étagère est très

réfléchissante, l'angle de la lumière qui est réfléchi sur le plafond sera égal à l'angle d'incidence de la lumière du soleil :  $\theta_1 = \theta_2$ , comme le montre le schéma ci-contre:

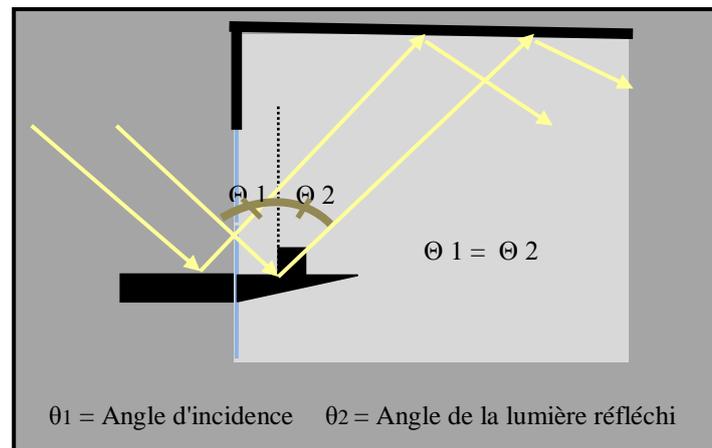


Figure 114: Angle de la réflexion de système light shelf  
(Source : Auteur)

Dans une période d'une semaine, assez de poussière peut se déposer sur le light shelf qui dégrade sérieusement son rendement, son performance et son efficacité. Par conséquent, les étagères de lumière doivent être nettoyées avec une fréquence régulière et il faut les garder toujours propres.

## **II.8. Les avantages et inconvénients du système**

Le système light shelf apporte plusieurs avantages dont le principal est de capter le maximum de lumière pour la réfléchir vers le plafond qui va la rediffuser par la suite vers le fond de l'espace. Autre avantage, lorsque le système est équipé d'un dispositif d'ombrage, il protège les occupants des rayons directs du soleil qui produisent l'éblouissement et améliore donc le confort visuel tout en dégradant le fort contraste. De plus, il accroît l'efficacité énergétique du bâtiment par l'élimination du besoin en lumière artificielle durant la journée. Les light shelves peuvent également contribuer à la bonne santé et le bien-être psychologique des personnes qui utilisent les espaces qu'ils illuminent. La lumière naturelle semble être très avantageuse, surtout lorsqu'on la compare avec l'éclairage artificiel et elle peut assurer un espace agréable et confortable pour le travail. La présence de la lumière naturelle en quantité suffisante dans un espace permet selon les physiologistes et les ergonomes d'augmenter la satisfaction des travailleurs ainsi que la qualité du travail à fournir.

Par contre, l'inconvénient majeur du light shelf est qu'il ne fonctionne que dans les jours ensoleillés. Quand le ciel est couvert, le light shelf sera en mesure de disperser un peu de lumière mais pas assez pour faire une différence significative et il sera généralement nécessaire de le compléter avec la lumière artificielle. Ces éléments architecturaux peuvent être conçus pour concorder avec le regard et la sensation d'un bâtiment de sorte qu'ils ne soient pas gênants mais ils seront certainement remarqués. Lorsque les étagères sont installées à l'intérieur, les gens doivent se rappeler qu'il ne faut pas stocker ou afficher dessus des objets car cela peut interrompre le flux de lumière. L'autre problème est celui de l'éblouissement qui peut être causé par l'installation du light shelf dans une hauteur basse. Si cette lumière est concentrée en un seul endroit et si la lumière entrante dans une fenêtre est simplement déviée vers l'intérieur de l'espace, les occupants qui regardent vers la fenêtre seront aveuglés par l'éblouissement alors que l'idéal serait que cette lumière soit de préférence distribuée à toutes les parties de la pièce en quantités égales.

### **III. Le système light shelf et le climat**

La conception des light shelves dépend du climat de la région. Ils sont généralement utilisés dans les pays ayant un climat doux et tempéré alors que leur utilisation dans les climats chauds reste limitée. Si le soleil est trop chaud, les étagères vont aussi chauffer le local ; les light shelves modernes ont réglé ce problème par divers moyens, par l'utilisation de configuration adéquate pour le climat, par la peinture de sa surface supérieure par un matériau moins réfléchissant afin qu'ils réduisent la température d'une pièce en été, etc... La conception du light shelves dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont : l'orientation de la façade, la latitude du site et la longueur de la saison de chauffage et de refroidissement (en hiver et en été).

#### **III. 1. L'influence de l'orientation**

L'utilisation des concepts de l'architecture passive, y compris celui relatif à une bonne orientation du bâtiment, permet de profiter de la chaleur qui provient du soleil. Dans l'hémisphère nord, les light shelves sont habituellement déployés le long de la façade sud d'un bâtiment, de sorte qu'ils soient en mesure de capter au maximum la lumière du soleil.

En hiver, la façade Sud est celle qui reçoit le plus d'ensoleillement mais elle nécessite aussi une protection durant les mois d'été (brises soleil). C'est l'inverse dans l'hémisphère sud où les light shelves ont besoin d'être placés sur le côté nord d'un bâtiment afin d'éviter la surchauffe. Dans les deux cas, les rayons de lumière doivent être régulièrement orientés selon les caractéristiques climatiques de la région de façon à s'assurer qu'ils sont aussi réfléchis que possible afin qu'ils continuent d'être efficaces.

### **III. 2. L'influence de la latitude du lieu**

L'inclinaison de l'axe de rotation de  $23^\circ$  de la terre par rapport au plan de l'écliptique fait varier le flux solaire au cours du temps. La quantité d'énergie reçue par unité de surface diffère en fonction de la latitude au cours des 365 jours nécessaires à la révolution autour du soleil. Par exemple, en hiver, la zone qui reçoit le plus d'énergie solaire se trouve dans l'hémisphère sud aux alentours du tropique du Capricorne. En été, c'est l'hémisphère nord et le tropique du Cancer qui reçoivent le plus d'énergie, augmentant ainsi la température en surface dans ces régions. La quantité de lumière reçue au niveau de l'équateur ou la latitude est égale à  $0^\circ$  est plus grande que celle reçue au pôle Nord ou au pôle Sud ou la latitude va augmenter, car les rayons solaires tombent perpendiculairement au niveau de l'équateur.

Donc, L'utilisation du light shelf comme un système d'éclairage naturel doit être bien étudiée pour modifier l'angle d'inclinaison du système selon la latitude du lieu d'implantation, soit droit ou incliné, extérieur ou intérieur, pour capter le maximum de lumière du jour.

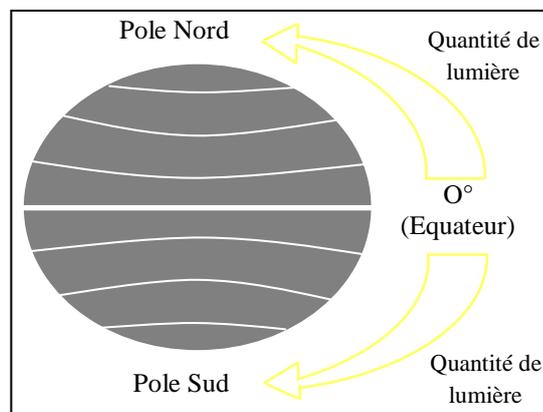


Figure 115 : La variation de quantité de lumière reçue selon la latitude du lieu.

(Source : Auteur)

### III. 3. L'influence des saisons

Dans l'hémisphère nord, le bâtiment doit être orienté de sorte que le grand axe du bâtiment s'exécute dans la direction Est vers Ouest et la plus grande quantité de revêtements muraux et les fenêtres doivent être face au sud afin de profiter de la lumière du soleil en hiver. Selon la saison et la position du soleil, un light shelf bien conçu au sud et muni d'un dispositif d'ombrage externe peut protéger les fenêtres orientées vers le Sud des angles hauts de soleil en été, tandis qu'en hiver, il permet à la chaleur du soleil de pénétrer à l'intérieur du local avec un angle faible. Et c'est l'inverse dans l'hémisphère sud.

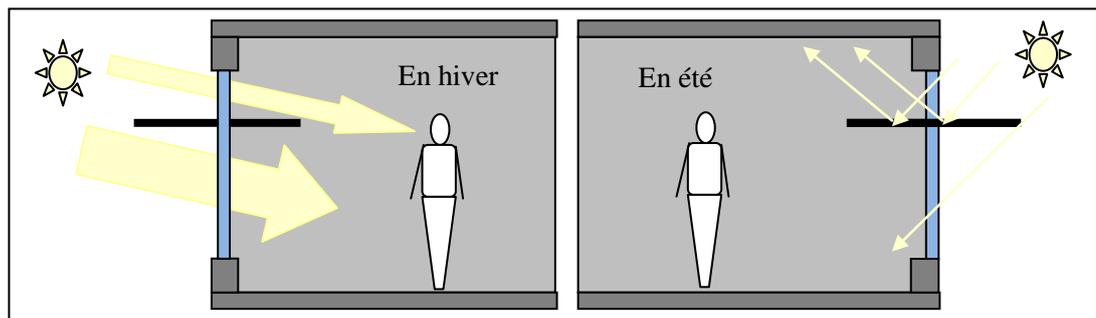


Figure 116 : L'influence des saisons (Source : Auteur)

Le système light shelf permet de partager le local qu'il va l'éclairer en deux zones: La première se trouve loin de la fenêtre (zone intérieure) et elle est éclairée par une lumière qui est dirigée vers le plafond par la petite fenêtre grâce à la surface réfléchissante du light shelf. La deuxième zone se trouve près de la fenêtre (zone extérieure): elle est éclairée par la grande fenêtre en dessous du light shelf. Les limites de ces deux zones suivent le changement de passage du soleil et les conditions du ciel. Elles forment deux zones vers l'intérieur quand le soleil est bas dans le ciel (en été) et elles se déplacent vers l'extérieur lorsque le soleil est haut dans le ciel (en hiver). Notons que ces deux zones se déplacent ensemble.

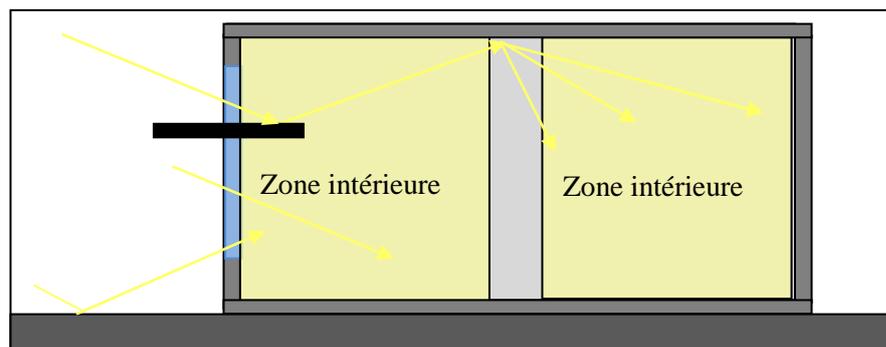


Figure 117 : La répartition lumineuse de système light shelf (Source : Auteur)

Pour que le light shelf fonctionne de manière optimale et donne un bon rendement pendant les saisons, il faut donc jouer avec la surface supérieure du système : Dans les régions ayant un climat chaud, il faut rendre la surface supérieure de l'étagère moins réfléchissante pour réduire le gain de chaleur dans l'espace en été. A l'inverse, dans les régions froides, il faut rendre les surfaces extérieures très réfléchissantes afin de capturer les gains de chaleur. Pendant la saison froide, le soleil est bas dans le ciel, la fenêtre et le light shelf permettent de capter une grande quantité de lumière à travers la fenêtre mais il faut contrôler ces rayons solaires, car ils peuvent donner lieu à l'éblouissement. Ce gain de chaleur solaire peut passivement chauffer le local, comme il peut être un problème pendant les mois chauds de l'été en contribuant à la surchauffe. C'est pour cette raison que le système light shelf doit être muni d'un dispositif d'ombrage (stores, brises soleil extérieurs...etc.) qui lui permettront de jouer son rôle parfaitement tout en bloquant les rayons solaires d'été et en gardant le local frais et bien éclairé en hiver.

#### **IV. Le système light shelf et l'ombrage**

Les solutions architecturales d'ombrage font généralement partie de la façade extérieure. Des brises soleil, des surplombs, des écrans d'ombre, des stores vénitiens, des stores verticaux, des stores à rouleaux, etc...sont couramment utilisés comme des systèmes de protection contre les rayons solaires directs. Un inconvénient de l'utilisation de ces dispositifs d'ombrage est le risque de réduction du niveau de lumière du jour à l'intérieur du local car ces dispositifs vont cacher une partie du ciel qui est une source potentielle de lumière. Cela peut augmenter l'utilisation de l'éclairage artificiel pour compenser le déficit en lumière.

L'une des formes efficaces des dispositifs d'ombrage est le light shelf. Ce système a deux problèmes de conception: le premier concerne l'emplacement du le light shelf et le deuxième, c'est comment l'installer pour éviter l'éblouissement et les gains de chaleur excessifs adjacents à la partie inférieure de la fenêtre sous l'étagère, surtout en été. Généralement, les étagères de lumière sont installées dans la partie haute de la fenêtre à l'intérieur ou à l'extérieur, juste au-dessus du niveau des yeux pour rediriger la lumière vers l'intérieur du local ; ce dispositif va refléter la lumière sur le fond de la pièce en utilisant le plafond intérieur comme un réflecteur au lieu d'un plafond typique. Dans le même temps, le

light shelf va porter l'ombre sur la partie inférieure de la fenêtre ce qui réduit la quantité de lumière reçue près d'elle tout en projetant la lumière vers l'arrière ou l'éclairage devient plus élevé. Mais, il est nécessaire de contrôler la quantité de lumière qui pénètre dans l'espace par des éléments de protection tels que les stores et les persiennes qui permettent à la lumière d'être orientée de manière qu'elle ne provoque pas de problème. Le résultat est un environnement lumineux équilibré, avec moins de contraste et d'éblouissement.

#### **IV.1. L'ombrage de la fenêtre inférieure**

Le système light shelf va diviser la fenêtre en deux parties, une grande fenêtre qui se situe sous l'étagère et une petite fenêtre au dessus de l'étagère. Si cette façade n'est pas équipée de ce système, ceci fournit un excès de lumière sur toute la surface vitrée de la façade. L'installation de ce système à l'intérieur de la fenêtre est une solution efficace pour bloquer cet excès de la lumière directe car il va ombrer la grande fenêtre qui se trouve au dessous de l'étagère et par conséquent, il va assurer à la fois un bon niveau d'éclairage qui est fourni par la petite fenêtre et une protection contre l'excès de lumière pour la grande fenêtre qui est la source principale d'éblouissement et de fort contraste.

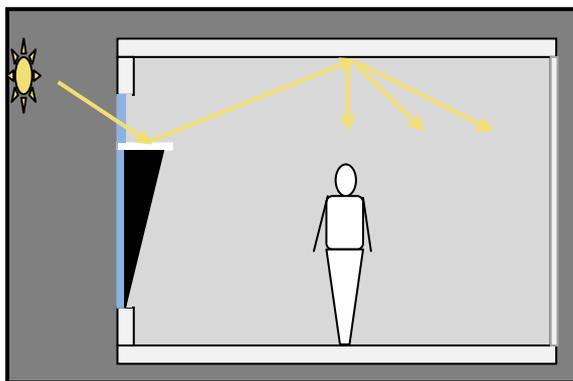


Figure 118 : Façade avec dispositif d'ombrage intérieur. (Source : Auteur)

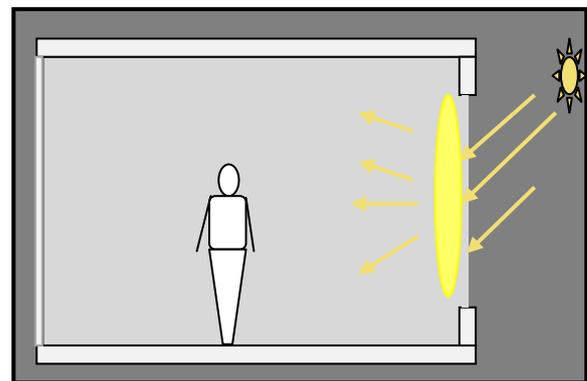


Figure 119 : Façade sans dispositif d'ombrage. (Source : Auteur)

#### **IV.2. L'ombrage extérieur**

En été, les fenêtres munies d'un système light shelf doivent être équipées avec un dispositif d'ombrage situé à l'extérieur dont le but d'ombrager la partie externe de la grande fenêtre. Lorsque l'ombrage extérieur est utilisé avec un light shelf, il doit être installé exactement au

même niveau que l'étagère. S'il est supérieur, il va bloquer l'entrée de la lumière du soleil vers l'espace au-dessus du light shelf. S'il est inférieur, la lumière directe du soleil va entrer dans le local par l'espace qui se trouve entre l'étagère et le dispositif d'ombrage. Dans cette configuration, si la teinte extérieure du dispositif d'ombrage a une surface de haute réflexion, ce dispositif va jouer deux rôles : le premier est bien sur la protection contre les rayons solaires directs et le deuxième, c'est la réflexion du rayonnement solaire vers la partie supérieure de la fenêtre (light shelf) :

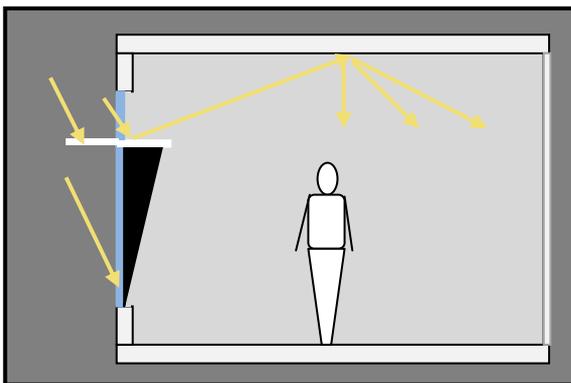


Figure 120: Façade avec dispositif d'ombrage intérieur et extérieur.  
(Source : Auteur)

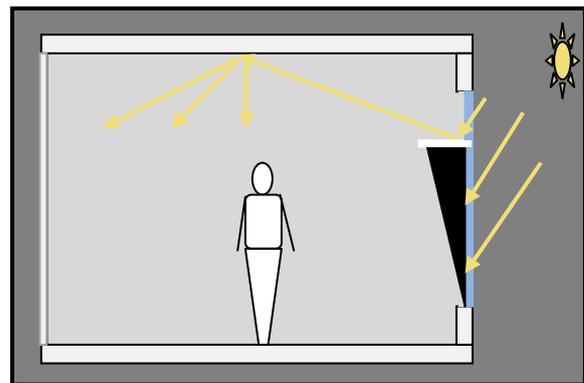


Figure 121 : Façade avec dispositif d'ombrage intérieur seulement.  
(Source : Auteur)

### **IV.3. Application du système light shelf**

Le projet illustré ci après par deux photos est un immeuble de bureau, où l'architecte a introduit le système light shelf dans sa conception pour éclairer naturellement les bureaux. Le plafond et les murs ont une couleur claire pour participer à leur tour à la réflexion de la lumière qui vient de l'extérieur. Les light shelves sont installés directement contre les vitres, juste assez haut pour éviter d'être un danger. Le haut de chaque étagère est un miroir qui reflète la lumière du jour vers le plafond, puis vers le fond du bureau. Pour contrôler la quantité de lumière qui entre dans le local et protéger les occupants des pénétrations directes de la lumière qui peut provoquer l'éblouissement et la surchauffe dans les périodes estivales, l'architecte a utilisé des dispositifs d'ombrages une fois à l'intérieur et une fois à l'extérieur selon l'orientation de la façade et les besoins d'éclairage. La figure suivante est une vue intérieure d'un bureau équipé d'un light shelf sur deux façades. La façade gauche est munie d'un dispositif d'ombrage interne qui sert à réduire les risques d'éblouissement

provenant de la grande fenêtre qui se trouve au dessous du système. La fenêtre droite est équipée d'un dispositif de fixation externe (voir figure 123).



Figure 122 : Façade équipée d'un light shelf et d'un dispositif d'ombrage intérieur.  
(Source: ENERGY EFFICIENCY MANUAL, CONTROL AND USE OF SUNLIGHT)

La vue extérieure du bureau montre la configuration du dispositif de protection externe. Ce dernier est incliné vers l'extérieur et joue deux rôles : Le premier, sert à réfléchir la lumière par les lamelles inclinées vers la petite fenêtre au dessus du light shelf pour éclairer profondément le bureau, et le deuxième sert à ombrager la grande fenêtre au dessous de light shelf des rayons directs.



Figure 123 : Façade avec dispositif d'ombrage intérieur seulement. (Source : ENERGY EFFICIENCY MANUAL, CONTROL AND USE OF SUNLIGHT)

## **V. Le système light shelf et la conservation d'énergie**

Avant l'introduction du système light shelf, les fenêtres étaient la source principale pour recueillir une grande quantité de lumière et la faire entrer dans le local pour l'éclairer pendant la journée. Cette énergie solaire va se transformer en énergie thermique qui peut chauffer la pièce de quelques degrés en hiver, ce qui permet de réduire les charges de chauffage. Mais le problème va se poser en été : ces rayons lumineux vont augmenter les charges de refroidissement, ce qui nécessitera le recourt aux autres systèmes de refroidissement alimentés par le courant électrique. Toutefois, lorsque cette lumière est focalisée et concentrée sur un objet (un PC par exemple), elle peut devenir une nuisance ce qui nous oblige de fermer les rideaux et d'allumer les lampes électriques qui sont coûteuses et non écologiques.

L'installation d'un système light shelf au niveau de la fenêtre est l'une des meilleures façons d'améliorer la performance énergétique, d'augmenter l'efficacité du bâtiment et d'avoir aussi une économie importante en termes d'énergie. Le système light shelf est un élément architectural qui peut être installé à l'intérieur d'une pièce ou à l'extérieur. Généralement, ils sont fabriqués à partir d'un matériau réfléchissant comme l'aluminium. Ce système d'éclairage naturel joue deux rôles principaux dont le premier est de capter la lumière du jour et la faire entrer dans le local, puis la distribuer en haut vers le plafond. Cela permet ensuite de réduire les coûts d'énergie car il permet d'avoir un éclairage uniforme tout au long de la pièce qui atteint même le fond, ce qui rend toute la pièce lumineuse. Le deuxième, c'est de réduire l'effet des rayons solaires directs en été qui conduisent à la surchauffe grâce au dispositif d'ombrage. Le système va disperser la lumière du soleil de façon assez efficace et la quantité d'énergie ajoutée à l'espace n'est pas plus importante que celle fournie par l'éclairage électrique et par conséquent, le light shelf permet de faire une véritable économie d'énergie. Certaines recherches ont montré que grâce à ce système, on a obtenu des niveaux d'éclairage intérieurs suffisants et cela se traduit par une économie d'électricité variant entre 30 à 120 watts par mètre le long du mur.

La recherche qui a été faite par le Centre d'Énergie Solaire de Florida (FSEC) par David B. Floyd et Danny S. Parker a montré que l'installation du système light shelf permet de faire des économies importantes d'énergie. Quatre bureaux ont été choisis par le FSEC dans le but d'évaluer la performance des différents systèmes de protection à Florida. Notons que cette région est caractérisée par un climat chaud ce qui a nécessité l'installation d'un dispositif

d'ombrage intérieur et/ou extérieur pour pouvoir réduire la surchauffe en été et l'effet de l'éblouissement. Le bureau original (de référence) est équipé d'un dispositif d'ombrage extérieur seulement, les trois autres sont équipés de plus d'un dispositif d'ombrage extérieur. Notons que les quatre bureaux ont les mêmes caractéristiques en termes de dimension du local, de largeur de la fenêtre ainsi que du système d'éclairage artificiel installé.

Le tableau suivant montre les dispositifs (d'éclairage et d'ombrage) qui ont été installés dans chaque bureau :



Figure 124 : Light shelf dans la façade sud à (FSEC)  
(Source : Floyd et al.)

Bureau #	Dispositif d'ombrage intérieur
212	33" light shelf intérieur avec une surface diffusante
213	Dispositif d'ombrage extérieur (bureau de référence)
214	Mini store horizontal, blanc et translucide
216	33" light shelf intérieur avec une surface spéculaire

Tableau 9 : Les caractéristiques des dispositifs d'ombrage pour chaque bureau (Source : Floyd et al.)

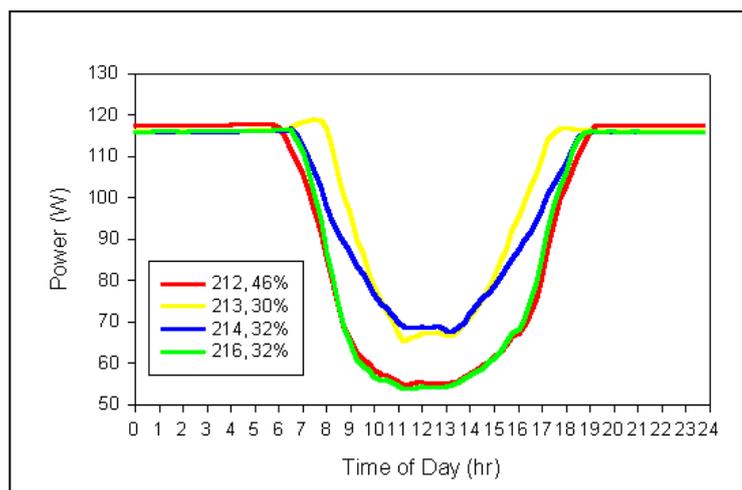


Figure 125 : La moyenne journalière de la consommation d'énergie pour chaque bureau (Source : Floyd et al.)

Comme le montre la figure 125, une importante économie d'énergie a été atteinte dans le bureau équipé d'un système light shelf intérieur qui arrive à 46% dans le cas 112. Il est intéressant de noter que la différence en termes d'économie d'énergie entre le système light shelf avec une surface diffusante (courbe en rouge) est négligeable par rapport au système light shelf avec une surface spéculaire (courbe en vert). Le bureau de référence et celui équipé des stores (horizontal et translucide) permettant de faire moins d'économie d'énergie (entre 30% et 32%).

On en conclut que le système light shelf permet de faire des économies d'énergie qui peuvent être supérieures à 50%. Cette véritable économie résulte de l'augmentation du niveau d'éclairage dans le local qui est du à la réflexion du système light shelf ainsi qu'à la diffusion du plafond.

Le système light shelf fonctionne seulement dans les périodes où il y a du soleil (ciel clair). Dans le cas de ciel couvert, le rendement du système va diminuer et nous allons recourir à l'éclairage artificiel et donc, les espaces sont éclairés par une combinaison de lumière naturelle et de lumière artificielle. Pour cette raison, les appareils d'éclairage artificiel et leurs circuits d'alimentation doivent être disposés de manière qu'ils puissent désactiver lorsque l'éclairage naturel peut fournir une quantité suffisante de lumière du jour apportée par le système light shelf.

## **Conclusion**

Les lights shelves jouent le rôle de dispositifs d'éclairage et de protection. Installés au niveau des fenêtres, ils permettent d'éclairer la pièce de manière efficace, d'avoir une uniformité de d'éclairement dans l'espace et de réduire de manière considérable l'effet de l'éblouissement. Ce système permet des économies d'énergie et a des résultats concrets car il peut réduire la quantité d'électricité nécessaire pendant les heures d'ensoleillement pour éclairer une pièce. Ce dispositif joue aussi le rôle de protection solaire surtout dans les climats chauds et pendant les périodes estivales en empêchant les rayons solaires directs d'entrer dans le local ce qui peut causer des surchauffes et un inconfort substantiels.

En pratique, il existe plusieurs configurations de light shelf ; ils peuvent être intérieurs ou extérieurs, droits ou inclinés et parfois mixtes. Chaque type est efficace pour un climat lumineux particulier. Dans les régions à climat chaud, le taux d'ensoleillement est très important. Le taux élevé du gisement lumineux dans ces conditions peut provoquer des surchauffes, des contrastes forts, des risques d'éblouissement, des taches solaires et une répartition non uniforme de la lumière. L'utilisation de l'éclairage artificiel devient nécessaire pour palier ces effets ce qui entraîne des consommations élevées d'électricité. Si le potentiel lumineux est bien utilisé, il peut couvrir tous les besoins d'éclairage sans poser un problème de confort visuel ou thermique pour les utilisateurs de l'espace. Les light shelves peuvent réduire cette pénétration directe des rayons solaire grâce au dispositif d'ombrage et à promouvoir un espace éclairé naturellement en profondeur, tout en assurant un niveau uniforme d'éclairement grâce à leurs capacités à diffuser la lumière.

Pour une conception optimale du système light shelf, il est nécessaire d'étudier le climat de la région, l'état du ciel dominant, l'éclairement extérieur, etc... La connaissance de ces informations climatiques, nous permettrons de connaître l'efficacité et le rendement de ce système afin d'éviter les problèmes liés au confort visuel et thermique qui peuvent être causés par une mauvaise étude climatique et par conséquent, un mauvais choix d'un système d'éclairage.