

Durée de vie des appareils d'éclairage à LED

Impact de la gestion thermique en conception et en installation

Résumé

Les appareils d'éclairage utilisant des sources lumineuses de type LEDs sont sensibles à la température. Leurs performances et leurs durées de vie peuvent être réduites de manière significative par une conception et/ou une installation non appropriée. La notion de durée de vie telle qu'elle était comprise jusqu'à présent dans le domaine de l'éclairage ne convient plus à ce nouveau type de produit en raison d'une longévité potentielle largement supérieure des sources LEDs par rapport aux sources lumineuses historiques mais aussi parce que ces nouvelles sources sont de plus en plus intégrées aux produits et deviennent non remplaçables. La source lumineuse n'est donc plus forcément l'élément le plus déterminant de la durée de vie globale du produit. D'autres composants, comme les appareillages électroniques, participent à la durée de vie du produit. Il devient donc nécessaire d'intégrer d'autres critères dans la définition de la durée de vie, en plus de la simple variation de flux lumineux dans le temps. Toutefois, la capacité des sources LEDs intégrées dans les produits à fournir les performances photométriques attendues pendant une durée annoncée et dans les situations d'installation prévues doit pouvoir être garantie par une attention particulière portée à la gestion thermique de ces composants, tant du point de vue de la conception des produits que de leur installation. Les fabricants devront donc s'attacher à réaliser des dimensionnements thermiques et des choix de solutions de refroidissement adéquats. De leur côté, les installateurs devront vérifier que les situations d'installations permettent les échanges thermiques nécessaires au bon fonctionnement et à la longévité des produits.

Introduction

La durée de vie des appareils d'éclairage à LED (lampes à LED, luminaires à LED) dépend de nombreux facteurs : qualité des composants, conception du produit, qualité de fabrication et installation. Dans cette publication nous attacherons à montrer comment la gestion thermique au niveau du produit mais aussi de son installation influencent la durée de vie des produits. Nous expliquerons également les notions de durée de vie, ainsi que les bonnes pratiques pour garantir un fonctionnement du produit conformément à la durée de vie annoncée.

Evolution de la notion de durée de vie

Dans le domaine de l'éclairage, la notion de durée de vie correspond généralement à la capacité des sources lumineuses à fournir un flux lumineux (lumens) pendant un certain nombre d'heures de fonctionnement et pour une certaine quantité de produits vendus.

Les fabricants de lampes conventionnelles (incandescence, fluorescente, décharge, ...) ont ainsi standardisé cette notion depuis longtemps et il est admis que la durée de vie d'une source lumineuse est la durée pendant laquelle le flux lumineux émis est supérieur ou égal à 70 % du flux initial pour 50 % de la population. Cette durée de vie s'exprime sous la forme L70B50 pour x heures. Les lampes étant considérées jusqu'alors comme des consommables et ayant des durées de vie beaucoup plus courtes que les autres éléments de l'appareil (luminaire, ballast), c'est surtout cette notion de la durée de vie qui a prévalu jusqu'à présent dans le domaine éclairage.

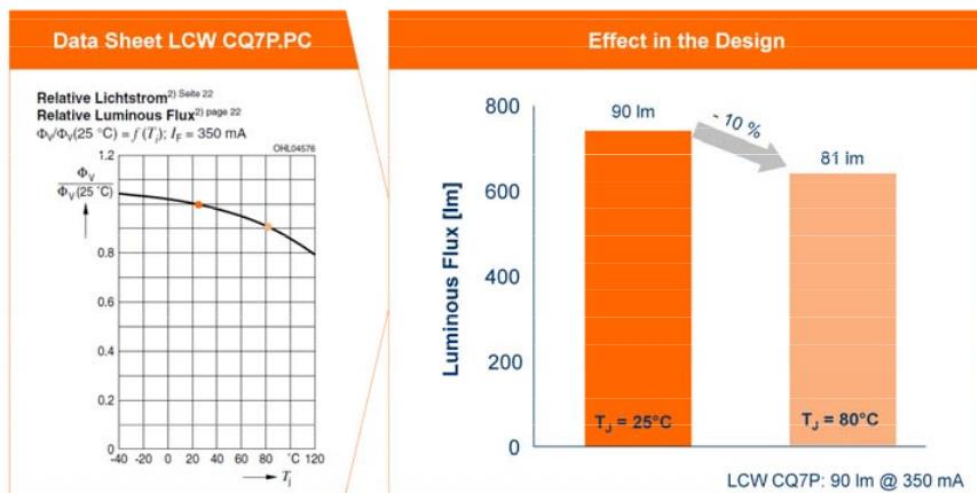
Avec l'arrivée des LED, ce paradigme est bouleversé en raison des qualités intrinsèques des LED, notamment une durée de vie largement supérieure aux sources lumineuses historiques (50 000h, 100 000h), mais aussi supérieure aux équipements environnants (driver, alimentation). Cette situation associée à des déboires en raison d'une qualité médiocre de certains produits a conduit le marché à s'interroger sur cette notion de durée de vie et à demander de plus en plus d'informations concernant la fiabilité de l'électronique associée aux LED.

Les normes de performances des produits (IEC 6217-2-1 et IEC 62612) proposent ainsi aujourd'hui une expression de la durée de vie plus large qui intègre également les défaillances soudaines des composants et non plus seulement la perte de flux graduelle des sources dans le temps.

Cette expression peut prendre la forme LxByCz où Cz est l'expression du taux de défaillance soudain prévisible à h heures. Une expression C10 50 000h signifie qu'il existe une probabilité que 10% soient totalement inopérants au bout de 50 000h de fonctionnement. De plus, lorsque les LED utilisées sont de qualité et correctement intégrées dans les produits finis, il devient possible pour les fabricants de proposer des produits avec des pertes graduelles de flux relativement faibles sur des durées importantes. On trouve ainsi aujourd'hui sur le marché des produits dont l'expression peut être, par exemple et selon les besoins de l'application, L90B10 50 000h.

Garantir la durée de vie par une bonne gestion thermique des LED au niveau du produit.

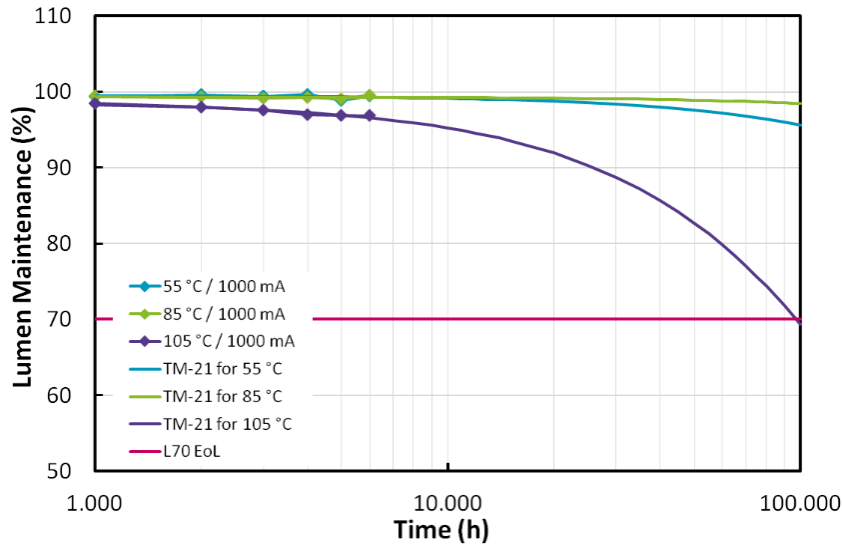
Les LED's sont des sources de lumière très efficaces. Toutefois, seule 30% de l'énergie utilisée est transformée en lumière visible, le reste étant transformé en énergie thermique qui contribue à élever sensiblement la température du composant lors de son fonctionnement. Comme pour tous les composants électroniques, la chaleur affecte la performance des LEDs qui perdent en efficacité avec l'augmentation de température et ont un point de couleur qui varie en fonction de cette dernière. La température est également un facteur d'accélération du vieillissement des composants. Une température de fonctionnement trop élevée peut ainsi conduire à une perte de flux lumineux rapide des LED, voire une défaillance totale du système. Il convient donc de maintenir la température des LEDs à une température compatible avec les objectifs du produit lorsque celui-ci fonctionne.



Variation du flux lumineux en fonction de la température – Source : OSRAM

En principe, les fabricants de LEDs connaissent bien les phénomènes de vieillissement de leurs composants et communiquent les informations nécessaires pour que les fabricants de luminaires ou de lampes à LEDs puissent assurer une bonne intégration et donc un bon refroidissement des LEDs dans le but d'assurer la durée de vie prévue.

Les fabricants de LED de qualité réalisent de nombreux essais de durée de vie sur leurs composants selon la norme américaine IES LM-80. Cette dernière permet de vérifier les pertes graduelles de flux lumineux sur des durées allant de 6000h à 10000h sous différentes conditions de températures et de courant. Ces essais, lorsqu'ils sont positifs, permettent ensuite d'effectuer des projections de durée de vie des LED sur des durées plus importantes en utilisant des lois statistiques comme cela est détaillé dans le guide technique IES TM-21.



Exemple de courbe de flux (lumens) d'une LED en fonction de la température et du courant selon Lm-80 – Source : OSRAM

A partir du moment où les caractéristiques de fonctionnement des LED sont connues, le fabricant du produit fini se doit de réaliser une conception qui permettra de garantir un point de fonctionnement en température des sources lumineuses adéquat pour un profil de mission donné en installation (température ambiante, humidité, nombre d'heures de fonctionnement journalier, nombre d'allumage / extinction par jour, durée de vie objectif, ...).

Pour cela, le fabricant devra donc dimensionner son système de refroidissement, effectuer des choix techniques appropriés et vérifier sur le produit fini que les températures atteintes par les LED en fonctionnement sont compatibles avec les objectifs fixés.

Exemple de dimensionnement thermique et de choix techniques appropriés

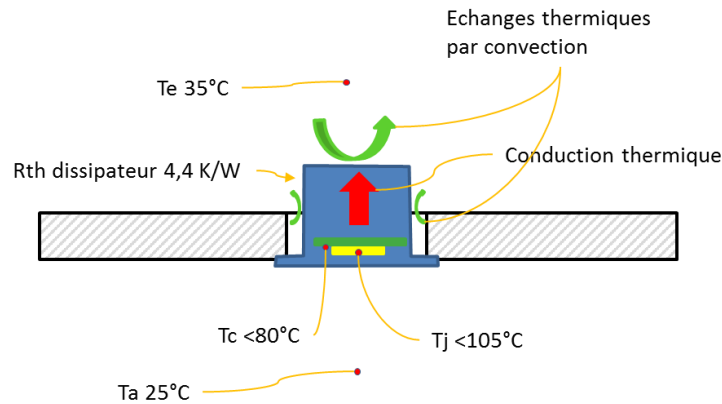
Type de produit : encastré de plafond

Profil de mission :

- Flux : 1200 lm
- Durée de vie : 30 000 h, L70
- Température ambiante externe : 25°C
- Température ambiante dans la zone d'encastrement : 35°C
- Environnement : intérieur

Le produit consomme 14W dont 10W sont dissipés par voie thermique. Le fabricant de module de LEDs recommande une température du module inférieure à 80°C pour garantir une température de jonction de 105°C, elle-même reliée à une durée de vie de 30 000 h pour le courant d'alimentation des LEDs requis. Un calcul thermique peut être réalisé grâce à la connaissance des résistances thermiques (exprimées en K/W) des différentes couches de matériaux entre la jonction de la LED et la température ambiante dans la zone d'encastrement. Dans cet exemple la résistance thermique du produit, entre le module de LEDs et l'extérieur du spot, doit être de 4,4 K/W maximum pour une ambiance d'encastrement à 35°C. (10W de puissance thermique pour une différence de température de 80°C - 35°C = 45°C). Cette résistance thermique peut être obtenue au moyen d'un dissipateur thermique en aluminium forgé de 40mm de diamètre et de 25mm de

haut, comportant des ailettes de refroidissement pour assurer un bon échange par convection naturelle, élément essentiel pour évacuer l'énergie thermique du produit.



Principe schématisé de la dissipation thermique d'un spot 1200lm encastré



Exemple de dissipateur thermique 4,4 K/W

Garantir la durée de vie par une installation adéquate

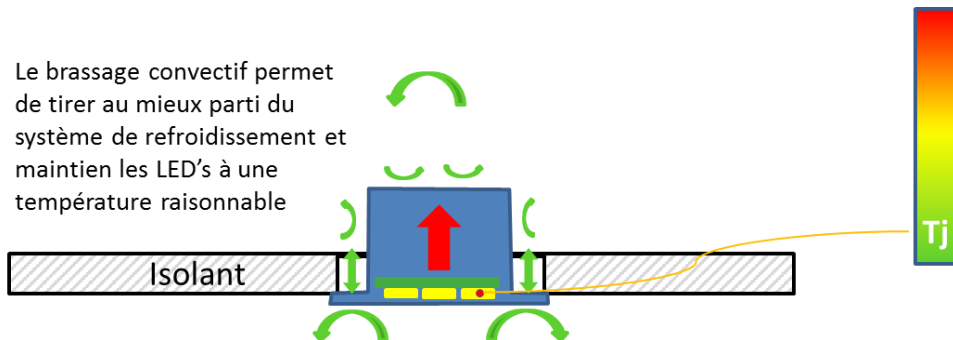
Nous avons indiqué plus haut que les LED sont des composants qui nécessitent d'être maintenus en fonctionnement à une température adéquate grâce à une extraction de l'énergie thermique au travers des différents étages du système, ainsi que la manière de procéder pour permettre cette extraction.

Nous avons également indiqué que cette extraction ne peut fonctionner que si l'énergie thermique produite peut s'échapper du produit. Pour cela, il est nécessaire que les échanges thermiques (convection, rayonnement) puissent être réalisés grâce à un environnement du produit qui n'est pas confiné, sans quoi on assistera à une élévation importante de la température des LED, conduisant ainsi à une accélération rapide de leur vieillissement.

Nous montrons ci-dessous comment des situations d'encastrement de produits à LEDs peuvent affecter les échanges thermiques et ainsi potentiellement affecter la durée de vie du produit.

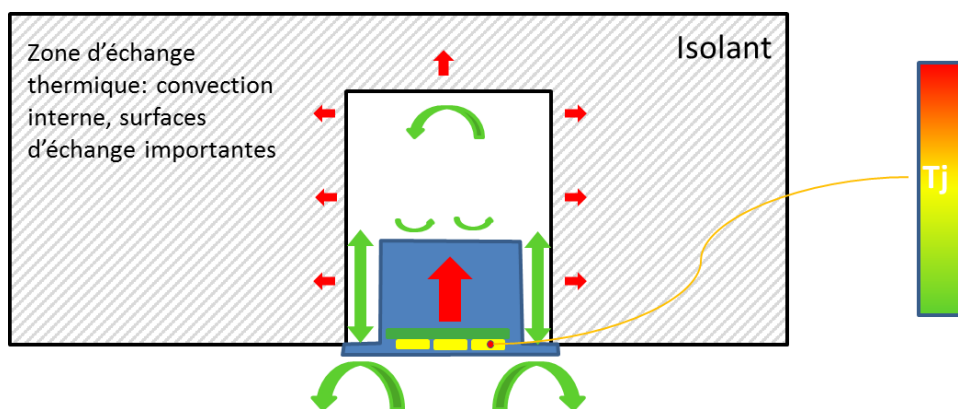
Exemple de comportement thermique d'un luminaire encastré dans différentes situations

- 1) Avec un espace permettant la circulation de l'air autour du luminaire



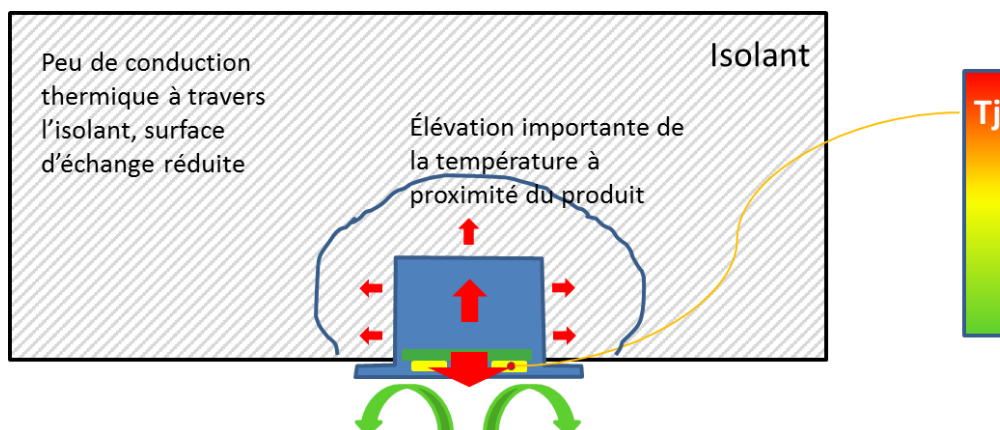
La température des LEDs est maintenue à un niveau raisonnable, lié au dimensionnement du système de refroidissement. Dans le cas du dimensionnement précédent, la température T_j reste en dessous de 105°C , ce qui garantit la durée de vie de la LED pour une durée supérieure à 30 000h.

- 2) Avec un espace confiné permettant la circulation de l'air autour du luminaire



La convection naturelle autour du dissipateur est réduite et ne permet pas d'assurer un refroidissement optimal. La performance du refroidisseur est considérablement réduite. Les échanges thermiques ont lieu à travers la face avant ou bien à travers l'isolant. Celui-ci est très peu conducteur mais peut emmagasiner et stocker une partie de l'énergie thermique dissipée par le système à LEDs. La résistance thermique du produit, entre le module et l'extérieur du spot, est estimée à 10K/W , ce qui conduit à une augmentation de T_j de plus de 105°C par rapport à la température externe au dissipateur.

3) Avec de l'isolant autour du luminaire ne permettant pas la circulation d'air



Dans ce cas de figure, l'énergie thermique est transmise majoritairement vers l'extérieur à travers la face avant. Le dissipateur placé à l'arrière n'évacue qu'une très petite fraction de l'énergie thermique, par conduction à travers l'isolant. L'élévation de température à l'intérieur du produit dépend de sa capacité à refroidir par l'avant. En règle générale, on observe une élévation très importante de température, de l'ordre de 150°C de plus que la température ambiante et au-delà de ce que les LEDs peuvent supporter. Dans cette situation les performances du produit et sa durée de vie sont considérablement affectées.

Que dit la normalisation ?

La problématique thermique des appareils d'éclairage a été prise en compte depuis longtemps dans le cadre des normes de sécurité, en particulier la série des normes IEC 60598. Cependant, l'évolution récente de la structure des bâtiments pour leur permettre d'atteindre des performances thermiques correspondant aux objectifs de réduction de la consommation d'énergie globale, impose l'utilisation de plus en plus importante d'isolants, notamment dans les faux plafonds. Les conditions d'installations se trouvent alors modifiées par rapport aux pratiques historiques et ne permettent plus, dans certains cas, les phénomènes de convection naturelle nécessaires au refroidissement des sources lumineuses. Une première disposition a été prise dans le cadre de la norme d'installation NFC15100 et demande d'écarter les matériaux isolants de 12cm par rapport à l'enveloppe du luminaire. Le comité de normalisation TC34 de l'IEC en charge des normes de sécurité des luminaires a pris acte de ces changements et prépare actuellement de nouvelles dispositions plus sévères pour définir une méthode d'essais plus proche des conditions réelles d'installation.

Conclusion

La gestion thermique des appareils d'éclairage à LED est une problématique fondamentale qui peut affecter de manière importante la performance et la durée de vie des produits installés. Elle doit être gérée de manière globale tant au niveau du produit qu'au niveau de son installation. Il est indispensable que le produit ait été conçu et fabriqué de manière à garantir les performances et la durée de vie annoncées par rapport à une condition d'installation spécifique, cette dernière devant être précisée par le fabricant. De même, le prescripteur et l'installateur doivent tenir compte des indications des fabricants lors de leur choix de produits et garantir des échanges thermiques en adéquation avec les besoins des produits. Dans le cas des produits encastrés, sauf à utiliser des produits spécifiquement conçus pour des échanges thermiques par l'avant il est fortement recommandé de ménager des espaces permettant une convection naturelle suffisante autour des produits, voire ne pas les couvrir d'isolant.

A propos de PISEO :

PISEO est un centre technique indépendant alliant compétences issues de l'industrie et équipements de hauts niveaux dans le domaine des systèmes lumineux. PISEO intervient sur l'ensemble du cycle de vie des produits et pour des domaines d'applications très variés : éclairage général, automobile et transports, signalétique, médical, agro-alimentaire, vision, ...

Créée en 2011 à l'initiative du Cluster Lumière et avec l'appui de l'Etat, de la Région Rhône-Alpes et du Grand Lyon, PISEO compte une trentaine d'actionnaires dont le GIL-Syndicat du Luminaire et le Syndicat de l'éclairage.



Contact :

04 26 83 02 25

contact@piseo.fr

www.piseo.fr