

L'éclairage artificiel dans les bâtiments

Présentation générale

Les principales grandeurs physiques caractérisant la lumière

Flux lumineux

Quantité de lumière émise dans tout l'environnement par une source lumineuse

unité : lumen (lm)

Eclairement

Quantité de lumière reçue par une surface, ramenée à la superficie de cette surface (densité surfacique de flux)

unité : lux (homogène à des lm/m^2)

$$E = \Phi_i / S$$

Intensité lumineuse

Quantité de lumière émise dans une direction donnée

unité : candela (cd)



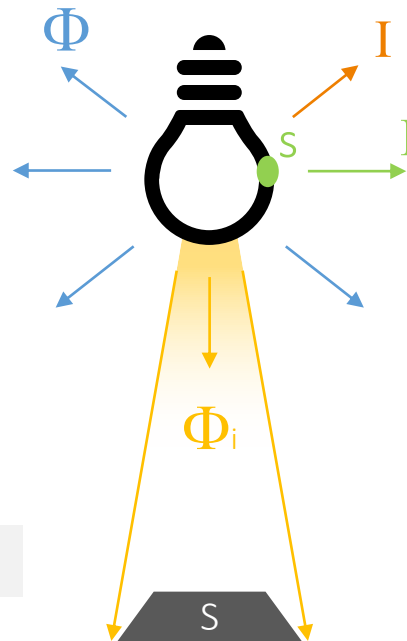
$$L = I / s$$

Luminance

Quantité de lumière émise dans une direction donnée, ramenée à la surface apparente de la source

unité : $\text{candela}/\text{m}^2$ (cd/m^2)

Grandeur représentative de la perception de la luminosité



Quelques ordres de grandeur...

Flux

Lampe halogène 75 W = 1300 lm
Lampe LED 10 W = 1000 lm
Tube fluorescent T8 58 W = 5000 lm

Eclairement

Extérieur en pleine lune = 0,1 lux
Extérieur en plein Soleil = 100 000 lux
Extérieur en ciel couvert = 10 000 lux
Sur le bureau = 300 - 600 lux

Luminance

Soleil : 1 milliard de cd/m^2
Tube fluorescent = 30 000 cd/m^2
LED = plusieurs millions de cd/m^2
Ecran d'ordinateur = 100 à 300 cd/m^2

Quelques outils de mesure...

Luxmètre
(éclairement, lux)



Luminancemètre
(luminance, cd/m^2)



Illustrations : sensing.konicaminolta.us

Les principales technologies de l'éclairage artificiel



Sources à rayonnement thermique

Lampes à incandescence
Lampes halogènes à incandescence

T5 (diam. 16 mm)
T8 (diam. 26 mm)

Lampes à décharge (gaz)

Lampes à décharge basse pression (fluorescentes, fluocompactes)
Lampes à décharge haute pression, en extérieur
(iodures métalliques, vapeur de sodium HP, vapeur de mercure)

« néons » = tubes fluorescents

lampes « ECO » ou « LFC »
= lampes fluocompactes

SHP= vapeur de sodium haute-pression



Sources semi-conductrices (électroluminescence)

LED

Source ou luminaire ?

On différencie la source lumineuse (ampoule, tube) du luminaire dans laquelle on l'insère. Le luminaire a un flux global et une puissance de fonctionnement globale. Cette distinction ne se fait plus pour les luminaires LED où il n'y a souvent plus de source distincte de luminaire (puces LED intégrées au luminaire).



Luminaire direct ou indirect ?

Le luminaire fournit un éclairage :

- direct lorsqu'il éclaire « vers le bas » ;
- indirect lorsqu'il éclaire « vers le haut » (flux lumineux réfléchi sur le plafond/parois).

Appareillages : ballast ou driver ?



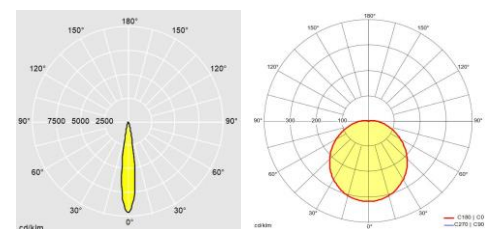
Des appareillages sont nécessaires pour raccorder les technologies "à décharge" et LED sur le réseau (230V-50Hz) :

- ballast (magnétique ou électronique) pour le tube fluorescent et la FLC ;
- driver pour les LEDs.

Il est recommandé d'enlever le ballast d'un luminaire lorsqu'un tube fluorescent est remplacé par un tube LED (le tube LED intègre son propre driver)

Courbe photométrique

La courbe photométrique (ou indicatrice d'intensité) est une représentation de la répartition dans l'espace du flux lumineux émis par le luminaire. Elle indique si la photométrie du luminaire est intensive ou extensive ; directe ou indirecte.



Illustrations : THORN, OSRAM, PHILIPS Lighting

Les principaux indicateurs et caractéristiques de l'éclairage (1/2)

Puissance, flux et efficacité lumineuse

La **puissance** de la source ou du luminaire (Watt, W) est consommée pour produire le **flux lumineux** correspondant (lumen, lm).

Le ratio entre le flux lumineux et la puissance consommée est l'**efficacité lumineuse** (lm/W). Celle-ci mesure le caractère économe du luminaire.

L'efficacité lumineuse varie en fonction de la technologie. Il est donc important de « parler en lumen » quand on substitue une technologie à une autre (pour garder la même quantité de lumière, il faut adapter la puissance électrique).

Température de couleur proximale

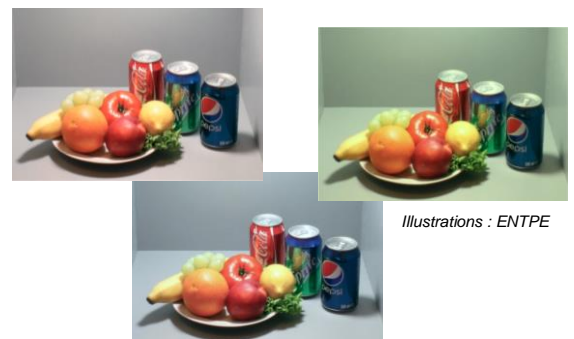


La **température de couleur proximale** (Kelvin, K) qualifie le ressenti de la lumière blanche. Elle est généralement comprise entre 2400 K et 6500 K ("lumière du jour") : on parle de "blanc chaud" (en-dessous de 3300 K), "neutre" ou "froid" (au-dessus de 5300 K). Il s'agit d'un indicateur de ressenti, il n'y a aucun lien avec la température de la source lumineuse.

Abréviation : T_{cp} ou CCT.

Indice de rendu des couleurs

La perception d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire. L'**indice de rendu des couleurs** caractérise la fidélité d'un éclairage à reproduire les couleurs des objets en comparaison d'un éclairage de référence (lumière du jour ou incandescence). Sa valeur varie entre 0 et 100 (cet indicateur n'a pas d'unité).
Abréviation : Ra, CRI ou IRC.



Illustrations : ENTPE

Code couleur des tubes fluorescents

Exemple : **Code = 840**
IRC compris entre 80 et 89
CCT = 4000 K

Le code couleur est indiqué sur les tubes fluorescents, sous la forme "YYY"
Première partie X = renseigne sur l' indice de rendu des couleurs
Deuxième partie YY = renseigne sur la température de couleur

Durée de vie

La durée de vie peut être un indicateur :

- de la décroissance de flux de la source au cours du temps (par exemple 80% de flux initial) ;
- du temps à l'issue duquel un certain taux de lampes ne fonctionne plus (par exemple 50% des lampes considérées).

Elle est fonction des conditions d'utilisation (température, etc.).

Une durée de vie de **50000 heures** correspond à un éclairage de :
12h/jour pendant 11,5 ans
8h/jour pendant 17 ans

Les principaux indicateurs et caractéristiques de l'éclairage (2/2)

UGR = Unified Glare Rating

L'**UGR** est un indicateur caractérisant l'éblouissement d'inconfort ressenti par l'occupant. Il se base sur la luminance de la source, sa taille, sa position par rapport à l'occupant, et la luminance de l'ensemble du champ visuel (contraste). Les valeurs de l'UGR s'échelonnent de 10 à 31 (paliers sensitifs par 3 unités). Il est considéré qu'une valeur UGR = 19 correspond à un éblouissement "acceptable" (environnement de bureaux).

Indices de protection IP et IK

L'**indice de protection IP** représente le degré de protection du luminaire contre :

- le contact direct et la pénétration de corps étrangers (1^{er} chiffre de l'indice IP) ;
- l'eau (2^{ème} chiffre de l'indice IP).

IP0X à IP6X
IPX0 à IPX8

L'**indice de protection IK** représente le degré de résistance aux chocs du luminaire.

IK00 à IK10

Ordres de grandeur (principales technologies)

Technologie	Puissance courante	Efficacité	Indice de rendu des couleurs	Température de couleur	Durée de vie (température ambiante)
Incandescence	15-500 W	10-20 lm/W	100	2700 K	1000 h
Halogène	40-2000 W	20-25 lm/W	100	2900-3200 K	1500-8000 h
Tubes fluorescents	6-80 W	60-100 lm/W	60-95	2700-6500 K	6000-20000 h
Lampes fluocompactes	5-57 W	60-90 lm/W	85	2700-6500 K	10000 - 20000 h
LED	1-70 W (int.) /1400 W (ext.)	90-150 lm/W	80-95	2400-6500 K	35000 - 100000 h
Iodures métalliques	35-2000 W	80-100 lm/W	80-90	2800-4200 K	8000-15000 h
Sodium haute pression	50-2000 W	70-150 lm/W	25-60	2000-2500 K	16000 h
Vapeur de mercure	50-1000 W	40-60 lm/W	50-60	3400-4200 K	10000 h

Les principaux équipements de commande

Allumage et extinction

Coût du système
20€ à 200€

En fonction de la technologie,
et de l'angle ou de la distance de détection

Interrupteur on/off

La commande d'interrupteur usuelle, à éviter pour les espaces sans « référent » (open-space, couloir).
Exemple d'usage : bureau individuel, classes

Détecteur de présence/mouvement

Le détecteur de présence (infrarouge) ou de mouvement (effet doppler) allume l'éclairage artificiel lorsqu'il détecte, respectivement, un occupant ou un déplacement. Une durée de temporisation est préalablement définie (extinction automatique après une durée déterminée, à la suite de l'absence de détection).
Exemple d'usage : couloir, hall (si zone aveugle), sanitaires, parcs de stationnement souterrains

Attention à la position du capteur de présence/mouvement
(masques, mur vs. plafond)

Une temporisation réglée au maximum impliquera un éclairage quasi-permanent en journée dans les tertiaires

Réglage luminosité



Réglage temporisation

Détecteur de luminosité (lumière du jour) ou interrupteur crépusculaire

Dans le but d'utiliser la lumière naturelle quand ses niveaux sont suffisants, ce détecteur n'allume l'éclairage qu'en-dessous d'un certain seuil de luminosité.

Exemple d'usage (couplage avec détection de présence) :

Couloirs, classes, bureaux, éclairage extérieur

Attention à la position du capteur de luminosité
(représentativité de la lumière naturelle dans le local)

Horloge de programmation

Ce système de commande allume et éteint l'éclairage à des horaires prédéfinis.
Exemple d'usage : éclairage extérieur

Minuterie (bouton poussoir)

Cette commande, actionnée manuellement, permet d'allumer l'éclairage pendant une durée définie au préalable.
Exemple d'usage : couloirs

Variation des niveaux lumineux (le luminaire LED doit être gradable = dimmable)

Coût du luminaire
10€ à 50€ en +

Gradateur manuel

La quantité de lumière fournie par le luminaire peut être modulée par l'occupant, permettant d'adapter le niveau d'éclairement à son appréciation et à l'usage.
Exemple d'usage : bureau individuel

Importance de la sensibilisation de l'occupant

Détecteur de luminosité (lumière du jour)

Un détecteur de luminosité peut piloter un luminaire gradable afin d'assurer une variation continue de l'éclairage artificiel pour garder un éclairement constant malgré la variation de lumière naturelle.
Exemple d'usage : classes, bureaux

L'efficacité des systèmes de commande est liée à leur difficulté d'utilisation : elle réside dans leur bonne calibration (temporisation, positionnement) et leur vérification/modification à l'usage.

Pour approfondir le sujet, voir le [rapport PREBAT](#) (Cerema)

L'éclairage artificiel dans les bâtiments

Exemples de bonnes pratiques

Les principaux critères pour un éclairage qualitatif

Niveaux lumineux satisfaisants (éclairagements ni trop bas... ni trop élevés)

Uniformité des luminosités du champ de vision (absence de forts contrastes dans le panorama)

Limitation de l'éblouissement (direct et indirect) **et absence de reflets**

Bon rendu des couleurs et température de couleur adaptée

Utilisation de la lumière du jour (commande automatisée dans l'idéal)

Connaître son parc d'éclairage : diagnostic

La première étape pour bien gérer son parc d'éclairage est de bien le connaître. Cela passe par une phase de diagnostic plus ou moins détaillée et la création puis la mise à jour d'une base de données contenant les principales caractéristiques des luminaires.

Exemples :

Relevé des niveaux d'éclairagements dans les locaux

Comptage des équipements (luminaires et sources), localisés par pièce, par type d'espace

Relevé des caractéristiques techniques (flux, puissance, IRC, température de couleur, etc.)

Relevé des types de commandes

Date d'installation des luminaires

Durée d'allumage annuel ou quotidien en fonction du type de local

Exemples de bonnes pratiques (1/2)

Luminosité et uniformité

Choisir un revêtement de paroi clair augmente la réflexion de la lumière sur celle-ci et permet d'avoir un champ visuel plus lumineux (sans augmentation du flux des luminaires)

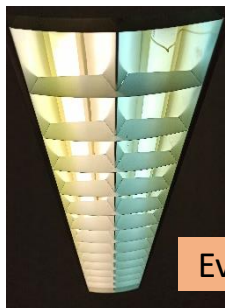
Eclairer les murs et les alentours de la zone de travail permet d'uniformiser les luminances du champ de vision (ne pas se focaliser uniquement sur l'éclairage du plan de travail)

Privilégier un espacement uniforme pour l'implantation des luminaires améliore l'uniformité

Installer davantage de luminaires mais moins puissants (ou gradables) favorise l'uniformité et diminue les éblouissements potentiels provenant des luminaires

Dans le cas du remplacement de luminaires avec une implantation identique, considérer les courbes photométriques des luminaires est fondamental pour garder une répartition de lumière identique

Exemples de bonnes pratiques (2/2)

**Ressenti de l'occupant**

Garantir l'accès à la lumière naturelle (dès que possible)

Privilégier un IRC supérieur à 90

Eviter les températures de couleur froides (au-dessus de 5000 K)

Eviter de "mélanger" des températures de couleur différentes (photo)

Eblouissement

Disposer les bureaux et les écrans de façon à éviter la vision directe des luminaires ou les reflets (éblouissement direct ou indirect)

Eviter les luminaires LED peu diffusants avec des pics de luminance visibles (photo)

Aller voir les luminaires "en vrai" avant l'achat / demander un modèle de démo

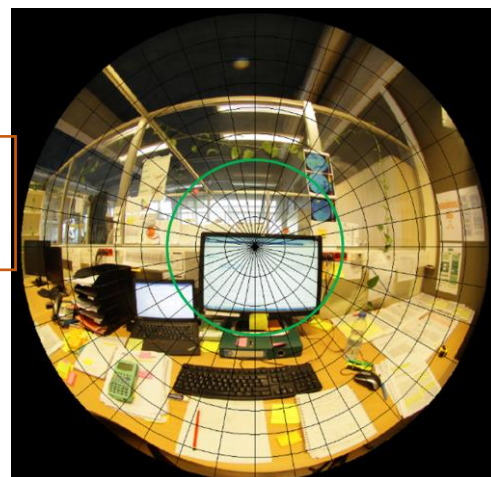
Favoriser le recours à un éclairage indirect pour éviter que l'occupant voie la source lumineuse dans son champ de vision

Choisir des revêtements mats pour atténuer les reflets

Installer des protections contrôlant l'apport en lumière naturelle



Aucune source lumineuse non protégée dans le champ visuel jusqu'à un angle de 30°
(Préconisation INRS)



Cercle vert = limite 30° dans le champ de vision

Ergonomie

Privilégier l'ajout d'une lampe d'appoint dans le cas d'un besoin d'éclairage supplémentaire localisé (en particulier pour une hauteur de plafond élevé)

Maintenance

Remplacer les sources dès qu'elles s'éteignent

Remplacer les tubes fluorescents dès l'apparition de flicker ou de grésillement

Systèmes de commande

Utiliser la gradation et la gestion différenciée des espaces en open-space

Donner la possibilité à l'occupant de choisir le niveau qui lui convient par de la gradation manuelle

L'éclairage artificiel dans les bâtiments

Les points essentiels de la réglementation

Contrairement aux prescriptions normatives, les prescriptions réglementaires sont obligatoires.

Cette fiche détaille les principales prescriptions réglementaires concernant le matériel d'éclairage général installé et ses systèmes de commande (bâtiments tertiaires). Elle ne porte pas sur les réglementations concernant l'éclairage de sécurité, les réseaux électriques du bâtiment ou l'obligation de recyclage du matériel lors de son remplacement.

Code du Travail

Deux séries d'articles du Code du Travail précisent des obligations pour l'éclairage : **les articles R 4223-1 à R 4223-12 et R 4213-1 à R 4213-4**. Les principaux articles sont :

R 4223-2

L'éclairage doit permettre d'éviter la fatigue visuelle et les affections de la vue qui en résultent et de déceler les risques perceptibles par la vue.

R 4223-3

Les locaux de travail doivent disposer autant que possible d'une lumière naturelle suffisante.

R 4223-4

Niveaux d'éclairage minimaux à respecter à tout moment et en tout point, en présence des travailleurs (mesurés au plan de travail ou, à défaut, au sol) :

40 lux pour les voies de circulation intérieures

60 lux pour les escaliers et entrepôts

120 lux pour les Locaux de travail, vestiaires, sanitaires

200 lux pour les locaux aveugles affectés à un travail permanent

En extérieur :

10 lux pour les zones et voies de circulation extérieures empruntées de façon habituelle pendant les heures de travail

40 lux pour les aux espaces extérieurs lorsque des travaux permanents y sont accomplis

R 4223-5

Le niveau d'éclairage doit être adapté à la tâche effectuée.

R 4223-6

Le rapport entre l'éclairage de la zone de travail et l'éclairage du local doit être compris entre 1 et 5. Il en est de même pour le rapport des niveaux d'éclairage entre les locaux contigus en communication.

R 4223-8

Il est demandé de prendre des dispositions contre l'éblouissement et la fatigue visuelle provoqués par des surfaces à forte luminance ou par des rapports de luminance trop importants entre surfaces voisines. L'éclairage doit procurer un rendu des couleurs suffisant, et les phénomènes de fluctuation de la lumière ne doivent pas être perceptibles (ni provoquer d'effets stroboscopiques).

R 4223-10

Les organes de commande doivent être facilement accessibles. Dans les locaux aveugles, ils doivent être munis de voyants lumineux.

R 4213-4

Une notice d'instruction est transmise à l'employeur par le maître d'ouvrage, détaillant notamment les niveaux d'éclairage minimaux des locaux pendant les périodes de travail et les informations nécessaires à la détermination des règles d'entretien du matériel.

Note : L'intégralité des articles du Code du Travail (R 4223-1 à R 4223-12 et R 4213-1 à R 4213-4) sont disponibles en ligne.

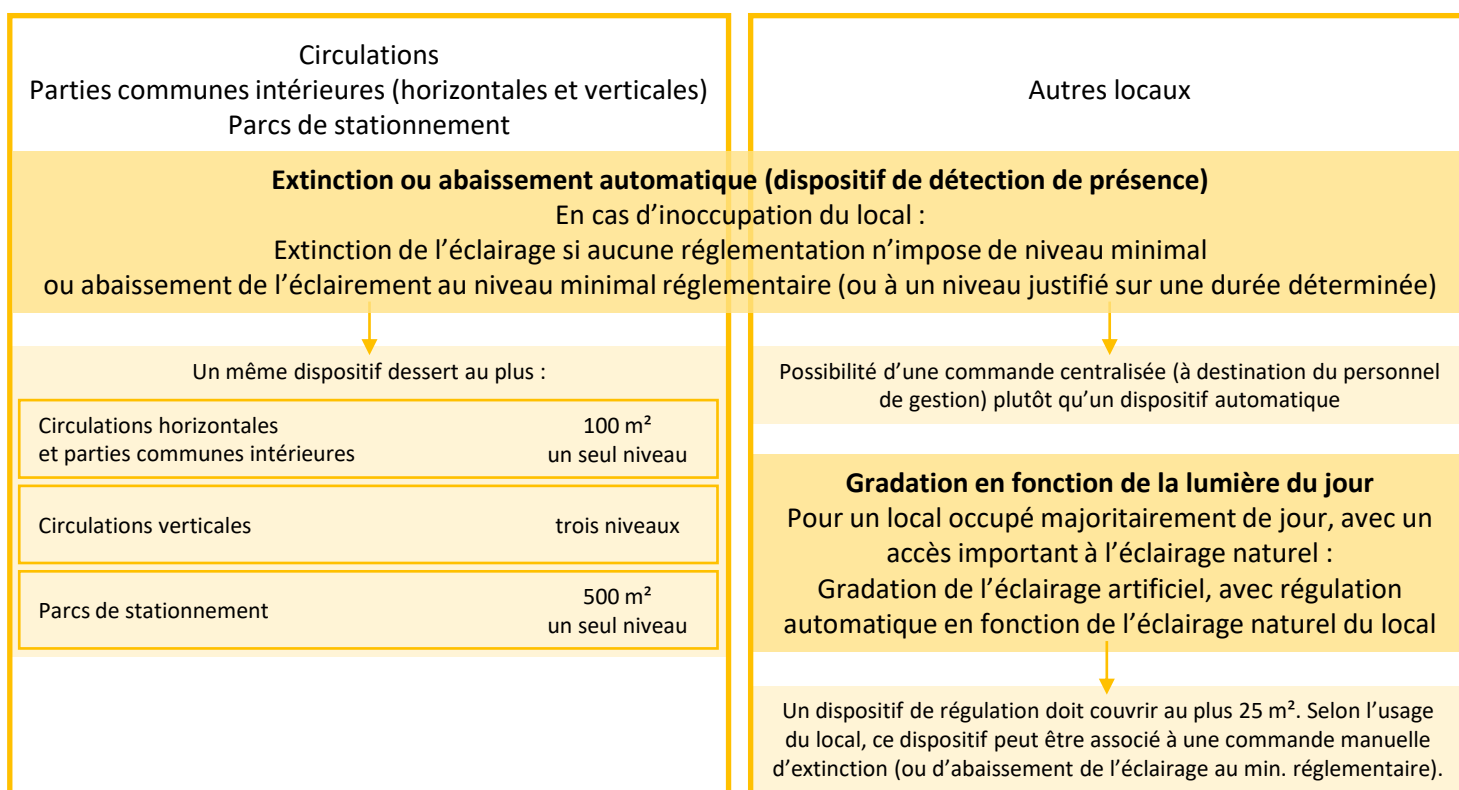
Décret tertiaire

Le décret tertiaire précise les modalités d'application de l'article 175 de la **loi ELAN** (réduction des consommations d'énergie finale des bâtiments tertiaires de 40% d'ici 2030, 50% d'ici 2040, et 60% d'ici 2050). Il concerne les bâtiments ou parties de bâtiments tertiaires dont la surface est supérieure à 1000 m². Les obligations d'actions de réduction de la consommation des bâtiments tertiaires sont introduites par le **décret 2019-771 du 23 juillet 2019**. L'**arrêté du 10 avril 2020** précise comment calculer ces objectifs de réduction de consommation. Plusieurs arrêtés complèteront cette réglementation dans un futur proche. Le décret tertiaire est applicable dès le 1er octobre 2019.

Il est pertinent de considérer la rénovation de l'éclairage (rapide temps de retour sur investissement) parmi les premiers postes à rénover dans cette démarche de réduction des consommations.

RT bâti existant (1/2)

L'**arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017** définit la « RT rénovation élément par élément ». L'éclairage et les systèmes de commande sont pris en compte (articles 41 à 46). Les prescriptions sont obligatoires lorsque l'ensemble des réseaux électriques et des luminaires sont remplacés ou installés.



Tous locaux

Puissance maximale

La puissance de l'éclairage général doit être inférieure à 1,6 W/m² par tranche de 100 lux (éclairage).

Visualisation à distance de l'état de l'éclairage

Lorsque l'allumage et l'extinction sont gérés par une commande dans un autre local, un dispositif permettant de visualiser l'état de l'éclairage doit être situé au niveau de cette commande.

Niveaux d'éclairage différents pour les locaux multi-usages

Un dispositif permettant plusieurs niveaux d'éclairage est requis pour les locaux à plusieurs usages associés à des niveaux d'éclairage très différents (ex: locaux sportifs, salles polyvalentes).

Note : l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 ne s'applique pas aux bâtiments situés dans les départements d'outre-mer.

RT bâti existant (2/2)

L'arrêté du 13 juin 2008 définit la « RT rénovation globale ». Il s'applique pour des bâtiments de surface supérieure à 1000 m², lorsque le coût des travaux est supérieur à 25% de la valeur du bâtiment et que la date de construction du bâtiment est ultérieure au 1^{er} janvier 1948. Si ces trois conditions ne sont pas réunies, l'arrêté du 3 mai 2007 modifié s'applique par défaut. L'éclairage est impliqué selon deux aspects dans cet arrêté.

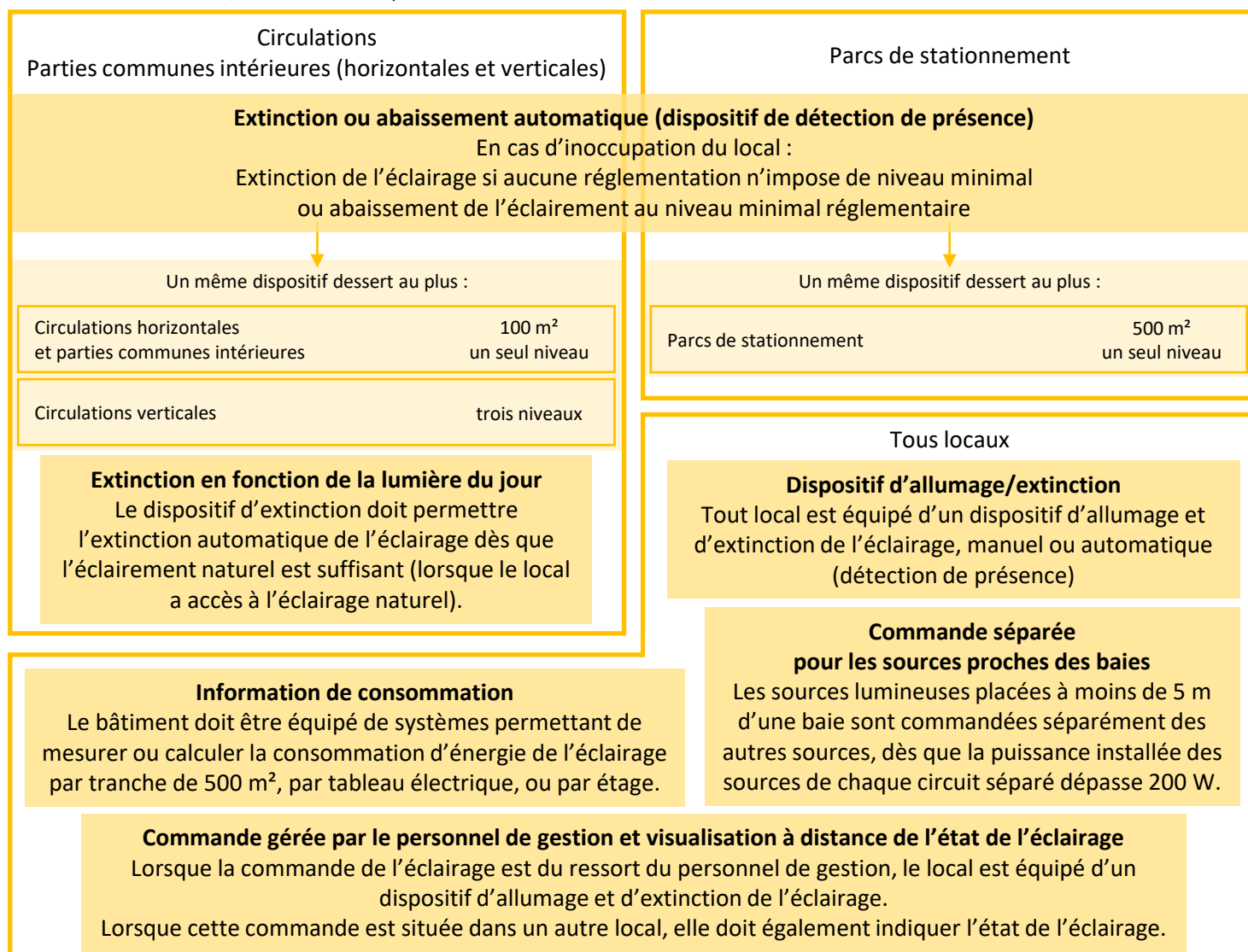
D'une part, les consommations d'éclairage participent au calcul de consommation globale du bâtiment, qui est comparée à la consommation avant rénovation, pour répondre à la réduction de consommation exigée par l'arrêté.

D'autre part, des exigences minimales concernant les nouvelles installations d'éclairage sont prescrites (articles 68 à 73) : configurations des dispositifs d'extinction et visualisation à distance de l'état de l'éclairage, dispositifs permettant plusieurs niveaux d'éclairement pour les locaux à usages associés à des éclairements différents, commande séparée pour les sources lumineuses proches des baies, interdiction d'allumage automatique de l'éclairage lorsque l'éclairage naturel est suffisant.

Note : l'arrêté du 13 juin 2008 ne s'applique pas aux bâtiments situés dans les départements d'outre-mer.

RT bâti neuf

Les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012 sont les principaux textes définissant la « RT 2012 ». L'éclairage est impliqué selon deux aspects. D'une part, les consommations d'éclairage participent au calcul de consommation globale du bâtiment, qui doit respecter les objectifs de consommation exigés par les arrêtés. D'autre part, des exigences minimales concernant les nouvelles installations d'éclairage sont prescrites (respectivement articles 31 et 37-41, ou 19 et 25-29) :



Note : la RT 2012 ne s'applique pas aux bâtiments situés dans les départements d'outre-mer.

Réglementation accessibilité des ERP et IOP

Le **décret n°2006-555 du 17 mai 2006** (relatif à l'accessibilité des établissements recevant du public, ERP, des installations ouvertes au public, IOP, et des bâtiments d'habitation) et les **arrêtés du 8 décembre 2014 et du 20 avril 2017** fixent des obligations pour les ERP et IOP (neufs et existants).

Ils précisent que l'éclairage et les matériaux doivent permettre aux usagers de repérer les zones de cheminement et les zones de conflit et de garantir une absence des sources d'éblouissement ainsi qu'un contraste visuel suffisant. En particulier, les parties du cheminement qui peuvent être sources de perte d'équilibre pour les personnes à mobilité réduite, les dispositifs d'accès ainsi que les informations fournies par la signalétique doivent faire l'objet d'une qualité d'éclairage renforcée. Ils fixent une valeur minimale d'éclairement horizontal moyen (au sol) à respecter (articles 14 des arrêtés du 8 décembre 2014 et du 20 avril 2017) :

20 lux pour le cheminement extérieur accessible ainsi que les parcs de stationnement extérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles

20 lux pour les parcs de stationnement intérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles

200 lux au droit des postes d'accueil ou des mobiliers en faisant office

100 lux pour les circulations intérieures horizontales

150 lux pour chaque escalier et équipement mobile

De plus, lorsque la durée de l'éclairage est temporisée, son extinction doit être progressive, et dans le cas d'un fonctionnement par détection de présence, la détection doit couvrir l'ensemble de l'espace concerné et deux zones de détection successives doivent se chevaucher.

Réglementation sur les nuisances lumineuses

L'**arrêté sur la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses (du 27 décembre 2018)** impose des prescriptions temporelles et techniques en fonction du type d'installation éclairée. Les éclairages intérieurs dont la lumière émise peut participer aux nuisances lumineuses sont impactés par cette réglementation (par exemple vitrines de magasins, éclairages intérieurs des locaux à usages professionnels).

Cette réglementation est détaillée dans la fiche « Eclairage extérieur ».

Où ? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	Allumage (icône = au plus tôt au coucher du soleil)	Extinction (de nuit) Au plus tard :	Allumage (matinal) Au plus tôt :
	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)		 à 1h du matin	
	Éclairage intérieur des locaux à usage professionnel (d)		 1h après la fin d'occupation des locaux	OU à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité
	Éclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition (d)		OU à 1h du matin OU 1h après la fin d'activité	OU à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité

icônes créées par freepik et ibrandify/freepik

$$ULR = \frac{F_{sup}}{F_{luminaire}}$$

Code Flux CIE n°3

$$F_{luminaire \text{ dans cône}} = F_{luminaire \text{ inférieure}}$$

Densité sur facette de flux lumineux installé

$$= \frac{F_{source 1} + F_{source 2}}{S_{\text{éclairer}}}$$

 Surface à éclairer

Blanc chaud TEMPERATURE DE COULEUR Blanc froid
 1 000 K 2 000 K 3 000 K 4 000 K 5 000 K 6 000 K 7 000 K 8 000 K 9 000 K 10 000 K

L'éclairage artificiel dans les bâtiments

La norme NF EN 12464-1

La norme NF EN 12464-1 *Eclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieurs* est la norme la plus souvent utilisée en éclairage intérieur. Elle vise à favoriser le confort et la performance visuelle des occupants. Cette norme est devenue un référentiel pour les certifications HQE¹ et BREEAM² (avec la norme NF EN 12464-2 traitant de l'éclairage des lieux de travail extérieurs). La norme équivalente à la NF EN 12464-1 pour l'éclairage extérieur des lieux de travail est la NF EN 12464-2.

¹ Haute Qualité Environnementale ; ² Building Research Establishment Environmental Assessment Method

Quatre paramètres essentiels au confort visuel (1/2)

Cette norme est surtout connue pour ses préconisations de valeurs-objectifs tabulées adaptées au type de local et à la tâche visuelle de l'occupant, pour quatre indicateurs :

Eclairement moyen à maintenir (E_m)

Moyenne des éclairements (quantité de lumière reçue par surface*) en différents points de la zone considérée (selon un maillage régulier). Cet indicateur renseigne sur la quantité globale de lumière éclairant la zone évaluée.

Unité : lux

Uniformité à maintenir (U_o)

Ratio entre l'éclairement minimal et l'éclairement moyen de la zone considérée. Cet indicateur renseigne sur l'homogénéité de l'éclairage et la présence de surfaces faiblement éclairées dans la zone évaluée.

Sans unité
Valeur comprise entre 0 et 1

Indice de Rendu des Couleurs (IRC ou R_a)

L'IRC caractérise la fidélité d'un éclairage à reproduire les couleurs des objets en comparaison d'un éclairage de référence (lumière du jour ou incandescence).

Sans unité
Valeur comprise entre 0 (mauvais) et 100 (excellent)

Unified Glare Rating (UGR)

L'UGR est un indicateur caractérisant l'éblouissement d'inconfort ressenti par l'occupant. Il est considéré qu'une valeur UGR=19 correspond à un éblouissement "acceptable" (bureaux).

Sans unité
Valeurs classiques comprises entre 10 et 31

* L'éclairement est le plus souvent à considérer pour une surface horizontale.

Tableau 5.1 — Zones de circulation et espaces communs à l'intérieur des bâtiments

N° réf.	Type de zone, de tâche ou d'activité	\bar{E}_m lx	UGR_L —	U_o —	R_a —	Exigences spécifiques
5.1.1	Zones de circulation et couloirs	100	28	0,40	40	<ul style="list-style-type: none"> — Éclairement au niveau du sol — R_a et UGR identiques pour les zones adjacentes. — 150 lx s'il y a des véhicules sur l'itinéraire. — L'éclairage des sorties et des entrées doit comporter une zone de transition pour éviter les changements rapides d'éclairement entre l'intérieur et l'extérieur, de jour comme de nuit. — Il convient de prendre des précautions pour éviter l'éblouissement des conducteurs et des piétons.
5.1.2	Escaliers, escaliers roulants, tapis roulants	100	25	0,40	40	Nécessite un contraste renforcé sur les marches.
5.1.3	Ascenseur, Monte-charge	100	25	0,40	40	Il est recommandé que le niveau d'éclairage en face du monte-charge soit d'au moins $\bar{E}_m = 200$ lx.

L'indicateur R_a (ou IRC) est une caractéristique intrinsèque à la source (tube fluorescent, lampe FLC, etc.) ou au luminaire dans le cas d'un luminaire LED. L'éclairement moyen, l'uniformité et l'UGR sont des indicateurs renseignés par les notes photométriques de dimensionnement de l'éclairage (calculs, simulations). Ces quatre indicateurs peuvent aussi être relevés in situ.

Tableau extrait de la norme NF EN 12464-1

Les valeurs tabulaires pour certains types de locaux

	E_m	U_o	Ra	UGR
Bureaux (hors dessin industriel ou classement) Salles de conférence et de réunion	500 lux	0,60	80	19
Zones de circulation et couloirs	100 lux	0,40	40	28
			Ra et UGR identiques pour les zones adjacentes	
Salles des matériels	200 lux	0,40	60	25

Les autres principes de la norme NF EN 12464-1

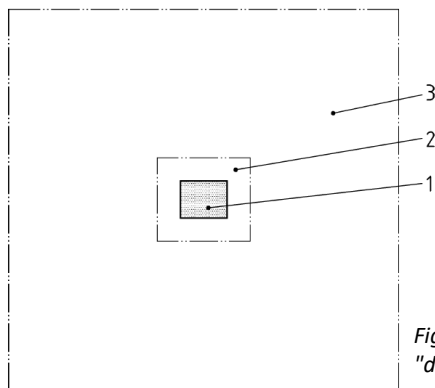
Cette norme préconise également :

- d'éviter de trop fortes luminances et trop grands contrastes de luminance dans le champ de vision (éléments précisés dans la norme NF X35-103 *Ergonomie - Principes d'ergonomie applicables à l'éclairage des lieux de travail*)
- des angles minimaux de défilement pour contrer l'éblouissement des sources (le luminaire doit masquer la lampe pour empêcher la vision directe de celle-ci en dessous d'un certain angle, dans le centre du champ de vision)
- des luminances maximales des sources vues par réflexion sur les écrans d'ordinateur (limites maximales de 1500 à 3000 cd/m² en fonction de la luminance de l'écran)
- des éclairagements moyens et uniformités à maintenir sur les murs ($E_m > 50$ ou 75 lux en fonction du type de local, $U_o > 0,10$) et le plafond ($E_m > 30$ ou 50 lux en fonction du type de local, $U_o > 0,10$)
- des éclairagements moyens et uniformités de la "zone environnante" et de la "zone de fond" (illustration ci-dessous)
- des exigences concernant l'éclairage cylindrique moyen et le modelé (indicateurs représentatifs de la répartition de l'éclairage dans l'espace du local)
- d'éviter le papillotement et les effets stroboscopiques causés par l'éclairage.

Points d'attention

Valeurs-seuils de comparaison

Les valeurs d'éclairage moyen et d'uniformité tabulées concernent la zone de travail uniquement (zone dans laquelle est effectuée la tâche visuelle). La norme détaille d'autres prescriptions pour la zone environnante immédiate et la zone de fond.



Légende

- 1 Zone de travail
- 2 Zone environnante immédiate (bande d'une largeur d'au moins 0,5 m autour de la zone de travail dans le champ visuel)
- 3 Zone de fond (bande d'une largeur d'au moins 3 m adjacente à la zone environnante immédiate dans les limites de l'espace)

Figure extraite de la norme NF EN 12464-1 :
"dimensions minimales de la zone environnante immédiate et de la zone de fond par rapport à la zone de travail"

Relevés d'éclairage au luxmètre

La hauteur de mesure est celle du plan de travail (à 75 cm du sol), excepté pour les zones de circulation et couloirs (à 3 cm du sol).



Illustrations : sensing.konicaminolta.us

Le luxmètre est à orienter horizontalement (comme si l'outil était posé sur le plan de travail ou sur le sol).

Calibration du luxmètre

Il est important de vérifier que le luxmètre utilisé ait bien été calibré³ et donne des valeurs correctes (dans l'idéal via une certification, à défaut en le comparant à un luxmètre préalablement calibré).

³ Prise en compte de la courbe d'efficacité lumineuse spectrale $V(\lambda)$ et de l'angle d'incidence α

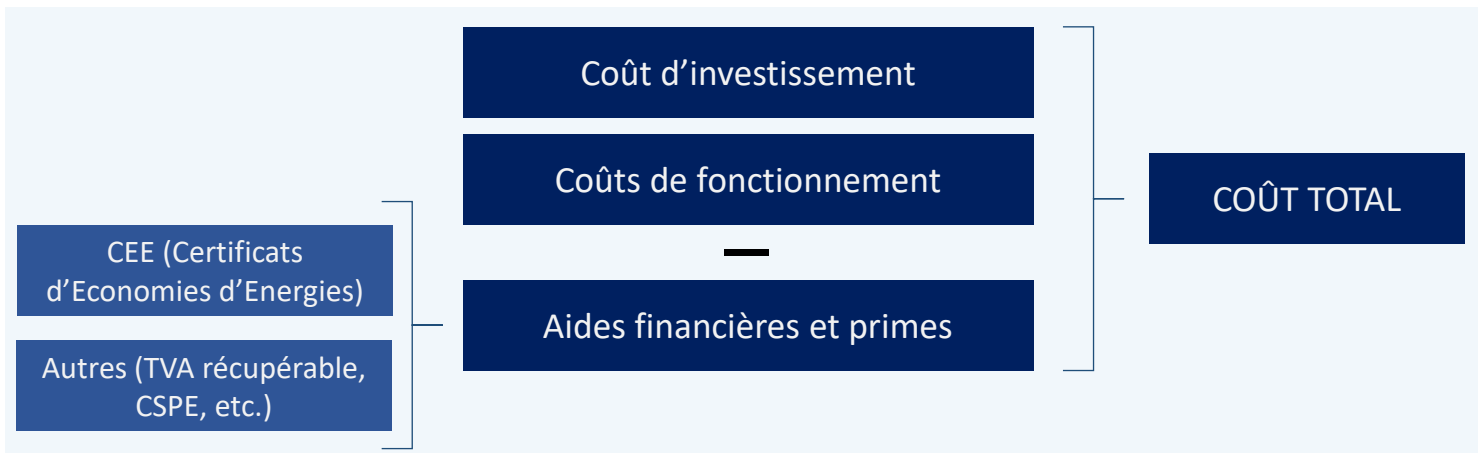
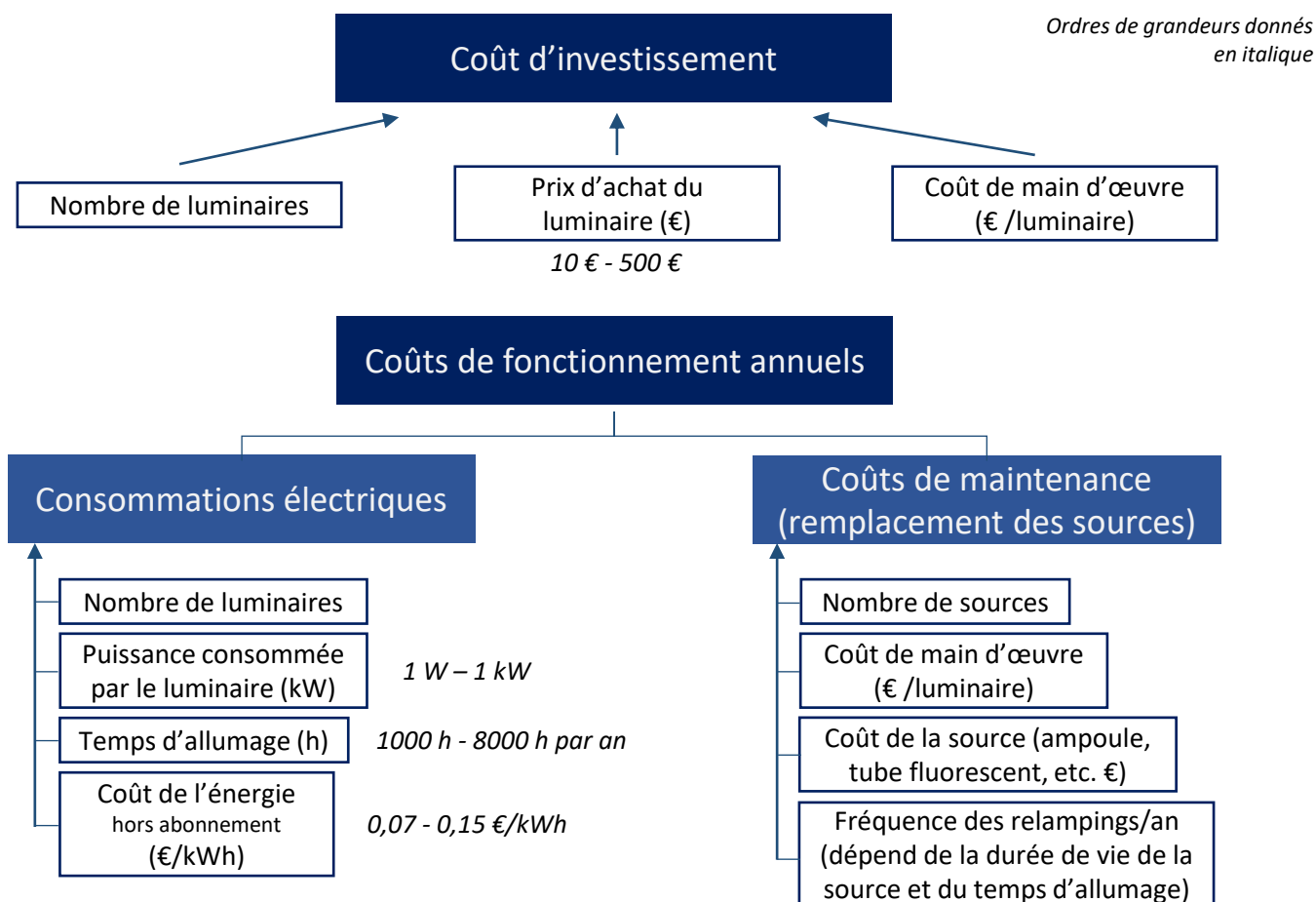
L'éclairage artificiel dans les bâtiments

Calculer les coûts liés à l'éclairage

Cette fiche vise à expliciter les calculs réalisés par l'outil de calcul des coûts liés à l'éclairage, réalisé pour la DREAL Corse.

Différentes catégories de coûts

Les coûts liés à l'éclairage artificiel se répartissent en coût d'investissement (luminaires) et coûts de fonctionnement annuels (consommation électrique et coût de remplacement des sources).



Les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)

Les certificats d'économies d'énergies sont un dispositif national obligeant les fournisseurs d'énergie à atteindre un certain nombre de CEE fixé par l'État. Dans ce but, ces "obligés" doivent réaliser des opérations permettant des économies d'énergie sur leur propre patrimoine. Ils ont aussi la possibilité d'acheter des CEE à des tiers et donc de financer indirectement de telles opérations. La variable utilisée par les CEE représentant la quantité d'énergie économisée sur la durée de vie théorique d'une opération est appelée "kWh cumac". Il existe différentes fiches CEE détaillant chaque type d'opération (installation de luminaire LED, de lanterneaux d'éclairage zénithal, etc.) et le calcul des CEE correspondants.

(voir <http://calculateur-cee.ademe.fr/user/fiches/BAT>)

Focus sur la fiche BAT-EQ127

Cette fiche détaille le calcul des CEE associés au remplacement de luminaires d'éclairage intérieur par des luminaires LED. Les luminaires installés doivent répondre aux caractéristiques présentées dans la fiche.

Le montant en kWh cumac de l'opération est obtenu en multipliant la puissance des luminaires LED installés (somme des puissances de chaque luminaire) par un coefficient dépendant du secteur d'activité du bâtiment concerné (voir tableau ci-dessous). Ce montant en kWh cumac est ensuite multiplié par le taux d'achat des kWh cumac (de l'ordre de 0,008 €/kWh cumac en 2020) pour obtenir le montant correspondant en €.

(voir <https://www.emmy.fr/public/donnees-mensuelles?precarite=false>)

Certificats d'économies d'énergie
Opération n° BAT-EQ-127

Luminaires d'éclairage général à modules LED

1. Secteur d'application
Bâtiments tertiaires existants.

2. Dénomination
Mise en place d'un luminaire d'éclairage général à modules LED

On entend par « éclairage général » un éclairage uniforme d'un espace sans tenir compte des nécessités particulières en certains lieux déterminés.

Les installations d'éclairage destinées à assurer la protection des biens lorsqu'elles sont associées à des dispositifs de détection de mouvement ou d'intrusion ne sont pas éligibles.

3. Conditions pour la délivrance de certificats
Les luminaires à modules LED mis en place respectent les critères suivants :
 - durée de vie calculée à 25°C ≥ 35 000 heures pour les secteurs « Hôtellerie, Restauration » et « Commerces de surface inférieure à 400 m² » ;
 - durée de vie calculée à 25°C ≥ 50 000 heures pour les secteurs « Bureaux », « Santé », « Enseignement » ;
 - les deux catégories de durée de vie sont associées à une classe de flux lumineux ≥ 20 % ;
 - flux lumineux initial total sortant du luminaire ≥ 3 000 lm ;
 - efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du luminaire divisé par la puissance totale du luminaire auxiliaire d'alimentation compris) :
 - ≥ 90 lumens par watt pour les luminaires avec indice de protection aux chocs (IK) égal à 10 ;
 - ≥ 120 lumens par watt pour les autres luminaires ;
 - facteur de puissance > 0,9 quelle que soit la puissance ;
 - conforme à la norme EN 61000-3-2 au niveau harmonique avec un taux de distorsion harmonique sur le courant inférieur à 25 % ;
 - groupe de risque = 0 selon la norme NF EN 62471 - Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes ;
 - le luminaire est pré-équipé pour la régulation automatique par gradation de puissance en fonction de l'éclairage naturel du local dès lors que cet éclairage est possible.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La mise en place des luminaires d'éclairage général à modules LED fait l'objet d'une étude préalable de dimensionnement de l'éclairage effectuée, datée et signée par un professionnel ou un bureau d'étude, et datée et signée par le bénéficiaire.

Cette étude dresse l'état des lieux des équipements en place avant rénovation, identifie les besoins afin de garantir le bon éclairage général des locaux et la maîtrise des consommations d'énergie dans le respect des engagements

5. Montant de certificats en kWh cumac

Secteurs	Montant en kWhcumac/watt installé		Puissance totale des luminaires à modules LED installés (P en watt)
Hôtellerie - restauration	31	X	P
Commerce	36		
Bureaux	35		
Santé	38		
Enseignement	24		
Autres	24		

Extraits de la fiche CEE BAT-EQ-127

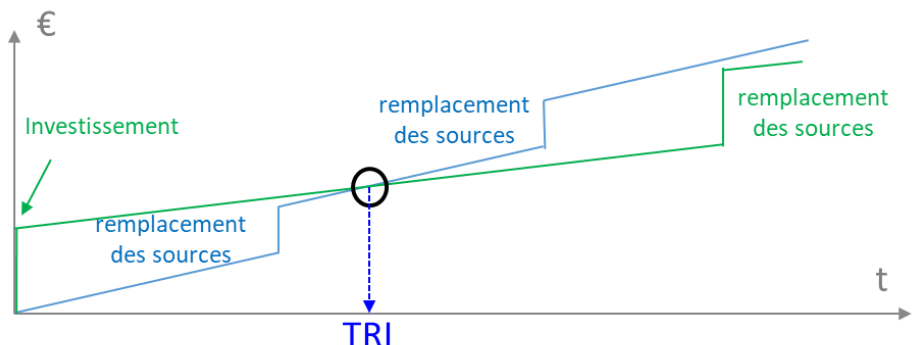
Calcul du Temps de Retour sur Investissement

Le temps de retour sur investissement (TRI) du remplacement des luminaires correspond au moment où les économies réalisées en consommation électrique et en remplacement de sources compensent le coût d'investissement (l'opération de remplacement des luminaires devient rentable à partir de cet instant).

Il s'obtient en comparant l'évolution des dépenses des deux scénarios :

- Installation identique (coûts de fonctionnement cumulés dans le temps) ;
- Installation remplacée (investissement et coûts de fonctionnement cumulés).

Il est possible de tenir compte des primes et aides financières dans ce calcul en les soustrayant au coût d'investissement.



L'éclairage artificiel dans les bâtiments

Eclairage extérieur

Les technologies de source en éclairage extérieur

Lampes à décharge (mélange gazeux à basse ou haute pression)

Iodures Métalliques ou halogénures métalliques (IM)

Rendu blanc neutre et froid

Vapeur de Sodium Haute-Pression (SHP)

Rendu jaune

Vapeur de Sodium Basse-Pression (SBP)

Vapeur de Mercure (VM)

Rendu blanc bleuté

Ces lampes ne sont plus commercialisées



Sources semi-conductrices (électroluminescence)

LED

Large variation de température de couleur (2400-6500 K)



Pas d'ampoule, reconnaissable à l'aspect très ponctuel des points lumineux

Exemples de sources

Iodures métalliques



Halogénures métalliques



Sodium Haute-Pression



Ces ampoules peuvent également avoir un aspect opalisé



Illustrations : OSRAM, PHILIPS Lighting

Gestion de l'éclairage extérieur

La gestion de l'éclairage extérieur est de deux types :

- **Horloge astronomique** (allumage en fonction de l'horaire)
- **Cellule photosensible** (allumage en fonction de la mesure du niveau de lumière naturelle)

Cette gestion peut être couplée à de la **détection de présence** en fonction de la fréquence de passage.

A ce jour, les horloges astronomiques sont plus fiables que les cellules photosensibles en matière de maîtrise de durées d'allumage. En effet, les cellules photosensibles s'encrassent au fil des années, déclenchant l'allumage des luminaires à des seuils d'éclairement de plus en plus élevés. A noter, le remplacement de cellules photosensibles par des horloges astronomiques bénéficie du dispositif national des Certificats d'Economies d'Énergie (CEE, aides financières). Les horloges astronomiques présentent des dispositifs de temporisation dans le but d'intégrer le principe selon lequel il fait encore jour au coucher du soleil par temps clair : ces dispositifs permettent à l'exploitant de mettre en place un régime décalé pour retarder l'allumage de façon maîtrisée (décalage préprogrammé ou manuel en détaillant une heure précise). Il n'est pas toujours pertinent d'appliquer une gestion à chaque point lumineux : une gestion à l'armoire électrique peut être suffisante en fonction de l'usage (une armoire alimente un ensemble de points lumineux).





























Réglementation Accessibilité

Le **décret n°2006-555 du 17 mai 2006** (relatif à l'accessibilité des établissements recevant du public, ERP, des installations ouvertes au public, IOP, et des bâtiments d'habitation) et les **arrêtés du 8 décembre 2014 et du 20 avril 2017** fixent des obligations pour les ERP et IOP (neufs et existants).

Ils précisent que l'éclairage et les matériaux doivent permettre aux usagers de repérer les zones de cheminement et les zones de conflit et de garantir une absence des sources d'éblouissement ainsi qu'un contraste visuel suffisant. En particulier, les parties du cheminement qui peuvent être sources de perte d'équilibre pour les personnes à mobilité réduite, les dispositifs d'accès ainsi que les informations fournies par la signalétique doivent faire l'objet d'une qualité d'éclairage renforcée. Ils fixent une valeur d'éclairement minimale à respecter pour les parcs de stationnement intérieurs et extérieurs, leurs circulations piétonnes accessibles, et les cheminements extérieurs accessibles (valeur minimale de 20 lux en moyenne le long du parcours usuel de circulation). De plus, lorsque la durée de l'éclairage est temporisée son extinction doit être progressive, et dans le cas d'un fonctionnement par détection de présence, la détection doit couvrir l'ensemble de l'espace concerné et deux zones de détection successives doivent se chevaucher.

Réglementation sur les nuisances lumineuses (1/2)

L'arrêté sur la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses (du 27 décembre 2018) impose des prescriptions temporelles et techniques en fonction du type d'installation éclairée (éclairage extérieur de confort et sécurité, mise en lumière, parcs de stationnement non couverts ou semi-couverts, etc.).

Où ? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	Allumage (l'icône = au plus tôt au coucher du soleil)	Extinction (de nuit) Au plus tard :	Allumage (matinal) Au plus tôt :
	Eclairages extérieurs (a) liés à une activité économique et situés dans un espace clos		 1h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins (b)		 ou  à 1h du matin ou 1h après la fermeture des parcs et jardins	
	Eclairage des bâtiments non résidentiels (d)		 à 1h du matin	
	Eclairage intérieur des locaux à usage professionnel (d)		 1h après la fin d'occupation des locaux	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition (d)		 ou  à 1h du matin ou 1h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage des parcs de stationnement (e) annexés à un lieu ou zone d'activité		 2h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage des chantiers extérieurs (g)		 1h après la fin d'activité	

Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik

Les prescriptions temporelles correspondent à trois moments d'allumage et d'extinction de l'éclairage : allumage en fin de journée, extinction (de nuit), et allumage au matin (il est possible d'adapter ces restrictions temporelles lorsque les installations d'éclairage sont couplées à des dispositifs de détection de présence ou d'asservissement à l'éclairage naturel).

Réglementation sur les nuisances lumineuses (2/2)

Les quatre **prescriptions techniques** varient en fonction des catégories d'installations d'éclairage et sont liées à ¹ :

la quantité de lumière émise en direction du ciel (indicateur ULR)

pour les éclairages extérieurs de confort et de sécurité et ceux des parcs de stationnement
ULR < 1% (données fabricant)
ULR < 4% (sur site)

la « largeur » du cône de lumière émis par le luminaire (code flux CIE n°3)

pour les éclairages extérieurs de confort et de sécurité et ceux des parcs de stationnement
Code flux CIE n°3 > 95%

la teinte de la lumière blanche, à privilégier dans les tons chauds (température de couleur)

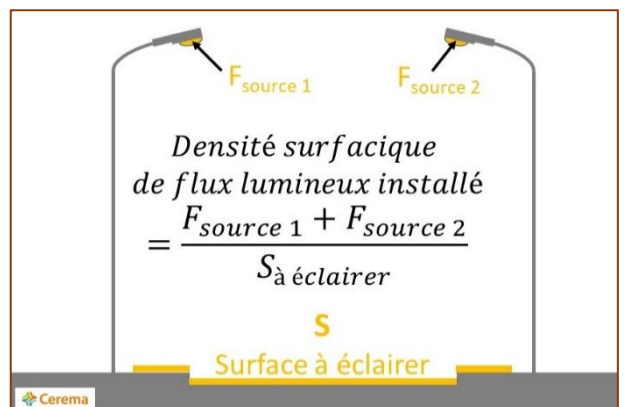
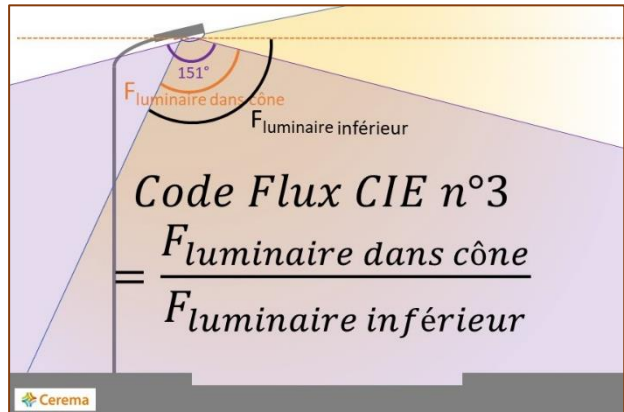
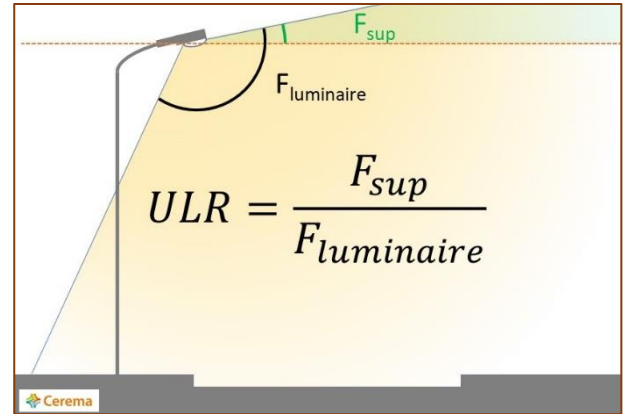
pour les éclairages extérieurs de confort et de sécurité, les éclairages des bâtiments non résidentiels et ceux des parcs de stationnement
Température de couleur maximale de 3000 K

la quantité de lumière émise par le luminaire en regard de la surface à éclairer (densité surfacique de flux lumineux installé), dont la valeur seuil maximale est différente si l'installation se situe en agglomération ou hors agglomération

pour les éclairages extérieurs de confort et de sécurité, de mise en lumière des parcs et jardins, des bâtiments non résidentiels et des parcs de stationnement
Exemple: DSFLI < 25 lumen/m² (parcs de stationnement en agglomération)

Les valeurs prescrites par l'arrêté peuvent être plus contraignantes en périmètre de site astronomique ou dans des zones à enjeux de biodiversité (réserves naturelles, cœurs de parc national, etc.).

¹ Ces données peuvent être vérifiées sur les fiches techniques des luminaires ou en s'adressant au fabricant



Si la réglementation d'accessibilité des cheminements et parcs de stationnement d'ERP s'applique (seuil minimal d'éclairage à 20 lux moyen), la condition sur la DSFLI est remplacée par une condition sur l'éclairage (seuil maximal de 20 lux) aboutissant à un éclairage de 20 lux en tout point pour respecter les deux réglementations.

Pour approfondir le sujet, voir le dossier en ligne de décryptage de l'arrêté [sur le site du Cerema](#)