

## Conclusion générale

La lumière a occupé au cours de l'histoire de l'architecture une place importante et était une source d'inspiration pour les différentes civilisations et tendances architecturales. Grâce à cet aspect physique, nous sommes capables de percevoir le monde qui nous entoure et particulièrement l'objet architectural. Elle transforme le bâtiment de l'extérieur et influence à son tour à l'espace l'intérieur ce qui lui donne plusieurs lectures suivant le changement du temps. La lumière se regroupe avec le temps pour former la quatrième dimension. La lumière est indissociable de l'architecture ; elle définit chaque espace dans son rapport avec l'extérieur, elle révèle les formes, les volumes, les textures, les couleurs, les matières, etc... et permet d'approcher des notions de choix de matériaux, d'implantation, d'usage, d'ambiances, de symbolisme et touche même la notion de développement durable. La lumière doit répondre à un sentiment de confort et à des usages multiples. Elle a un impact sur la productivité et le psycho-physiologique de l'occupant ; c'est pour cette raison que les physiologistes et les ergonomes devraient étudier et déterminer les conditions favorables de la lumière et de la couleur à chaque espace. La combinaison de l'éclairage, le contraste de luminance, la couleur de la lumière, la reproduction des couleurs ou leurs choix sont les éléments qui déterminent le confort visuel et l'ambiance lumineuse et la négligence de l'un ou de plusieurs éléments de cet ensemble peut conduire à l'inconfort visuel. La lecture de l'espace architectural ne peut être faite par la conception d'une forme seulement sans l'introduction de la lumière. Elle permet selon le temps de donner plusieurs sens à un seul espace ce qui apporte à chaque fois une ambiance lumineuse différente et son évaluation reste subjective ; elle peut être une sensation d'ouverture, de grandeur, de gaieté, de tristesse, etc... L'architecture a la capacité de modeler et moduler les qualités de lumière entrant dans l'espace intérieur et même l'ombre apportée. Donc, la lumière va partager son rôle avec l'espace pour créer des ambiances lumineuses différentes.

Du point de vue de la durabilité, la lumière du jour constitue une ressource naturelle, propre et inépuisable. Pour cela, elle est devenue un élément principal dans la conception architecturale surtout dans la phase d'esquisse que l'architecte doit utiliser de manière intelligente et appropriée afin d'assurer le confort visuel, d'accroître le facteur de productivité d'un espace, d'améliorer considérablement son esthétisme et réduire la

consommation d'énergie, alors qu'une mauvaise utilisation de cette lumière va conduire à l'inconfort, ce qui annule les bienfaits qu'elle peut offrir.

Parmi les sources d'inconfort les plus gênants, il y a l'éblouissement. Ce phénomène apporte la sensation d'inconfort et diminue l'acuité visuelle ; il se produit par la pénétration directe de la lumière du soleil dans l'espace. Dans certaines situations, l'éblouissement peut être un objectif recherché, mais généralement, les architectes cherchent à l'éviter par le recours à des systèmes de modélisation de la lumière naturelle sans cacher la fenêtre et réduire le niveau d'éclairement de l'espace. Ces nouveaux systèmes d'éclairage sont connus sous le nom des conduits de lumière. Le système light shelf est un type de conduit de lumière qui a une large utilisation dans les pays du Nord. Ce système est un dispositif d'éclairage et de protection installé au niveau des fenêtres à une hauteur de 2 m ou plus, qui grâce à la réflexion de sa partie supérieure, transmet la lumière plus profondément afin d'éclairer les zones éloignées de la fenêtre. Il permet à la fois d'éclairer la pièce de manière efficace, d'avoir une uniformité de l'éclairement dans l'espace, de réduire de manière considérable l'effet de l'éblouissement, d'empêcher la pénétration des rayons solaires pendant l'été surtout dans les climats chauds, ce qui réduit le risque de la surchauffe et fait des économies d'énergie qui peuvent être supérieures à 50%. Cette véritable économie résulte de l'augmentation de niveau de l'éclairement dans le local qui est du à la réflexion du système light shelf ainsi que la diffusion du plafond. Il existe plusieurs configurations de ce système ; il peut être intérieur ou extérieur, droit ou incliné et parfois mixte. Chaque type correspond à un climat lumineux particulier. Pour cela, avant d'installer un type du système light shelf, il faut tout d'abord connaître le climat de la région considérée, le type de ciel dominant, chercher l'éclairement extérieur pour pouvoir calculer l'éclairement intérieur. Une étude bien approfondie sur le climat lumineux permet de connaître l'efficacité et le rendement de ce système afin d'assurer un confort visuel et thermique et éviter tous les problèmes qui peuvent être causés par un mauvais choix du système light shelf qui est le résultat d'une mauvaise détermination du climat lumineux.

Dans les climats chauds, le taux d'ensoleillement est très important, surtout en été et en automne. Le Sahara algérien est caractérisé par un potentiel solaire très important qui excède 2 190 KW/m<sup>2</sup> par an ; il est parmi les régions les plus ensoleillées dans le monde. La ville de Biskra appartient à cette région avec un gisement solaire et lumineux très élevé, avec 14 heures d'insolation par jour et une quantité de rayonnement solaire qui atteint 797.58 KW/m<sup>2</sup>. L'exploitation intelligente de cette lumière dans le bâtiment peut couvrir

tous les besoins d'éclairage sans le recours à l'électricité pendant le jour. L'introduction du système light shelf est l'une des solutions innovantes pour une meilleure conception d'éclairage dans la ville de Biskra car, il permet d'éclairer et de protéger le bâtiment des pénétrations excessives de la lumière sans recourir à l'éclairage électrique ; mais malheureusement, son utilisation reste limitée, car peu d'études ont été faites pour caractériser le climat lumineux de la ville d'une part et de simuler le système light shelf dans l'espace architectural, d'autre part. Notre recherche sur le climat lumineux de cette ville montre qu'elle est caractérisée par un ciel intermédiaire proche de clair avec une couverture nuageuse dont la moyenne annuelle est de 49.21% et par un gisement solaire et lumineux très élevé. L'évaluation de la quantité d'éclairement extérieur que reçoit la ville de Biskra a été faite par deux : logiciels NOOR 1.1 et logiciel du génie mécanique ainsi que des données de la journée d'expérimentation et de mesure. Cette étude a montré que la ville reçoit un éclairement très fort qui atteint dans le mois de mai 83108 lux. L'utilisation du système light shelf permet une exploitation intelligente et durable de ce fort éclairement.

Les outils de prédétermination de la lumière naturelle jouent un rôle majeur dans le processus de la conception de l'éclairage naturel en tant que moyens de vérification et d'aide à la prise de décision. La prédétermination de l'éclairage peut se faire grâce à quatre outils : les mesures sur site, les méthodes simplifiées, les simulations à l'aide des logiciels et les modèles réduits. Actuellement, et après le développement que connaît le domaine de l'informatique, il existe plusieurs logiciels spécialisés en éclairage des bâtiments ; ces logiciels sont faciles à exécuter et donnent de bons résultats. Pour cela, et dans le but de faire une investigation exhaustive sur les types de système light shelf et choisir la configuration la plus adéquate au climat lumineux de la ville de Biskra, nous avons recouru à la simulation informatisée à l'aide de "Ecotect v5.5". Cette simulation regroupe deux expériences : la première consiste à utiliser un modèle sans système light shelf (modèle de référence) et dans la deuxième simulation, nous avons ajouté un light shelf de type droit intérieur à la fenêtre.

Les résultats ont montré que le système light shelf a amélioré le rendement de la fenêtre car, il augmente le niveau d'éclairement dans tout le local, surtout au fond où les valeurs ont été doublées ce qui permet d'avoir seulement deux zones ayant un éclairement différent (dans certaines configurations : intérieur-extérieur et incliné) au lieu de quatre (cas du modèle de référence). Cette simulation a montré aussi, que ce système n'a aucune

influence sur l'orientation et l'orientation nord reste toujours la meilleure en termes de quantité de lumière ainsi que de l'uniformité de l'éclairage. Sachant que la largeur du système influence son rendement, plus le système est large, plus il transmet plus profondément la lumière mais cette largeur peut causer une gêne pour l'utilisation de l'espace. De plus, le plafond incliné donne des résultats meilleurs que le plafond droit.

Une deuxième simulation a été proposée pour comparer le rendement de chaque configuration du système light shelf afin de choisir le type le plus performant qui s'adapte le mieux au climat lumineux. Cette simulation nous a permis de tirer les meilleures configurations : intérieur, intérieur-extérieur, incliné vers l'intérieur et incliné vers l'extérieur ; alors que le type extérieur était exclu car, il n'a pas donné de bons résultats du fait que l'éclairage au fond de l'espace reste faible et augmente l'éblouissement. Le type intérieur augmente le niveau d'éclairage mais il augmente aussi le risque d'éblouissement. Le type incliné, soit vers l'intérieur ou vers l'extérieur, donne des résultats très proches en termes d'éclairage apporté au fond du local (729.73 et 729.82 lux) et de la largeur de la zone 2 qui est caractérisée par un bon éclairage (8.1 et 8.2m). Mais le type intérieur-extérieur qui présente les caractéristiques suivantes : largeur (2m), plafond incliné, épaisseur (0.15m) et réflexion (0.92) est le plus performant car il a réduit l'éclairage reçu par la fenêtre par une diminution de 491.83lux ; il augmente à la fois la largeur de la zone 2 qui devient (8.2m) et le niveau d'éclairage au fond du local qui arrive jusqu'à (777.39 lux) qui est la valeur la plus grande atteinte au cours de toutes les simulations.

Pour confirmer l'étude qui a été faite par "Ecotect 5.5" sur le rendement du système light shelf à l'intérieur de l'espace architectural et plus précisément sous un climat lumineux spécifique à la ville de Biskra, nous avons eu recours à un deuxième outil qui consiste à utiliser un modèle réduit qui porte les mêmes caractéristiques (géométrie, matériaux, réflexion, orientation, etc...) qui, malgré les conditions difficiles de l'expérience (manque des instrumentations ainsi que l'instabilité du ciel), nous a donné des résultats très proches de ceux obtenus par la simulation. Ce rapprochement des résultats confirme la validité de ce logiciel pour la prédétermination de la lumière naturelle dans un espace architectural équipé du système light shelf. Après cette confirmation, nous sommes passés à l'étude quantitative de l'éclairage à l'aide d'Ecotect 5.5. La simulation montre que ce système apporte un peu plus à la fenêtre, il augmente de manière considérable le niveau

d'éclairage au fond de ce local. Cet éclairage devient deux fois plus fort à partir de 3m de profondeur et il atteint (761 lux) à 12m de la fenêtre, alors que le modèle de référence reçoit seulement (377 lux). Cette augmentation est due à la réflexion de la lumière sur sa partie supérieure vers le plafond qui va la diffuser au fond. L'intensité de cette lumière réfléchie dépend des saisons ; elle est très forte au cours des mois de septembre et mars. De plus, ce système réduit la quantité de lumière dans la surface de la fenêtre ce qui réduit l'effet de l'éblouissement et le contraste. Il permet aussi d'empêcher la tâche solaire de pénétrer à l'intérieur du local, ce qui diminue le risque de surchauffe, surtout que le climat de la ville de Biskra est très chaud en été. La simulation du système light shelf au cours de toute l'année a montré que son fonctionnement dépend de la quantité de l'éclairage extérieur qui change avec les saisons.

Le système transmet mieux la lumière au fond et augmente son niveau d'éclairage intérieur lorsque l'éclairage extérieur est fort. Dans les mois chauds, l'éclairage extérieur est important, ce qui augmente l'éclairage à l'intérieur du local de manière excessive (1500 lux) dans les zones profondes mais, il pose des problèmes d'éblouissement et de surchauffe, ce qui nécessite le contrôle de cette transmission. Pendant les mi-saisons, l'éclairage dans les zones profondes est fort et atteint (1300 lux), alors que pendant les mois froids, l'éclairage diffusé est de l'ordre de (700 lux) mais il permet de réduire l'éblouissement.

Enfin, pour étudier l'ambiance lumineuse qu'apporte le système light shelf à cet espace, nous avons utilisé le logiciel "Radiance", qui nous a permis de connaître les valeurs des luminances au niveau de la fenêtre et son périphérie. L'étude des luminances a montré que le système light shelf permet une répartition harmonieuse des luminances dans la périphérie de la fenêtre et ces dernières ont des valeurs qui ne présentent pas d'importantes différences et le contraste ne dépassent pas 1/20. Cette répartition permet d'avoir trois types d'ambiances lumineuses différentes : la première apporte la sensation d'imperceptibilité qui se situe entre la fenêtre et le plafond et le contraste est compris entre 1/1 et 1/2, la deuxième apporte une ambiance douce (fenêtre/sol) avec un contraste variant entre 1/4 et 1/6 alors que la troisième apporte une ambiance forte (fenêtre/parois) et un contraste compris entre 1/9 et 1/14.

Donc, la simulation du système light shelf dans des conditions climatiques spécifiques de la ville Biskra, nous a conduit à déduire que l'ajout à la fenêtre d'un système light shelf de

type droit intérieur-extérieur de (2m) de largeur, installé à une hauteur de (2.2m) du sol, avec un plafond incliné et orienté vers le nord est une solution efficace pour concevoir un bon éclairage dans des espaces de grande profondeur et d'optimiser la distribution de la lumière dans tout le local. Ce réflecteur donne un bon rendement et éclaire le fond de l'espace deux fois plus fort qu'un espace éclairé par une fenêtre seulement allant jusqu'à 12m de profondeur. L'éclairement durant toute l'année n'est pas inférieur à (700 lux) et excède (1000 lux) en été. L'apport du système light shelf change au cours de l'année ; son rendement à l'intérieur de l'espace augmente avec l'augmentation de la quantité d'éclairement extérieur.

L'installation du système light shelf sous des conditions climatiques et environnementales de la ville de Biskra permet à la fois d'éclairer en profondeur, d'avoir une bonne répartition de la lumière dans tout le local et un facteur de lumière de jour modéré, des ambiances lumineuses différentes, d'ombrer la fenêtre des rayons directs, de réduire le risque d'éblouissement, d'empêcher la pénétration de la tache solaire surtout en été, de réduire l'utilisation de l'éclairage électrique pendant le jour et, par conséquent, maintenir les occupants dans une situation de confort visuel et même thermique.