

# GUIDE DE BONNES PRATIQUES D'ÉCLAIRAGE

Opérations de construction, rénovation et maintenance des lycées



---

## CONTEXTE ET OBJECTIF DU GUIDE ECLAIRAGE

---

La Direction de l'Immobilier des Lycées a procédé au 1<sup>er</sup> semestre 2015 à une refonte de son référentiel de qualité environnementale s'agissant des ouvrages de construction et rénovation.

Une partie du référentiel concerne le confort visuel et l'efficacité énergétique en éclairage.

Compte tenu de la forte technicité et de l'innovation rapide que connaît la filière éclairage, la DIL a fait appel au Cluster Lumière pour déléguer un consortium d'entreprises spécialisées dans l'éclairage en univers scolaire, pour établir un guide applicatif de bonnes pratiques en complément du référentiel.

Ce guide a pour but de définir plus précisément les bonnes pratiques en éclairage pour les différentes opérations de travaux menées par la DIL :

- neuf et réhabilitation
- maintenance

Il décrit des solutions concrètes pour les différents espaces intérieurs et extérieurs des lycées, avec des exemples de trames d'implantation pour les salles de classe.

Par ailleurs, il établit des solutions correspondant à des exigences minimales de performance, en application de la partie I du référentiel, mais également une option facultative « haute performance » pour tenir compte de l'évolution des pratiques et des objectifs d'amélioration du confort et de l'efficacité énergétique.

Ces différentes solutions font l'objet d'une justification technique et économique pour tenir compte des impératifs de maîtrise des coûts. Elles satisfont aux normes et réglementations en vigueur.

En particulier, sur le plan réglementaire, le guide s'attache à préciser les impératifs liés au confort visuel et à la sécurité des usagers de façon à informer les équipes de la DIL des risques à éviter et des responsabilités engagées.

---

## SOMMAIRE

---

PREAMBULE – SOLUTIONS D’ECLAIRAGE POUR LES LOCAUX .....	4
PARTIE 1 – SOLUTIONS D’ECLAIRAGE POUR LES LOCAUX SCOLAIRES .....	5
I. SALLES DE CLASSE .....	5
A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel : .....	5
B. Solutions pour le neuf et la rénovation: .....	5
1. Solution « base » : .....	5
2. Solution « label » : .....	7
II. BUREAUX .....	8
A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel : .....	8
B. Solutions pour le neuf et la rénovation: .....	8
1. Solution « base » : .....	8
2. Solution « label » : .....	9
III. COULOIRS .....	11
A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel : .....	11
B. Solutions pour le neuf et la rénovation: .....	11
IV. GESTION DE L’ECLAIRAGE : .....	12
A. Protocoles de gestion avec variation de l’intensité lumineuse .....	12
B. Salles de classe : .....	12
C. Bureaux : .....	13
D. Circulations : .....	13
V. SOLUTIONS DE MAINTENANCE .....	14
A. Remplacement des sources seules : .....	14
B. Remplacement de luminaires aux mêmes implantations .....	17
C. Remplacement de luminaires en modifiant les implantations .....	18
D. Gestion de l’éclairage : .....	19
VI. LE RECYCLAGE .....	19
 ANNEXES .....	 21
ANNEXE 1 : EXIGENCES NORMATIVES EN ECLAIRAGE .....	22
ANNEXE 2 : ETUDE DE MARCHE EN ECLAIRAGE .....	28
ANNEXE 3 : ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE DE SOLUTIONS D’ECLAIRAGE .....	33
ANNEXE 4 : BIBLIOGRAPHIE DES NORMES ET REGLEMENTATIONS EN ECLAIRAGE .....	45
ANNEXE 5 : EXIGENCES DE QUALITE RELATIVES AUX EQUIPEMENTS LED .....	48
ANNEXE 6 : LISTE DES OPERATIONS CEE EN VIGUEUR EN OCTOBRE 2015 - ECLAIRAGE TERTIAIRE .....	50

---

## ***PREAMBULE – SOLUTIONS D'ÉCLAIRAGE POUR LES LOCAUX***

---

Les solutions d'éclairage présentées ci-après concernent les locaux de caractéristiques proches et représentant les superficies les plus importantes au sein des lycées : salles de classe, bureaux, couloirs.

L'objectif est de présenter des préconisations permettant aux exploitants de prendre des décisions de mise en œuvre sans avoir à recourir à l'étude d'éclairage d'un professionnel.

Pour chaque de type de local, des hypothèses sont prises qui déterminent les cas généraux pour lesquels les préconisations s'appliquent (dimensions du local, surfaces de réflexion des parois, présence de baies...).

Les préconisations reprennent les exigences indiquées dans le Référentiel régional partie I, s'agissant :

- du confort visuel à obtenir en éclairage artificiel
- de l'efficacité énergétique
- de la maintenance et des conditions d'exploitation

En l'occurrence, une option haute performance précise les équipements d'éclairage et de gestion préconisés dans les « exigences facultatives » du volet I du référentiel. Par souci de simplification, nous avons appelé cette option niveau « label » par rapport au niveau « base ».

## PARTIE 1 – SOLUTIONS D'ÉCLAIRAGE POUR LES LOCAUX SCOLAIRES

### I. SALLES DE CLASSE

#### A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel :

Niveau d'éclairage moyen à maintenir : 300 lux  
 Uniformité : 0,7  
 IRC > 80  
 Température de couleur comprise entre 3000 K et 5000 K  
 UGR < 19 dans les conditions réelles d'utilisation

#### B. Solutions pour le neuf et la rénovation:

##### 1. Solution « base » :

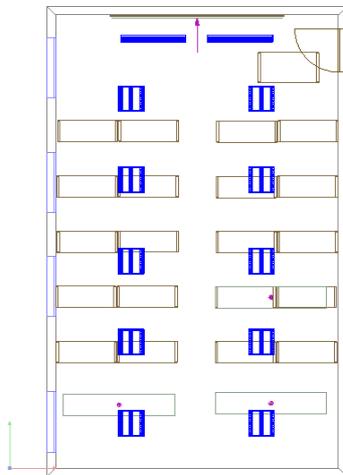
##### a) Equipements d'éclairage :

Secteur	Descriptif luminaire	Confort visuel	Rendement luminaire	Auxiliaire	Commande
Ambiance	Plafonnier T5 ventelles paraboliques 3x14W 	Très basse luminance 200 cd/m2 sous 55°	> 70%	Ballast cathode chaude	Gradation par cellule mixte présence/luminosité Commande manuelle 100% à la porte
Tableau	Plafonnier T5 asymétrique 1x49W 	Pas de vision des sources depuis le 1er rang	> 70%	Ballast cathode chaude	Commande manuelle

**b) Exemples de trames d'implantation :****Hypothèses de calcul :**

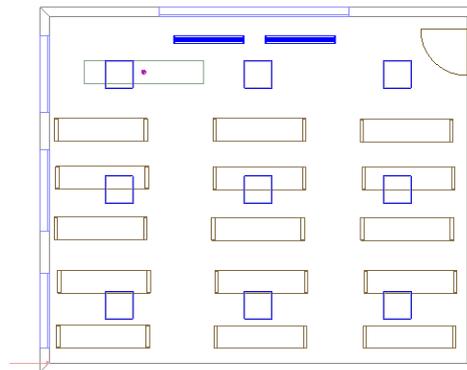
- Coefficients de réflexion moyens de l'ordre de 70% (plafond), 50% (murs), 20% (sol) = surfaces claires (plafond, murs) à moyennes (sols)
- Présence de baies vitrées sur l'ensemble d'un côté de la salle de classe
- Hauteurs des éclairages : comprises entre 2,70 m et 3,20 m

Pour des applications spécifiques différentes (hauteur importante, surfaces sombres), une étude devra être réalisée.

**Cas général d'une salle de classe de dimensions 65 à 70 m<sup>2</sup>****Trame avec baie située dans la longueur**

**10 luminaires 3x14W T5**  
**2 luminaires 1x49W T5 (tableau)**  
 Facteur de maintenance : 0,80

Puissance : 2,1 W/m<sup>2</sup>/100 lux  
**Puissance totale : 6,3 W/m<sup>2</sup>**  
 (sans le tableau)

**Trame avec baie située dans la largeur**

**9 luminaires 3X14W T5**  
**2 luminaires 1x49W T5 (tableau)**  
 Facteur maintenance : 0,80

Puissance : 1,9 W/m<sup>2</sup>/100 lux  
**Puissance totale : 6 W/m<sup>2</sup>**  
 (sans le tableau)

## 2. Solution « label » :

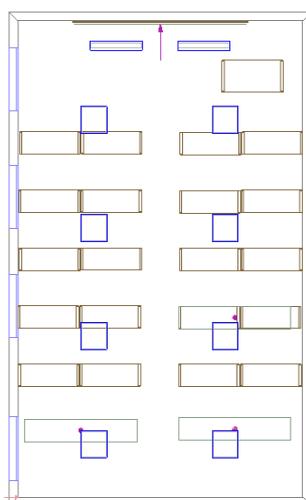
## a) Equipements d'éclairage :

Secteur	Luminaire LED de substitution	Confort visuel	Durée de vie	Rendement et flux sortie de luminaire	Commande
Ambiance	Dalle LED émission directe 	Classe de risque 0 (sécurité photobiologique)	50000 h à L70*	> 100 lm/W Flux 3300 à 3600 lm	Gradation par cellule mixte présence/luminosité Commande manuelle 100% à la porte
Tableau	Plaf. asymétrique LED 	Classe de risque 0 (sécurité photobiologique)	50000 h à L70*	> 90 lm/W Flux 3000 à 3300 lm	Commande manuelle

**Remarque** : les exigences ci-dessus permettent de satisfaire à la fiche CEE BAT-EQ-127 (en annexe) permettant de valoriser des Certificats d'Economie d'Énergie.

## b) Exemples de trames d'implantation (mêmes hypothèses de dimensions qu'en base)

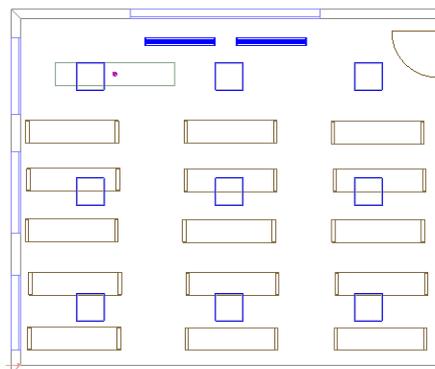
## Trame avec baie située dans la longueur



**8 luminaires LED flux 3300 lm**  
**2 luminaires LED (tableau)**  
 Facteur de maintenance : 0,85

Puissance : 1,4 W/m<sup>2</sup>/100 lux  
**Puissance totale : 4,1 W/m<sup>2</sup>**  
 (sans le tableau)

## Trame avec baie située dans la largeur



**9 luminaires LED flux**  
**2 luminaires LED (tableau)**  
 Facteur maintenance : 0,85

Puissance : 1,6 W/m<sup>2</sup>/100 lux  
**Puissance totale : 4,7 W/m<sup>2</sup>**  
 (sans le tableau)

**Remarque :**

Avec la solution « label », il est possible d'économiser 20 à 25% d'énergie

- grâce à un meilleur rendement énergétique des luminaires
- de la moindre dépréciation dans le temps des luminaires à LED

**II. BUREAUX****A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel :**

Niveau d'éclairage moyen à maintenir : 300 lux (avec appoint de 200 lux sur le poste de travail)

Uniformité : 0,7 sur le poste de travail

IRC > 80

Température de couleur comprise entre 3000 K et 5000 K

UGR < 19 dans les conditions réelles d'utilisation

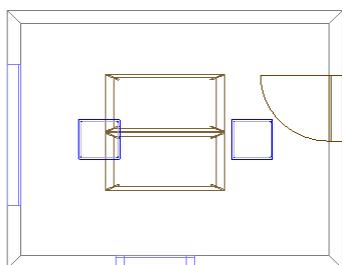
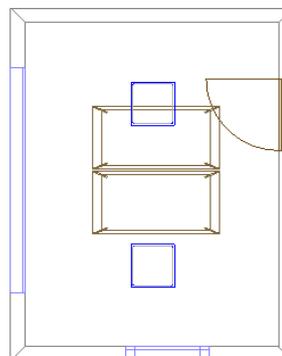
**B. Solutions pour le neuf et la rénovation:****1. Solution « base » :****a) Equipements d'éclairage :**

Secteur	Descriptif luminaire	Confort visuel	Rendement luminaire	Auxiliaire	Commande
Ambiance	Plafonnier T5 ventelles paraboliques 3x14W 	Très basse luminance 200 cd/m <sup>2</sup> sous 55°	> 70%	Ballast cathode chaude	Bouton poussoir à l'entrée + détecteur présence

**b) Exemples de trames d'implantation :****Hypothèses de calcul :**

- Coefficients de réflexion moyens de l'ordre de 70% (plafond), 50% (murs), 20% (sol) = surfaces claires (plafond, murs) à moyennes (sols)
- Présence d'une baie sur un côté
- Hauteurs des éclairages : comprises entre 2,70 m et 3,20 m

Pour des applications spécifiques différentes (hauteur importante, surfaces sombres), une étude devra être réalisée.

**Cas général : bureau de dimensions moyennes de 15 m<sup>2</sup>****Trame avec baie située dans la largeur du local****Trame avec baie située dans la longueur du local****2 luminaires 3x14W T5**

Facteur de maintenance : 0,80

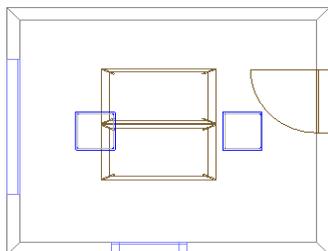
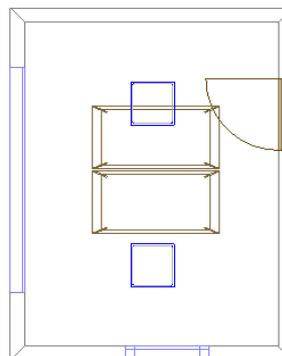
Puissance : 2 W/m<sup>2</sup>/100 lux**Puissance totale : 6 W/m<sup>2</sup>**

**Remarque** : les luminaires doivent être positionnés de façon à ce que les grilles de défilement soient parallèles à la baie, pour limiter les éblouissements.

**2. Solution « label » :****a) Equipements d'éclairage :**

Secteur	Luminaire	Confort visuel	Durée de vie	Rendement et flux sortie de luminaire	Commande
Ambiance	Dalle LED diffuse 	Classe de risque 0 (sécurité photobiologique)	50000 h à L70*	> 90 lm/W Flux 3300 à 3600 lm	Bouton poussoir à l'entrée + détecteur de présence

**Remarque** : les exigences ci-dessus permettent de satisfaire à la fiche CEE BAT-EQ-127 (en annexe) permettant de valoriser des Certificats d'Economie d'Énergie.

**b) Exemples de trames d'implantation (mêmes hypothèses qu'en base)****Trame avec baie située dans la longueur****Trame avec baie située dans la largeur**

**2 luminaires LED flux 3300 lm**  
Facteur de maintenance : 0,85

Puissance : 1,6 W/m<sup>2</sup>/100 lux  
**Puissance totale : 5 W/m<sup>2</sup>**  
(hors éclairage au poste de travail)

**c) Cas particulier de l'éclairage au poste de travail**

Cet éclairage doit permettre d'apporter un complément d'au moins 200 lux sur le poste de travail avec une uniformité de 70%.



**Solution « base »**  
**Luminaire fluocompact**

Puissance : 11 W maxi  
Flux lumineux > 350 lm

Allumage / extinction par inter



**Solution « label »**  
**Luminaire LED**

Puissance : 5 W maxi  
Flux lumineux > 350 lm

Interrupteur avec variation de lumière  
Coupure automatique après inutilisation  
Durée de vie > 30 000 heures

### III. COULOIRS

#### A. Rappel des exigences qualitatives du référentiel :

Niveau d'éclairage moyen à maintenir : 100 lux

Uniformité : 0,4

IRC > 80

Température de couleur comprise entre 3000 K et 5000 K

UGR < 28 dans les conditions réelles d'utilisation (selon la norme NF EN 12464-1)

#### B. Solutions pour le neuf et la rénovation:

##### a) Equipements d'éclairage :

Secteur	Luminaire	Confort visuel	Durée de vie	Rendement et flux sortie de luminaire	Commande
Circulations	Downlight à module LED en recul 	Classe de risque 0 (sécurité photobiologique)	50000 h à L70*	> 90 lm/W Flux 1600 à 2000 lm	Commande par interrupteur temporisé Gestion par multicapteur (présence + luminosité) en cas de lumière naturelle

##### b) Exemples de trames d'implantation :

#### Hypothèses de calcul :

- Coefficients de réflexion moyens de l'ordre de 70% (plafond), 50% (murs), 20% (sol) = surfaces claires (plafond, murs) à moyennes (sols)
- Pas d'éclairage naturel dans le cas général
- Hauteurs des éclairages : comprises entre 2,70 m et 3,20 m

Pour des applications spécifiques différentes (hauteur, surfaces de réflexion), une étude devra être réalisée.

#### Cas général d'un couloir de 1,70 m de largeur (étude sur une longueur de 30 m)



**6 luminaires LED**

**Soit 1 luminaire tous les 5 m**

Facteur de maintenance : 0,85

Puissance : 2,4 W/m<sup>2</sup>/100 lux

**Puissance totale : 2,4 W/m<sup>2</sup>**

**Remarque :** pour les couloirs, les coloris et textures des parois ont un impact extrêmement important sur le niveau de luminosité (**jusqu'à 35%** de différence entre des coloris clairs et des coloris sombres)

Pour cette raison, les teintes claires sont à privilégier.

#### IV. GESTION DE L'ECLAIRAGE :

##### A. Protocoles de gestion avec variation de l'intensité lumineuse

Pour les salles de classe et les bureaux, une gradation de l'éclairage est demandée pour permettre de réaliser des économies d'énergie à partir de la modulation de l'intensité lumineuse.

La gradation est possible à travers deux principaux protocoles de gestion, 1-10V (analogique) ou DALI (numérique).

Le protocole DALI est à privilégier pour les raisons suivantes :

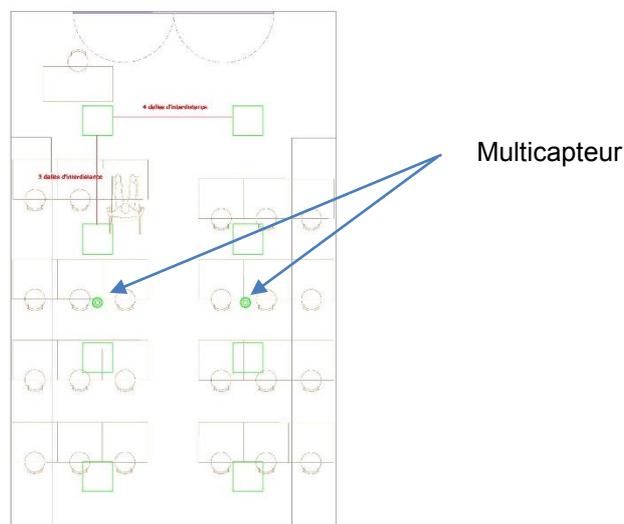
- La gradation est possible jusqu'à 100% (en cas d'apport de lumière naturel important)
- Les pas de variation sont plus fins qu'en 1-10V rendant le paramétrage des consignes de luminosité plus facile et rapide.
- Les fils de commande ne sont pas polarisés d'où une plus grande sécurité à l'installation
- Enfin le coût des luminaires équipés de ballasts DALI s'est aligné à la baisse sur les luminaires 1-10V depuis quelques années

**Attention :** l'emploi de luminaires DALI ou 1-10V exige l'utilisation d'organes de gestion et commande compatibles avec cette technologie (détecteurs de présence, de luminosité ...)

##### B. Salles de classe :

Dans les salles de classe, qui disposent presque toujours de baies lumineuses sur au moins l'un des côtés, l'éclairage sera asservi à la fois à la lumière naturelle et à des détecteurs de présence.

Dans le cas général, les capteurs mixtes ou multicapteurs individuels répondent bien à cette fonction en permettant d'asservir les différentes lignes de luminaires disposées dans la longueur de la salle de classe :



Selon les configurations dépendant des surfaces des salles, de leur profondeur et de leur hauteur, 2, 4 voire 6 multicapteurs (pour 3 lignes de luminaires) seront nécessaires dans la salle de classe ; la technologie infrarouge est la mieux adaptée.

Dans le cas où les apports de lumière naturelle ne seraient pas homogènes (présence d'obstacles, ou baies discontinues), des multicapteurs intégrés directement aux luminaires peuvent être choisis pour permettre de mieux ajuster la luminosité aux besoins des élèves à leur table de travail ; cette solution est cependant plus onéreuse puisqu'elle nécessite plus de capteurs.

L'éclairage spécifique du tableau sera asservi également à l'un des détecteurs de présence (qui devra de ce fait disposer d'une sortie supplémentaire 230V), mais pas à la lumière naturelle, du fait de la difficulté de détection s'agissant d'une surface verticale. Il ne sera pas de ce fait graduable, contrairement aux luminaires d'éclairage d'ambiance.

Les détecteurs seront de type plafonniers, de technologie infrarouge, devant permettre une détection de luminosité entre 0 et 1000 lux, une temporisation jusqu'à 30 mn, avec un compromis entre champ de détection et précision de détection : on sélectionnera par exemple un champ de détection de diamètre 5 m pour une hauteur de capteur de 2.5 m et avec des zones de non détection inférieures à 10% de la surface totale de détection.

Lorsque l'éclairage artificiel ne sera plus nécessaire (absence d'occupants...), les luminaires devront pouvoir être éteints, ceci sans consommation résiduelle de veille liée aux auxiliaires.

Une commande manuelle sera disponible près de la porte pour permettre une extinction de 100% des luminaires (bouton poussoir).

### **C. Bureaux :**

**Pour les bureaux**, un détecteur de présence commandera automatiquement l'allumage ou l'extinction des luminaires suivant une temporisation.

Une commande de variation manuelle à partir d'un bouton poussoir installé à proximité de l'entrée permettra à l'occupant de régler le niveau de luminosité, lorsqu'il est présent, la détection de présence restant prioritaire.

Ce type de fonctionnalité peut être couramment obtenu avec des systèmes de poussoir « Touchdim » fonctionnant en DALI.

L'expérience montre que lorsqu'ils sont équipés de tels systèmes (et également formés et sensibilisés) les utilisateurs ont tendance à abaisser fortement la luminosité en heures de jour, ce qui est vertueux.

### **D. Circulations :**

Pour les couloirs, des minuteries commanderont les éclairages dans le cas général.

En cas d'apport de lumière naturelle, des multicapteurs (présence et luminosité) commandant automatiquement l'allumage et l'extinction, en mode automatique seront privilégiés.

Les détecteurs des circulations seront implantés (par minimum de 2 détecteurs) de façon à ce que leur faisceau de détection soit croisé afin de permettre aucune zone d'ombre et le relancement automatique de l'éclairage sans interruption de lumière.

## V. SOLUTIONS DE MAINTENANCE

Des solutions d'économie peuvent être opérées lors des opérations de maintenance, ces opérations sont classées ci-après dans l'ordre croissant de qualité et de potentiel de gain.

- Remplacement de sources seules (et auxiliaires)
- Remplacement de luminaires aux mêmes implantations
- Remplacement de luminaires en revoyant les implantations
- Gestion de l'éclairage

### A. Remplacement des sources seules :

Cette opération est à privilégier dans les cas suivants :

- Budget d'achats et travaux faible
- Rentabilité très rapide souhaitée
- Simplicité de mise en œuvre (pas de service technique qualifié)
- Luminaires supports des lampes récents et/ou en bon état (filerie, douilles, ...)
- Souhait de conserver les implantations existantes (ou nécessité technique)

#### A.1 Lampes à incandescence et halogènes :

Les opérations de forte rentabilité concernent tout d'abord les sources de type incandescence et halogènes encore nombreuses dans l'existant, en particulier les sources directionnelles, comme les lampes halogènes à réflecteur dichroïques qui n'ont pas été –encore- interdites par la directive ErP.



Ces différentes sources peuvent aujourd'hui être remplacées par des modèles LED.

Pour la même puissance lumineuse, une économie de l'ordre de 90% peut être obtenue à condition de sélectionner des produits d'étiquette énergétique A+. Le changement des lampes très fréquent avec l'incandescence (durée de vie : 1000 à 2000 h) n'est plus nécessaire.

**Ainsi, pour une source dichro 50W 12V (la plus courante sur le marché), l'équivalent actuel est de 6W, pour une durée de vie d'au moins 25 000 h.**

Par ailleurs, s'agissant des modèles fonctionnant en TBT (12 ou 24V), il est plus adapté de devoir également remplacer le transformateur existant par un driver LED adapté à la puissance de la source LED ; dans le cas contraire la nouvelle source est susceptible de ne pas bien fonctionner ou de clignoter. En fonction de la quantité de points lumineux installés, il est également recommandé d'utiliser des produits avec des facteurs de puissance élevé pour limiter de générer trop de puissance réactive au niveau des installations.

Les modèles 230V peuvent être remplacés directement (pas de transformateur).

Des précautions sont cependant à prendre pour sélectionner des modèles robustes et qualitatifs :

- Facteur puissance > 90%
- Garantie fabricant > 5 ans
- IRC > 80
- Faisceau adapté à la configuration (pour les lampes directionnelles)
- Classe A+ au minimum (certaines lampes atteignent maintenant le niveau A++)

Une fiche CEE (certificats d'économie d'énergie) **BAT-EQ-126** donne depuis août 2015 une bonification importante aux modèles de lampes LED d'accentuation remplissant les conditions suivantes :

- Rendement lumineux > 60 lm/W
- Durée de vie supérieure à 50 000 heures pour L70 (30% de perte de flux au maximum)

Il est donc souhaitable d'exiger ces performances dans une optique de valorisation des CEE.

## A.2 Lampes fluorescentes :

Les lampes fluorescentes se décomposent en 2 catégories distinctes :

- Les lampes fluocompactes, destinées principalement aux downlights
- Les tubes fluorescents

Contrairement aux lampes précédentes, les lampes fluorescentes sont dépendantes de la qualité du luminaire et de l'optique dans lesquelles elles sont installées.

Des solutions de substitution existent cependant il est souhaitable de conserver la forme et le faisceau lumineux de la source d'origine avec la nouvelle source pour ne pas modifier la distribution lumineuse de l'appareil d'origine lorsqu'une optique est présente.

C'est pourquoi le remplacement de lampes fluocompactes par des modèles LED soi-disant équivalents n'est pas préconisé ; il convient dans ce cas de remplacer l'appareil complet pour bénéficier par ailleurs d'une meilleure optique adaptée au module LED.

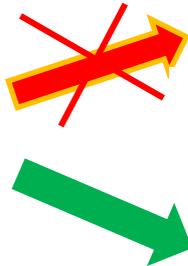
Concernant les tubes fluorescents, le même raisonnement conduit à ne pas privilégier le remplacement de tubes fluo traditionnels pour les applications suivantes :

- Appareils fluo équipés de ventelles (bureaux, salles de classe...)
- Appareils fluo décoratifs pourvus d'optiques particulières

En revanche, lorsque les appareils d'origine ont des optiques peu performantes (ex : acier peint en blanc), encrassée ou bien en sont dépourvus (ex : réglettes fluorescentes), le remplacement des tubes fluorescents d'origine par des tubes LED peut être approprié, surtout s'ils sont alimentés par des ballasts conventionnels énergivores.



Tubes à LED

Tubes fluo dans luminaire à grille  
Substitution **déconseillée**Tubes fluo dans réglette ou réflecteur  
sans grille  
Substitution **possible**

Dans ce cas, l'économie de consommation est conséquente, son importance dépend directement de l'efficacité énergétique en lm/W des tubes LED et du faisceau utilisé (habituellement entre 90 et 150°, la moyenne se situant à 120°).

Le tube LED se substitue directement à la maintenance au tube fluo existant, il convient de prendre garde de déconnecter le starter existant. Par ailleurs, l'adjonction d'un driver LED externe au tube LED est recommandé, pour éviter de conserver le ballast fluorescent d'origine susceptible de panne et provoquant une consommation résiduelle d'énergie.

Du point de vue financier, les tubes LED sont éligibles depuis août 2015 aux CEE (certificats d'économie d'énergie), mais seulement, dans le tertiaire, pour les bâtiments sportifs, les parkings couverts et les espaces commerciaux.

Quelle que soit l'application, il est recommandé d'exiger le niveau de performance décrit dans la fiche CEE BAT-EQ-132 (en annexe) pour bénéficier de modèles robustes et économes en énergie.

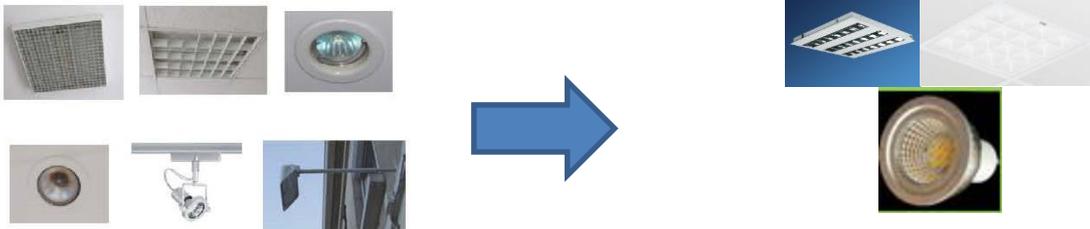
## B. Remplacement de luminaires aux mêmes implantations

Le remplacement des luminaires complets est particulièrement adapté lorsque ceux-ci présentent des signes avant-coureurs de vétusté (changement de lampes inopérant, problèmes électriques...).

De plus, il permet :

- Un appareil neuf bénéficie de la garantie installateur
- Leur design est généralement plus moderne
- Il apporte une économie supplémentaire par rapport à un simple changement de lampes grâce à la performance du luminaire (optique) et la possibilité de faire varier l'intensité lumineuse

### ÉCLAIRAGE EXISTANT



Le remplacement des appareils en conservant les mêmes implantations est judicieux lorsque :

- L'éclairage actuel n'est pas sur-dimensionné en luminosité (lux)
- L'uniformité d'éclairage est inférieure aux valeurs de référence

Ces éléments peuvent être mesurés avec un luxmètre soigneusement étalonné.

Par ailleurs, il est usuel de considérer que la densité de luminaires, pour un local tertiaire ne doit pas excéder (pour une hauteur moyenne de 3m) :

Bureaux (superficie de moins de 20 m<sup>2</sup>) : **2 plafonniers par tranche de 10 m<sup>2</sup>**

Salles de classe et bureaux paysagers (40 à 80 m<sup>2</sup>) : **3 plafonniers par tranche de 20 m<sup>2</sup>**

Si la densité est en-deçà de ces seuils, il n'est pas adéquat de diminuer le nombre de luminaires dans le local sous peine de réduire l'uniformité nécessaire.

Il conviendra alors de remplacer nombre pour nombre les luminaires existants par de nouveaux luminaires plus performants répondant aux exigences du référentiel (base ou performance).

En éclairage fonctionnel, les luminaires T8 fonctionnant à partir de ballasts conventionnels est à remplacer en priorité, pour réaliser plus de 50% d'économie d'énergie en équipements T5 et LED.

Nous fournissons ci-après une correspondance des luminaires à remplacer en fonction des modèles et puissances rencontrés.

Solution	T5	LED
Existant		
<b>Efficacité système</b>	>80 lm/W	> 100 lm/W
Luminaire 4x18W	3x14W	30 à 35W
Luminaire 3x18W	2x14W	25 à 30W
Luminaire 2x36W	1x54W	40 à 45W
Luminaire 2x58W	2x35W	50 à 60W
Luminaire 4x14W T5	-	35 à 40W

### C. Remplacement de luminaires en modifiant les implantations

Lors de remplacements, il peut être justifié de modifier les implantations des luminaires pour en réduire le nombre ; c'est le cas lorsque l'éclairage est surabondant en quantité (à vérifier avec un luxmètre) ou lorsque les implantations des postes de travail ou des mobiliers sont amenées à évoluer, rendant nécessaire une adaptation de l'éclairage.

Les règles de densité des luminaires à prendre en compte sont celles énoncées dans le paragraphe précédent.

Pour être optimisé, le nouveau dimensionnement doit prendre en compte un certain nombre de facteurs :

- La dimension des locaux, la hauteur d'installation
- Les coefficients des surfaces de réflexion (plafond, murs, sol)
- Les implantations des postes de travail le cas échéant

Il nécessite l'utilisation d'un logiciel d'éclairage tel DIALux ou RELUX, qui ont l'avantage d'être gratuits et de permettre de comparer les résultats obtenus avec de nombreuses bases de fabricants et luminaires du marché.

Ces calculs peuvent être faits par le biais de bureaux d'étude spécialisés en éclairage et indépendants.

L'OPQIBI, organisme de qualification de référence pour les bureaux d'étude et maîtres d'œuvre, met à disposition la liste des sociétés disposant de la qualification en éclairage **1407 – « Etude d'éclairagisme intérieur »**. Cette qualification, qui donne par ailleurs accès à la mention RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) permet de distinguer les structures disposant de résultats avérés en matière de confort visuel et d'optimisation énergétique.

#### D. Gestion de l'éclairage :

Une amélioration de la gestion de l'éclairage permet d'atteindre généralement les rentabilités les plus courtes. Selon les cas, les améliorations peuvent être les suivantes :

- Remplacement d'un interrupteur simple par un détecteur de présence
- Mise en place d'une cellule photosensible ou d'un multicapteur pour asservir l'éclairage (couplés à un bouton-poussoir pour conserver un mode manuel)
- Mise en place d'une horloge (modèle astronomique pour l'éclairage extérieur)

Ces différents dispositifs bénéficient d'une bonification financière par les certificats d'économie d'énergie (CEE) lorsqu'ils sont associés à un remplacement de luminaire de modèle performant.

Par ailleurs, les nouvelles technologies de systèmes sans-fil facilitent le raccordement des équipements de gestion (systèmes piézo-électriques, protocole EnOcean, technologie Cherry ...), tout en réduisant le coût de la prestation en économisant sur le passage des câbles d'alimentation (exemple : boutons-poussoirs, variateurs...).

#### VI. LE RECYCLAGE

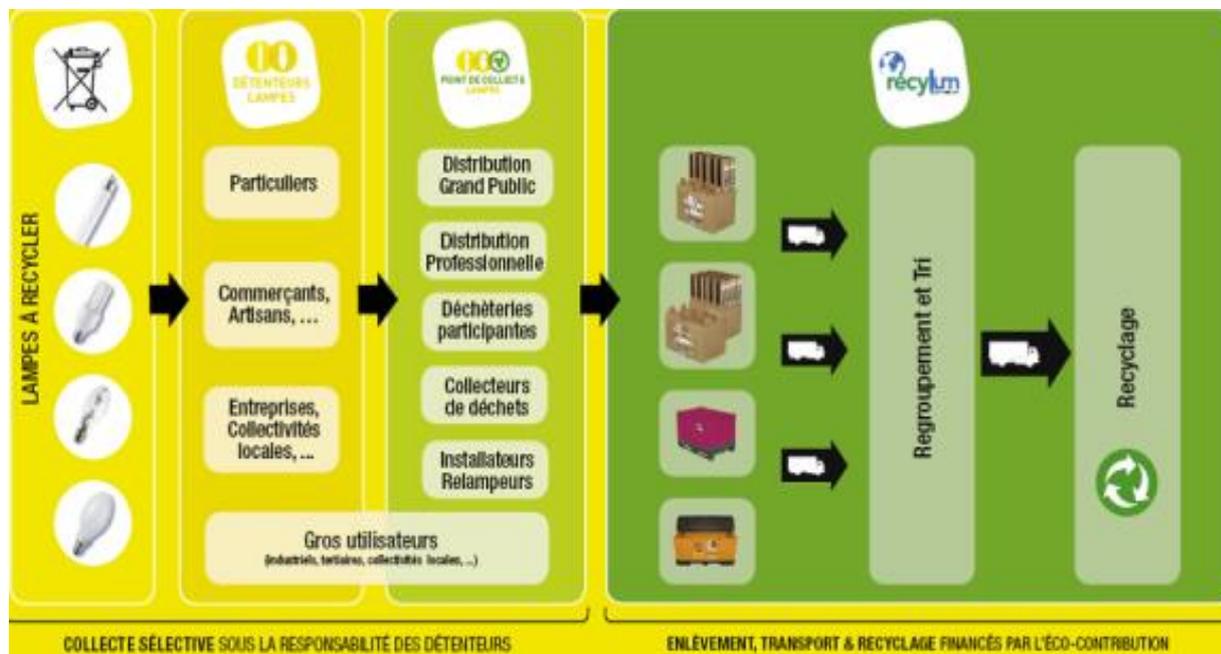
Rappel de la réglementation :



A l'exception des lampes incandescence, l'ensemble des lampes doivent être recyclées, compte tenu de :

- la présence de mercure dans les lampes à décharge
- l'assujettissement des lampes et luminaires à LED à la directive D3E

Il convient de veiller à la collecte des lampes à recycler suivant le dispositif suivant :



Source : Recylum

Soit le lycée met en place un dispositif de collecte sous forme de cartons sélectifs fournis par RECYLUM), soit il veille à l'envoi des lampes usagées aux acteurs de la distribution ou aux collecteurs agréés pour les stocker avant recyclage.

## ANNEXES

---

## ANNEXE 1 : EXIGENCES NORMATIVES EN ECLAIRAGE

---

### ⇒ Exigences en qualité d'éclairage

#### 1. Normes de confort visuel

La réglementation applicable au confort visuel dans les bâtiments tertiaires et industriels est le Code du Travail (articles R-4223.1 à R-4223-12 de mars 2008).

Cependant, cette réglementation ne donne que peu d'exigences chiffrées en dehors des niveaux d'éclairage, eux-mêmes faibles en regard des besoins établis par la profession.

C'est pourquoi, en matière de conception, il est d'usage d'appliquer la norme unifiée européenne NF EN 12464 en vigueur depuis 2003, et révisée en juillet 2011.

Cette norme a l'intérêt de définir précisément les exigences visuelles dans les locaux et aires extérieures de travail en tenant compte des variétés d'activités et de tâches dans le tertiaire et l'industrie.

D'autre part, elle ne s'attache pas aux seuls niveaux d'éclairage, mais fixe des seuils de performance également en matière d'uniformité, de luminance et de rendu de couleurs, 3 autres critères prépondérants en matière de confort visuel.

Concernant les locaux d'enseignement, une trentaine d'activités spécifiques sont ainsi identifiées, complétant les exigences s'appliquant aux parties communes des bâtiments (circulations, sanitaires...).

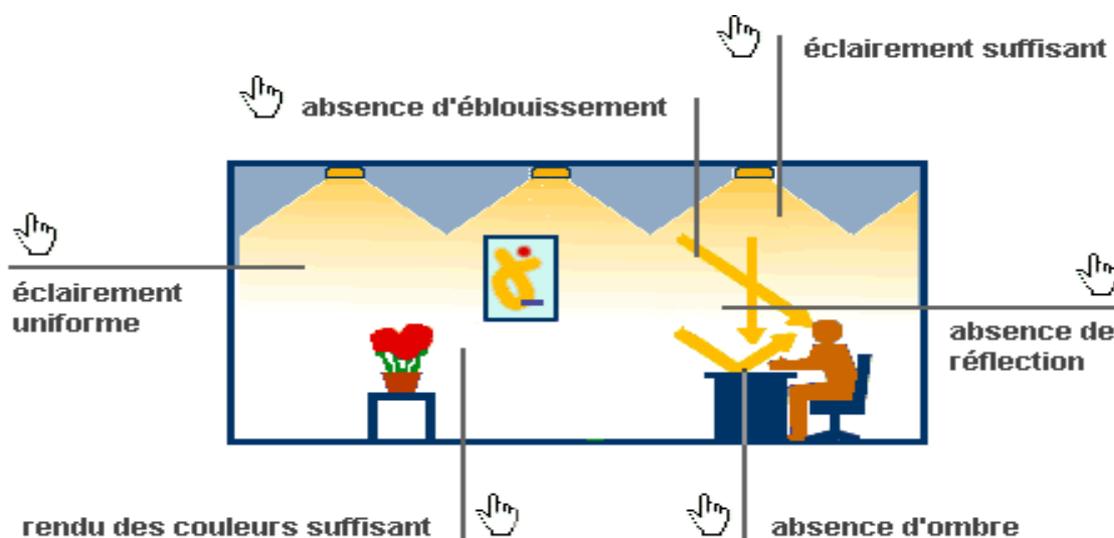
Les préconisations se présentent sous la forme du tableau suivant (exemple de salles de classe) :

La colonne **Em** représente le niveau d'éclairage moyen à maintenir (et non initial), mesurée sur le plan de travail (ou par défaut à 0,80 m du sol lorsque le plan de travail n'est pas connu ou défini) ou au sol pour les circulations et les aires sportives.

La colonne **UGR<sub>L</sub>** indique le niveau d'inconfort visuel (ou sensation d'éblouissement) d'une scène dans le champ visuel. Il s'agit du critère de confort le plus sensible s'agissant des locaux de travail comme les salles de classe et les bureaux. Il dépend des dimensions de la pièce, de la réflexion des surfaces et de la luminance des luminaires installés.

La colonne **U<sub>o</sub>** représente l'uniformité minimale à obtenir qui est définie par le rapport entre le niveau d'éclairage minimal de la zone concernée et son niveau d'éclairage moyen. Lorsqu'il s'agit de locaux de travail, la norme exige généralement une uniformité forte sur le plan de travail (60 à 70%) et plus réduite sur les zones environnantes.

Enfin la colonne **Ra** (ou IRC) définit le pourcentage minimal de restitution des couleurs à obtenir par l'éclairage artificiel. L'exigence d'un IRC élevé est forte pour les locaux de travail nécessitant une reconnaissance d'objets ou de détails, moindre pour les circulations notamment pour l'éclairage extérieur.



© J. Flémal - Architecture et Climat – UCL

#### Illustration des exigences de la norme NF EN 12464-1

L'ensemble des prescriptions de la norme européenne devront être scrupuleusement respectées s'agissant des performances minimales de qualité d'éclairage des lycées.

Il est à noter que la norme se décompose en une version 12464-1 pour les locaux intérieurs et 12464-2 pour les aires extérieures.

**Attention !** Certains fabricants se targuent de la conformité de leurs matériels à la norme NF EN 12464 (exemple le plus courant : luminaire « estampillé » UGR 19 pour les bureaux).

Cette prétendue conformité ne s'applique qu'à des situations particulières (dimensions, hauteur) qui ne sont pas jamais totalement représentatifs des locaux faisant l'objet des travaux.

Activité ou zone	Em (lux)	UGRL —	Uo —	Ra —	Exigences spécifiques
Salles de classe pour les cours du soir et enseignement aux adultes	500	19	0,60	80	Il convient de gérer l'éclairage.
Auditorium, salles de conférence	500	19	0,60	80	Il convient de gérer l'éclairage pour s'adapter aux divers besoins A/V.
Tableaux noirs, verts et blancs	500	19	0,70	80	Les réflexions spéculaires doivent être évitées. L'intervenant/le professeur doit être éclairé par un éclairage vertical

Extrait des exigences de la norme NF EN 12464-1 pour les Etablissements d'enseignement

C'est pourquoi la conformité devra absolument être attestée par l'établissement de calculs d'éclairage réalisé à partir de logiciels du marché (DIALux ou Relux notamment), prenant en compte les caractéristiques réelles des locaux (dimensions, réflexion des surfaces) et les distributions des intensités des luminaires.

Il appartiendra à la maîtrise d'œuvre d'imposer aux entreprises la réalisation de ces calculs dans les cahiers des charges pour éviter des non-conformités.

### Cas particulier des circulations :

La Réglementation Accessibilité (Arrêté du 1<sup>er</sup> août 2006) se substitue au Code du Travail s'agissant d'Etablissements Recevant du Public (ERP) dont font partie les lycées.

Elle impose des niveaux d'éclairage minimaux à maintenir dans les circulations horizontales et verticales (proches des exigences de la norme NF EN 12464-1 pour l'intérieur).

Il est à noter qu'un arrêté récent (8 décembre 2014) modifie à la baisse les valeurs d'éclairage pour les rénovations d'éclairage : 20 lux pour l'ensemble des aires extérieures et les parkings couverts. Les exigences dans le neuf restent inchangées.

## 2. Sécurité sanitaire

L'éclairage peut avoir un impact sur la santé des occupants, en fonction de la nature des équipements installés dans les locaux.

**La présence de mercure** dans les lampes à décharge traditionnelles (fluorescence, iodure métallique et sodium), classé déchet dangereux, nécessite de prendre des précautions pour éviter le bris de lampes et la dispersion des gaz, lors des opérations de maintenance par exemple.

L'emploi de luminaires à LED évite ce risque puisque la technologie fonctionne sans mercure.

**Attention** : les LED doivent cependant être recyclées comme les lampes à décharge traditionnelles (décret 2005-829 du 20 juillet 2005).

Un autre risque est à prendre en compte, l'émission de lumière bleue surabondante dans certaines sources, potentiellement dangereuse pour la rétine en raison de sa sensibilité particulière aux longueurs d'ondes concernées. Il concerne principalement les lampes et luminaires LED.

Ce risque est pris en compte par la norme NF EN 62471 de 2008, qui rend **obligatoire la mesure et la classification par un laboratoire du risque « photobiologique » potentiel**, classé sur une échelle de 0 (risque nul) à 3 (risque élevé).

Groupe	Description générale
Groupe 0 <b>sans risque</b>	Ne présente aucun risque photobiologique
Groupe 1 <b>risque faible</b>	Aucun risque photobiologique sans des conditions normales d'utilisation
Groupe 2 <b>risque modéré</b>	Ne présente pas de risque lié à la réponse d'aversion pour les sources très brillantes ou en raison de l'inconfort thermique
Groupe 3 <b>risque élevé</b>	Risque potentiel même pour une exposition momentanée ou courte

**Définition des classes de risque par la norme NF EN 62471**

La norme de sécurité des luminaires NF EN 60598-1 prévoit que les luminaires de risque supérieur à 2 ne sont pas attendus sur le marché, sachant qu'actuellement la majeure partie des luminaires d'éclairage d'ambiance se classent déjà au niveau 0.

Il importera que la maîtrise d'œuvre impose aux entreprises de **fournir les rapports de tests photobiologiques** correspondant aux équipements proposés, **en exigeant un risque de niveau 0**.

## ⇒ **Exigences en efficacité énergétique**

### 1) Réglementations thermiques :

L'éclairage est concerné aussi bien par la RT 2012, qui s'impose aux constructions et extensions de bâtiment dans l'enseignement depuis cette date, et également par la RT dans l'existant (Arrêté du 3 mai 2007).

Dans le cadre de la RT 2012, le fonctionnement de l'éclairage dans les locaux d'usage intermittent doit être asservi à des systèmes de gestion automatique (détection de présence et cellule photosensible lorsque la lumière du jour est présente) ; l'éclairage doit également faire l'objet d'un comptage analytique comme les autres usages énergétiques.

Dans la RT dans l'existant, c'est la Réglementation « élément par élément » qui s'applique le plus souvent (hors réhabilitation lourde qui impose un calcul de la consommation bâtiment par logiciel comme la RT 2012).

Cette réglementation qui doit prochainement être révisée impose pour l'éclairage général des locaux :

- Une consommation inférieure à 2,8 W/m<sup>2</sup> par tranches de 100 lux
- Ou l'emploi de luminaires de rendement > 55%, de diffusion directe ou directe/indirecte, utilisant des sources d'efficacité lumineuse supérieure à 65 lm/W et d'auxiliaires électroniques.

Elle rend techniquement impossible l'emploi de lampes incandescence ou halogènes, mais aussi des luminaires équipés de lampes fluocompactes qui n'atteignent pas pour la plupart l'efficacité énergétique exigée.

Lors des remplacements d'équipements (à la maintenance par exemple), la RT dans l'existant devra être respectée en tout point. Elle concerne aussi l'obligation de séparation des circuits d'éclairage pour les locaux de profondeur supérieure à 5 m disposant de baies lorsqu'une consommation minimale est atteinte (200 W).

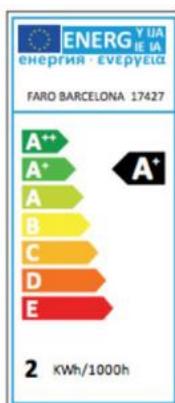
## 2) Réglementations et directives européennes :

La directive européenne ErP (Energy related products) n°2009/125/CE impose le retrait du marché européen des équipements électriques énergivores sur la décennie 2010.

Sont concernés en éclairage notamment les lampes à vapeur de mercure qui viennent de disparaître du marché (avril 2015) et prochainement les ballasts conventionnels pour lampes fluorescentes (disparition en avril 2017). Les lampes halogènes restant sur le marché devraient être progressivement bannies d'ici à 2020.

Cela signifie qu'il convient de planifier progressivement le remplacement des équipements concernés avant les échéances de retrait, lors de la maintenance par exemple, par des équipements performants en énergie.

L'étiquetage énergétique obligatoire concerne les lampes de toutes technologies ; depuis septembre 2013, les lampes sont classées de D à A++ pour les plus performantes. Les équipements ne dépassant pas la classe A (lampes fluocompactes) ne sont plus attendus sur le marché, au contraire des LED généralement A+ qui devraient atteindre A++ d'ici à 2 ans.



Etiquette énergétique éclairage en vigueur depuis sept. 2013

## 3) Certificats d'économie d'énergie :

Le dispositif des certificats d'économie d'énergie permet de bonifier l'achat d'équipements énergétiquement performants par un système de marché créé à cet effet et supporté par les fournisseurs d'énergie (dans l'existant uniquement).

Ce dispositif qui vient d'entrer dans la troisième période met à jour progressivement les opérations éligibles à ces bonifications.

Il est souhaitable que les équipements proposés dans le cadre des marchés de rénovation ou de maintenance soient systématiquement éligibles aux CEE pour que la Région puisse collecter des certificats directement ou par des intermédiaires.

Nous avons pris en compte les exigences de performance de ces fiches dans notre tableau de recommandations de façon à permettre et faciliter la collecte de CEE.

## ⇒ **Exigences sur les équipements**

De nombreuses exigences concernent les équipements d'éclairage, tant en matière de sécurité électrique, de résistance au risque d'incendie que de performance.

Certaines exigences sont obligatoires et entrent dans le cadre du marquage CE (Conformité aux directives européennes Basse tension, CEM, RoHS, DEEE et Eco-Conception), ainsi que dans le cadre du règlement de sécurité contre l'incendie.

D'autres sont facultatives mais de plus en plus réclamées par les professionnels notamment pour les équipements LED dont la normalisation tarde à s'imposer.

Les labels de performance ENEC complété en 2015 par ENEC + permettent d'attester de la qualité et la performance des matériels sur la base de tests réalisés dans des laboratoires accrédités et indépendants. Le certificat est attribué par un organisme de certification indépendant (ex : LCIE Bureau Veritas).

Nous présentons en annexe les différents textes réglementaires et normatifs relatifs aux équipements que les maîtres d'œuvre sont invités à prendre en référence dans leurs cahiers des charges. Ils concernent notamment les équipements LED dont la technologie n'est pas encore bien normalisée.

Sont indiqués également les documents et rapports à fournir par les entreprises pour attester de la conformité des équipements proposés, soit au stade de la réponse à la consultation (souhaitable) soit avant la réalisation des travaux.

---

## ANNEXE 2 : ETUDE DE MARCHE EN ECLAIRAGE

---

### ⇒ **Généralités**

Depuis quelques années, la filière éclairage connaît une évolution rapide avec la mise sur le marché d'équipements LED qui tendent progressivement à supplanter les appareils traditionnels.

En effet ces équipements même s'ils génèrent la plupart du temps un surcoût à l'achat intéressent les utilisateurs du fait des économies d'énergie et de maintenance attendues, ainsi que de l'amélioration de la qualité d'éclairage dans certaines situations (allumage instantané, absence de mercure...).

Une étude du cabinet Mc Kinsey prévoit qu'à l'horizon 2020 les LED représentent plus de 70% du marché pour l'éclairage des bâtiments, en raison notamment des baisses de prix et de l'amélioration continue des performances de cette technologie (l'efficacité énergétique des LED blanches est attendue à plus de 200 lm/W d'ici 2020 contre 140 aujourd'hui).

Si dans les faits la technologie progresse rapidement dans les bâtiments « électro-intensifs » (usines, grandes surfaces), la progression est plus lente dans les locaux tertiaires où les retours sur investissements sont mécaniquement plus longs du fait de la moindre utilisation quotidienne.

C'est pourquoi une étude du marché avec une analyse en coût global est indispensable pour prendre en compte les caractéristiques de fonctionnement et d'exploitation particulières aux lycées.

Par ailleurs, l'exigence d'un bon confort visuel nécessite de comparer des équipements d'une qualité minimale, alors que la plupart des équipements traditionnels ou LED ont un positionnement prix dépendant du niveau de gamme.

C'est particulièrement le cas pour les LED où beaucoup de matériels « standard » atteignent maintenant de hauts niveaux d'efficacité énergétique, mais souvent au détriment du confort visuel (luminance).

Nos prescriptions porteront ainsi sur des équipements LED vertueux, alliant à la fois qualité d'éclairage, durée de vie et performance énergétique.

### ⇒ **Le marché des LED et ses caractéristiques**

Le marché des LED se caractérise actuellement par :

- une offre abondante de luminaires visant le remplacement de l'existant (« retrofit »), depuis 2010
- l'émergence récente de produits plus évolués, d'un plus haut niveau de confort et offrant plus de fonctionnalités (gestion de l'éclairage)

Les luminaires visant le remplacement de l'existant (lampes LED, tubes LED...) sont descendus à des niveaux de prix bas sous l'effet de la massification obtenue, de sorte que des solutions rentables sous des durées très courtes sont maintenant courantes.



Exemple de gamme « retrofit » en LED

Les luminaires LED complets visant le neuf ou la rénovation présentent encore des surcoûts par rapport aux éclairages traditionnels mais qui tendent à s'amenuiser.

Cependant, une très grande disparité existe entre des équipements de grande qualité et de fiabilité avérée et d'autres de qualité plus douteuse, offrant peu d'informations techniques.

Les critères de qualité particuliers aux LED expliquant des différences de prix parfois importantes sont les suivants :

- la **qualité des LED**, élément de base du luminaire LED ; à côté de grands fabricants (Samsung, Cree, Osram, Lumileds, Toshiba...) maîtrisant le process et soumettant leurs produits à des tests reconnus coexistent des fabricants dont la production est souvent de piètre qualité

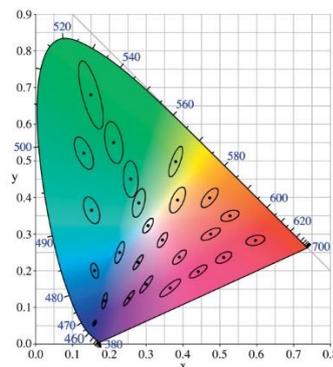


Exemple de modules LED

La qualité des lampes et luminaires à base de LED se caractérise par :

- une **homogénéité de la couleur blanche** des différentes LED constituant un luminaire ; cette homogénéité se mesure par la méthode des ellipses de MacAdam ou SDCM (déviation chromatique).

La différence de couleur entre des LED de SDCM 1 (ellipse très petite) n'est pas visible par l'œil humain ; à partir du rang 4, la différence est aisément perceptible.

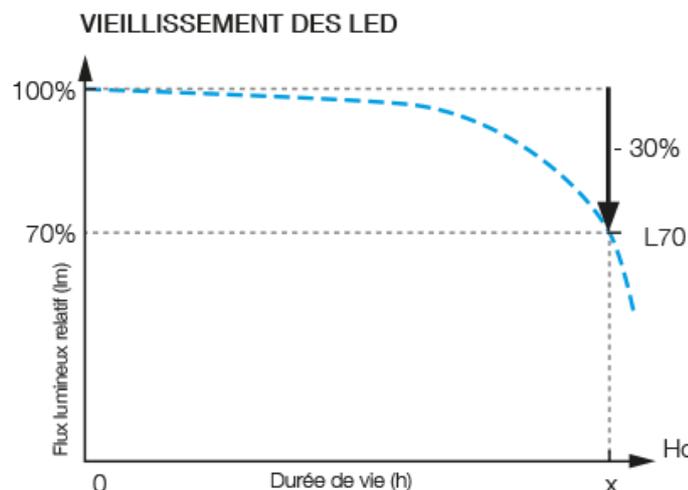


Exemple d'ellipses de Macadam sur la diagramme CIE

Pour les usages des lycées nécessitant une bonne concentration (salles de classe, bureau, CDM...), il conviendra donc d'exiger des LED de rang SDCM de 4 au maximum.

- **La maintenance de la luminosité des LED dans le temps** ; meilleure elle est, plus le produit est onéreux mais ce dernier génère une économie à l'investissement car il évite un surdimensionnement lié à l'anticipation de la baisse de luminosité (« facteur de maintenance »). Les grands fabricants de modules LED font effectuer et tiennent à disposition des tests de vieillissement selon des normes reconnues internationalement (LM 79, TM 21) présentant les caractéristiques de durée de vie.
- Ces tests donnent lieu à l'estimation de la durée de vie caractérisée pour les LED par le symbole suivant : L . B... où L représente le % de maintenance de flux résiduel et B le % de LED présentant ces caractéristiques pour un lot donné.
- A titre d'exemple, une durée de vie L70B50 à 50 000 heures est un grand standard de la profession, mais il est possible d'obtenir des meilleures durées de vie suivant les qualités des produits.

Dans les bâtiments tertiaires, où une durée de vie de 50 000 heures est rarement atteinte, il convient de privilégier des données de flux résiduel pour des durées de 25 000 h (20 ans environ) où les fabricants peuvent proposer des caractéristiques L80 voire L90.



- **La qualité du module de LED** (carte électronique portant les LED et certains composants électroniques). Elle se caractérise par le choix des LED et des autres composants, du substrat utilisé et de la qualité des soudures des composants électroniques (y compris les LED) sur le circuit électronique.
- **la qualité et la robustesse de l'auxiliaire électrique** (« driver » de LED) : la qualité se caractérise ici par l'efficacité énergétique (%), la durée de vie, l'atteinte d'un facteur de puissance élevé (peu d'énergie réactive générée), l'absence de flickering (papillotement) à bas régime.
- **La qualité du management thermique** : le point critique de la LED étant la résistance à la chaleur émise, les luminaires doivent être conçus pour pouvoir dissiper suffisamment la chaleur générée par les LED.

- **La qualité de l'optique pour éviter les éblouissements** : une optique secondaire voire tertiaire sont souvent nécessaires pour atténuer le flux par nature directif des LED souvent difficilement supportable lorsque le luminaire est dans le champ de vision.
- **La qualité de l'assemblage mécanique** et sa robustesse dans le temps, en particulier les matériaux plastiques (antistatiques pour éviter un encrassement trop rapide et une résistance au jaunissement).

Actuellement nous trouvons sur le marché une grande quantité d'appareils d'éclairage LED à bas prix qui se caractérisent souvent par :

- **Des optiques** peu performantes du point de vue du confort visuel (la maîtrise du faisceau lumineux par l'optique permet d'améliorer le flux utile); par exemple les downlight de premier prix (autour de 30 €) émettent des flux puissants pour une consommation faible, mais sont très éblouissants.
- C'est également le cas pour les dalles LED destinées aux locaux administratifs, dont la plupart ont une efficacité énergétique relativement médiocre liée au mode d'assemblage des LED, fixés horizontalement sur les bords des luminaires et non en éclairage direct
- **La fragilité de l'électronique**, pour lequel il convient de demander des garanties sur la durée de vie et le bon fonctionnement (facteur de puissance etc...)
- **Une durée de vie relativement faible**, entraînant une perte de luminosité dans le temps non anticipée : il n'est pas rare de trouver des luminaires L70B50 dès 25000 heures, pire encore certains fabricants et distributeurs ne diffusent pas les données de durée de vie car la production de celle-ci n'est pas encore pas obligatoire comme elle l'est depuis des décennies pour les éclairages traditionnels. Ce point est particulièrement critique et il convient de s'assurer de la qualité des LED utilisées et de leur gestion thermique.

C'est pourquoi nous avons établi en annexe 3 une liste des recommandations concernant la vérification de la qualité et de la performance des matériels LED ; les preuves de qualité correspondant aux exigences indiquées devront être demandées aux entreprises dans le cadre des cahiers des charges de consultation.

## ⇒ Etude de prix des principaux modèles LED dans le tertiaire

Nous avons réalisé ci-après une étude de marché sur les principaux appareils LED proposés dans le tertiaire et l'enseignement avec des fourchettes de prix indicatives (fournitures seules), mis en corrélation avec les appareils fluorescents traditionnels également chiffrés. La comparaison concerne évidemment des appareils fournissant la même intensité lumineuse au sol ou sur le plan de travail.

Cette étude de marché porte d'autre part sur une correspondance des luminaires aux exigences de qualité et performance fixées dans la partie III du référentiel :

- Rendement énergétique « système » (en sortie de luminaire) : 90 lumen / W pour les locaux de travail (salles de classe, bureaux...)
- UGR 19 maxi dans l'ensemble des locaux de travail
- Luminaires ayant un indice de rendu des couleurs (IRC) > 80

Secteur	Luminaire traditionnel fluorescent confort standard	Fourchette de prix H.T.		Luminaire LED de substitution	Fourchette de prix H.T.		Luminaire LED haut confort visuel	Fourchette de prix
		standard (on-off)	gradable		standard (on-off)	gradable		
Ambiance salle de classe/bureau	Plafonnier T5 double parabole 3x14W 	50 à 80 €	70 à 120 €	Dalle LED diffuse 	100 à 150 €	120 à 180 €	Dalle LED émission directe 	180 à 260 €
Tableau salle de classe	Plafonnier T5 asymétrique 1x49W 	80 à 110 €	-	Plaf. asymétrique LED 35W 	110 à 150 €	-		-
Circulations/Internat	Downlight fluocompact 2x26W fluocompact 	30 à 50 €	40 à 60 €	Downlight LED compact 	40 à 60 €	50 à 70 €	Downlight à module LED en recul 	80 à 120 €
Salle polyvalente/gymnase	Plafonnier alu 3x49W et grille anti choc 	200 à 250 €	250 à 300 €	Plafonnier LED 80W étanche 	300 à 350 €	350 à 400 €		-
Locaux techniques/extérieur	Etanche T5 2x49W IP65 	35 à 55 €	50 à 70 €	Etanche LED 60W IP65 	80 à 120 €	100 à 140 €		-
Halls / espaces décoratifs	Spot halogène TBT dichro 50W 	10 à 15 €	-	Spot dichro LED 6W 	15 à 20 €	15 à 20 €		-
Locaux techniques (remplacement des lampes seules)	Tubes fluo T8 36/58W 	2 à 3 €	-	Tube LED 20/30W 	30 à 40 €	-		-

Pour les appareils destinés aux locaux de travail et aux éclairages d'ambiance des halls d'accueil, de l'internat, des circulations, nous recommandons de sélectionner les appareils LED de haut confort visuel (colonne de droite).

A ce sujet, il est à noter que les downlights compacts à bas prix ne permettent que rarement de respecter le confort visuel visé par la norme pour les circulations (UGR 25).

Par ailleurs, l'on constate une différence de prix moyenne de 20% entre les appareils équipés d'auxiliaires standard et ceux offrant la possibilité de réduire l'intensité lumineuse (gradation). Il est préférable d'opter pour la deuxième solution quand la lumière naturelle est présente dans les locaux, ce qui permet d'amortir le surcoût engendré. Elle offre également plus de confort aux usagers en évitant les allumages et extinctions intempestifs.

---

## ANNEXE 3 : ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE DE SOLUTIONS D'ECLAIRAGE

---

### ⇒ **Solutions par usage (neuf et rénovation) :**

Cette partie s'attache à approfondir les éléments de l'étude de marché pour prescrire des solutions concrètes, en les évaluant en terme de coût global avec la prise en compte des dépenses d'électricité et de maintenance ; le coût d'électricité est généralement le premier poste de coût si l'on raisonne sur la durée d'utilisation totale des équipements.

Pour cette étude, nous avons pris les hypothèses de calcul suivantes :

- Coût d'achat des luminaires : prix moyens HT constatés sur le marché en 2015, en prenant en compte en plus des fournitures les coûts de pose ( 20 à 30 € HT par équipement installé)
- Tarif moyen d'électricité : 0,10 € / kWh HT
- Maintenance :
  - o Prix moyen HT constaté pour les fournitures de sources lumineuses en 2015
  - o Prix moyen HT pour le taux horaire de main d'œuvre

Remarque : l'impact éventuel des CEE en bonification n'est pas comptabilisé car en attente de parution ; de même l'évolution des tarifs d'électricité dans le temps n'est pas prise en compte tenu de la dérégularisation prochaine du marché et de l'incertitude sur la tarification.

Nous avons ensuite réalisé des études sur les différents usages ou locaux, en prenant en compte les matériels traditionnels et LED les plus couramment rencontrés dans chaque situation.

Ces études portent ainsi sur :

- Les salles de classe, bureaux et autres locaux administratifs (éclairage d'ambiance et tableau)
- Les éclairages d'ambiance des circulations, halls d'accueil, internat
- Les gymnases et salles polyvalentes
- Les locaux techniques et espaces extérieurs

### **I. Salles de classe et bureaux :**

#### **1.1 Eclairage d'ambiance :**

##### **1.1.1 Etude technico-financière comparative éclairage T5/LED :**

Les luminaires susceptibles d'être installés dans les salles de classe sont, sauf cas particulier, des plafonniers encastrés, posés au suspendus au plafond, équipés de lampes fluorescentes T8 ou T5 ou de modules LED. Cette situation s'applique également aux bureaux, qui bénéficient également de lumière naturelle.

Nous avons étudié les conditions de prix pour les appareils prescrits, dans le référentiel, en solution de base (appareils graduables, efficacité système > 80 lm/W) et leur équivalent en luminaire LED.

Voici ci-après une étude financière comparative entre le luminaire T5 le plus couramment rencontré (appareil de module 600x600 T5 3x14W encastré, de couleur blanc neutre) et le luminaire LED correspondant, permettant d'atteindre un confort visuel de niveau UGR 19 exigé par la norme.



	3X14W	32W
Puissance	Fluorescente	LED
Technologie	3	1
Nombre de sources	16	38
Consommation sources et alimentation (W)	16000	35000
Durée de vie de la source (heure)	DALI	DALI
Type d'alimentation	OUI	OUI
Détection de présence et régulation éclairage naturel	30%	30%
Gain avec une gestion éclairage	10	10
Heure par jour	160	160
Nombre de jours / an	1600	1600
Durée allumage par an (heures)		21,9
Durée de vie du luminaire LED		
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	170,00 €	210,00 €
Prix de la source en relamping	5	0
Nombre de sources remplacées	7	0
Prix de l'électricité HT en kWh	0,1	0,1
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40
Temps de collecte et de pause d'une source (heure)	0,2	0,2

	Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED		Economies
Coût d'exploitation total	202,91 €	93,10 €	109,81 €
Coût de la consommation d'énergie	117,60 €	93,10 €	24,50 €
Coût de la maintenance	52,50 €	- €	52,50 €
Achat de sources pour relamping	32,81 €	- €	32,81 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	9,28 €	4,26 €	5,02 €

<b>Retour sur investissement (année)</b>	<b>8,0</b>
------------------------------------------	------------

Références de luminaires T5 correspondants : ETAP 3x14W série U5  
THORN 3x14W série Quatro T5 +

Références de luminaires LED correspondants : TRILUX Siella LED 2 OTA 3400 lm  
THORN OMEGALED 3250 lm

On constate un surcoût de l'ordre de 25% sur l'achat des luminaires qui est rentabilisable seulement sur le long terme. Néanmoins, avec le temps, l'écart tend à se resserrer (le coût des luminaires LED baisse de 10 à 15% par an en moyenne sur cette gamme de matériels).

Il paraît opportun de se positionner en option sur des gammes de luminaires LED de gamme supérieure à celle du référentiel pour les raisons suivantes :

- Avec l'évolution de la technologie, les meilleurs luminaires dépassent désormais le seuil d'efficacité lumineuse de 100 lumens/W (jusqu'à 115 lm/W) laissant loin derrière les luminaires T5 les plus efficaces qui plafonnent à 85 lumens/W.
- De la même manière, des UGR très bas, inférieurs à 16, peuvent être atteints avec des technologies LED de rupture où les modules LED sont totalement occultés à la vue des utilisateurs (contrairement à la plupart des dalles LED dont l'éclairage diffus provoque un phénomène d'éblouissement à partir d'une certaine puissance lumineuse).

De cette manière on favorisera la diffusion de technologies efficaces en énergie et d'un niveau de confort visuel approprié pour un meilleur apprentissage des élèves.

Le surcoût de cette option est évalué autour de 30% au-dessus des prix des luminaires LED standard, soit un coût moyen fourni-posé de 260 € HT. L'intérêt est que l'on peut réduire le nombre de luminaires du fait de leur meilleure efficacité énergétique, de sorte que la rentabilité reste de même niveau.

Comme le montre l'étude économique suivante, ces avantages induits permettent d'améliorer légèrement la rentabilité du luminaire LED performant par rapport à une version LED « standard », malgré un surcoût à l'achat non négligeable.

	LUMINAIRE FLUO T5	LUMINAIRE LED Option Performance	
			
	3X14W	33W	
Puissance	Fluorescente	LED	
Technologie	10	8	
Nombre de luminaires	30	8	
Nombre de sources	16	33	
Consommation sources et alimentation (W)	16000	35000	
Durée de vie de la source (heure)	DALI	DALI	
Type d'alimentation	OUI	OUI	
Détection de présence et régulation éclairage nature	30%	30%	
Gain avec une gestion éclairage	10	10	
Heure par jour	160	160	
Nombre de jours / an	1600	1600	
Durée allumage par an (heures)		21,9	
Durée de vie du luminaire LED			
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	170,00 €	270,00 €	
Prix de la source en relamping	5	0	
Nombre de sources remplacées	66	0	
Prix de l'électricité HT en kWh	0,1	0,1	
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40	
Temps de collecte et de pause d'une source (heure)	0,2	0,2	
<b>Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED</b>			<b>Economies</b>
Coût d'exploitation total	2 029,13 €	646,80 €	1 382,33 €
Coût de la consommation d'énergie	1 176,00 €	646,80 €	529,20 €
Coût de la maintenance	525,00 €	- €	525,00 €
Achat de sources pour relamping	328,13 €	- €	328,13 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	92,76 €	29,57 €	63,19 €
<b>Retour sur investissement (année)</b>	<b>7,3</b>		

**1.2 Eclairage des tableaux (salles de classe) :**

Selon la norme européenne, un éclairage spécifique doit être mise en place pour éclairer les tableaux avec une intensité lumineuse et une uniformité plus élevée que celles de l'éclairage d'ambiance. Le confort visuel doit être de même niveau (UGR 19).

Le standard actuel est un luminaire asymétrique de dimensions 120 ou 150 cm équipé d'une lampe fluo T5, spécialement conçu pour les tableaux de classe (en général 2 luminaires par tableau).

Il y a encore peu de solutions de luminaires LED pour cette application, probablement pour des raisons de volume de marché.



	1x49W	35
Puissance	1x49W	35
Technologie	Fluorescente	LED
Nombre de sources	1	1
Consommation sources et alimentation (W)	54	35
Durée de vie de la source (heure)	16000	35000
Type d'alimentation	HF	HF
Heure par jour	10	10
Nombre de jours / an	160	160
Durée allumage par an (heures)	1600	1600
Durée de vie du luminaire LED		21,9
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	150,00 €	200,00 €
Prix de la source en relamping	5	0
Nombre de sources remplacées	2	0
Prix de l'électricité TTC en kWh	0,1	0,1
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40
Temps de collecte et de pose d'une source (heure)	0,2	0,2

	Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED		Economies
Coût d'exploitation annuel moyen total	217,44 €	122,50 €	94,94 €
Coût de la consommation d'énergie	189,00 €	122,50 €	66,50 €
Coût de la maintenance	17,50 €	- €	17,50 €
Achat de sources pour relamping	10,94 €	- €	10,94 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	9,94 €	5,60 €	4,34 €

<b>Retour sur investissement (année)</b>	<b>11,5</b>
------------------------------------------	-------------

Références de luminaires T5 correspondants : PHILIPS TCS260 HFP A 1X49W  
TRILUX 5041 RAV 1x49W

Références de luminaires LED correspondants : TRILUX Avesto D 1200 RAV LED 3100 lm  
ETAP U751/LEDN2430S 3050 lm

Comme pour l'éclairage d'ambiance, le différentiel de coût de l'ordre de 30% est pour le moment difficile à rentabiliser, l'économie d'énergie et de maintenance restant modérée en valeur.

Dans cette situation, il convient d'espérer qu'une plus grande offre se développe en luminaires asymétriques pour favoriser une baisse des prix.

### 3. Eclairage d'ambiance des circulations, des chambres d'internat :

Les luminaires traditionnels des circulations et des éclairages d'ambiance des locaux de faible dimension sont traditionnellement des downlights, petits luminaires ronds encastrés qui conviennent bien pour des éclairages modérés jusqu'à 200 lux.

Traditionnellement, ceux-ci sont équipés de lampes fluocompactes de puissance comprise entre 13 et 26W, les versions les plus puissantes comprenant 2 lampes par luminaires.

Depuis quelques années, des versions équipées en modules LED ont envahi le marché en proposant plusieurs avantages concurrentiels indéniables :

- Un allumage instantané à 100% du flux
- Une excellente résistance à des cycles d'allumage et d'extinction fréquents
- Une économie d'énergie de plus de 50% et une durée de vie très supérieure

De plus, il s'agit d'un des rares secteurs où la LED atteint des niveaux de prix comparables aux luminaires traditionnels à flux lumineux égal.

Néanmoins la grande masse des downlight LED ne propose qu'un faible confort visuel c'est pourquoi il convient d'opter pour des gammes de bon niveau (UGR <22) où le module LED n'affleure pas la vasque de fermeture mais se situe en retrait, pour un niveau de prix de 20% plus élevé environ.

Nous avons comparé un modèle downlight fluocompact standard 2x26W avec un modèle LED de flux équivalent et de bon confort visuel, en supposant que le fonctionnement est continu dans les circulations compte tenu de passages fréquents.

	DONWLIGHT fluocompact	DOWNLIGHT LED	
			
	2x26W	24W	
Luminaire	Fluocompacte	LED	
Technologie	1	1	
Nombre de luminaire	2	1	
Nombre de source par luminaire	56	24	
Consommation sources et alimentation (W)	10000	35000	
Durée de vie de la source (heure)	HF	HF	
Type d'alimentation	10	10	
Heure par jour	160	160	
Nombre de jours / an	1600	1600	
Durée allumage par an (heures)		21,9	
Durée de vie du luminaire LED			
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	85,00 €	135,00 €	
Prix de la source en relamping	5	0	
Nombre de sources remplacées	7	0	
Prix de l'électricité TTC en kWh	0,1	0,1	
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40	
Temps de collecte et de pose d'une source (heure)	0,2	0,2	
<b>Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED</b>			<b>Economies</b>
Coût d'exploitation total	287,00 €	84,00 €	203,00 €
Coût de la consommation d'énergie	196,00 €	84,00 €	112,00 €
Coût de la maintenance	56,00 €	- €	56,00 €
Achat de sources pour relamping	35,00 €	- €	35,00 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	13,12 €	3,84 €	9,28 €
<b>Retour sur investissement (année)</b>		<b>5,4</b>	

Références de luminaires fluocompacts correspondants : TRILUX AMBIELLA TCL 2x26W  
SYLVANIA INSAVER HE Open 2x26W

Références de luminaires LED correspondants : PHILIPS Greenspace 24W flux 2000 lm  
TRILUX AMBIELLA C04 flux 2100 lm

Les downlights LED s'avèrent rapidement rentables dans cette situation.

Si l'on prend en compte le caractère aléatoire de la durée de vie des lampes fluocompactes, un investissement en luminaires s'avère un investissement sûr, même pour des durées de fonctionnement moindres, dans la mesure où des garanties de fonctionnement relativement longues peuvent être obtenues sur ces gammes de produits (au minimum 5 ans).

### **Gestion de l'éclairage :**

Dans les espaces de circulation, le mode de gestion comprendra un asservissement à la détection de présence et à la lumière naturelle si celle-ci est disponible.

Dans les chambres, le pilotage de l'éclairage sera totalement manuel.

La gradation n'est pas nécessaire sauf si un besoin de confort particulier à l'espace éclairé est souhaité (ex : hall d'accueil, showroom ...).

### **4. Eclairage des salles de sport**

L'éclairage est constitué de suspensions assurant un haut niveau d'éclairement (500 lux) et offrant une forte résistance aux impacts de balles (IK 08 minimum).

La gradation est souhaitable pour moduler l'éclairage en fonction de l'éclairage naturel et des exigences liées aux sports pratiqués.

Les versions fluorescentes sont généralement constituées de 2 ou 3 tubes T5 49W ou 54W avec un réflecteur parabolique et une grille de protection.

La contrainte pour les salles de sport est la nécessité de nacelle ou échafaudage pour remplacer les sources, de sorte que les LED ont un avantage concurrentiel du fait de leur durée de vie.

Par ailleurs, les luminaires LED atteignent pour cette gamme des efficacités lumineuses élevées, avec plus de 100 lm/W. Ici encore, il importe de sélectionner des luminaires à haut confort de visuel pour ne pas jouer les joueurs (UGR maximum de 22).

Pour cette gamme de matériels, l'étude fait apparaître les résultats suivants :



	3X54W	82W
Puissance	3X54W	82W
Technologie	Fluorescente	LED
Nombre de sources	3	1
Consommation sources et alimentation (W)	178	82
Durée de vie de la source (heure)	16000	35000
Type d'alimentation	DALI	DALI
Détection de présence et régulation éclairage naturel	OUI	OUI
Gain avec une gestion éclairage	30%	30%
Heure par jour	10	10
Nombre de jours / an	160	160
Durée allumage par an (heures)	1600	1600
Durée de vie du luminaire LED		21,9
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	360,00 €	500,00 €
Prix de la source en relamping	5	0
Nombre de sources remplacées	5	0
Prix de l'électricité TTC en kWh	0,1	0,1
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40
Temps de collecte et de pose d'une source (heure)	0,4	0,2

	Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED		Economies
Coût d'exploitation total	532,57 €	200,90 €	331,67 €
Coût de la consommation d'énergie	436,10 €	200,90 €	235,20 €
Coût de la maintenance	73,50 €	- €	73,50 €
Achat de sources pour relamping	22,97 €	- €	22,97 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	24,35 €	9,18 €	15,16 €

<b>Retour sur investissement (année)</b>	<b>9,2</b>
------------------------------------------	------------

Références de luminaires T5 correspondants : THORN TITUS SPORT 3x49W T5  
SYLVANIA SPORTSBAY Extensif 349

Références de luminaires LED correspondants : TRILUX ACTISON RSX 2 9300 lm  
ETAP Série Grands Espaces 72130

Le surcoût en solution LED reste relativement important, en lien avec la puissance lumineuse élevée développée par les luminaires pour l'éclairage sportif.

L'avantage lié à la durée de vie, s'agissant de locaux de grande hauteur difficiles à maintenir, peut constituer un facteur décisif en fonction de la robustesse et la tenue dans le temps des luminaires.

**Gestion de l'éclairage :**

Les dispositifs de gestion fonctionneront de la même manière que dans les salles de classe, les salles de sport disposant généralement d'éclairage naturel latéral par des baies.

Si l'éclairage naturel est zénithal, la disposition des multicateurs et leurs champs de détection seront adaptés.

En option performante, une programmation multi-scenarii est souhaitable pour pouvoir ajuster l'éclairage aux différentes configurations rencontrées :

- Mode sport entraînement / compétition
- Pratique de sports plus ou moins exigeants visuellement (cf le guide de l'Association Française de l'éclairage «Eclairage des locaux sportifs »)
- Occurrence de spectacles

**5. Eclairage des locaux techniques et aires extérieures :**

Les luminaires les plus couramment utilisés sont des appareils protégés par vasque plastique lui permettant de résister à l'encrassement et au vandalisme (IP 65 mini).

L'ensemble des grands fabricants a très tôt proposé des solutions de substitution en LED des appareils classiques fluo T8 ou T5.

Il en résulte une offre abondante et un niveau de prix qui a fortement baissé depuis 3 ans.

De surcroît les luminaires LED sont bien adaptés à des emplacements potentiellement soumis à des durées d'utilisation importantes (ex : parkings souterrains, couloirs aveugles...) et à des températures extérieures fraîches permettant d'augmenter leur efficacité lumineuse.

Pour l'étude ci-après, nous sommes partis sur une hypothèse de durée d'utilisation de 3000 heures correspondant à 11 heures par jour 7 jours sur 7 hors périodes scolaires.



Luminaire	2x49W	60W
Technologie	Fluorescent	LED
Nombre de source par luminaire	2	1
Consommation sources et alimentation (W)	108	60
Durée de vie de la source (heure)	16000	35000
Type d'alimentation	HF	HF
Heure par jour	10	10
Nombre de jours / an	160	160
Durée allumage par an (heures)	1600	1600
Durée de vie du luminaire LED		21,9
<b>Coût d'achat du luminaire</b>	95,00 €	160,00 €
Prix de la source en relamping	5	0
Nombre de sources remplacées	4	0
Prix de l'électricité TTC en kWh	0,1	0,1
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40
Temps de collecte et de pose d'une source (heure)	0,3	0,3

	Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED		Economies
Coût d'exploitation total	452,38 €	210,00 €	242,38 €
Coût de la consommation d'énergie	378,00 €	210,00 €	168,00 €
Coût de la maintenance	52,50 €	- €	52,50 €
Achat de sources pour relamping	21,88 €	- €	21,88 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	20,68 €	9,60 €	11,08 €

<b>Retour sur investissement (année)</b>	<b>5,9</b>
------------------------------------------	------------

Références de luminaires étanches T5 correspondants : PHILIPS Pacific T5  
SYLVANIA Sylproof Superia

Références de luminaires étanches LED correspondants : TRILUX Oleveon LED  
THORN AQUAFORCE LED

L'étude montre que les luminaires étanches LED peuvent être privilégiés, notamment pour des durées d'utilisation élevées et un usage en extérieur.

### Gestion de l'éclairage :

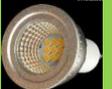
Le mode de gestion préconisé est la détection de présence. L'asservissement à la lumière naturelle n'est pas nécessaire sauf pour les locaux de travail de nature technique (exemple : ateliers).

⇒ **Solutions à la maintenance****A.1. Lampes à incandescence et halogènes :**

Les opérations de forte rentabilité concernent tout d'abord les sources de type incandescence et halogènes encore nombreuses dans l'existant, en particulier les sources directionnelles, comme les lampes halogènes à réflecteur dichroïques qui n'ont pas été –encore- interdites par la directive ErP.

Ainsi, pour une source dichroïque 50W 12V (la plus courante sur le marché), l'équivalent actuel est de 6W, pour une durée de vie d'au moins 25 000 h.

Une étude de rentabilité calculée pour une durée de 1600 heures par an (10 heures par jour hors vacances scolaires) donne la rentabilité suivante.

	EXISTANT HALOGENE 50W	SOLUTION LED 6W
		
Luminaire	50W	6W
Technologie	Halogène	LED
Nombre de sources	1	1
Consommation sources et alimentation (W)	50	6
Durée de vie de la source (heure)	3000	35000
Type d'alimentation	Standard	Standard
Heure par jour	10	10
Nombre de jours / an	160	160
Durée allumage par an (heures)	1600	1600
Durée de vie du luminaire LED		21,9
<b>Coût d'achat de la source</b>	5,00 €	10,00 €
Prix de la source en relamping	3	0
Nombre de sources remplacées	12	0
Prix de l'électricité HT en kWh	0,1	0,1
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40
Temps de collecte et de pause d'une source (heure)	0,1	0,1
<b>Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED</b>		
Coût d'exploitation annuel moyen total	<b>256,67 €</b>	<b>21,00 €</b>
Coût de la consommation d'énergie	175,00 €	21,00 €
Coût de la maintenance	46,67 €	- €
Achat de sources pour relamping	35,00 €	- €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	11,73 €	0,96 €
<b>Retour sur investissement (année)</b>		<b>0,5</b>

L'on constate que le remplacement de la source, à l'occasion de la maintenance, est très vite rentabilisé (6 mois dans cette configuration).

**A.2 Substitution des tubes fluorescents par des tubes LED :**

Avec les tubes à LED, l'économie de consommation est conséquente, son importance dépend directement de l'efficacité énergétique en lm/W des tubes LED et du faisceau utilisé (habituellement entre 90 et 150°, la moyenne se situant à 120°).

Le tube LED se substitue directement à la maintenance au tube fluo existant, il convient de prendre garde de déconnecter le starter existant. Par ailleurs, l'adjonction d'un driver LED externe au tube LED est recommandé, pour éviter de conserver le ballast fluorescent d'origine susceptible de panne et provoquant une consommation résiduelle d'énergie.

Voici une étude économique reprenant les hypothèses prises pour les locaux techniques, appliquée au remplacement de tubes fluo 58W par des tubes LED 25W.

	TUBE FLUO T8 1,50m	TUBE LED 1,50m	
Source	58W	25	
Technologie	Fluorescent	LED	
Nombre de source	1	1	
Consommation sources et alimentation (W)	68	25	
Durée de vie de la source (heure)	12000	35000	
Type d'alimentation	standard	HF	
Heure par jour	10	10	
Nombre de jours / an	160	160	
Durée allumage par an (heures)	1600	1600	
Durée de vie du tube LED		21,9	
<b>Coût d'achat du tube</b>	5,00 €	35,00 €	
Prix de la source en relamping	5	0	
Nombre de sources remplacées	3	0	
Prix de l'électricité HT en kWh	0,1	0,1	
Taux horaire de la main d'œuvre	40	40	
Temps de collecte et de pose d'une source (heure)	0,2	0,2	
<b>Coûts globaux sur la durée de vie du luminaire LED</b>			<b>Economies</b>
Coût d'exploitation total	275,92 €	87,50 €	188,42 €
Coût de la consommation d'énergie	238,00 €	87,50 €	150,50 €
Coût de la maintenance	23,33 €	- €	23,33 €
Achat de sources pour relamping	14,58 €	- €	14,58 €
Coûts d'exploitation globaux sur 1 an	12,61 €	4,00 €	8,61 €
<b>Retour sur investissement (année)</b>		<b>3,5</b>	

Dans cette situation, la mise en place des tubes LED apparaît très intéressante du point de vue financier.

## ANNEXE 4 : BIBLIOGRAPHIE DES NORMES ET REGLEMENTATIONS EN ECLAIRAGE

### TEXTES REGLEMENTAIRES, D'APPLICATION OBLIGATOIRE

#### Relatifs aux produits

- Décret n° 95-1081 du 3 octobre 1995 relatif à la **sécurité des personnes, des animaux et des biens** lors de l'emploi des matériels électriques destinés à être employés dans certaines limites de tension (transposition de la directive européenne 73/23/CEE du 19 février 1973, dite « directive basse tension », modifiée par la directive 93/68/CEE du 22 juillet 1993).
- Décret n° 2006-1278 du 18 octobre 2006 relatif à la **compatibilité électromagnétique** des appareils électriques et électroniques (transposition de la directive européenne 89/336/CEE du 3 mai 1989 modifiée par la directive 92/31/CEE du 28 avril 1992).
- Décret n° 2001-1131 du 28 novembre 2001 relatif au **rendement énergétique des ballasts** destinés à l'éclairage fluorescent (transposition de la directive européenne 2000/55/CE du 18 septembre 2000). NB : pour pouvoir vendre en Europe, le fabricant ou l'importateur a l'obligation d'apposer le **marquage « CE »** sur son produit ou son emballage Il déclare ainsi, sous sa seule responsabilité, que ce matériel respecte les exigences des directives qui s'y appliquent.
- Décret n° 2006-603 du 23 mai 2006 relatif aux **certificats d'économies d'énergie**.
- Circulaire du 18 juillet 2006 relative à la délivrance des certificats d'économies d'énergie.
- Règlements européens 244/2009, 874/2012 et 1194/2012 relatifs à l'éco-conception des sources et appareils d'éclairage.

#### Relatifs à l'éclairage (niveau, uniformité, commande, entretien...)

- Décret 83-721 du 2 août 1983 (articles R. 232-7 à R. 232-7-10 du Code du travail) et décret 83-722 du 2 août 1983 (articles R.235-1 à R. 235-2-3 du Code du travail) fixant les règles relatives à l'**éclairage des lieux de travail** auxquelles doivent se conformer les **maîtres d'ouvrage** entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole (+ circulaire d'application du 11 avril 1984 relative au commentaire technique des décrets).  
L'INRS - Institut National de Recherche et de Sécurité - a publié un dossier juridique TJ13 présentant l'application pratique de ces textes (document en pdf).
- Arrêté du 23 octobre 1984 relatif aux **relevés photométriques sur les lieux de travail** et aux conditions d'agrément des personnes et organismes pouvant procéder à ces contrôles.

#### Relatifs au bâtiment (sécurité)

- Décret 88-1056 du 14 novembre 1988 pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions de travail) en ce qui concerne la **protection des travailleurs** dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques.
- Arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs, ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications.

- Décret n° 2001-222 du 6 mars 2001 modifiant le décret no 72-1120 du 14 décembre 1972 relatif au contrôle et à l'attestation de la **conformité des installations** électriques intérieures aux règlements et normes de sécurité en vigueur.
- Arrêté du 19 novembre 2001 (Ministère de l'intérieur) portant approbation de dispositions complétant et modifiant le **règlement de sécurité** contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (**ERP**), et notamment le chapitre VIII (Éclairage).

#### Relatifs au bâtiment (énergie)

- Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 et décret n°2012-1530 du 28 décembre 2012 (autres bâtiments : commerces, restauration, hôpitaux, hôtels, sport, industrie, artisanat...) relatifs aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions et arrêté du 26 octobre 2011 et 28 décembre 2012 relatifs aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2012).
- Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

#### Relatifs à la composition des produits et à leur fin de vie

- Décret 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la **composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets** issus de ces équipements.
- Arrêté du 23 novembre 2005, relatif à l'agrément prévu à l'article 19 du décret 2005-829.
- Arrêté du 23 novembre 2005 relatif aux modalités de **traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques** prévues à l'article 21 du décret n° 2005-829.
- Arrêtés du 25 novembre 2005 et du 6 juillet 2006 fixant les cas et conditions d'utilisation dans les équipements électriques et électroniques de plomb, de mercure, de cadmium, de chrome hexavalent, de polybromobiphényles ou de polybromodiphényléthers.
- Arrêté du 6 décembre 2005 relatif aux agréments et approbations prévus aux articles 9, 10,14 et 15 du décret n° 2005-829.
- Article L. 541-10-2 du code de l'environnement, introduit par la loi 2005-1720 rectificative de finance 2005 du 30 décembre 2005.
- Arrêté du 13 mars 2006 relatif à l'inscription et aux déclarations des producteurs au registre national prévu par l'article 23 du décret 2005-829.
- Arrêté du 13 juillet 2006 relatif à l'article 2 du décret 2005-829 et étendant le régime ménager à toutes les lampes concernées par le décret.
- Arrêté du 9 août 2006, pris en application de l'article 14 du décret 2005-829 (agrément de Réylum).

## NORMES

### Relatives à l'installation électrique et d'éclairage

NF C 15-100 : « Installations électriques à basse tension ».

### Relatives aux luminaires

Les luminaires doivent répondre aux normes européennes harmonisées de sécurité de la **série NF EN 60-598**.

Les luminaires doivent répondre aux normes européennes harmonisées sur la compatibilité électromagnétique (CEM) : NF EN 55015, NF EN 61547 et EN 61000-3-2 et 3-3.

Attention : La marque de qualité européenne « ENEC » sur la sécurité des luminaires est facultative, mais elle garantit au consommateur européen que la qualité du produit, et en particulier sa conformité à la série de normes NF EN 60598, est régulièrement contrôlée par un laboratoire indépendant des fabricants, et que sa fabrication fait l'objet d'une procédure d'assurance qualité.

### Relatives à l'éclairagisme

- NF EN 12464-1 : Éclairage des lieux de travail – intérieurs.
- NF C 71-121 : Méthode simplifiée de prédétermination des éclairagements dans les espaces clos et classification correspondantes.
- NF X 35-103 : Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail.

### Relatives à la photométrie des lampes et luminaires

- NF EN 13032-1 : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 1 : Mesurage et format de données.
- NF EN 13032-2 : Mesure et présentation des caractéristiques photométriques des lampes et luminaires - Partie 2 : Présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs.
- NF EN 13032-4 : Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 4 : lampes, modules et luminaires LED

### REGLES DE L'ART

Pour les acheteurs publics, le ministère de l'écologie et du développement durable a publié le « Plan national d'action pour des achats publics durables ».

Les règles de l'art en éclairagisme sont définies dans les « *Recommandations* » de l'Association française de l'éclairage. A consulter en particulier les *Recommandations relatives à l'éclairage intérieur des lieux de travail, ainsi que Éclairage et travail sur écrans de visualisation*.

Les règles de l'art Grenelle Environnement 2012 comportent un guide pour la Gestion Technique du Bâtiment : Bonnes pratiques pour concevoir et réaliser les systèmes de GTB.

## ANNEXE 5 : EXIGENCES DE QUALITE RELATIVES AUX EQUIPEMENTS LED

### 1. Qualité

Les exigences de qualité figurant dans le tableau suivant devront être satisfaites.

TYPE D'EXIGENCE	EXIGENCES	PREUVES A FOURNIR
<b>Conformité à la réglementation européenne</b>	Les directives européennes suivantes devront être respectées et les produits marqués CE : <b>2006/95</b> sur la sécurité électrique (DBT) <b>2004/108</b> sur la CEM <b>2011/65</b> sur les substances dangereuses (RoHS) <b>2012/19</b> sur les déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE) <b>2009/125</b> sur l'Ecoconception (ErP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déclaration de conformité CE du fabricant</li> <li>• Rapport d'essai d'un laboratoire reconnu par l'IECEE dans le cadre du schéma de certification « CB Scheme » ou marque de certification ENEC ou NF du luminaire (ou équivalent européen, VDE, KEMA, IMQ, etc)</li> <li>• Rapport d'évaluation du risque photobiologique conformément à l'EN62471</li> </ul>
<b>Qualité des LED</b>	Les LED doivent avoir démontré leur capacité à tenir la maintenance de flux annoncée par le fabricant du luminaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de package LED utilisées dans le luminaire (marque, référence)</li> <li>• Rapport d'essai démontrant la conformité aux exigences de la norme IES LM-80</li> </ul>
<b>Durée de vie et fiabilité</b>	La durée de vie des luminaires à LED est exprimée par la maintenance du flux lumineux sous la forme $BxLy$ exprimant le moment (heures) auquel le luminaire atteint flux minimal acceptable $y(\%)$ pour $x(\%)$ de la population installée. Les luminaires doivent au minimum être capables de tenir <b>B50L870 à 25000h</b> . <i>(Hypothèse : 1200h de fonctionnement annuel * 20 ans)</i> La fiabilité des parties électroniques (module de LED + appareillage) est exprimée par le taux de défaillance prévisible exprimé sous la forme $Cy$ où $y(\%)$ correspond au taux de panne (défaillance totale) du système au bout d'un certain temps de fonctionnement (heures). Les luminaires devront avoir un taux de panne prévisible maximum de 1% à 25000h. Les définitions $ByLx$ et $Cy$ peuvent être trouvées dans la norme de performance des modules de LED : IEC 62717 : 2014.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapport d'essai du luminaire montrant que la température de fonctionnement des Packages LED à 25°C de température ambiante ne dépasse pas les limites données par le fabricant des Packages LED dans les limites des courants spécifiés.</li> <li>• Rapport de calcul de <math>Cy</math> à 25000h à partir d'un calcul de MTBF pour l'ensemble des parties électroniques du luminaire (Module de LED + driver)</li> <li>• Essai de ON/OFF selon la norme IEC 62722-2-1</li> </ul>

## 2. Références normatives

IEC 62722-2-1 : Performance des luminaires : exigences particulières pour les luminaires à LED  
IEC 62717 : Performance des modules de LED  
IEC 62717 amendement 1 : durée de vie des modules de LED  
IEC 60598-1 et IEC 60598-2-X : Sécurité des luminaires  
IEC 62471 (2008) : Sécurité photobiologique des lampes et luminaires  
EN 12464-1 : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieurs  
UTE C 80-811 (2011): Méthodologie de fiabilité pour les systèmes électroniques - Guide FIDES 2009

## 3. Tests et rapports

Les tests et les rapports servant de preuves de conformité doivent avoir été réalisés par des laboratoires d'essais disposant d'un système qualité reconnu conforme à la norme ISO 17025 par une tierce partie (organisme d'accréditation, organisme de certification type CB scheme pour les laboratoires supervisés MPL ou TL) pour les champs d'essais suivants :

- Sécurité électrique
- CEM
- Performance photométrique et électrique
- Fiabilité

Les fabricants doivent fournir la preuve de conformité du laboratoire ayant réalisé les essais.

---

***ANNEXE 6 : LISTE DES OPERATIONS CEE EN VIGUEUR  
EN OCTOBRE 2015 - ECLAIRAGE TERTIAIRE***

---



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-132

## Tubes à LED à éclairage hémisphérique

### **1. Secteur d'application**

Bâtiments tertiaires existants :

- espaces de vente ou de stockage de commerces d'une surface supérieure ou égale à 400 m<sup>2</sup> ;
- parkings couverts, tous secteurs (parking couvert des bâtiments résidentiels compris) ;
- établissements sportifs (hors bureaux).

### **2. Dénomination**

Mise en place de tubes à LED de diamètre T8 à éclairage hémisphérique, de 1,2 ou 1,5 m, avec ou sans dépose du ballast.

### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Les tubes remplacent uniquement des tubes fluorescents de type T8.

Dans les commerces, l'installation d'éclairage est sur une ligne continue (nappe).

Les tubes à LED respectent les critères suivants :

- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du tube divisé par la puissance consommée par le système, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 100$  lm/W ;
- angle d'ouverture  $\geq 120^\circ$  et  $< 220^\circ$  ;
- facteur de puissance  $> 0,9$  quelle que soit la puissance du tube ;
- conformité à la norme EN 61000-3-2 au niveau harmonique avec un taux de distorsion harmonique sur le courant inférieur à 15% ;
- flux lumineux  $\geq 3200$  lm pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,5 m avec une puissance  $\leq 32$  W ;
- flux lumineux  $\geq 2200$  lm pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,2 m avec une puissance  $\leq 22$  W ;
- durée de vie supérieure ou égale à 40 000 heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30$  %.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne :

- la dépose de tubes fluorescents ;
- la mise en place d'un nombre donné de tubes à LED ;
- la dépose ou non du ballast.

Le document justificatif spécifique à l'opération est un document issu du fabricant indiquant que les tubes à LED de marque et référence mis en place respectent, en les reprenant, l'ensemble des critères exigés dans les conditions ci-dessus relatives aux critères des tubes à LED.

**4. Durée de vie conventionnelle**

5 ans pour les parkings couverts.

8 ans pour les commerces.

10 ans pour les établissements sportifs.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

Commerces

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	780	650	X	N
1,5 m	1300	1100		

Etablissements sportifs

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	750	620	X	N
1,5 m	1200	1000		

Parkings couverts

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	830	680	X	N
1,5 m	1400	1100		



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-132,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-132 (v. A16.1) : Mise en place de tubes à LED de diamètre T8, à éclairage hémisphérique de 1,2 ou 1,5 m avec ou sans dépose de ballast**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Code postal : .....

\*Ville : .....

\*Les tubes sont installés dans (une seule case à cocher) :

- un espace de vente ou de stockage d'un commerce,
- un parking couvert d'un bâtiment tertiaire ou d'habitation,
- un établissement sportif (les bureaux sont exclus).

Le lieu d'installation existe depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :  OUI  NON

\*Longueur du tube à LED (une seule case à cocher) :

- 1,2 m
- 1,5 m

\*Les tubes à LED mis en place respectent l'ensemble des critères suivants :  OUI  NON

- angle d'ouverture  $\geq 120^\circ$  et  $< 220^\circ$  ;
- facteur de puissance  $> 0,9$  quelle que soit la puissance du tube ;
- conformité à la norme EN61000-3-2 au niveau harmonique avec un taux de distorsion harmonique sur le courant  $< 15\%$  ;
- flux lumineux  $\geq 3200$  lum pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,50 m avec une puissance maximale  $\leq 32$  W ;
- flux lumineux  $\geq 2200$  lum pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,20 m avec une puissance maximale  $\leq 22$  W ;
- durée de vie  $\geq 40\ 000$  heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  ;
- efficacité lumineuse des tubes installés, auxiliaire d'alimentation compris,  $\geq 100$  lm/W.

\*Tubes à LED installés en remplacement de tubes fluorescents T8 uniquement :  OUI  NON

\*Nombre de tubes à LED installés : .....

\*Suppression du ballast :  OUI  NON

A ne remplir que si les marque et référence du tube à LED ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-126

## Lampe ou luminaire à modules LED pour l'éclairage d'accentuation

### **1. Secteur d'application**

Bâtiments tertiaires existants.

### **2. Dénomination**

Mise en place d'un éclairage d'accentuation LED (lampe LED ou luminaire à modules LED).

Cette opération n'est pas cumulable avec les opérations relevant des fiches d'opérations standardisées BAT-EQ-111, BAT-EQ-116 et BAT-EQ-132.

### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Les lampes ou les luminaires à modules LED mis en place respectent les critères suivants :

- durée de vie  $\geq 25\ 000$  heures pour les lampes ;
- durée de vie  $\geq 50\ 000$  heures pour les luminaires ;
- chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  pour la durée de vie annoncée ;
- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du produit divisé par la puissance du produit, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 65\ \text{lm/W}$  pour les luminaires et  $> 60\ \text{lm/W}$  pour les lampes.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'une lampe LED ou d'un luminaire à modules LED, la quantité installée, la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  et l'efficacité lumineuse des luminaires à modules LED ou lampes installés, auxiliaire d'alimentation compris, et le cas échéant, pour les luminaires à modules LED, la mise en place d'un dispositif de gestion de l'éclairage (détection de présence ou système de variation de lumière tenant compte des apports de lumière du jour).

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un nombre donné d'équipements avec leur marque et référence, y compris lorsqu'il s'agit d'un dispositif de gestion automatique de l'éclairage (détection de présence ou système de variation de lumière tenant compte des apports de lumière du jour), et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que les équipements de marque et référence mis en place sont des lampes LED ou des luminaires à modules LED et, le cas échéant, un dispositif de gestion de l'éclairage. Ce document précise la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  et l'efficacité lumineuse des lampes ou luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris.

### **4. Durée de vie conventionnelle**

Pour les lampes :

- 7 ans pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 25 000 heures et inférieure à 50 000 heures ;
- 13 ans pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 50 000 heures.



Pour les luminaires à modules LED :

- 13 ans sans dispositif de gestion de l'éclairage ;
- 17 ans avec un dispositif de gestion de l'éclairage (détection de présence ou variation de lumière) ;
- 22 ans avec deux dispositifs de gestion de l'éclairage (détection de présence et variation de lumière).

#### **5. Montant de certificats en kWh cumac**

Pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 25 000 heures et inférieure à 50 000 heures :

Montant en kWh cumac par lampe installée		Nombre de lampes installées
<b>800</b>	X	N

Pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 50 000 heures :

Montant en kWh cumac par lampe installée		Nombre de lampes installées
<b>1400</b>	X	N

Pour les luminaires à modules LED :

Montant en kWh cumac par luminaire installé			Nombre de luminaires installés
Sans dispositif automatique de gestion	Si détection présence ou variation de lumière	Si détection présence et variation de lumière	
<b>1400</b>	<b>1800</b>	<b>2300</b>	N

X



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-126,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-126 (v. A16.1) : Mise en place d'un éclairage d'accentuation LED (lampe LED ou luminaire à modules LED)**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Code postal : .....

\*Ville : .....

\*Les lampes LED ou luminaires à modules LED sont installés dans un bâtiment tertiaire existant depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :  OUI  NON

L'opération concerne la mise en place de (une seule case à cocher) :

lampes à LED

luminaires à modules LED

Caractéristiques des lampes LED ou luminaires à modules LED installés :

\*Efficacité lumineuse (lm/W) : .....

NB : l'efficacité lumineuse est égale au flux lumineux total sortant du produit divisé par la puissance du produit, y compris les auxiliaires d'alimentation. Elle est > 60 lm/W pour les lampes à LED et ≥ 65 lm/W pour les luminaires à modules LED.

\*Durée de vie des lampes à LED avec une chute de flux lumineux ≤ 30 % : .....heures

\*Durée de vie des luminaires à modules LED avec une chute de flux lumineux ≤ 30 % : .....heures

\*Nombre de lampes LED ou de luminaires à modules LED installés : .....

Dispositif de gestion automatique du luminaire à modules LED :  OUI  NON

\*si oui, type de gestion :

Détection de présence OU système de détection tenant compte des apports de lumière du jour.

Détection de présence ET système de détection tenant compte des apports de lumière du jour.

A ne remplir que si les marque et référence des lampes LED ou des luminaires à modules LED ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

A ne remplir que si les marque et référence du dispositif de gestion de l'éclairage ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

L'opération n'a pas fait l'objet et ne fera pas l'objet d'une demande de certificats d'économies d'énergie pour les fiches d'opérations standardisées BAT-EQ-111, BAT-EQ-116 et BAT-EQ-132.



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-127

## Luminaire 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 avec ou sans dispositif de gestion.

**3. Conditions pour la délivrance de certificats**

L'éclairage à modules LED mis en place respecte les critères suivants :

- durée de vie  $\geq 50\,000$  heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30\%$ .
- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du luminaire divisé par la puissance totale du luminaire, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 90$  lm/W.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un ou plusieurs luminaires à modules LED, la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  et l'efficacité lumineuse des luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris, et le cas échéant la mise en place d'un dispositif de gestion de l'éclairage.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un nombre donné d'équipements identifiés par leur marque et référence, y compris lorsqu'il s'agit d'un dispositif de gestion de l'éclairage, et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que les équipements de marque et référence mis en place sont des luminaires d'éclairage général à modules LED et, le cas échéant, un dispositif de gestion de l'éclairage. Ce document précise la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  et l'efficacité lumineuse des luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris.

**4. Durée de vie conventionnelle**

La durée de vie retenue avec deux automatismes est de 22 ans.

La durée de vie retenue avec un automatisme est de 17 ans.

La durée de vie retenue sans automatisme est de 13 ans.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

Sans dispositif automatique de gestion	Si détection présence ou système de détection tenant compte des apports de lumière du jour	Si détection présence et système de détection tenant compte des apports de lumière du jour	X	Nombre de luminaires installés
1 600	2 200	2 800		



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-127,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-127 (v. A14.1) : Mise en place d'un luminaire d'éclairage général à modules LED avec ou sans dispositif de gestion.**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Co de postal : .....

\*Ville : .....

\*Les luminaires sont installés dans un bâtiment tertiaire existant depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :

OUI     NON

Caractéristiques des luminaires installés :

\*Efficacité lumineuse (lm/W) : .....

La durée de vie de l'éclairage à module LED avec une chute de flux lumineux  $\leq$  à 30 % est supérieure ou égale à 50 000 heures.

NB : l'efficacité lumineuse est égale au flux lumineux total sortant du luminaire divisé par la puissance totale du luminaire, y compris les auxiliaires d'alimentation.

\*Nombre de luminaires installés : .....

Dispositif de gestion automatique de l'éclairage :     OUI     NON

\*si oui, type de gestion :

Détection de présence ou système de détection tenant compte des apports de lumière du jour

Détection de présence et système de détection tenant compte des apports de lumière du jour

A ne remplir que si les marque et référence du luminaire ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

A ne remplir que si les marque et référence du dispositif de gestion de l'éclairage ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-132

## Tubes à LED à éclairage hémisphérique

### **1. Secteur d'application**

Bâtiments tertiaires existants :

- espaces de vente ou de stockage de commerces d'une surface supérieure ou égale à 400 m<sup>2</sup> ;
- parkings couverts, tous secteurs (parking couvert des bâtiments résidentiels compris) ;
- établissements sportifs (hors bureaux).

### **2. Dénomination**

Mise en place de tubes à LED de diamètre T8 à éclairage hémisphérique, de 1,2 ou 1,5 m, avec ou sans dépose du ballast.

### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Les tubes remplacent uniquement des tubes fluorescents de type T8.

Dans les commerces, l'installation d'éclairage est sur une ligne continue (nappe).

Les tubes à LED respectent les critères suivants :

- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du tube divisé par la puissance consommée par le système, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 100$  lm/W ;
- angle d'ouverture  $\geq 120^\circ$  et  $< 220^\circ$  ;
- facteur de puissance  $> 0,9$  quelle que soit la puissance du tube ;
- conformité à la norme EN 61000-3-2 au niveau harmonique avec un taux de distorsion harmonique sur le courant inférieur à 15% ;
- flux lumineux  $\geq 3200$  lm pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,5 m avec une puissance  $\leq 32$  W ;
- flux lumineux  $\geq 2200$  lm pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,2 m avec une puissance  $\leq 22$  W ;
- durée de vie supérieure ou égale à 40 000 heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30$  %.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne :

- la dépose de tubes fluorescents ;
- la mise en place d'un nombre donné de tubes à LED ;
- la dépose ou non du ballast.

Le document justificatif spécifique à l'opération est un document issu du fabricant indiquant que les tubes à LED de marque et référence mis en place respectent, en les reprenant, l'ensemble des critères exigés dans les conditions ci-dessus relatives aux critères des tubes à LED.

**4. Durée de vie conventionnelle**

5 ans pour les parkings couverts.

8 ans pour les commerces.

10 ans pour les établissements sportifs.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

Commerces

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	780	650	X	N
1,5 m	1300	1100		

Etablissements sportifs

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	750	620	X	N
1,5 m	1200	1000		

Parkings couverts

Dimension du tube à LED	Montant en kWh cumac par tube à LED installé		X	Nombre de tubes à LED installés
	Avec suppression du ballast	Sans suppression du ballast		
1,2 m	830	680	X	N
1,5 m	1400	1100		



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-132,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-132 (v. A16.1) : Mise en place de tubes à LED de diamètre T8, à éclairage hémisphérique de 1,2 ou 1,5 m avec ou sans dépose de ballast**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Code postal : .....

\*Ville : .....

\*Les tubes sont installés dans (une seule case à cocher) :

- un espace de vente ou de stockage d'un commerce,
- un parking couvert d'un bâtiment tertiaire ou d'habitation,
- un établissement sportif (les bureaux sont exclus).

Le lieu d'installation existe depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :  OUI  NON

\*Longueur du tube à LED (une seule case à cocher) :

- 1,2 m
- 1,5 m

\*Les tubes à LED mis en place respectent l'ensemble des critères suivants :  OUI  NON

- angle d'ouverture  $\geq 120^\circ$  et  $< 220^\circ$  ;
- facteur de puissance  $> 0,9$  quelle que soit la puissance du tube ;
- conformité à la norme EN61000-3-2 au niveau harmonique avec un taux de distorsion harmonique sur le courant  $< 15\%$  ;
- flux lumineux  $\geq 3200$  lum pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,50 m avec une puissance maximale  $\leq 32$  W ;
- flux lumineux  $\geq 2200$  lum pour le remplacement d'un tube fluorescent de 1,20 m avec une puissance maximale  $\leq 22$  W ;
- durée de vie  $\geq 40\ 000$  heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  ;
- efficacité lumineuse des tubes installés, auxiliaire d'alimentation compris,  $\geq 100$  lm/W.

\*Tubes à LED installés en remplacement de tubes fluorescents T8 uniquement :  OUI  NON

\*Nombre de tubes à LED installés : .....

\*Suppression du ballast :  OUI  NON

A ne remplir que si les marque et référence du tube à LED ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-126

## Lampe ou luminaire à modules LED pour l'éclairage d'accentuation

### **1. Secteur d'application**

Bâtiments tertiaires existants.

### **2. Dénomination**

Mise en place d'un éclairage d'accentuation LED (lampe LED ou luminaire à modules LED).

Cette opération n'est pas cumulable avec les opérations relevant des fiches d'opérations standardisées BAT-EQ-111, BAT-EQ-116 et BAT-EQ-132.

### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Les lampes ou les luminaires à modules LED mis en place respectent les critères suivants :

- durée de vie  $\geq 25\ 000$  heures pour les lampes ;
- durée de vie  $\geq 50\ 000$  heures pour les luminaires ;
- chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  pour la durée de vie annoncée ;
- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du produit divisé par la puissance du produit, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 65\ \text{lm/W}$  pour les luminaires et  $> 60\ \text{lm/W}$  pour les lampes.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'une lampe LED ou d'un luminaire à modules LED, la quantité installée, la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  et l'efficacité lumineuse des luminaires à modules LED ou lampes installés, auxiliaire d'alimentation compris, et le cas échéant, pour les luminaires à modules LED, la mise en place d'un dispositif de gestion de l'éclairage (détection de présence ou système de variation de lumière tenant compte des apports de lumière du jour).

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un nombre donné d'équipements avec leur marque et référence, y compris lorsqu'il s'agit d'un dispositif de gestion automatique de l'éclairage (détection de présence ou système de variation de lumière tenant compte des apports de lumière du jour), et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que les équipements de marque et référence mis en place sont des lampes LED ou des luminaires à modules LED et, le cas échéant, un dispositif de gestion de l'éclairage. Ce document précise la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\ %$  et l'efficacité lumineuse des lampes ou luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris.

### **4. Durée de vie conventionnelle**

Pour les lampes :

- 7 ans pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 25 000 heures et inférieure à 50 000 heures ;
- 13 ans pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 50 000 heures.



Pour les luminaires à modules LED :

- 13 ans sans dispositif de gestion de l'éclairage ;
- 17 ans avec un dispositif de gestion de l'éclairage (détection de présence ou variation de lumière) ;
- 22 ans avec deux dispositifs de gestion de l'éclairage (détection de présence et variation de lumière).

#### **5. Montant de certificats en kWh cumac**

Pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 25 000 heures et inférieure à 50 000 heures :

Montant en kWh cumac par lampe installée		Nombre de lampes installées
<b>800</b>	X	<b>N</b>

Pour les lampes d'une durée de vie supérieure ou égale à 50 000 heures :

Montant en kWh cumac par lampe installée		Nombre de lampes installées
<b>1400</b>	X	<b>N</b>

Pour les luminaires à modules LED :

Montant en kWh cumac par luminaire installé			Nombre de luminaires installés
Sans dispositif automatique de gestion	Si détection présence ou variation de lumière	Si détection présence et variation de lumière	
<b>1400</b>	<b>1800</b>	<b>2300</b>	<b>N</b>

X



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-126,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-126 (v. A16.1) : Mise en place d'un éclairage d'accentuation LED (lampe LED ou luminaire à modules LED)**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Code postal : .....

\*Ville : .....

\*Les lampes LED ou luminaires à modules LED sont installés dans un bâtiment tertiaire existant depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :  OUI  NON

L'opération concerne la mise en place de (une seule case à cocher) :

lampes à LED

luminaires à modules LED

Caractéristiques des lampes LED ou luminaires à modules LED installés :

\*Efficacité lumineuse (lm/W) : .....

NB : l'efficacité lumineuse est égale au flux lumineux total sortant du produit divisé par la puissance du produit, y compris les auxiliaires d'alimentation. Elle est > 60 lm/W pour les lampes à LED et ≥ 65 lm/W pour les luminaires à modules LED.

\*Durée de vie des lampes à LED avec une chute de flux lumineux ≤ 30 % : ..... heures

\*Durée de vie des luminaires à modules LED avec une chute de flux lumineux ≤ 30 % : ..... heures

\*Nombre de lampes LED ou de luminaires à modules LED installés : .....

Dispositif de gestion automatique du luminaire à modules LED :  OUI  NON

\*si oui, type de gestion :

Détection de présence OU système de détection tenant compte des apports de lumière du jour.

Détection de présence ET système de détection tenant compte des apports de lumière du jour.

A ne remplir que si les marque et référence des lampes LED ou des luminaires à modules LED ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

A ne remplir que si les marque et référence du dispositif de gestion de l'éclairage ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

L'opération n'a pas fait l'objet et ne fera pas l'objet d'une demande de certificats d'économies d'énergie pour les fiches d'opérations standardisées BAT-EQ-111, BAT-EQ-116 et BAT-EQ-132.



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° BAT-EQ-127

## Luminaire 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 avec ou sans dispositif de gestion.

### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

L'éclairage à modules LED mis en place respecte les critères suivants :

- durée de vie  $\geq 50\,000$  heures avec une chute de flux lumineux  $\leq 30\%$ .
- efficacité lumineuse (flux lumineux total sortant du luminaire divisé par la puissance totale du luminaire, auxiliaire d'alimentation compris)  $\geq 90$  lm/W.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un ou plusieurs luminaires à modules LED, la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  et l'efficacité lumineuse des luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris, et le cas échéant la mise en place d'un dispositif de gestion de l'éclairage.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un nombre donné d'équipements identifiés par leur marque et référence, y compris lorsqu'il s'agit d'un dispositif de gestion de l'éclairage, et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que les équipements de marque et référence mis en place sont des luminaires d'éclairage général à modules LED et, le cas échéant, un dispositif de gestion de l'éclairage. Ce document précise la durée de vie avec chute de flux lumineux  $\leq 30\%$  et l'efficacité lumineuse des luminaires installés, auxiliaire d'alimentation compris.

### **4. Durée de vie conventionnelle**

La durée de vie retenue avec deux automatismes est de 22 ans.

La durée de vie retenue avec un automatisme est de 17 ans.

La durée de vie retenue sans automatisme est de 13 ans.

### **5. Montant de certificats en kWh cumac**

Sans dispositif automatique de gestion	Si détection présence ou système de détection tenant compte des apports de lumière du jour	Si détection présence et système de détection tenant compte des apports de lumière du jour	X	Nombre de luminaires installés
1 600	2 200	2 800		



**Annexe 1 à la fiche d'opération standardisée BAT-EQ-127,  
définissant le contenu de la partie A de l'attestation sur l'honneur.**

**A/ BAT-EQ-127 (v. A14.1) : Mise en place d'un luminaire d'éclairage général à modules LED avec ou sans dispositif de gestion.**

\*Date d'engagement de l'opération (ex : date d'acceptation du devis) : .....

Date de preuve de réalisation de l'opération (ex : date de la facture) : .....

Référence de la facture : .....

\*Nom du site des travaux ou nom de la copropriété : .....

\*Adresse des travaux : .....

Complément d'adresse : .....

\*Co de postal : .....

\*Ville : .....

\*Les luminaires sont installés dans un bâtiment tertiaire existant depuis plus de deux ans à la date d'engagement de l'opération :

OUI       NON

Caractéristiques des luminaires installés :

\*Efficacité lumineuse (lm/W) : .....

La durée de vie de l'éclairage à module LED avec une chute de flux lumineux  $\leq$  à 30 % est supérieure ou égale à 50 000 heures.

NB : l'efficacité lumineuse est égale au flux lumineux total sortant du luminaire divisé par la puissance totale du luminaire, y compris les auxiliaires d'alimentation.

\*Nombre de luminaires installés : .....

Dispositif de gestion automatique de l'éclairage :     OUI       NON

\*si oui, type de gestion :

Détection de présence ou système de détection tenant compte des apports de lumière du jour

Détection de présence et système de détection tenant compte des apports de lumière du jour

A ne remplir que si les marque et référence du luminaire ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....

A ne remplir que si les marque et référence du dispositif de gestion de l'éclairage ne sont pas mentionnées sur la preuve de réalisation de l'opération :

\*Marque : .....

\*Référence : .....