

Des tubes fluorescents équipés de modules de LED commencent à apparaître sur le marché. Ils sont présentés comme une solution de substitution à des tubes fluorescents T8, qui équipent des luminaires existants (réglettes, réflecteurs industriels, plafonniers ou encastrés d'éclairage intérieur fonctionnel, etc.). Il devenait opportun d'examiner les performances de ces nouvelles sources lumineuses qui prétendent rivaliser avec les solutions d'éclairage existantes.

Dans cet article, nous montrerons les limites et les précautions à prendre pour envisager une rénovation d'éclairage intérieur, commercial ou industriel avec des tubes à LED en termes de garantie de fonctionnement (durée de vie, chute de flux), de qualité d'éclairage (photométrie et colorimétrie), de gain énergétique et de coût de maintenance (coût économique global).

SOLUTIONS D'ÉCLAIRAGE

Tubes à LED de substitution aux T8 : soyons vigilants !

LES TUBES fluorescents équipés de LED sont des applications de substitution (ou retrofit).

Ces solutions sont constituées de modules de LED blanches de 5 mm (diode de 20-30 mA, bleu + phosphore) montées sur un circuit imprimé et comptent de 30 à 300 LED suivant les puissances. Ces modules sont montés dans un tube en verre ou en polycarbonate clair ou diffusant, avec deux culots G12 permettant un montage sur des douilles standard pour tubes fluorescents T8.

Les tubes à LED sont équipés de convertisseurs et de dissipateurs de chaleur (certains d'entre eux disposent d'une alimentation séparée). Ils sont disponibles dans des gammes de puissance de 8/9 W, 15 W et 18/22 W, de longueur 600, 1 200 et 1 500 mm, en substitution à des tubes fluorescents « équivalents » de 18 W, 36 W et 58 W. Ces lampes à LED linéaires ne présentent pas une répartition de lumière omnidirectionnelle comme les tubes fluorescents.

L'adaptation des tubes à LED sur des luminaires existants nécessite une modification de câblage (déconnexion du ballast et du starter existants afin de raccorder directement le tube à LED sur le réseau).

Les importateurs de ces produits mettent l'accent sur :

- les économies d'énergie réalisées par rapport aux solutions conventionnelles ;
- une maintenance réduite (durée de vie des diodes supérieure à 20 000 heures) ;
- une faible dissipation thermique ;
- l'absence de mercure ;
- des performances d'éclairage équivalentes à celles obtenues avec les solutions classiques à tubes fluorescents.

Quelles garanties pour le luminaire ?

Un luminaire est conçu et fabriqué en conformité avec les exigences de sécurité et de performances qui répondent à des normes : en particulier, la norme générique NF EN 60-598-1 et les normes

particulières NF EN 60598-2 suivant les différents types de luminaires. Le marquage CE, apposé sur le produit, implique la présomption de conformité aux exigences des directives européennes. En outre, les performances photométriques du luminaire doivent assurer les performances d'éclairage du projet établies suivant les normes européennes d'éclairagisme en vigueur.

Au titre de la norme, le fabricant définit un marquage qui donne les caractéristiques précises du type et des puissances de lampes équipant le luminaire (données techniques des catalogues). Dans le cas d'une adaptation de tubes fluorescents à LED sur des luminaires équipés de tubes fluorescents, le fabricant de luminaires T8 ne garantit pas la conformité de ce nouveau luminaire à la norme luminaire. De ce fait, la responsabilité se trouve transférée du fabricant vers le gestionnaire qui doit endosser le respect des prescriptions de sécurité de son installation d'éclairage.

De plus, pour le gestionnaire, l'absence de norme CEI pour les tubes à LED ne garantit





PHOTO GE LIGHTING

LONGUEUR mm	TYPE DE TUBE	FLUX LUMINEUX lm	PUISSANCE TOTALE W	EFFICACITÉ LUMINEUSE lm.W ⁻¹	GAIN EN lm.W ⁻¹	PERTE FLUX
600	LED 9W	650	9	72,2	+ 39 %	- 48 %
	TL 18 W	1 350	26 ⁽¹⁾	51,9		
1 200	LED 18 W	1 300	18	72,2		- 61 %
	TL 36 W	3 350	43 ⁽¹⁾	77,9	+ 7,9 %	
1 500	LED 22 W	1 650	22	75		- 68 %
	TL 58 W	5 200	67 ⁽¹⁾	77,6	+ 3,5 %	

(1) Tube fluorescent fonctionnant sur ballast ferromagnétique.

- maintien des performances de la lampe annoncées par le constructeur (flux lumineux, efficacité lumineuse, durée de vie, conditions de fonctionnement en fin de vie) ;
- conformité aux exigences de la norme lumineuse NF EN 60598.

Quels gains pour l'efficacité lumineuse ?

Le tableau ci-dessus synthétise les caractéristiques techniques moyennes données par les constructeurs de tubes à LED de 9 W (600 mm), 18 W (1 200 mm) et 22 W (1 500 mm) à partir desquelles nous donnons les valeurs d'efficacité lumineuse des tubes fluorescents de 18, 36 et 58 W (données photométriques des catalogues des constructeurs et puissance totale maximale souscrite par la lampe et le ballast suivant le décret ballast du 28 novembre 2001).

L'efficacité lumineuse des tubes à LED de 600 mm de 8 à 9 W est supérieure de 39 % à celle du tube fluorescent de 18 W, mais pour un flux lumineux des LED inférieur de près de moitié ! Les tubes fluorescents T8 36/58 W ont une meilleure efficacité lumineuse et un flux lumineux unitaire très supérieur. Leur remplacement par des tubes à LED n'est donc pas pertinent.

Si, à terme, l'efficacité des tubes à LED doit encore progresser, le flux lumineux de ces derniers est nettement inférieur à celui de l'éclairage fluorescent. Dans l'état actuel de la technologie, il n'est pas possible, pour des questions de gestion thermique, d'augmenter le nombre de diodes dans chaque tube pour en améliorer la performance.

L'économie d'énergie annoncée par les fabricants de tubes à LED (de 58 à 67 % suivant les puissances) s'accompagne d'une réduction du flux lumineux des tubes à LED comprise entre 48 et 68 % !

Quel gain pour l'efficacité énergétique de l'éclairage ?

L'efficacité lumineuse des sources n'est pas suffisante pour exprimer la performance énergétique d'une installation d'éclairage. Installation qu'il faut inscrire dans une démarche de projet suivant les critères des normes d'éclairagisme. Relativement au niveau d'éclairage à maintenir fixé par ces normes (exigence minimale pour assurer, en toute sécurité, une tâche visuelle dans des

conditions satisfaisantes de performance et de confort visuel), l'efficacité énergétique d'une installation d'éclairage s'exprime sous la forme du rapport entre le flux lumineux utile à maintenir sur la surface à éclairer (en lm) et la puissance totale à mettre en œuvre (en W) ; elle se traduit par le produit de 3 facteurs :

- l'efficacité lumineuse de la lampe et de son système d'alimentation (en lm.W⁻¹) ;
- le facteur d'utilisation de l'installation calculé suivant la méthode du projet d'éclairage ;
- le facteur de maintenance de l'installation, établi suivant les conditions environnementales et conditionné par le choix des luminaires (degré de protection IP) et du programme de maintenance.

Lors de la substitution d'un tube fluo par un tube à LED, il est impératif de vérifier la bonne adéquation photométrique avec le système optique qui équipe le luminaire.

Des exemples de répartitions photométriques inadaptées sont donnés dans le rapport d'évaluation Caliper, établi par le département américain de l'Énergie ⁽¹⁾. Néanmoins, dans un système optique adapté, le gain estimé est de 15 % sur le rendement du luminaire.

Le tableau page 8 donne la performance photométrique et l'efficacité énergétique d'une installation d'éclairage d'un bureau de 15 m², équipé de 4 plafonniers/encastrés 600 x 600 dans les trois configurations de tubes installés T8 4 x 18 W, LED 4 x 9 W (solution de substitution des tubes T8 par des tubes à LED dans les luminaires existants), T5 3 x 14 W (solution de remplacement des luminaires existants).

Actuellement, le coût d'acquisition élevé des tubes à LED (supérieur à plus de cinq fois celui des tubes fluorescents de haut rendement) ne conduit pas à un coût global intéressant de cette solution de rénovation, et cela malgré la durée de vie élevée des LED. Toutefois, sur des sites difficilement accessibles ou dans des conditions de faibles températures favorisant le bon fonctionnement des lampes, il peut être intéressant sur le plan économique d'utiliser la solution LED qui permet d'allonger les inter-

Illustration d'un éclairage à tubes fluorescents. Les meilleures solutions d'éclairage peuvent générer jusqu'à 70 % d'économies d'énergie. Par exemple, en termes de performance d'éclairage et de coût de maintenance, le remplacement des luminaires 4 x 18 W équipés de ballasts ferromagnétiques par des luminaires 3 x 14 W T5 électroniques conduit à une économie de 50 % sur le coût de remplacement des tubes fluorescents et plus de 50 % sur la consommation d'électricité.

- pas que leur sécurité électrique et leur bon fonctionnement (durée de vie, tenue thermique et mécanique, etc.) soient assurés dans des conditions optimales. En effet, les performances du luminaire sont modifiées par un changement de lampe en termes de :
- caractéristiques thermiques et compatibilité électromagnétique ;
 - tenue à la charge mécanique et électrique au niveau des douilles ;

(1) DOE janvier 2009 – Performance of T12 and T8 Fluorescent Lamps and Troffers and LED Linear Replacement lamps – Voir le site : www.netl.doe.gov/ssl/caliper-benchmarkreports.htm.

valles de remplacement systématique des lampes et de réduire le coût d'exploitation de l'installation d'éclairage.

En termes de coût global, le remplacement des luminaires 4 x 18 W équipés de ballasts ferromagnétiques par des luminaires 3 x 14 W T5 électroniques conduit à une économie de :
– 50 % sur le coût de remplacement des tubes fluorescents ;
– plus de 50 % sur la consommation d'électricité.

Attention à la sincérité des données techniques annoncées !

En l'état actuel de la technologie des LED, la solution de substitution de tubes fluorescents T8 par des tubes à LED conduit à des installations d'éclairage dont les niveaux d'éclairement sont inférieurs de plus de 50 % à celui des installations d'éclairage à rénover. De plus, les garanties de conformité aux normes de sécurité et de performance des luminaires ne sont pas assurées.

Les applications des tubes à LED les plus performantes sont limitées pour l'instant à des marchés de niche, tels que des éclairages fonctionnant à basse température ou à de faibles niveaux d'éclairement. Toutefois, la vigilance est de mise pour les intégrateurs et les prescripteurs de solutions « tube à LED » ; en effet des questions se posent sur la sincérité des données techniques annoncées par certains constructeurs en termes de :

– niveau de qualité de rendu des couleurs ;

Bien que présentant une meilleure efficacité énergétique, le remplacement des tubes fluorescents T8 par des tubes à LED dégrade considérablement le niveau d'éclairement de l'installation d'éclairage qui ne répond pas à la norme d'éclairage intérieur des lieux de travail (– 50 %).

TYPE DE LUMINAIRE ⁽¹⁾	FLUX UNITAIRE lm	FACTEUR DE MAINTENANCE	FACTEUR D'UTILISATION	E MOYEN À MAINTENIR lx ⁽²⁾	PUISSANCE TOTALE W ⁽³⁾	W.M ⁻² ⁽⁴⁾	W.M ⁻² POUR 100 LX ⁽⁵⁾	FRÉQUENCE DE REMPLACEMENT h ⁽⁶⁾
4 x 18 W T8 électro.	1 350	0,8	0,50	576	400	26,7	4,63	15 000
Rénovation 4 x 9 W LED	650	0,7	0,59	286	144	9,6	3,36	30 000 (annoncé)
Nouvelle installation 3 x 14 W T5 électro.	1 350	0,9	0,55	535	192	12,8	2,39	25 000 ⁽⁷⁾

(1) Luminaire équipé d'une grille en aluminium de haute performance photométrique.

(2) Éclairement moyen à maintenir sur le plan de travail : 500 lux suivant la norme NF EN 12464-1.

(3) Puissance totale consommée par les lampes et leurs appareillages d'alimentation.

(4) Puissance surfacique de l'installation d'éclairage.

(5) Valeur conventionnelle : 2,5 W.m⁻² pour 100 lux suivant la réglementation thermique 2005.

(6) Entretien et remplacement systématique des lampes suivant la durée de vie économique.

(7) Il existe des tubes fluorescents avec une durée de vie > 40 000 h.

– température de couleur souvent trop élevée (des températures de couleur de plus de 6 000 K sont souvent jugées inacceptables par les utilisateurs), avec des différences sensibles de teintes de couleur entre les tubes sur une même installation ;
– performances photométriques et durée de vie. Cependant, grâce aux progrès constants de la

technologie électronique, de nouvelles générations de LED apparaissent sur le marché tous les six mois. Dans un proche avenir, les gains de fabrication, qui feront baisser les prix d'achat, devraient rendre prometteuses et compétitives ces nouvelles solutions d'éclairage relativement aux solutions d'éclairage par tubes fluorescents.

BERNARD DUVAL

AFE MIDI-PYRÉNÉES

Joël Lavergne, un nouveau président plein d'idées

INGÉNIEUR éclairagiste, en charge de l'exploitation des installations électriques de la ville de Toulouse, Joël Lavergne succède au professeur Georges Zissis à la présidence de l'AFE Midi-Pyrénées. Ce professionnel de l'éclairage défend ses idées avec passion et ses convictions sont fortes ; tous ceux qui ont participé aux Journées nationales de la lumière à Toulouse, en 2008, s'en souviennent : quand on le « branche » sur la lumière, impossible de l'arrêter !

Ne pas parler de la lumière dans les médias sans l'avis de l'AFE

Auréolé de son tout nouveau titre de président de région, Joël Lavergne entend bien faire parler, non pas de lui, mais de l'AFE.

« Il y a des compétences énormes, on n'en parle pas assez. Je pense que, dans l'éclairage, il doit y avoir de très bons techniciens, qui réfléchissent sur les normes, la technologie, les appareils... Mais ces réflexions ne valent rien si elles ne sont pas mises en place. » Et, sur ce point, il a bien l'intention de se faire « commercial », en allant sensibiliser les maîtres d'ouvrage, c'est-à-dire les élus locaux pour,

d'une certaine manière, « porter la bonne parole ». Pour justifier ses propos, il évoque le reportage de France 2 et ce maire d'une commune de Bourgogne qui éteint l'éclairage public pour faire des économies d'énergie ⁽¹⁾ : « Passer un message aussi fort et aussi simplificateur me révolte ! Mon ambition serait qu'un tel reportage ne puisse pas paraître sans l'avis de l'AFE, avis qui devrait être incontournable sur un sujet aussi complexe que la lumière. Quand je vois ce maire, j'ai envie de le rencontrer pour l'informer. D'autant qu'une analyse complète de son installation lui permettrait, j'en suis convaincu, de faire davantage d'économies en remplaçant ses lampes boules et ses lampes 150 W là où il faut du 70 W, sans avoir à éteindre brutalement son éclairage public. »

On l'aura compris, Joël Lavergne est un président qui a décidé de s'engager.

PROPOS RECUEILLIS PAR PASCALE RENOU

(1) Complément d'enquête « Les nouveaux champions de la chasse au gaspi », lundi 30 novembre 2009 sur France 2 et au JT de 20 heures, le 17 décembre, sur cette même chaîne.

agenda

JEUDI 11 FÉVRIER 2010

Paris - Espace Hamelin – 14 heures
Florilège des conférences Lux Europa à Istanbul qui se sont déroulées du 9 au 11 septembre 2009.
AFE Nationale

MARDI 2 MARS 2010

Colmar – 14 heures (à confirmer)
Conférence sur les nouveaux enjeux de l'éclairage en milieu industriel
AFE Est et la CCI de Colmar

JEUDI 25 MARS 2010

Bordeaux – 17 heures (à confirmer)
Assemblée régionale suivie d'une conférence sur le thème « Éclairer juste ».
AFE Sud-Ouest Atlantique

JEUDI 8 AVRIL 2010

Voir texte AFE Normandie, page 9

Renseignements et inscription sur le site de l'AFE