



CONFORT VISUEL DES LIEUX DE TRAVAIL



C O N F O R T V I S U E L

A- Principes de base

B- La démarche

C- Les objectifs

- 1) Capter
- 2) Transmettre
- 3) Distribuer
- 4) Se protéger
- 5) Contrôler

D- Eléments de choix

- 1) Aspects techniques
 - Qu'est ce que la transmission lumineuse ?
 - Evaluer une ambiance lumineuse
 - Quelles sont les quantités de lumières nécessaires ?
- 2) Aspects environnementaux et économiques
- 3) Aspects sociaux et culturels
 - Différents aspects du confort lumineux

E- Dans la pratique

- 1) Programmation
- 2) Esquisse
 - Méthodologie
 - Dimensions des ouvertures
 - Position des ouvertures
 - Forme des ouvertures
- 3) Avant projet
 - Matériaux de transmission
 - Matériaux de revêtement
- 4) Entretien

F- Le rôle de l'occupant

- 1) L'influence de l'utilisateur sur l'ambiance lumineuse
- 2) L'influence de l'utilisateur sur la consommation d'énergie
- 3) L'acceptation du système d'éclairage
- 4) La sensibilisation de l'utilisateur

Annexe : Les préconisations d'éclairage du programme technique

A- Principes de base

L'importance physiologique de la lumière est aujourd'hui clairement établie. Des textes réglementent de façon précise l'éclairage des lieux de travail. La reconnaissance, il y a une quinzaine d'années à peine, d'effets spécifiques de la lumière naturelle du soleil sur les rythmes biologiques et sur la vigilance représente une avancée fondamentale. Il est désormais avéré qu'un éclairage électrique classique, même bien conçu et adapté, ne remplace pas la lumière du jour...

Une "carence" de lumière vive entraîne des troubles de l'humeur et de la vigilance : deux facteurs essentiels d'adaptation de l'homme au travail. Éclairé correctement, le travailleur se concentre mieux, ses gestes sont plus précis, la fatigue visuelle se manifeste moins vite.

La lumière naturelle améliore nettement la synchronisation des rythmes biologiques : cette connaissance ouvre aujourd'hui des perspectives très nouvelles qui pourraient notamment contribuer à améliorer le confort au travail.

Confort, performance mais surtout sécurité : tels sont les principaux enjeux d'un éclairage adapté du poste de travail.

Une étude d'éclairage consiste à balayer les différents paramètres que sont la luminance, le contraste, les phénomènes d'éblouissement et l'influence des différentes couleurs. Ces recommandations sont bien entendu adaptées à la nature et au degré de précision des tâches à exécuter comme à la configuration du poste de travail. Par exemple, un écran informatique ne doit pas être placé dos à la lumière, ni de face mais plutôt perpendiculairement à une source tamisée. Pour ce type de poste, l'éclairage d'appoint qui permet d'éclairer les documents sur lesquels travaille l'opérateur peut jouer un rôle important en matière de confort visuel.

De nombreuses études confirment l'impact des conditions d'éclairage sur la sécurité. Lorsqu'on améliore, par exemple, l'éclairage d'une chaîne de production, le nombre d'erreurs et de fautes de qualité diminue de façon significative.

Si la qualité d'un éclairage artificiel a une très grande importance en milieu de travail, c'est sur un tout autre plan qu'il faut placer l'influence de l'exposition à la lumière naturelle.

Il est souvent difficile de modifier des constructions anciennes. Une meilleure intégration de la lumière naturelle aux locaux neufs devrait devenir une préoccupation prioritaire. Architectes, responsables de l'entreprise, membres du CHSCT sont directement impliqués dans ces choix. Comme la qualité de l'air ou les niveaux sonores, la lumière naturelle est un facteur d'environnement essentiel, à mieux prendre en compte dans la conception des lieux de travail.

B- LA DEMARCHE

La sensation de confort est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustiques, la qualité de l'air et la qualité lumineuse des espaces. Cette dernière provient de l'adéquation entre l'activité définie d'un local, la quantité de lumière, et la qualité de cette lumière : sa couleur, sa variabilité, les contrastes plus ou moins fort qu'elle crée, etc. Vu cette multiplicité de facteur, on ne peut pas « mesurer le confort ». A travers ces préconisations, vous trouverez des indications sur comment maximiser la quantité la lumière naturelle et éviter les phénomènes tels que l'éblouissement.

Dans une démarche de construction ou de rénovation durable, on privilégiera l'utilisation de la lumière naturelle à la place de l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offrent une perception optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément à la lumière naturelle.

Pour le constructeur, la plus grande difficulté sera de s'assurer que son projet offre un niveau d'éclairage naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année.

Deux notions théoriques définissent scientifiquement la quantité de lumière :

- **L'éclairage**, qui caractérise la quantité de lumière reçue par une surface. Il se mesure en lux (lx).

- **Le facteur lumière du jour**, qui est le rapport entre l'éclairage reçu en un point de référence à l'intérieur du local et un point à l'extérieur en un site dégagé. C'est un indicateur dédié spécifiquement à la lumière naturelle. Il s'exprime en %. Dans un bâtiment existant, une simple mesure d'éclairage intérieur et extérieur permet d'évaluer ce facteur. Dans un nouveau projet, son évaluation nécessite la construction d'une maquette ou d'une simulation pour pouvoir être chiffrée.

Les locaux de bureaux doivent avoir une vue sur l'extérieur.

L'éclairage du local doit profiter au maximum de la lumière naturelle en facilitant la pénétration de la lumière du jour.

Techniquement, l'éclairage au poste de travail dans un bureau doit assurer un minimum de 250 lux et pouvoir être élevé à 500 lux en fonction des besoins ; plus précisément, 200 à 300 lux sont nécessaires pour le travail sur écran et 500 lux pour un travail d'écriture. Il ne doit pas y avoir de source lumineuse dans un champ situé à 30° au dessus de l'horizontale de l'oeil, face à l'utilisateur.

C- OBJECTIFS

Il est conseillé :

- de réfléchir, lors de l'esquisse, à l'organisation du plan de façon à profiter au mieux du potentiel lumineux. Par exemple, placer les locaux les plus utilisés en journée dans les parties les plus ensoleillées du bâtiment.
- Dessiner des ouvertures de façon à ce que, pour une surface éclairante donnée, le confort lumineux soit optimisé. Sauf application particulière, on cherchera à maximiser la quantité de lumière, à limiter l'éblouissement, et les contrastes trop importants, etc.

1) Capter :



Capter la lumière du jour consiste à la recueillir pour éclairer naturellement un bâtiment.

La lumière naturelle n'est ni fixe ni toujours égale dans sa qualité et son intensité. Elle dépend d'abord de la localisation choisie, c'est-à-dire de la latitude et de l'altitude du site considéré ainsi que de la pollution de l'air à cet endroit. Pour un bâtiment d'implantation déterminée, la quantité de lumière naturelle disponible est fonction :

- Du moment de l'année,
- De l'heure,
- De l'orientation de l'ouverture,
- De l'inclinaison de l'ouverture,
- De l'environnement physique de l'édifice : bâtiments voisins, type de sol, végétation, ...

2) Transmettre



Transmettre la lumière naturelle consiste à favoriser sa pénétration à l'intérieur d'un local.

La pénétration de la lumière dans un espace est influencée par les caractéristiques de l'ouverture telle que ses dimensions, sa forme, sa position et le matériau de transmission utilisé.

Le matériau de transmission utilisé peut être transparent ou translucide.

3) Distribuer



Distribuer la lumière naturelle consiste à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière à créer une bonne répartition de la lumière naturelle dans le bâtiment.

La difficulté d'utilisation de la lumière naturelle par rapport à la lumière artificielle réside dans la grande inhomogénéité des éclairagements qu'elle induit en général. La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un éclairage de qualité.

Une répartition harmonieuse de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être favorisée par différentes approches basées sur :

- Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte),
- La répartition des ouvertures,
- L'agencement des parois intérieures,
- Le matériau des surfaces du local,
- Les zones de distribution lumineuse,
- Les systèmes de distribution lumineuse.

4) Se protéger



Se protéger de la lumière naturelle consiste à arrêter partiellement ou totalement le rayonnement lumineux lorsqu'il présente des caractéristiques néfastes à l'utilisation d'un local. Pour atteindre le confort visuel, il est essentiel de se protéger de l'éblouissement.

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée. Citons, par exemple, la végétation, les auvents, les écrans mobiles ou les vitrages spéciaux.

Le fonctionnement d'une protection solaire peut être basé sur plusieurs phénomènes physiques:

- L'absorption (surplombs, mur de refends, ...),
- La réflexion,
- La réfraction (prismes, ...),
- La diffraction (éléments holographiques, La **diffraction** est le comportement des ondes lorsqu'elles rencontrent un obstacle qui ne leur est pas complètement transparent ...).

En général, les protections solaires sont classées de deux manières différentes : en fonction de leur position par rapport au vitrage (intérieure, en interface ou extérieure) et de leur mobilité (permanente, fixe ou mobile).



Cependant, les deux paramètres les plus importants pour déterminer l'efficacité des protections solaires sont leur transmission lumineuse et leur facteur solaire. Pour le facteur solaire, on prend habituellement en considération l'ensemble formé par le vitrage et la protection solaire. Le facteur solaire ainsi défini tient compte de l'effet défavorable d'une éventuelle couche d'air chaud prisonnier entre la protection et le vitrage.

5) Contrôler



Contrôler la lumière naturelle consiste à gérer la quantité et la distribution de la lumière dans un espace en fonction de la variation des conditions climatiques et des besoins des occupants.

La gestion de l'éclairage permet, d'une part, de répondre à la variation continue de la lumière naturelle et, d'autre part, d'adapter l'ambiance lumineuse d'un local pour correspondre au mieux aux besoins de ses utilisateurs. On peut diviser les solutions de contrôle de l'éclairage naturel en trois catégories:

- L'utilisation de systèmes d'éclairage naturel adaptables, tels que des éléments de contrôle amovibles.
- Le zonage de l'installation d'éclairage artificiel en fonction de la lumière naturelle disponible.
- La régulation du flux des lampes en fonction de la présence de lumière naturelle.

L'efficacité des différents moyens de gestion de la lumière naturelle dépend en grande partie de la sensibilisation des utilisateurs et de l'automatisation des commandes de ces systèmes; elle est également liée au climat, au lieu considéré, au perfectionnement du système et à la taille de la zone contrôlée.

Le contrôle de la lumière naturelle d'un bâtiment est à la base de la conception d'un éclairage qui intègre le comportement dynamique de la lumière naturelle.

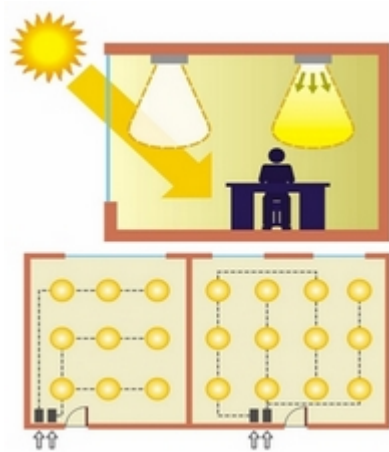
Contrôler l'éclairage naturel d'un bâtiment participe également à la création d'un environnement qui répond



de manière optimale aux besoins de ses utilisateurs. Le confort visuel est non seulement lié à l'éclairage d'un local mais aussi à son utilisation. C'est pourquoi, l'ambiance lumineuse d'un local doit pouvoir être adaptée aux différentes activités de ses occupants. Par exemple, un bureau est avant tout un lieu de lecture et de travail sur ordinateur mais il peut aussi servir de salle de réunions.

L'adaptabilité de l'éclairage naturel d'un bâtiment est une qualité essentielle qui offre l'opportunité d'optimiser le confort visuel et de diminuer les productions de chaud et de froid à l'intérieur de ses locaux.

De plus, des économies d'énergie appréciables peuvent être réalisées grâce à la diminution de l'éclairage artificiel, par la prise en compte de la disponibilité de l'éclairage naturel, en adaptant le temps durant lequel les lampes restent allumées et leurs flux lumineux aux besoins effectifs en éclairage d'un local. Signalons, en outre, que ce potentiel d'économies d'énergie lié à la gestion de la lumière naturelle est élevé quelle que soit l'orientation des ouvertures de l'édifice. Il est donc indispensable d'appliquer ce principe lors de la mise en place de stratégies destinées à limiter les consommations d'énergie et les rejets de CO₂ dans l'atmosphère.



Exemple de zonage de l'éclairage artificiel en fonction des disponibilités en éclairage naturel

L'éclairage électrique est une composante importante de la consommation énergétique de nombreux bâtiments. Le contrôle de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairage naturel apporte en général entre 20 et 70% d'économies en termes de consommations d'électricité. Le bénéfice environnemental et économique d'une telle stratégie est conséquent. De plus, la génération de chaleur due à l'éclairage artificiel amène des charges supplémentaires dans les bâtiments qui doivent être refroidis pendant la plus grande partie de l'année, ce qui est le cas de nombreux bureaux vu leurs fortes charges internes actuelles. Il est donc possible d'économiser beaucoup d'énergie par l'utilisation de la lumière naturelle pour diminuer l'emploi de l'éclairage artificiel. Notons, en outre, que ces économies d'énergie dues au contrôle de la lumière naturelle peuvent être obtenues sans occasionner aucune diminution du confort visuel.

D- ELEMENTS DE CHOIX

1) ASPECTS TECHNIQUES

➤ Qu'est ce que la transmission lumineuse ?

Lorsque la lumière visible du soleil est interceptée par une paroi translucide comme par exemple une feuille de verre, une première partie de la lumière est réfléchiée vers l'extérieur, une seconde partie est absorbée par les matériaux, et une troisième partie est transmise à l'intérieur.

La part de lumière transmise est appelée transmission lumineuse de la paroi (TL), exprimée en pourcents ou en nombres décimaux.

Un double vitrage basse émissivité offre une transmission lumineuse d'environ 75%, ou 0,75, tandis qu'un simple vitrage peut avoir une transmission lumineuse de 90%. Les vitrages spéciaux colorés ou avec un effet miroir parfois utilisés pour les bureaux ont une transmission lumineuse qui peut descendre jusqu'à 0,3. De tels vitrages sont choisis pour leur capacité à réduire le passage du rayonnement thermique du soleil, limitant ainsi les surchauffes en été. Il est cependant préférable de choisir des vitrages clairs, pour augmenter la quantité de lumière naturelle, et de les équiper de protections solaire types auvents, brises-soleil, etc. Si l'on craint, avec un vitrage clair, un éblouissement inconfortable ou des reflets sur les écrans d'ordinateurs dans des locaux tertiaires, on équipera la fenêtre d'équipements type stores intérieurs.

➤ Evaluer une ambiance lumineuse ?

Lors d'un projet d'architecture, tant en construction qu'en rénovation, si l'on souhaite avoir une idée de l'ambiance lumineuse, il faut soit réaliser une simulation informatique, soit construire une maquette. La simulation implique l'achat et l'apprentissage de logiciels spécifiques. Il est donc nécessaire de passer par un bureau d'étude spécialisé.

Cependant, pour qu'elle soit représentative, il est nécessaire de suivre certaines règles de construction, notamment pour éviter les « fuites lumineuses » aux jonctions, ou pour choisir les bons matériaux.. Idéalement, la maquette sera étudiée sous un ciel artificiel, pour ne pas être tributaire des conditions météo. De tels outils sont rarement utilisés par les architectes pour les petits projets. Néanmoins, certains bureaux d'étude spécialisés peuvent offrir ce type de mission, mais leur coût se justifie rarement pour des petits bâtiments.

➤ Quelles sont les quantités de lumières nécessaires ?

| | Minimal | Recommandé | Idéal |
|----------------------------------------------|----------------|-------------------|--------------|
| Salle de réunion | 300 lux | 500 lux | 750 lux |
| Bureaux (travaux généraux) | 300 lux | 500 lux | 750 lux |
| Bureau (lecture et écriture continue) | 500 lux | 750 lux | 1000 lux |
| Parking | 50 lux | 75 lux | 100 lux |
| Couloir | 100 lux | 150 lux | 200 lux |
| Réfectoires | 150 lux | 200 lux | 300 lux |

Sanitaires 100 lux 150 lux 200 lux

Les valeurs indicatives des facteurs de lumière du jour sont indiquées dans le tableau ci dessous.

Le tableau se lit de la façon suivante : le facteur lumière du jour d'un local dans lequel on souhaite un éclairage naturel de 500 lux entre 8h et 16h, pour une période allant de d'avril à septembre, doit être au minimum de 6,2. Avec un facteur lumière du jour inférieur, ce niveau d'éclairage ne pourra pas être atteint sur la période indiquée. Ces valeurs sont intéressantes comme guide si, pour un projet, une maquette est étudiée sous un ciel artificiel ou si une simulation de la lumière naturelle est réalisée.

| | 300 lux de 8h à 16h | 300 lux de 9h à 15h | 500 lux de 8h à 16h | 500 lux de 9h à 15h |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Janvier | | 15 | | 25 |
| Février/mars | 10,7 | 6 | 17,8 | 10 |
| Avril à Septembre | 3,7 | 2,5 | 6,2 | 4,2 |
| Octobre | 10,7 | 6 | 17,8 | 10 |
| Novembre | 21,4 | 8,8 | 35,7 | 14,7 |
| Décembre | | 15 | | 25 |

Valeurs minimale du Facteur Lumière du Jour nécessaire (en %) pour assurer un certain niveau d'éclairage naturel pendant une plage horaire déterminée

2) ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET ECONOMIQUES

Le coût de l'éclairage artificiel des locaux peut être important surtout si aucune réflexion n'est faite autour de l'éclairage naturel.

Par exemple, un local de bureau de 20m² dans lequel un éclairage artificiel « efficace » est allumé en continu (2000 heures par an) consommera environ 416 kWh/an (126 kg de CO₂ par an). Cette consommation sera doublée pour une installation de « qualité moyenne ». Le coût financier de l'éclairage artificiel dans ce bureau est de l'ordre de 2.3 €/m²an pour une installation efficace. Un éclairage naturel de qualité combiné à une gestion adaptée des installations permettra de réduire considérablement cette consommation électrique.

Idéalement, dans les bureaux, on prévoira une gestion automatisée de l'éclairage artificiel prenant en compte aux différents endroits d'un local, le potentiel d'éclairage naturel et la présence des occupants. Les systèmes de gestion les plus efficaces d'un point de vue énergétique sont ceux qui intègrent :

- une commande manuelle pour l'allumage (interrupteur)
- un dimming de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle disponible (dispositif de l'électronique de puissance destiné à modifier un signal électrique dans le but de faire varier sa tension)
- un arrêt automatique sur la base d'une détection de présence des personnes

Dans les bureaux, on insistera essentiellement sur la bonne gestion par les occupants :

N'oubliez pas d'éteindre la lumière en quittant la pièce. Le choix d'ampoules économiques est également très rentable.

3) ASPECTS SOCIAUX ET CULTURELS

➤ Différents aspects du confort lumineux

Le confort visuel est un paramètre important de la qualité des ambiances. Si la quantité de lumière entre en jeu, d'autres paramètres interviennent :

- La répartition de la lumière dans l'espace : uniformisation ou division spatiale
- Les rapports de luminance dans le local (risque d'éblouissement)
- L'absence d'ombres gênantes
- La mise en valeur du relief et du modelé des objets
- La vue vers l'extérieur
- Le rendu des couleurs
- La teinte de la lumière

D'autre part, la lumière naturelle est un élément fondamental intervenant dans la composition architecturale. Elle sert à la définition des espaces (séparation intérieur extérieur, liaison ou séparation de volumes, etc.), des formes, des matériaux et des couleurs.

D'autre part, la fenêtre joue un rôle social important de l'extérieur également. La fenêtre en tant que telle permet une communication vers l'extérieur. Placer du vitrage réfléchissant ou occulter les ouvertures via des volets entraîne un sentiment d'insécurité dans la rue et d'appauvrissement de la qualité de vie en ville.

E- DANS LA PRATIQUE

Des mesures doivent être prises aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

1) PROGRAMMATION

L'agencement des espaces doit être tel que chaque local bénéficie d'un éclairage naturel, y compris les locaux de circulation.

2) ESQUISSE

➤ Méthodologie

Procéder éventuellement à la réalisation d'une maquette, pour identifier la qualité d'éclairage et les zones d'ombrage. L'analyse peut se faire en « site naturel » (sur une table en extérieur) ou en laboratoire sous ciel artificiel (essentiellement pour les projets de grande ampleur).

➤ Dimension des ouvertures

Sans tenir compte de l'ensoleillement direct, et donc indépendamment de l'orientation, on considère qu'une pièce est correctement éclairée jusqu'à une profondeur de 2 à 2.5 fois la hauteur du linteau.

➤ Position des ouvertures

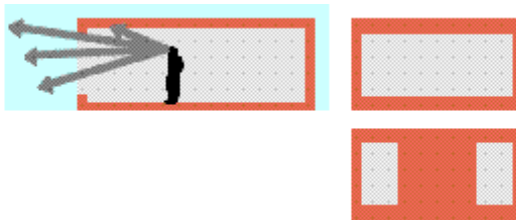
Plus une ouverture est haute, mieux le fond du local est éclairé naturellement. Une zone d'ombre est néanmoins créée le long de l'allège. La combinaison d'un « clerestory » (fenêtre dont le seuil est au-dessus du niveau de l'oeil) et d'une fenêtre « classique » permet un éclairage optimal.

Les surfaces vitrées en allège ne contribuent quasiment pas à l'éclairage du local, elles sont inutiles du point de vue de la lumière. En outre, elles constituent une source de déperdition théorique non négligeable.

➤ Forme des ouvertures

La forme de l'ouverture permet d'augmenter le confort visuel en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombres. Voici différents exemples de conception allant dans ce sens :

- Prévoir une grande fenêtre à la place de plusieurs petites fenêtres.



- Diminuer les contrastes fenêtre - menuiserie en augmentant le coefficient de réflexion de la menuiserie. Par exemple, on choisira un bois clair ou peint de couleur claire.



- Voiler le ciel par l'utilisation d'une protection solaire



- Diminuer le contraste mur - fenêtre en éclairant le mur intégrant la fenêtre

- Diminuer le contraste mur - fenêtre en augmentant la part indirecte de l'éclairage naturel (parois du local très claires)



- Voiler en partie le ciel en assombrissant la fenêtre par un élément déflecteur



3) AVANT-PROJET

➤ Matériau de transmission

On choisira des vitrages dont la transmission lumineuse est maximale. Le tableau ci-dessous donne des valeurs indicatives :

Transmission lumineuse [%]

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Simple vitrage clair | 90 |
| Double vitrage clair | 81 |
| Double vitrage clair basse émissivité | 78 |
| Double vitrage clair absorbant | 36 à 65 |
| Double vitrage clair réfléchissant | 7 à 66 |
| Triple vitrage clair | 74 |

➤ Matériau de revêtement

Des revêtements muraux et de plafond de teinte claire rendent la pièce plus lumineuse. Les facteurs de réflexion conseillés sont les suivants :

Facteur de réflexion conseillé

| | |
|------------------------|------------|
| Plafond | 0,7 à 0,85 |
| Mur proche des sources | |

| | |
|-------------------------------------------------|-----------|
| lumineuses | 0,5 à 0,7 |
| Autre mur | 0,4 à 0,5 |
| Sol | 0,1 à 0,3 |
| Surface supérieure des tables de travail | 0,4 à 0,5 |
| Meubles | 0,3 à 0,5 |

Les valeurs des facteurs de réflexion pour quelques matériaux sont reprises dans le tableau ci-dessous, en fonction de leur couleur. Il existe des algorithmes de calcul donnant une valeur de réflexion en fonction de la couleur uniquement.

| | Couleur | Facteur de réflexion |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Table | Beige clair | 0,76 |
| Tapis | Vert-gris | 0,13 |
| Mur | Beige clair | 0,68 |
| Porte d'armoire | Blanc | 0,68 |
| Allège | Blanc | 0,68 |
| Tissus de fauteuils | Vert | 0,12 |
| Faux-plafond perforé | Beige | 0,6 |

4) ENTRETIEN

L'entretien des vitrages a un impact important sur la transmission lumineuse. Un nettoyage régulier est donc important. A cet effet, il conviendra d'intégrer dans la conception la nécessité d'accès à l'ensemble des surfaces vitrées. Notons qu'il existe des verres autonettoyants, qui permettent de réduire la fréquence des lavages, sans pour autant les supprimer complètement.

F- Le rôle de l'occupant

L'utilisation judicieuse des bâtiments conçus en fonction de la lumière naturelle nécessite la collaboration des occupants. Il est, dès lors, indispensable de les mettre au courant de la manière dont ils peuvent intervenir personnellement dans les espaces qu'ils occupent. Un utilisateur ne sera efficace que moyennant une réelle prise de conscience des problèmes relatifs à son confort, à l'environnement et aux sources d'énergie.

1) L'influence de l'utilisateur sur l'ambiance lumineuse

Les quelques exemples énoncés ci-dessous soulignent que le comportement des utilisateurs d'un espace a une grande influence sur l'apport et la répartition de la lumière naturelle dans ce local.

Le type de mobilier ainsi que son agencement peuvent avoir de fortes répercussions sur la distribution de la lumière dans l'espace et sur le confort des occupants.

Il faut éviter de placer des éléments qui font obstacle à la lumière au centre de la pièce. Les rayonnages d'une bibliothèque, par exemple, suivant qu'ils sont disposés perpendiculairement ou parallèlement aux ouvertures de la façade laissent pénétrer la lumière en profondeur ou, au contraire, se comportent comme une barrière physique empêchant le passage de la lumière.

D'autre part, les éléments essentiels à la tâche visuelle habituelle (bureau, tableau, ...) doivent être disposés judicieusement en fonction de l'emplacement des ouvertures à la lumière naturelle.

Il faut que les utilisateurs soient conscients de ce que la couleur des surfaces d'une pièce influence fortement son niveau d'éclairage. Le choix de couleurs claires, de bonne réflectivité, pour les parois et les meubles d'un local, spécialement pour les surfaces situées à proximité des fenêtres, permet à la lumière naturelle de se répartir plus uniformément dans l'espace et de pénétrer plus profondément dans la pièce grâce aux jeux de réflexions de paroi à paroi.

Au cours d'une réorganisation interne d'un bâtiment, il se peut que l'on soit conduit à déplacer une cloison intérieure de façon à la positionner à l'emplacement d'une ouverture existante. Le raccordement se fera alors de préférence au niveau d'un élément de menuiserie existant, afin de ne pas couper un vitrage en deux. Le rythme et les séquences selon lesquels les vitrages sont organisés doivent permettre cette opportunité. On s'abstiendra de placer des éléments de cloisons parallèlement aux ouvertures, pour éviter autant que possible une réduction de la pénétration de la lumière naturelle en profondeur.

L'utilisation judicieuse de protections solaires permet de se protéger de l'éblouissement et des surchauffes, tout en laissant pénétrer la lumière naturelle. La modification du type de protection solaire peut changer, sensiblement, la lumière intérieure d'un local.

Certains systèmes de contrôle de la lumière naturelle nécessitent quelques manipulations par an; celles-ci doivent être inscrites dans le planning des services d'entretien du bâtiment. Ainsi, les systèmes à deux positions hiver/été ne peuvent pas fonctionner correctement s'ils ne sont pas modifiés au bon moment.

Une bonne maintenance des dispositifs utilisés pour favoriser l'éclairage naturel est absolument nécessaire. Une grande partie de la maîtrise de la lumière naturelle est assurée au moyen de systèmes qui transmettent ou réfléchissent et dévient la lumière. Cela suppose la présence d'éléments spécifiques, possédant des caractéristiques photométriques précises (transparence, coefficient de réflexion élevé, brillance). L'efficacité de ces systèmes est grandement affectée par leur degré de salissure. Il faut donc prévoir la possibilité de les nettoyer régulièrement.

En pratique, les erreurs dues aux utilisateurs proviennent souvent de leur ignorance ou de leurs négligences. Il est donc essentiel de les informer sur les techniques permettant une bonne

utilisation de la lumière naturelle et de les sensibiliser aux gains environnementaux, énergétiques et de confort que procure une politique d'optimisation de l'éclairage naturel.

2) L'influence de l'utilisateur sur la consommation d'énergie

Les occupants peuvent avoir une influence positive ou néfaste sur la consommation totale d'énergie d'un édifice en fonction de leurs comportements face au système d'éclairage.

Tous les moyens utilisés pour améliorer l'éclairage naturel sont favorables à une économie d'énergie, puisqu'ils limitent l'apport nécessaire en éclairage artificiel. Grâce à leur rôle sur la quantité et la répartition de la lumière naturelle à l'intérieur d'un local, les utilisateurs influencent donc directement la quantité d'énergie électrique fournie à l'éclairage artificiel, complémentaire de l'éclairage naturel.

De plus, l'utilisation judicieuse des différents éléments destinés à contrôler l'éclairage naturel peut être une source importante de gains au niveau de la consommation de l'énergie. Ainsi, en hiver, les rideaux et les volets peuvent être fermés le soir pour prévenir les pertes de chaleur du bâtiment pendant la nuit et rester ouverts le jour pour permettre à la lumière naturelle de pénétrer dans ses locaux. En été, l'emploi de protections solaires permet de diminuer les surchauffes et donc d'augmenter l'efficacité énergétique du bâtiment grâce à une limitation ou une suppression de la climatisation.

Cependant, les mauvaises habitudes de la majorité des utilisateurs sont souvent à la base de consommations énergétiques importantes.

Un gaspillage énergétique extrêmement fréquent provient de la consommation d'un éclairage artificiel enclenché dans un local inoccupé ou encore en présence d'un éclairage naturel abondant. Des études menées en Suisse et en Allemagne ont montré que les luminaires sont allumés durant 60% de l'utilisation normale des bureaux. En effet, la majorité des occupants les enclenchent en arrivant au travail mais ne les éteignent jamais; le service de nettoyage s'en occupe en fin de journée. Ce phénomène est accentué dans les bureaux paysagers, où les utilisateurs se sentent moins responsables de la gestion de leur installation. Ces études ont également souligné que le taux d'utilisation des luminaires reste quasiment identique dans la plupart des cas où ils sont regroupés en zones à commande distincte, ce qui signifie que les utilisateurs ne prennent nullement en compte les apports de lumière naturelle.

Ce genre de comportement peut être modifié par l'information et la motivation de l'utilisateur. La pratique montre cependant que pour obtenir un maximum d'efficacité dans la gestion d'une installation d'éclairage, le recours à des systèmes de réglage automatiques est très utile.

Toutefois, changer les habitudes des occupants ne peut pas consister uniquement à leur imposer des systèmes automatisés sophistiqués. Même s'ils facilitent la modification des comportements, il est indispensable, en vue d'une bonne acceptation et d'une utilisation adéquate de ces systèmes, d'informer les utilisateurs et d'orienter leurs attitudes vers une occupation réfléchie des locaux. Une gestion optimale de la lumière naturelle dans un bâtiment doit toujours passer par l'implication des usagers de telle manière qu'ils puissent jouer un rôle actif dans la politique de l'éclairage naturel.

3) L'acceptation du système d'éclairage

Les utilisateurs réagissent positivement ou négativement à l'apparence extérieure, au fonctionnement et aux conséquences pratiques d'un système d'éclairage naturel. Leur comportement face à un système dépend en grande partie de la catégorie d'utilisateur, de la flexibilité du système, de l'information reçue et de la fonction du bâtiment.

Le type d'usager (âge, profession,...) et la fréquence d'occupation d'un local déterminent les capacités de participation à son utilisation. Ainsi, un occupant permanent est susceptible de développer un certain nombre d'habitudes tendant à rationaliser son environnement. Il est capable, par exemple, de s'investir dans le fonctionnement d'un système d'éclairage et d'apprendre à l'utiliser au mieux. Dans les locaux destinés à des usages stables, on pourra donc prévoir des systèmes de commandes manuelles, en veillant à fournir une information spécifique sur l'usage optimal de ces commandes.

A l'opposé, un utilisateur occasionnel ne peut se permettre de passer du temps à comprendre comment fonctionne son environnement. On ne peut pas lui demander d'intervenir pour régler son éclairage. Dans les locaux destinés à recevoir de multiples usagers, on aura donc avantage à automatiser le contrôle de l'éclairage.

De nombreux occupants, confrontés à des systèmes automatisés, se plaignent de ce que leurs désirs ne coïncident pas avec les exigences de l'utilisateur moyen. Tous les systèmes de contrôle automatique devraient pouvoir être modifiés manuellement par l'utilisateur habituel d'un espace. La flexibilité d'un système est un élément essentiel pour recevoir l'approbation des occupants.

Certaines personnes sont perturbées par le fait qu'elles ne comprennent pas le fonctionnement d'un système. Il est donc essentiel d'informer les usagers sur les performances et les différents paramètres du système d'éclairage prévu. Par exemple, si un système de re-directionnement de la lumière est ajusté saisonnièrement, il y a lieu de l'expliquer clairement aux occupants.

Le degré d'acceptation de certains systèmes et effets lumineux inhabituels dépend du type de bâtiment et de l'activité à y exercer.

4) La sensibilisation de l'utilisateur

Le comportement d'un occupant est lié à ses motivations en tant qu'individu: pour changer des comportements devenus habituels, il est important d'agir en tenant compte de la manière dont les utilisateurs se motivent. Ainsi, des facteurs tant professionnels qu'extraprofessionnels influencent le comportement: ce sont les exigences de travail, le fait de participer ou non aux décisions, l'information reçue, les goûts personnels, la qualité de l'ambiance de travail, la rémunération, les particularités physiologiques de chacun,...

En général, une fois que certaines habitudes sont prises, elles ont tendance à se généraliser et à être utilisées pour justifier des manières d'agir. Par exemple, si quelqu'un s'est habitué à travailler pendant des années dans un bureau éclairé artificiellement toute la journée, il associe cet éclairage artificiel permanent au confort visuel nécessaire pour travailler. Modifier les habitudes des occupants passe par leur information ainsi que par leur sensibilisation aux problèmes de l'éclairage, en se basant sur la compréhension de leurs motivations.

Les comportements humains peuvent être motivés autant par ce que la personne tente d'éviter que par ce qu'elle désire obtenir. Par exemple, elle souhaite éviter l'inconfort ou obtenir une ambiance de travail agréable. Interpréter le comportement des occupants implique d'abord une certaine connaissance de leur culture, de leurs motivations, de leurs désirs et de leurs peurs.

Pour sensibiliser des individus, il est indispensable de les écouter afin de comprendre leur situation telle qu'ils l'imaginent.

Annexe :

PRECONISATIONS DU PROGRAMME TECHNIQUE SUR LES APPAREILS D'ECLAIRAGE

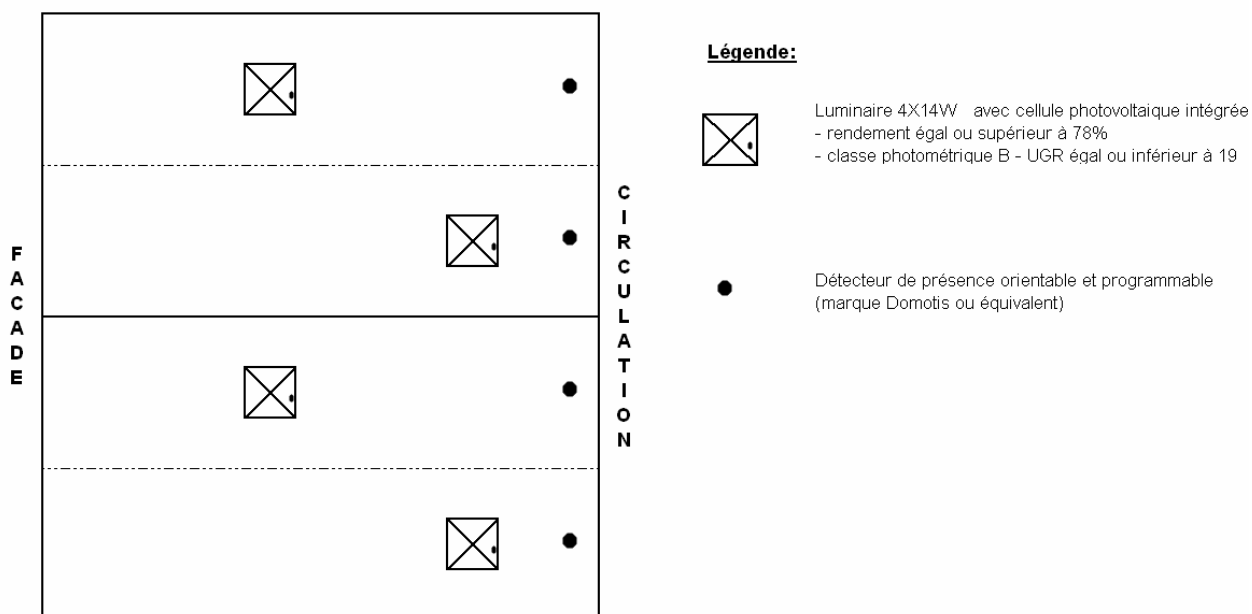
Les luminaires des zones flexibles de bureaux seront de dimension adaptée au faux plafond et seront mis en œuvre en quinconce. Par ailleurs, la position des luminaires devra être telle que tout déplacement de cloison ne nécessite pas de déplacement de luminaire ni de déplacement du détecteur de présence.

Les luminaires des zones bureaux devront être équipés d'une cellule photoélectrique asservit au ballast gradable de type DALI, la cellule photoélectrique devra être réglé et réglable afin d'obtenir dans tous les cas 400 lux moyen après dépréciation au plan de travail.

Prévoir l'intégration d'un détecteur de présence encastré au faux-plafond de marque Domotis ref :PS MR16 ou équivalent orientable avec minuterie réglable jusqu'à 20 minutes pour chaque trame de bureau. Le détecteur de présence sera posé le long de la paroi circulation et devra être orienté en direction de la façade.

Nota : Les détecteurs de mouvements ne seront pas admis.

SCHEMA DE PRINCIPE D'IMPLANTATION DES LUMINAIRES



Il sera réalisé pour approbation des luminaires par la maîtrise d'ouvrage deux cellules témoins, l'une avec l'installation des luminaires préconisés et l'autre avec l'éventuelle variante proposée.

Une mesure du niveau d'éclairage moyen sera également effectuée lors de cette mise en œuvre.

a) Appareils à lampes fluorescentes

Tous les appareils fluorescents seront équipés d'un ballast électronique HFR gradable.

Le cos phi sera au moins égal à 0,9 et les pertes seront au maximum de 20%. Le fonctionnement des appareillages devra être très silencieux (ne pas induire de vibration d'une quelconque pièce les composant).

Nota : Il sera prévu une découpe du support du luminaire afin de recevoir une embase femelle de type connexion rapide.

b) Condition de mise en œuvre

La fixation des luminaires sera autonome et totalement désolidarisée des ossatures de faux-plafond.

c) Luminaires

Les luminaires fluorescents à grille de défilement anodisée seront encastrés et devront être conformes aux normes UTE C 71-121, NF EN 12464-1 et ISO 8995/CEI 8008. L'installation devra prendre en compte l'UGR (limite de l'éblouissement d'inconfort) et la luminance inférieure ou égale à 200 cd/m^2 sous un angle de 65° , le rendement des luminaires devra impérativement être supérieur ou égal à 78% de classe photométrique B. Cette disposition concerne tous les locaux et notamment l'ensemble des zones flexibles (bureaux, petites salles de réunion, archives vivantes, ...) et les salles des conseils, la grande salle de réunion, le local informatique et les salles de formation.

Le réglage des ambiances porte sur l'ajustement de l'intensité souhaitée des lampes du groupe concerné, la position des stores, de l'écran motorisé de projection, etc..., le tout étant enregistré comme une ambiance d'éclairage.

La configuration et la commande seront réalisées par un panneau à écran tactile et par poste informatique local.

d) Niveaux d'éclairage

Les niveaux d'éclairage moyen auront après l'application d'un coefficient de dépréciation de 20% une valeur minimum de:

| | Niveau d'éclairage | |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| Locaux techniques | 150 lux | UGR max28 |
| Archives | 150 lux | UGR max28 |
| Circulations | 100/300 lux (300 lux devant chaque porte et palier ascenseurs) | UGR max28 |
| Sanitaires | 150 lux | UGR max28 |
| Zones flexibles et bureaux | 400 lux | UGR max17 |
| Salle du conseil d'administration | 400 lux | UGR max17 |
| Salle de réunion | 400 lux | UGR max17 |
| Hall | 300 lux | UGR max22 |
| Accueil et attente | 300 lux | UGR max22 |

e) Sources

- Tubes fluorescents :
 - . diamètre 16 de 14W, 21W, 28W, 35 W ;
 - . IRC \geq 85 ;
 - . température de couleur 4 000°K ;

- Lampes fluorescentes :
 - . compact monocolot de 11W, 18W, 24W ou 36W.

- Lampes de type led :
 - Couleur = 3000°K
 - Culot de type = GU10 ou GU5.3