

Éclairage des Mosquées Choix et dimensionnement



Sommaire

Introduction	4
Les composantes d'un système d'éclairage	5
Les différents types de lampes	6
Les lampes à LED	6
Les lampes fluo-compactes (LFC)	6
Les lampes halogènes	7
Comprendre l'emballage des lampes	8
Les grandeurs photométriques de base	9
L'efficacité lumineuse	11
Le bon éclairage – critères de qualité	11
Éclairage – définition	12
Que dit la réglementation ?	12
Températures de couleur, ambiances et types de lampes	13
Type d'éclairage	14
Luminaires et automatismes	16
Type de montage des luminaires	16
Les méthodes de dimensionnement	18
Le dimensionnement proposé	18
En pratique ?	28
Éléments importants pour la réussite du projet	29
Que faire de ses lampes fluocompactes et lampes à LED usagées ?	29
Que faire si on casse une lampe fluocompacte ?	29
Dimensionnement éclairage	30



Introduction

L'éclairage représente une part non négligeable de consommation d'électricité dans les mosquées au Maroc.

Il est donc important de porter attention aux technologies employées afin de trouver la meilleure adéquation entre l'usage et le coût global.

Cette fonction «éclairage» comprend de nombreux aspects variant selon l'application :

- L'esthétique et le fonctionnel gérés par le décorateur ou l'architecte de la mosquée,
- La conception des circuits et des fonctions électriques traitées par le bureau d'étude,
- L'installation faite par l'électricien,
- L'exploitation et la maintenance à la charge du Ministère des Habous et des Affaires Islamiques ou bien l'Association qui gère la Mosquée.

En optant pour une installation d'éclairage de qualité et pour un système de gestion automatisé adapté, on peut réduire de façon significative la consommation énergétique de la Mosquée.

Les composantes d'un système d'éclairage

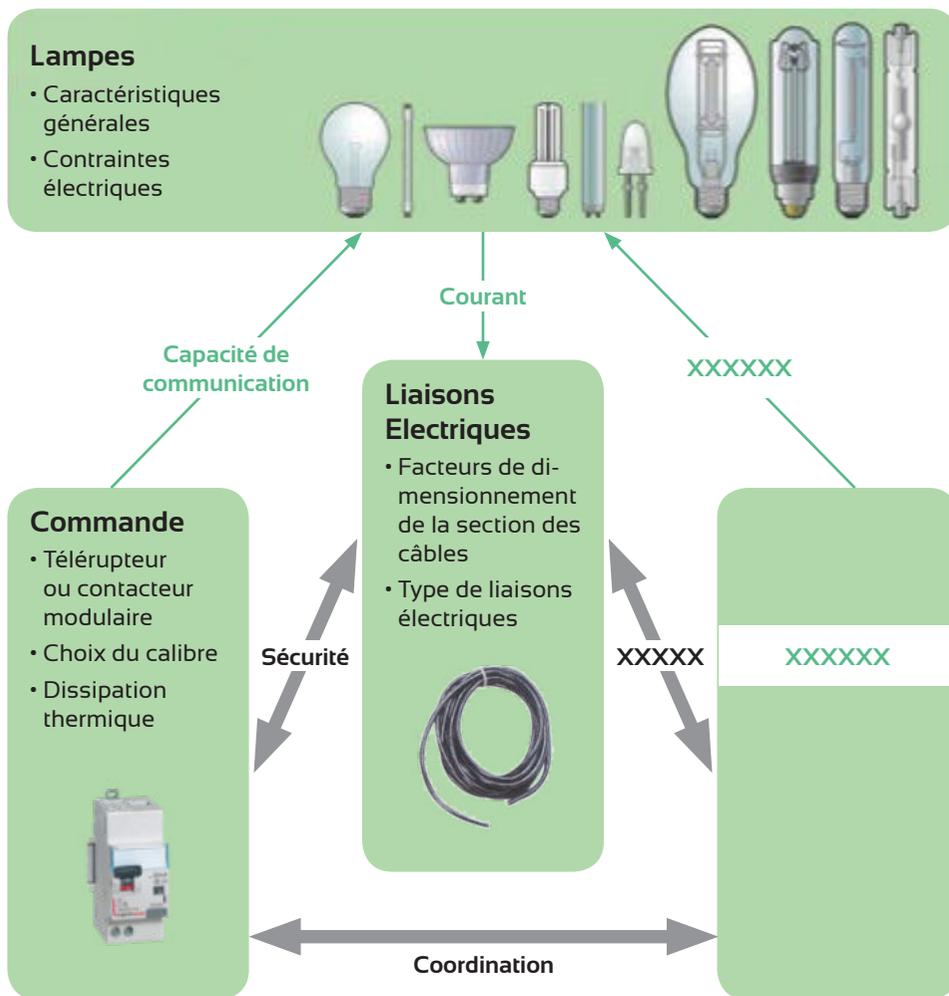


Schéma électrique

Les différents types de lampes

Le marché d'éclairage propose plusieurs choix entre les lampes fluocompactes (LFC), à LED ou halogènes. Chacune a ses spécificités.

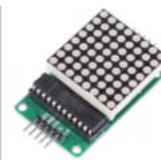
Les lampes à LED

- Sont utilisables à l'intérieur comme à l'extérieur,
- S'allument instantanément,
- Supportent très bien les allumages répétés,
- Résistent aux chocs et au froid,
- Ne sont pas toutes compatibles avec l'usage d'un variateur,
- Chauffent peu (moins de risques de brûlures).

Les lampes à LED consomment peu d'électricité et durent longtemps (jusqu'à 40 000 h), ce qui compense leur prix d'achat plus élevé. Elles constituent à ce titre la meilleure solution d'éclairage, à condition qu'elles durent plus de 20 000 heures et soient classées A+ (c'est souvent le cas) ou A++ sur l'étiquette énergie.



Lampe LED



Module LED

Les lampes fluo-compactes (LFC)

- S'allument progressivement et sont donc particulièrement adaptées aux pièces qui restent longtemps allumées,
- Résistent peu au froid (à éviter en extérieur),
- Ne sont pas toutes compatibles avec l'usage d'un variateur,
- Chauffent peu (moins de risques de brûlures),
- Sont encore équipées pour certaines de culot à baïonnette qui évite de remplacer les douilles.

Les lampes fluocompactes (LFC) consomment également peu d'électricité et durent longtemps (environ 8 000 h), sans pour autant atteindre l'efficacité des lampes à LED. Elles sont majoritairement classées en A sur l'étiquette énergie et leur durée de vie est importante.

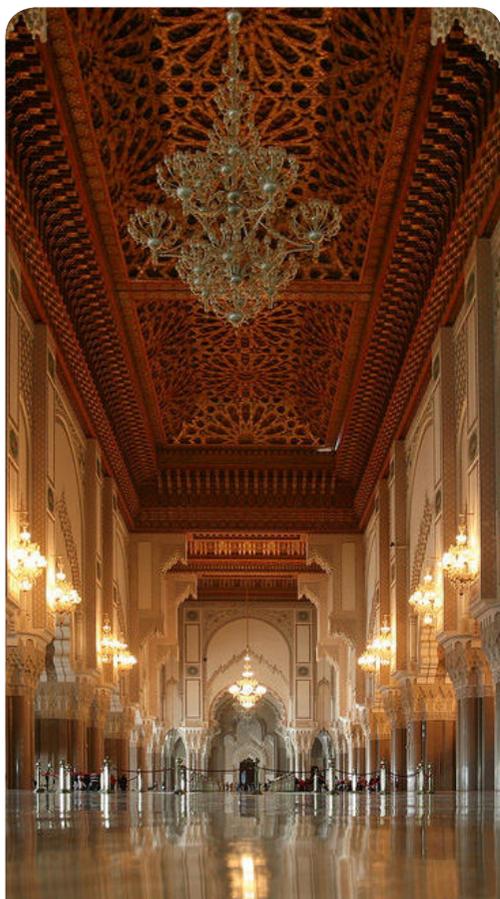


Les lampes halogènes



- Produisent une belle lumière, analogue à celle des lampes à incandescence classiques,
- Sont compatibles avec l'usage d'un variateur.

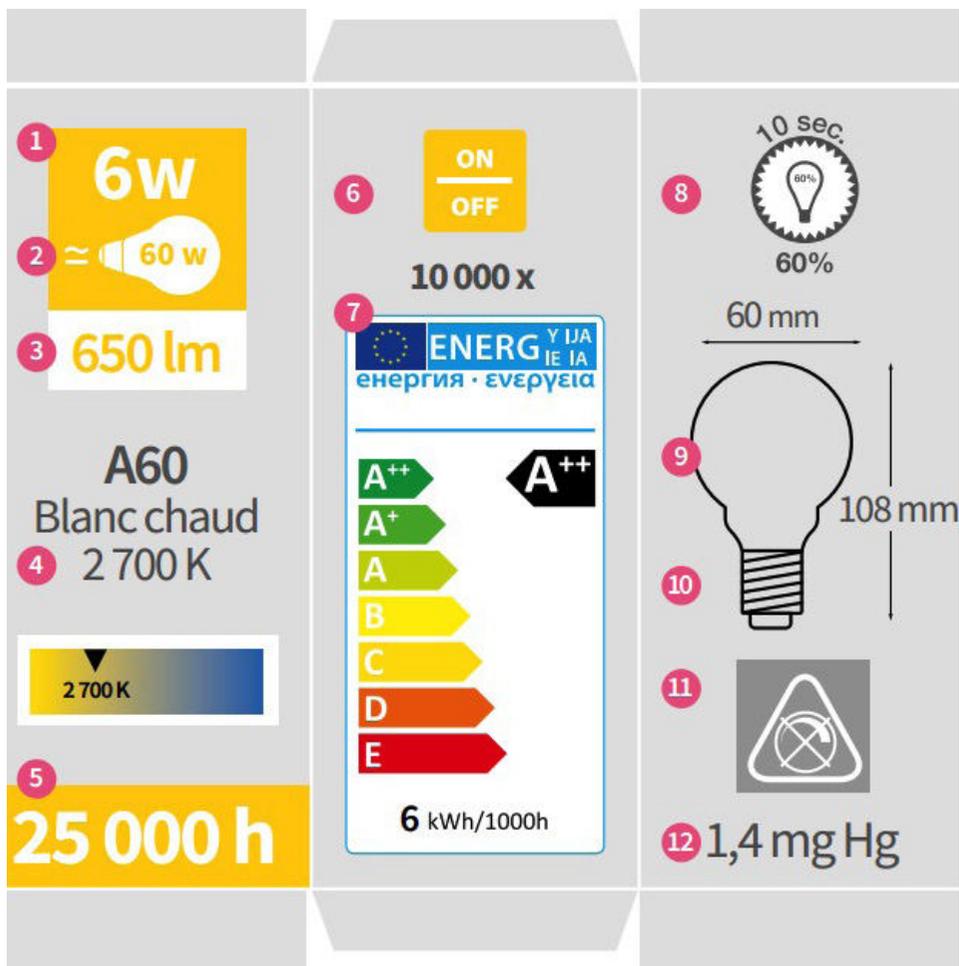
Moins efficaces que les LED et les LFC, elles durent moins longtemps (environ 2 000 h) et consomment beaucoup plus d'électricité, d'où leur classement en C ou D. Elles ne seront d'ailleurs plus fabriquées ni mises sur le marché à partir de septembre 2018.



Note

Sachez que tous les luminaires existants, y compris les «halogènes», peuvent être équipés de lampes à LED ou fluocompactes.

Comprendre l'emballage des lampes



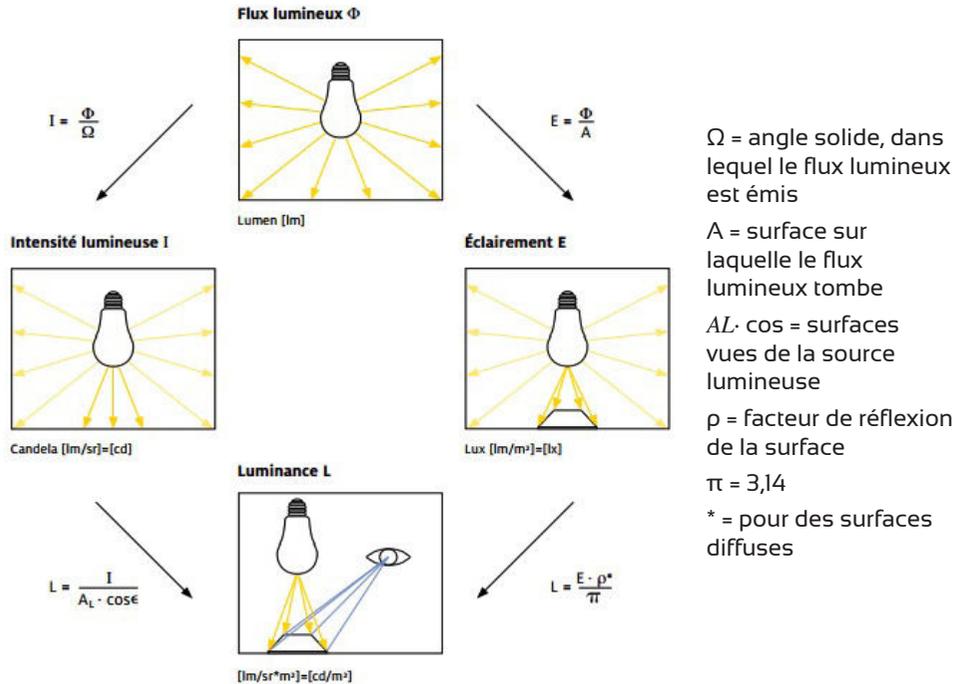
- 1- La puissance exprimée en watts
- 2- L'équivalence en watts avec une lampe incandescence
- 3- Le flux lumineux exprimé en lumens (plus le nombre de lumens par watt est élevé, plus l'efficacité est importante) (voir détail ci-après)
- 4- La température de couleur exprimée en kelvins (voir détail ci-après)
- 5- La durée de vie en heures

- 6- Le nombre de cycles d'allumage extinction possibles
- 7- L'étiquette énergie, il est important de vérifier en particulier la classe énergétique (A, A+,...) et la consommation d'énergie en kW/1000h
- 8- Le temps nécessaire à l'obtention de 60 % du flux lumineux
- 9- Les dimensions de la lampe en mm
- 10- Le type de douille



- 11- La possibilité ou non de l'installer sur un variateur
- 12- La quantité de mercure (Hg) en mg si la lampe en contient

Les grandeurs photométriques de base



Flux lumineux

Le **flux lumineux** décrit la quantité de lumière émise par une source lumineuse.

L'**efficacité lumineuse** est le quotient du flux lumineux par la quantité d'énergie électrique consommée (lm/W). Elle indique la rentabilité d'une source lumineuse.

Symbole : Φ Phi Unité de mesure : lm Lumen

La mesure en lumens du flux lumineux d'une lampe permet de connaître la quantité de lumière diffusée.

Pour repérer le nombre de lumens utiles, voici un récapitulatif de la correspondance de puissance équivalente avec les lampes à incandescence et le flux lumineux :

Puissance d'une lampe à incandescence (en Watts)	15	25	40	60	75	100	150	200
Flux lumineux indicatif (en lumens) pour une lumière équivalente	130	240	440	750	990	1420	2290	3220

Intensité lumineuse

L'**intensité lumineuse** décrit la quantité de lumière émise dans une direction donnée. Elle est en grande partie déterminée par des éléments de guidage du flux, des réflecteurs par exemple, et est représentée par la *courbe photométrique (C.P.)*.

Symbole : I Unité de mesure : cd Candela

Éclairement

L'**éclairement** décrit la densité du flux lumineux en un point d'une surface. Vous trouverez des indications sur les valeurs d'éclairement dans les normes correspondantes (p. ex. EN 12464 « Éclairage des lieux de travail »).

Éclairement : $E_l = \text{Flux lumineux (lm)}/\text{surface (m}^2\text{)}$

Symbole : E Unité de mesure : lx Lux

Luminance

La **Luminance** est la seule grandeur photométrique perçue par l'oeil humain. Ce concept décrit l'impression de luminosité que donne d'un côté une source d'éclairage et de l'autre une surface. Ce faisant, cette impression dépend fortement du facteur de réflexion (couleur et surface).

Symbole : L' Unité de mesure : cd/m²

L'efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse est le rapport entre le flux lumineux émis par la lampe et la puissance électrique consommée. L'unité d'efficacité lumineuse est le lumen/Watt (lm/W).

L'efficacité lumineuse des différents types de lampes :

Lampe à LED Spot à LED*	Lampe fluo compacte (LFC)	Lampe halogène	Lampe à incandescence
75 à 140 lm/W 56 à 90 lm/W	50 à 70 lm/W	15 à 27 lm/W	9 à 16 lm/W

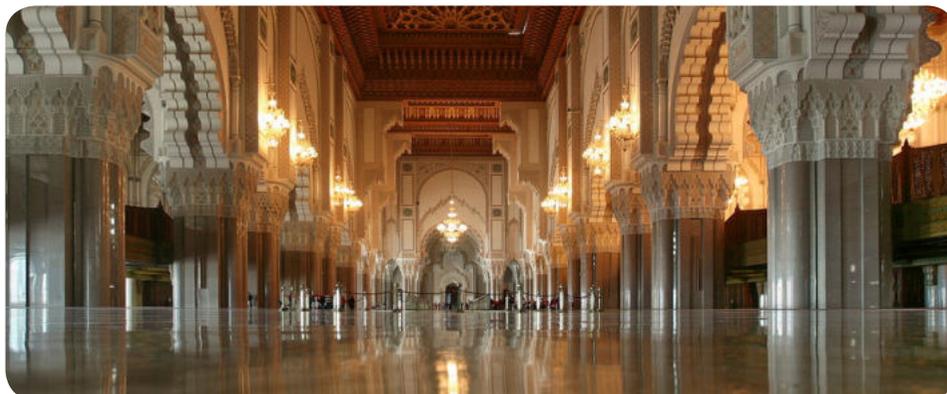
Le bon éclairage – critères de qualité

Critères de qualité classiques

- Couleur de lumière adéquate
- Bonne composition des ombres
- Distribution harmonieuse des luminosités
- Éviter les miroitements et les reflets
- Niveau d'éclairage suffisant
- Limitation de l'éblouissement
- Rendu des couleurs approprié

Nouveaux critères de qualité

- Modification des conditions de luminosité
- Influence individuelle
- Efficacité énergétique
- Intégration
- La lumière comme élément l'aménagement des espaces



Éclairage – définition

Éclairage à maintenir \bar{E}_m

La valeur en-dessous de laquelle l'éclairage ne doit pas baisser dans la zone de la tâche visuelle.

Zone de la tâche visuelle

les éclairages sont toujours définis pour des tâches visuelles précises et sont prévus pour la zone dans laquelle elles peuvent avoir lieu. À défaut de connaître la position exacte, la détermination se fait sur la base de la pièce entière ou d'une zone de travail définie. La zone de la tâche visuelle peut être horizontale, verticale ou inclinée.

Environnement immédiat de la zone de la tâche visuelle

Là, l'éclairage peut être plus faible que dans la zone de la tâche visuelle (p. ex. 300 lx contre 500 lx).

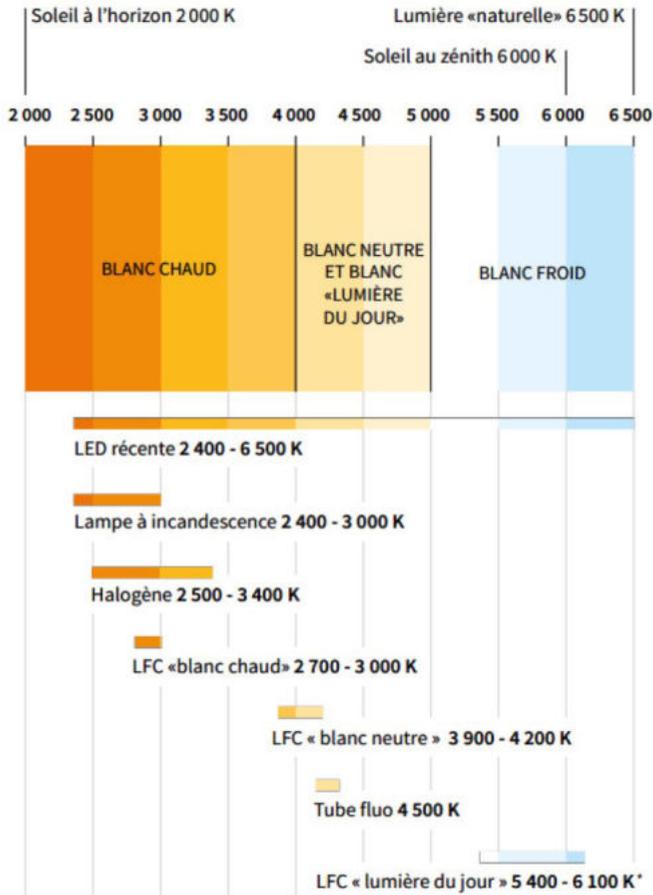
Que dit la réglementation ?

La norme NF EN 12464-1 précise les **niveaux d'éclairage moyen** à maintenir selon 260 types de tâches de travail, quel que soit l'âge de l'installation. Par exemple, l'éclairage d'un couloir est de 100 lux, celui d'une salle de réunion de 500, les lieux de cultes tel que **les mosquées sont fixées entre 80 et 250 lux** selon les parties du plan architecturale.



Températures de couleur, ambiances et types de lampes

L'ambiance produite par une source lumineuse peut être « chaude » et reposante ou « froide » et dynamique. Cela dépend de la « température de couleur » de la lumière, exprimée en kelvins (K). Plus elle est basse, plus la lumière émise tend vers les couleurs chaudes (< 4 000 K). Plus elle est élevée, plus elle tend vers le bleu (> 5 300 K).



Type d'éclairage

L'éclairage direct

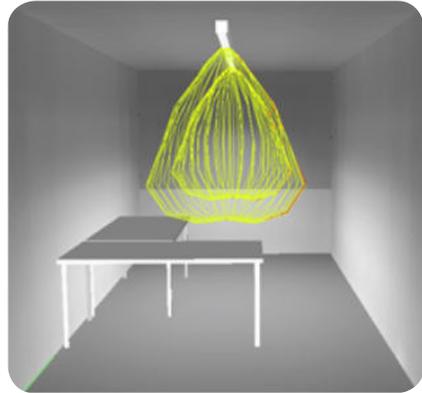
La lumière est projetée directement du luminaire vers la surface de travail.

Avantages

La lumière n'est pas réfléchi avant d'atteindre la tâche à éclairer. Le rendement est donc meilleur que celui d'un système comprenant une partie indirecte.

Inconvénients

Il existe un risque d'éblouissement et de contraste entre des zones sombres (par exemple le plafond) et des zones lumineuses. Dans le but de réduire l'éblouissement direct, on placera, par exemple, des ventelles de défilement.



L'éclairage indirect

Une surface, le plafond ou les murs sont utilisés comme réflecteur pour diffuser la lumière.

Avantages

La diffusion de la lumière par le plafond et une répartition uniforme des luminances offrent une bonne protection contre l'éblouissement. En éclairage d'ambiance, l'indirect peut donner des ambiances lumineuses intéressantes.

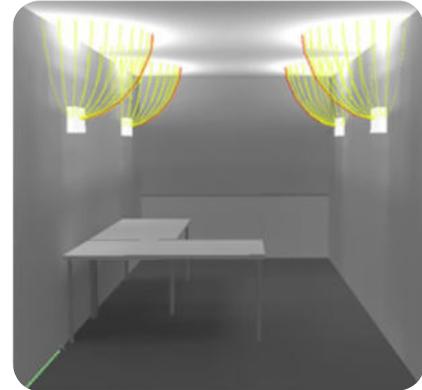
Inconvénients

Vu que la lumière est réfléchi avant d'atteindre la tâche à éclairer, ce mode d'éclairage a un moins bon rendement et demande, à niveau d'éclairage égal, une puissance installée supérieure à celle du système direct.

L'éclairage dépend fortement des coefficients de réflexion des parois sur lesquelles la lumière est réfléchi.

Il faut donc porter une attention toute particulière à l'entretien des surfaces du local afin que le rendement ne diminue pas au cours du temps.

Ainsi, lors d'un remplacement de luminaires, un rafraîchissement du plafond peut être nécessaire.



De plus les luminaires indirects sont, par leur disposition, fortement soumis aux poussières et autres saletés (insectes morts, ...). Cet inconvénient devient délicat lorsqu'une partie translucide permet une diffusion de lumière vers le bas et que les insectes viennent s'y accumuler (cas des luminaires «lumière douce»).

Ce type d'éclairage ne produit pas d'ombre. Il peut donc être monotone et rendre difficile la perception d'objets tridimensionnels.

Enfin, il faut veiller à ne pas utiliser des sources trop lumineuses qui rendent le plafond éblouissant.

L'éclairage mixte

Ce mode d'éclairage combine l'éclairage direct et l'éclairage indirect. La partie indirecte reste toutefois dominante.

Avantages

Les avantages de ce mode d'éclairage sont identiques à ceux de l'éclairage indirect : répartition uniforme et absence d'éblouissement. De plus, la partie directe crée des ombres avantageuses et permet de réduire la luminance du plafond.

Les différences de luminance dans la pièce sont nettement moins marquées que dans le cas d'un éclairage direct.

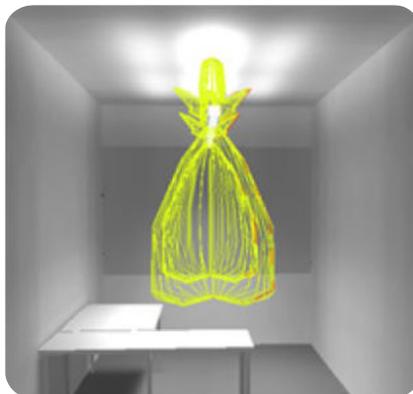
Il est avantageux dans des pièces à plafond haut et évite la perception d'une zone sombre au plafond.

Dans le cas de parois très claires, ce système présente de bons rendements.

Inconvénients

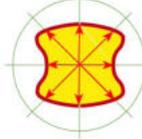
L'inconvénient principal est identique à celui du système d'éclairage indirect : rendement très sensible aux coefficients de réflexion des parois. Il est cependant moins marqué puisqu'une partie de l'éclairage est dirigé directement vers le plan de travail.

Il existe des luminaires dont une même source produit l'éclairage indirect et direct. D'autres ont deux sources distinctes avec commandes séparées.



Classement simplifié des luminaires

Pour un éclairage confortable pour les fidèles, il vaut mieux privilégier la répartition semi-directe vus l'architecture et la structures de la plupart des mosquées.

LUMINAIRE	DIRECT INTENSIF	DIRECT EXTENSIF	SEMI-DIRECT	INDIRECT
RÉPARTITION D'INTENSITÉ				
CLASSES PHOTOMÉTRIQUES	A à E	F à J	Superposition de : appareils directs de classe A à J + appareils indirects	T

Luminaire et automatismes

Détection de mouvement

Le détecteur de mouvement utilise des technologies passives infrarouges ou actives radio hyperfréquences ou ultrasoniques. Il comprend un capteur sensible au déplacement des personnes, couplé à des composants électroniques traitant les signaux. Intégré ou non dans le luminaire, il peut commander un ou plusieurs appareils, être raccordé à un système de gestion centralisée via une interface de communication afin de gérer plusieurs espaces ou piloter plusieurs fonctions. La généralisation de ce dispositif au niveau des toilettes et des zones d'ablution permettra une économie d'énergie.

Détection de lumière du jour

Un capteur de lumière, associé ou non au détecteur de mouvement, permet de contrôler le niveau d'éclairage d'une zone bénéficiant de lumière du jour et régule l'éclairage artificiel en fonction de ces apports de lumière gratuite. Cela permet d'obtenir un niveau d'éclairage constant et de réaliser d'importantes économies, les consommations étant modulées en conséquence. Ces dispositifs sont surtout efficaces dans les espaces éclairés pendant de longues durées (halls d'accueils, circulations...). Il est préconisé d'installer ce type d'équipement dans les zones extérieures des Mosquées.

Multi-détection

Certains systèmes associent de multiples fonctions : détection de lumière du jour, de mouvement, temporisation, voire préavis d'extinction.

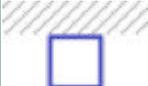
Gestion centralisée

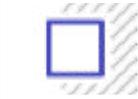
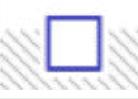
De nombreux protocoles et systèmes de communication intelligents (DALI, KNX, LON...) permettent d'aller au-delà de ces automatismes simples pour ajouter des fonctions de recueil d'informations et de télégestion. Avec une gestion fine des ambiances et une flexibilité de l'installation d'éclairage (voire l'interconnectivité de plusieurs systèmes), il est possible d'améliorer encore l'efficacité énergétique et le confort des usagers.

S'intéressant à l'ensemble des bâtiments, cette gestion peut s'avérer très efficace, notamment en permettant de commander l'éclairage des paliers à l'ouverture des ascenseurs, l'allumage et l'extinction automatiques à heures fixes, la programmation des durées d'éclairage, la variation de l'éclairage artificiel en fonction des apports de lumière naturelle.

Type de montage des luminaires

De nombreuses possibilités d'accroches sont disponibles sur le marché selon le montage prévu du luminaire :

Type de luminaire	Type de montage	Schéma	Dispositif
Downlight et encastré dans un faux plafond	Montage par dessus		Posé sur l'ossature du faux plafond + filins de sécurité fixés au «vrai» plafond
	Montage par dessous		Fixé sur faux plafond (pris en «sandwich») par un système de ressort, brancard ou drapeau + fixation sur «vrai» plafond par tiges filetées
Plafonnier	Au plafond en saillie		Par vis, plusieurs oblongs orthogonaux entre eux sont bienvenus sur le luminaire pour absorber les erreurs de perçage
Suspension, gamelle	Suspendu au plafond		Dispositifs souple (type filin de sécurité) ou rigide (tige filetée). De nombreux accessoires sont disponibles chez les fabricants, pour s'adapter aussi bien aux spécificités du luminaire (trous, insert filetés...) qu'à celles du plafond (bois, béton, plâtre...)
Applique et hublot	Mural en saillie		Par vis, plusieurs oblongs orthogonaux entre eux sont bienvenus sur le luminaire pour absorber les erreurs de perçage

Encastré mural	Encastré dans le mur		Réservation à effectuer dans le mur, fixation par vis ou par ressorts
Projecteur	En saillie variable		Généralement par vis (au travers d'une lyre par exemple)
Spots sur rail	Sur rail (3 allumages)		Par un connecteur adapté qui assure à la fois la fixation mécanique et la connexion électrique
Lampadaire et lampe de bureau	Posé		Sans objet
Encastré de sol	Encastré dans le sol		Réservation à effectuer, fixation par vis

Les méthodes de dimensionnement

Le calcul de base des installations d'éclairage (le dimensionnement proprement dit) est essentiel. Ce calcul fait appel à des méthodes plus ou moins complexes, qui ont un peu évolué au cours du temps. Aujourd'hui il existe deux normes de dimensionnement des installations d'éclairage. De nombreuses tables figurent dans ces normes mais nous ne les reproduisons pas ici telles qu'elles : nous adopterons une démarche compatible, mais plus simple et un peu plus rapide.

Les normes de dimensionnement (éclairage)

- > **La norme NFS 40-001** peut être considérée comme la référence, servant essentiellement aux fabricants et distributeurs de luminaires pour établir les tables de calcul de leurs appareils.
- > **La norme NF C 71-121** simplifie un peu l'application de la norme précédente, mais reste utilisée dans les mêmes conditions.

Le dimensionnement par la méthode de l'utilance

Cette méthode consiste à dimensionner l'éclairage en prenant en compte de façon détaillée toutes les caractéristiques du local : dimensions, coefficient de réflexion des parois, position des luminaires, vieillissement des lampes.

Base de calcul pour chaque local :

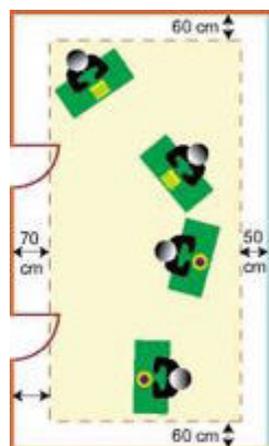
- Zone de calcul ;
- Éclairage moyen minimum ;
- Couleur et coefficient de réflexion des parois ;
- Facteur de maintenance ;
- Caractéristiques du luminaire ;
- Le calcul détermine ;
- Indice du local ;
- Utilance du local ;
- Nombre de luminaires et leur disposition.

Zone de calcul

Dans la plupart des locaux, l'éclairage moyen et l'uniformité doivent être calculés sur une surface égale à la surface du local, de laquelle on soustrait une bande de 50 cm le long des murs sans porte et une bande de 70 cm le long des murs avec portes. En principe, aucune tâche visuelle n'est censée être exécutée dans ces zones «mortes».

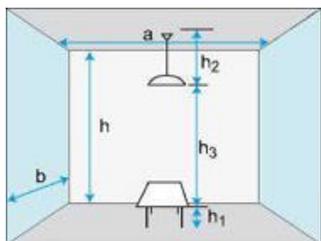
La surface résultante obtenue est appelée «zone de travail». La totalité de la surface du local est considérée, il faudra une puissance installée plus importante pour atteindre le niveau d'éclairage moyen requis.

Dans les couloirs et sanitaires, la zone de travail est égale à la surface au sol.



Zone de calcul de l'éclairage

Indice du local : K



Dimensions du local, plan des luminaires et plan de travail

L'indice K du local se déduit des dimensions géométriques, de la hauteur du plan des luminaires et de la hauteur du plan de travail.

Indice du local : K

$h3 = h - h1 - h2$	a : longueur du local b : largeur du local h : hauteur du local
$K = a \times b a + b \times h3$	$h1$: hauteur du plan de travail, en général 0,85 m
	$h2$: hauteur de suspension des luminaires
	$h3$: hauteur du luminaire au-dessus du plan utile

L'indice K est arrondi aux valeurs suivantes : 0,6 - 0,8 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5

Facteur de suspension : J

Équation :

Facteur de suspension : J

$j = h2h2 + h3$	$h1$: hauteur du plan de travail, en général 0,85 m $h2$: hauteur de suspension des luminaires $h3$: hauteur du luminaire au-dessus du plan utile
-----------------	--

On ne retient habituellement que 2 valeurs :

- J = 0 : luminaire contre le plafond
- J = 0,33 : luminaire suspendu

Éclairage moyen minimum

L'éclairage moyen recommandé est déduit des tableaux 13 et 14 suivant la nature du local. Compte tenu des caractéristiques des luminaires, de leur nombre et de leur disposition, le résultat du calcul amène à faire un choix entre :

- un éclairage moyen légèrement inférieur à la valeur recommandée avec une puissance moindre ;
- un éclairage moyen légèrement supérieur à la valeur recommandée avec une puissance plus élevée.

La première solution sera préférée pour des raisons d'Efficacité Énergétique et pour limiter le surdimensionnement en début d'installation.

On peut être amené à faire un calcul plus fin pour les locaux administratifs comportant des plans de travail (bureaux), en définissant deux niveaux d'éclairage : l'un pour la zone de travail, l'autre en tout point du plan de travail. Si la position du plan de travail n'est pas connue, il faudra respecter l'éclairage minimum spécifié pour le plan de travail dans toute la zone de travail.

Uniformité

L'uniformité de l'éclairage recommandée dans la zone de travail doit être de :

$$E_{min} / E_{moyen} = 0,67$$

Cette uniformité permet d'obtenir, approximativement, un niveau d'éclairage moyen de 500 lux avec un minimum de 300 lux.

Il est inutile d'exiger une uniformité plus importante car elle augmente le nombre de luminaires et l'investissement. Inversement, une uniformité moindre nuit au confort.

Coefficient de réflexion des parois

En règle générale les couleurs sont relativement claires et on peut faire les calculs pour des valeurs moyennes.

Si les couleurs des parois sont définies, et particulièrement si les parois sont de couleur foncée, les coefficients de réflexion choisis pour le dimensionnement devront correspondre à ces couleurs.

Plafond

La couleur du plafond joue un rôle peu important sur l'éclairage artificiel direct. Son rôle devient primordial lorsqu'il s'agit de distribuer la lumière naturelle en profondeur dans le local. La valorisation maximum de cet éclairage naturel permet une diminution des consommations électriques.

En éclairage indirect, le plafond sert de diffuseur de la lumière. Il doit toujours avoir le coefficient de réflexion le plus élevé.

Murs

La couleur des murs a un rôle d'autant plus important que les luminaires utilisés ont une distribution extensive. Les parois vitrées ont un rôle négligeable pour la réflexion.

Sol

Le plancher est rarement complètement libre et dégagé. Le mobilier représente souvent une surface importante. La couleur du sol a donc peu d'influence sur la qualité de l'éclairage artificiel.

Couleur du plan de travail

La clarté des tables de travail constitue un élément favorable au confort visuel. La réduction du contraste entre le support papier et la table diminue les efforts d'accommodation de l'œil à chacun de ses déplacements. Il est conseillé d'utiliser des revêtements mats pour les parois du local et surtout pour les tables de travail pour limiter les luminances excessives et les risques d'éblouissement.

Facteurs de réflexion	
Blanc brillant	80 %
Blanc mat	70 %
Couleurs claires	50 %
Couleurs vives	30 %
Couleurs foncées	10 %
Vitrages sans rideaux	10 %

La codification s'exprime par 3 chiffres correspondant en % aux coloris : plafond, murs, plan utile. Les parois vitrées ont un rôle négligeable pour la réflexion et ne sont pas prises en compte.

Codification des facteurs de réflexion					
Références habituelles	Très clair	Clair	Moyen	Sombre	Noir
Plafond	8	7	5	3	0
Murs	7	5	3	1	0
Plan utile	3	3	1	1	0

Exemple : 751 correspond à :

- > Facteur de réflexion 70 % du plafond
- > Facteur de réflexion 50 % des murs
- > Facteur réflexion 10 % du plan utile

Facteurs de réflexion par défaut

En l'absence de données réelles, on utilise les valeurs suivantes :

Facteurs de réflexion	
Plafond	0,7
Parois opaques	0,5
Sol	0,3

Facteur de maintenance

L'installation doit fournir les niveaux d'éclairement requis durant toute sa durée de vie. Pour tenir compte de la diminution du flux lumineux avec l'âge (diminution du flux des lampes, encrassement des lampes et luminaires), le dimensionnement de l'installation doit intégrer la notion de facteur de maintenance qui surdimensionne l'installation d'origine.

Facteur d'empoussièrement «e»

Il tient compte de la baisse du flux lumineux dû au niveau d'empoussièrement des lampes.

Il existe trois niveaux :

Facteur d'empoussièrement	
Faible	1,1
Moyen	1,25
Fort	14

Facteur de dépréciation «d»

En cours d'utilisation, le flux émis par une lampe baisse ; les causes sont diverses :

- les parois du local vieillissent et sont moins réfléchissantes.
- les lampes ont tendance à s'user et le flux lumineux produit diminue selon la maintenance, changement périodique des lampes.

Pour tenir compte de ces événements, l'Association Française de l'Éclairage (A.F.E.) indique les valeurs suivantes :

Facteur de dépréciation	
Incandescence courante	1,10
Incandescence aux halogènes	1,00
Tube fluorescent	1,20
Vapeur de mercure ballon fluorescent	1,20
Halogènes métalliques	1,35
Vapeur de sodium	1,10

Facteur de maintenance

Il combine le facteur d'empoussièrement et le facteur de dépréciation.

Il tient compte de la baisse du flux lumineux, du niveau d'empoussièrement des lampes et du luminaire, de l'altération des couleurs des parois du local. Il varie selon l'activité dans ce local.

À défaut de précisions, l'on pourra prendre les coefficients donnés par l'A.F.E. (Association Française de l'Éclairage).

Facteur de maintenance fm	
Faible	1,25
Moyen	1,40
Fort	1,60

Classe des luminaires

Les fabricants donnent pour chaque luminaire une lettre qui définit la classe du luminaire. Cette lettre varie de A à J.

À chaque classe est associé le rendement du luminaire h.

Détermination de l'utilance

L'utilance U_i est le rapport du flux utile (reçu par le plan de travail) au flux total sortant des luminaires.

On détermine l'utilance à l'aide de tableaux définis par 4 variables :

- la valeur de J ;
- la valeur de K ;
- les facteurs de réflexion des parois ;
- la classe du luminaire.

Exemple de tableau pour un luminaire de classe C et J = 0 :

On détermine la valeur de l'utilance à l'intersection de l'indice du local et du facteur de réflexion, 85 % dans l'exemple, soit une utilance de 0,85.

Tableau de détermination de l'utilance : classe C et J = 0															
Facteur de réflexion		873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000
Indice du local	0,60	66	61	65	60	52	50	43	38	49	42	38	42	38	36
	0,80	78	71	75	969	63	59	52	47	58	52	47	51	47	45
	1,00	86	77	83	76	71	66	60	55	56	59	54	58	54	52
	1,25	93	83	90	81	79	73	67	62	72	66	62	65	62	59
	1,50	98	86	95	85	85	78	72	67	76	71	67	70	66	64
	2,00	105	92	102	90	93	84	79	75	82	78	74	77	72	71
	2,50	110	-5	706	93	98	88	84	80	86	82	79	81	78	76
	3,00	113	79	709	96	702	91	87	84	89	86	83	84	82	79
	4,00	117	100	113	98	708	95	92	89	93	90	88	89	86	84
	5,00	120	101	116	100	111	97	95	92	95	93	91	91	89	87

Flux lumineux à fournir

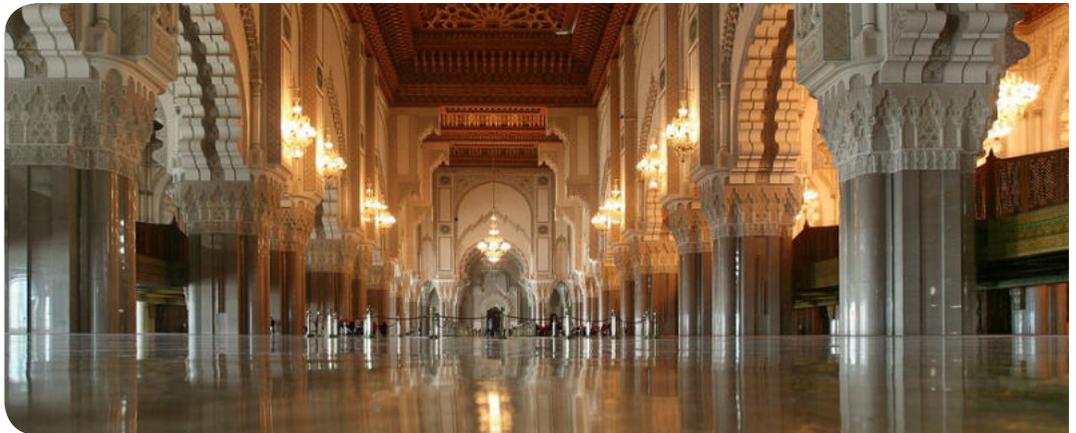
Flux lumineux à fournir	
$F = E \times a \times b \times e \times d \times \eta \times U_i$	E : éclairage demandé en lux
	a : longueur du local en m
	b : largeur du local en m.
	U_i : facteur d'utilance
	η : rendement du luminaire
	e : facteur d'empoussièremet
	d : facteur de dépréciation le produit e.d peut être remplacé par le facteur de maintenance f_m

Nombre de luminaires

Flux lumineux à fournir	
$N = Ff$	N : nombre de luminaires
	F : flux lumineux total à produire en lumens
	f : flux lumineux à produire

Le calcul donne un nombre de luminaires qui sera arrondi par excès à un nombre entier de rangées et de colonnes. Le nombre obtenu permet de recalculer l'éclairage obtenu en fin de vie des lampes.

Flux lumineux à fournir	
$F = F_n \times n \times \eta \times U_i \times a \times b \times e \times d$	f : flux lumineux produit par un appareil
	n : nombre de luminaires
	a : longueur du local en m
	b : largeur du local en m
	U _i : facteur d'utilance
	η : rendement du luminaire
	e : facteur d'empoussièrement
	d : facteur de dépréciation le produit e.d peut être remplacé par le facteur de maintenance f _m



Disposition des luminaires

La répartition des luminaires peut être fonction :

- de l'emplacement des postes de travail ;
- de la constitution du plafond ;
- de la présence d'obstacle (poutres apparentes, caissons, etc.)
- du nombre de point lumineux.

Les valeurs des distances entre luminaires dépendent de la classe des luminaires et de la hauteur utile h_3 .

Le tableau ci-dessous donne des coefficients de distance maximale entre deux luminaires, en fonction de la classe du luminaire.

Flux lumineux à fournir			
Luminaires catégorie F1		Luminaires catégorie F2	
Classe	Distance maximale entre 2 luminaires	Classe	Distance maximale entre 2 luminaires
A	$DM \leq 1 \times h_3$	F	$DM \leq 2 \times h_3$
B	$1,1 \times h_3$	G	$2 \times h_3$
C	$1,3 \times h_3$	H	$1,9 \times h_3$
D	$1,6 \times h_3$	I	$2 \times h_3$
E	$1,9 \times h_3$	J	$2,3 \times h_3$

Les valeurs des interdistances DM (distance entre les luminaires) sont des valeurs minimales.

En bordure des murs, on prendra $DM/2$ de façon à ce que les angles ou le milieu du local présentent le même éclairage.

Exemple de calcul : Mosquée Koutoubia

Éclairage recommandé

Selon la norme I2 464 pour les lieux de culte : 80 lux.

Dimensions du local

- longueur $a = 90$ m ;
- largeur $b = 60$ m ;
- hauteur $h = 11$ m ;
- luminaire suspendus : $h_2 = 7$ m ;
- hauteur utile $h_3 = (11 - 7) = 4$ m.

Facteurs de réflexion du local

- plafond = blanc clair soit 70 % = 7
- murs = clairs soit 50 % = 5
- plan utile = clair soit 30 % = 3 Soit coefficient. de réflexion 753

Calcul de l'indice K du local

Équation :

$$K = \frac{a \times b \times h}{a^2 + b^2 + h^2} = \frac{90 \times 60 \times 90}{90^2 + 60^2 + 9^2} \text{ arro d à } 5 \text{ (maximum)}$$

Calcul de l'indice J du local

$$j = \frac{h^2}{h^2 + h^3} = 0,64 ; 0,33 \text{ retenue}$$

Choix du luminaire

On choisit un type de lampe LED de culot E27 et de puissance de 12W de couleur 4000K et de brillance (H.R.) = 1 000 lm avec un rendement de 0,62.

Détermination de l'utilance U_i

À l'intersection de la colonne 753 et de la ligne indice K = 5, on lit la valeur de l'utilance $U_i = 111$ (111 %).

Facteur de maintenance

On prend un facteur de maintenance f_m de 1,25 (entretien régulier avec peu d'empoussièrement).

Flux lumineux à fournir

Équation :

$$F = E \times a \times b \times f_m \times \eta \times U_i = 80 \times 90 \times 60 \times 1,25 \times 0,62 \times 1,11 = 784\,655 \text{ lm}$$

Calcul du nombre d'appareils «N»

Équation :

$$N = \frac{F}{f} = \frac{784\,655}{1000} = 785 \text{ appareils}$$

Uniformité

Selon le tableau du Coefficient d'interdistance des luminaires :
Pour les appareils de classe C, $DM \leq 5,2$

Éclairage réel total obtenu

Équation : Éclairage en fin de vie des lampes

$$E = f \times n \times \eta \times U_i \alpha \times b \times f_m = 1000 \times 785 \times 0,62 \times 1,1190 \times 60 \times 1,25 = 80 \text{ lux}$$

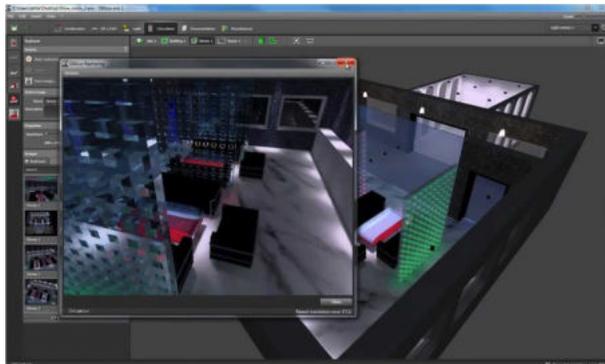
Éclairage en début de vie des lampes :

$$E = E \times 1,25 = 100 \text{ lux}$$

En pratique ?

De nombreux outils sont disponibles. Après avoir déterminé le type de lampe, le ballast et le luminaire à utiliser, les outils suivants permettent par exemple de dimensionner l'installation (nombre et position des appareils) : DIALux et RELux.

Ces logiciels de calcul sont gratuits. Ils sont neutres et indépendants vis-à-vis des fabricants et permettent de simuler un système d'éclairage en tenant compte des caractéristiques réelles de la plupart des produits disponibles sur le marché.



Un aperçu du logiciel Dialux

Ces logiciels permettent de vérifier que le système d'éclairage répondra bien aux exigences de confort visuel. Il permet ainsi de calculer les niveaux d'éclairage, l'uniformité et le taux d'éblouissement d'inconfort (UGR).

Les outils proposés par les fabricants de luminaires

L'étape intermédiaire entre l'utilisation des fichiers Excel et celui des logiciels DIALux et RELUX, est le recours aux logiciels proposés sur le site des constructeurs de luminaires. Ceux-ci permettent d'utiliser les caractéristiques réelles des appareils. Les résultats se limitent souvent à la valeur de l'éclairage moyen réalisé.

Le recours à un professionnel de l'éclairage

L'utilisation des logiciels plus poussés (Dialux et RELUX) nécessite une certaine expérience. Les professionnels de l'éclairage seront sûrement d'une aide utile lors de cette phase de dimensionnement.

Éléments importants pour la réussite du projet

La réussite de la rénovation du poste éclairage doit intégrer plusieurs composantes :

- la **sensibilisation des utilisateurs** sur les enjeux énergétiques du poste éclairage et des bonnes pratiques associées ;
- le **choix des sources de lumière**. Celui-ci doit être déterminé en tenant compte du flux lumineux de la lampe (en lm), de sa puissance électrique (en W), de son efficacité lumineuse (en lm/W), de sa durée de vie, de sa température de couleur et de l'indice de rendu des couleurs (IRC) caractérisant la capacité de la lampe à restituer les couleurs naturelles ;
- le choix des auxiliaires et automatismes pour une **gestion efficace de l'éclairage**, permettant d'adapter la consommation de l'éclairage au besoin réel. Cela pourra être, par exemple, une détection de mouvement, une détection de lumière du jour ou une gestion centralisée ;
- la réglementation en vigueur et les **normes d'éclairage** et d'installation ;
- une **approche en coût global** considérant le coût sur l'ensemble de la durée de vie de l'équipement choisi.

Que faire de ses lampes fluocompactes et lampes à LED usagées ?

Non dangereuse en cours d'utilisation, la présence de mercure dans le tube des lampes fluocompactes en fait un déchet dangereux nécessitant une élimination particulière. Il ne faut ni les casser, ni les jeter à la poubelle. De plus, elles contiennent des composants électroniques.

Les lampes à LED sont des composants électroniques qui doivent suivre la filière de valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques.

Ces deux types de lampes doivent être rapportées au distributeur, qui est tenu de les reprendre, ou déposées en déchèterie si elle est équipée de bacs adaptés.

Que faire si on casse une lampe fluocompacte ?

Si vous cassez une lampe fluocompacte, vous ne courez pas de danger, car elle ne contient que 0,005 % de mercure mélangé au gaz inerte contenu dans le tube. Certaines sont équipées d'un manchon qui évite la dispersion du mercure en cas de casse.

Prenez malgré tout quelques précautions : aérez, ramassez les morceaux avec un balai et non un aspirateur, mettez-les dans un sac fermé et portez ce sac en déchèterie.

Dimensionnement éclairage

Dimensions du local

Eclairage recommandé : $E = 80$ lux
Longueur : $a = 90$ m
Hauteur : $h = 11$ m
Luminaires suspendus : $h_2 = 7$ m
Hauteur utile : $h_3 = 4$ m

Facteur de réflexion du local

Plafond = blanc clair : 70% 7
Murs = clairs : 50% 5
Plan utile = clair : 30% 3

Calcul de l'indice K

$$K = \frac{axb}{(a+b)h_3} = 9 \text{ arrondi à } 5$$

Calcul de l'indice J du local

$$J = \frac{h_2}{h_2+h_3} = 0,636363636 \text{ arrondi à } 0,33$$

Choix du luminaire

Dénomination : lampe LED de culot E27 et de puissance de 12W de couleur 4000K
Brillance : $f = 1000$ lumens
UTILANCE : $U_i = 111\%$
facteur de maintenance f_m : $f_m = 1,25$
Rendement du luminaire : $n = 0,62$

Flux lumineux à fournir

$$F = \frac{Eaxbxfm}{\eta x U_i} = 784655,6 \text{ lumens}$$

Calcul du nombre d'appareils «N»

$$N = \frac{F}{f} = 785 \text{ luminaires}$$

Implantation

Distance maximale entre 2 luminaires : $DM = 5,2$ m

Implantation

$$E = \frac{fxn \times \eta x U_i}{axbxfm} = 80,04 \text{ lux}$$

$$E = E \times 1,25 = 100 \text{ lux}$$





AMEE

Espace les Patios 1^{er} Etage,
Angle Av Anakhil et Av Ben Barka
Hay Riad - Rabat
Tél : 05 37 28 73 53
Fax : 05 37 71 79 29
contact@amee.ma