

LE FACTEUR DE DÉPRÉCIATION POUR L'ÉCLAIRAGE À LED

Fabien WILL

Directeur des ventes

ZI Rouvroy

02100 Saint-Quentin

1. Introduction

Au fil de la durée de vie d'une installation d'éclairage, la quantité de lumière émise sur le poste de travail diminue en raison de l'encrassement et du vieillissement de l'installation ainsi que du local. Afin de tenir compte de cette diminution, ledit « facteur de dépréciation » (également appelé facteur d'entretien ou facteur de maintien) a été créé.

Pour l'éclairage fluorescent, des valeurs basées sur des études indépendantes, comme CIE97 et TNO (TNO 2004-GGI-R027), sont généralement appliquées. Ces valeurs sont en grande partie indépendantes de la durée de vie utile d'une installation d'éclairage (c.-à-d. la période au cours de laquelle une installation est effectivement utilisée).

En ce qui concerne l'éclairage à LED, il existe encore peu d'études susceptibles de permettre de déterminer un facteur de dépréciation correct, pas plus qu'il n'y a de consensus en ce sens sur le marché. On continue souvent de travailler avec le même facteur de dépréciation que pour l'éclairage fluorescent, ce qui, après un certain temps, peut avoir des conséquences néfastes pour votre installation à LED, étant donné que la durée de vie utile y constitue un facteur crucial.

Cet article est consacré à la distinction entre le facteur de dépréciation pour l'éclairage fluorescent et à LED. Le facteur de dépréciation de l'éclairage fluorescent est abordé dans un premier temps, pour ensuite souligner les points de divergence avec l'éclairage à LED.

2. Facteur de dépréciation

La norme EN12464-1 détermine l'éclairement requis. Il s'agit du niveau d'éclairement minimum devant être garanti, indépendamment du nombre d'heures de fonctionnement et de la durée de vie de l'installation. Au cours de cette durée de vie, la quantité de lumière sur le poste de travail diminuera légèrement. Ce peut être la conséquence d'une baisse du flux lumineux de sources lumineuses, de sources lumineuses défectueuses, de l'encrassement des luminaires ou de l'encrassement du local. C'est la raison pour

laquelle le calcul du concept d'éclairage doit prévoir un 'excédent'. Le facteur de dépréciation ou facteur d'entretien a précisément été introduit afin de le calculer. (CIE 97).

Ce facteur de dépréciation (FD) est un facteur de réduction qui, lors du dimensionnement de l'installation, est combiné à l'éclairement initial (E) afin d'obtenir l'éclairement requis (E_m) :

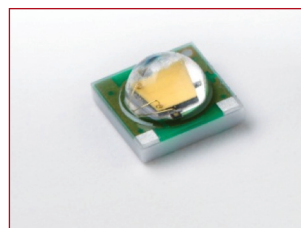
$$E_m = E \times FD \quad (CIE 97).$$

Ex. : 500lx = 625lx x 80 %

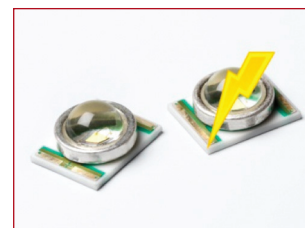
Pour maintenir l'éclairement requis de 500lx, il faudra installer un éclairement initial de 625lx.

EN12464-1 stipule que pour la détermination du facteur de dépréciation, il convient de tenir compte des facteurs suivants :

- Diminution du flux lumineux de la lampe (1)
- Fréquence des défauts aux lampes sans remplacement immédiat (2)
- Diminution du rendement des luminaires due à l'encrassement (3)
- Encrassement de la pièce (4)



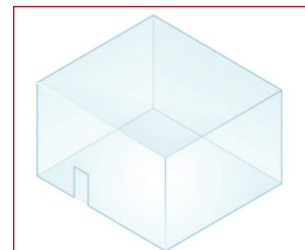
FDLL : (1)



FSL : (2)



FDL : (3)



FDSS : (4)

Éclairage fluorescent

Pour l'éclairage fluorescent, des études indépendantes (comme CIE97 et TNO2004-GGI-R027) sont utilisées, en combinaison avec de nombreuses années d'expérience dans la détermination et le calcul du facteur de dépréciation.

FDLL pour l'éclairage fluorescent

FDLL est le flux lumineux relatif pendant la durée de vie d'une lampe allumée par rapport à son flux lumineux initial. Le FDLL est fourni par le fabricant et est exprimé en fonction du nombre d'heures de fonctionnement. Le FDLL dans les études d'éclairage dépend du cycle de remplacement des lampes ; le FDLL est la valeur jusqu'au remplacement de la lampe.

Il en découle que le facteur de dépréciation total (FD) dépendra également du cycle de remplacement des lampes et non de la durée de vie utile d'une installation d'éclairage.

Une valeur typique utilisée pour le FDLL d'un éclairage fluorescent est de 90 %.

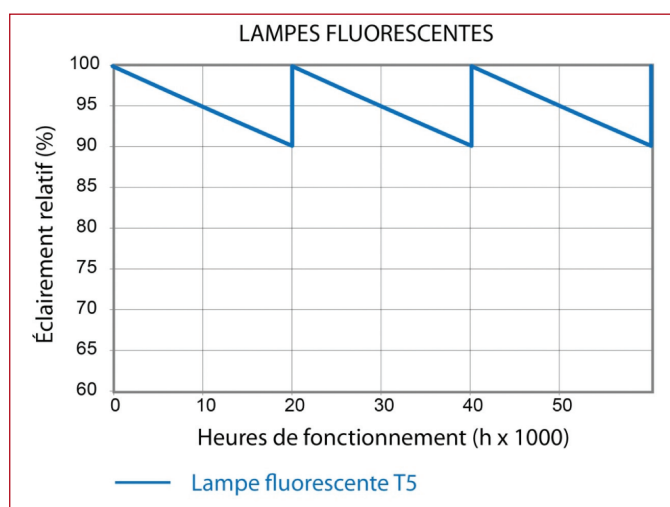


Figure 1 : graphique exemple FDLL pour l'éclairage fluorescent

FSL pour l'éclairage fluorescent

FSL est la probabilité que les lampes continuent d'éclairer pendant une période déterminée. Dans le rapport TNO2004-GGI-R027, une distinction est faite entre 2 schémas de remplacement de lampes différents :

- toutes les lampes sont remplacées simultanément lorsqu'un recul lumineux moyen défini des lampes est atteint
 - remplacement individuel en combinaison avec un remplacement de groupe : si une lampe est défectueuse avant le moment du remplacement de groupe, celle-ci est remplacée immédiatement
- Dans le cas d'un remplacement individuel en combinaison avec un remplacement de groupe, on peut compter sur un FSL=1

FDL pour l'éclairage fluorescent

FDL est le flux lumineux relatif du luminaire en raison de l'accumulation d'impuretés sur la lampe et sur (ou dans) le luminaire au cours d'une période donnée. En fonction de l'application et de la fréquence de l'entretien, une valeur spécifique est appliquée. Tant le CIE97 que le rapport TNO fournissent pour ce faire des valeurs exemples sous forme de tableau.

RSMF pour l'éclairage fluorescent

La relation entre le pouvoir réfléchissant des surfaces de la pièce à un moment donné et leur pouvoir réfléchissant initial.

Outre l'intervalle d'entretien et le domaine d'application, les valeurs de réflexion des différentes surfaces jouent également un rôle dans la détermination du RSMF. Tant le CIE97 que le rapport TNO fournissent pour ce faire des valeurs exemples sous forme de tableaux.

3. Eclairage à LED

Pour l'éclairage à LED, la détermination et l'étaiement du facteur de dépréciation nécessitent davantage de soin. La détermination du taux d'encrassement du luminaire (FDL) et du local (RSMF) se déroule de façon analogue à celle de l'éclairage fluorescent, mais le recul du flux lumineux (FDLL), surtout, requiert une approche spécifique. Vu la longue durée de vie des LED, la plupart des luminaires à LED sont utilisés sans qu'un seul remplacement de lampe, ou dans ce cas de LED n'intervienne pendant la durée de vie utile du luminaire. Contrairement à l'éclairage fluorescent, le FDLL, et par conséquent également le facteur de dépréciation, dépendront ici de la durée de vie utile du luminaire. Pour le facteur de dépréciation dans les calculs d'éclairage avec des luminaires à LED, il faut par conséquent indiquer clairement avec quelle durée de vie utile le calcul est réalisé. Ce paramètre est d'une importance cruciale dans la détermination du niveau d'éclairage installé initial et du nombre de luminaires installés, afin que le niveau d'éclairage nécessaire puisse encore être garanti au terme de la durée de vie utile. Un calcul avec une durée de vie utile de 20 000 h donnera donc un autre résultat qu'un calcul avec une durée de vie utile de 50 000 h.

Contrairement à l'éclairage fluorescent, on ne peut donc pas travailler pour l'éclairage à LED avec un facteur de dépréciation standard, indépendamment de la durée de vie de l'installation.

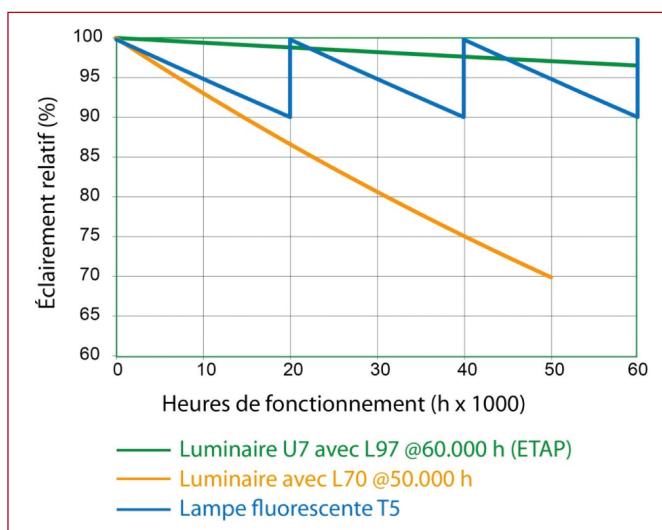


Figure 2 : FDLL de luminaires à LED en comparaison avec l'éclairage fluorescent

FDLL pour l'éclairage à LED

Dans le cas de l'éclairage à LED, la source lumineuse ne peut plus être considérée indépendamment du luminaire. Le producteur du luminaire à LED choisit la marque et le type de LED.

La performance, la durée de vie et le maintien du flux lumineux (FDLL) sont déterminés par la combinaison du choix des LED (fabricant et type Low /Medium/High Power) et de la conception du luminaire à LED. La combinaison de ces deux paramètres est unique pour chaque luminaire.

Choix des LED (package design et matériaux)

Pour pouvoir publier des valeurs correctes en ce qui concerne la durée de vie et le FDLL d'un luminaire à LED, ETAP opte exclusivement pour des fabricants capables de fournir les données nécessaires, ce qui permet de déterminer la durée de vie et le maintien de la luminosité des LED utilisées dans un luminaire spécifique.

Les données demandées doivent être établies à l'aide de 2 méthodes de mesure acceptées mondialement : la LM80 et la TM21.

Conception thermique

La chaleur a une influence négative sur le fonctionnement des LED. Un bon management thermique est nécessaire pour ne pas faire s'élever la température de jonction (T_j) aux LED.

Une température élevée a en effet des conséquences néfastes pour la performance des LED et des luminaires correspondants et peut entraîner des glissements de couleur.

ETAP obtient une faible température de jonction en utilisant un très faible courant pour la commande des LED en combinaison avec une conception thermique poussée.

La température de jonction n'est pas directement mesurée, mais peut être déduite de la comparaison suivante :

$$T_j = T_{SP} + ([R_{th j-sp}] \times [V_f] \times [I_f])$$

T_{SP} : température du point de soudage

$[R_{th j-sp}]$: résistance thermique entre la jonction LED et le point de soudure de la LED

V_f : tension directe

I_f : courant direct

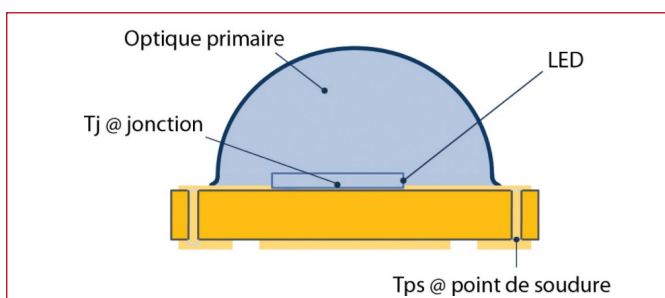


Figure 3 : composant LED

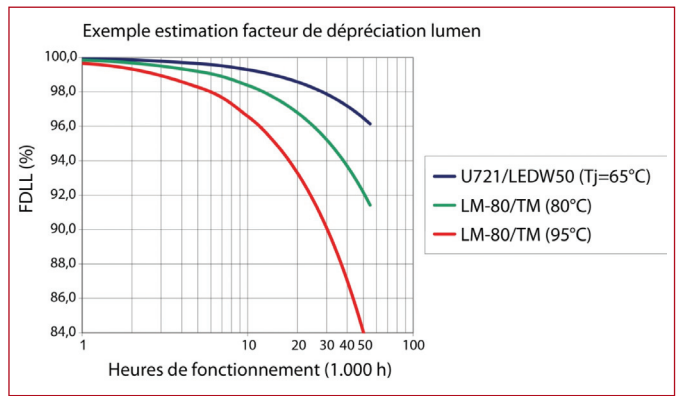


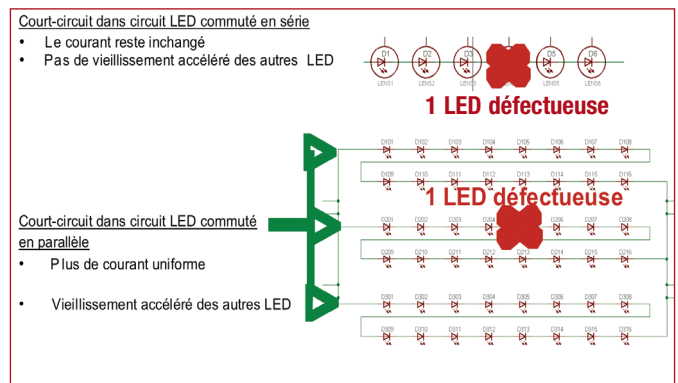
Figure 4 : Courbe FDLL d'un luminaire U7 avec LED Cree XPG, $T_a=25^\circ\text{C}$

La température de jonction spécifique, associée à la LM-80/TM-21, donne une courbe représentative pour le FDLL de chaque type de luminaire. (courbe selon la distribution Weibull).

FSL pour l'éclairage à LED

Si les pannes effectives de LED pendant la durée de vie utile sont inférieures à 0,5 % et si ces pannes ne sont pas corrélées, on peut considérer que $FSL = 1$.

L'influence d'une LED défectueuse dépend de la conception électrique. Si les LED sont commutées en série et que nous partons du principe qu'une LED défectueuse entraîne un court-circuit (ce qui pour les LED semble dans la pratique être le cas dans 99 % des cas) une LED défectueuse n'aura aucune influence sur le fonctionnement des autres LED. Pour d'autres topologies (par ex. plusieurs circuits parallèles) cela n'est toutefois plus valable.



Le composant le plus critique dans un luminaire à LED est le pilote. Dans la plupart des cas, on tient compte d'un remplacement de lampe individuel pour le pilote, si bien qu'il n'y a pas d'influence sur le FSL.

FDL pour l'éclairage à LED

Facteur d'entretien du luminaire : il peut être déterminé de la même manière que pour l'éclairage fluorescent.

La valeur FDL que nous utilisons à l'annexe 1 = 95 %. Cette valeur est basée sur des études indépendantes (CIE97, TNO2004-GGI-R027) en combinaison avec nos propres mesures et notre expérience.

RSMF pour l'éclairage à LED

Facteur d'entretien de la pièce : il peut être déterminé de la même manière que pour l'éclairage fluorescent.

Les valeurs RSMF que nous utilisons à l'annexe 1 sont différentes pour les applications de bureau ou industrielles ;

- RSMF bureau = 94 % ; environnement plus propre, avec intervalle de nettoyage de 3 ans et valeurs de réflexion de 70/50/20.
- RSMF industrie = 89 % ; environnement normal, avec intervalle de nettoyage de 3 ans et valeurs de réflexion de 50/30/10.

Ces valeurs sont indépendantes du type d'éclairage, fluorescent ou LED, et sont basées sur les études indépendantes (CIE97, TNO2004-GGI-R027) en combinaison avec notre propre expérience.

4. Conclusion

- Contrairement à l'éclairage fluorescent, on ne peut travailler avec un facteur de dépréciation standard unique pour l'éclairage à LED.
- Pour l'éclairage à LED, la source lumineuse ne peut plus être considérée indépendamment du luminaire. La performance, la durée de vie et le maintien du flux lumineux (FDLL) sont déterminés par la combinaison du choix des LED et de la conception thermique du luminaire à LED. La combinaison de ces deux paramètres est unique pour chaque luminaire.
- Afin de pouvoir effectuer une comparaison valable entre différents luminaires à LED dans une étude d'éclairage, il convient de tenir compte de leur facteur de dépréciation spécifique. La différence de facteur de dépréciation est imputable à leur FDLL propre, attendu que les autres paramètres (encrassement du luminaire et du local) restent égaux pour différents luminaires dans un même projet.
- La durée de vie utile attendue est un facteur crucial dans la détermination du facteur de dépréciation (FD) et doit dès lors être indiquée dans les études d'éclairage avec des luminaires à LED.

5. Terminologie

- EN12464-1 : est une norme appliquée au niveau européen pour l'éclairage. La norme initiale a été rédigée par le Groupe de travail 2 du Comité technique TC169 du Comité européen de normalisation CEN.
- CIE 97 : Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems
- LM-80-08 : IES (Illuminating Engineering Society) méthode approuvée pour mesurer le maintien de la luminance de sources lumineuses à LED avec des mesures représentatifs toutes les 1 000 heures et cela pendant une période de minimum 6 000 heures. Elle est orientée sur la mesure du maintien de la luminance pour les sources lumineuses à LED, dont « LED-packages », « arrays » et modules. Ne fournit aucune directive ou recom-

mandation en ce qui concerne les prévisions ou des extrapolations quant au maintien de la luminance hors des limites du maintien de la luminance déterminé sur la base des mesures réels.

- TM-21-11 : document IES qui recommande une méthode pour la projection du maintien de la luminance de sources lumineuses à LED à partir des données obtenues par les procédures telles que celles approuvées dans le document IES LM-80-08 pour la mesure du maintien de la luminance de sources lumineuses à LED.
- TNO report : 2004-GGI-R027, "Determination of the Maintenance Factor for EN12464. Rapport établi par TNO, Building and Construction Research, à la demande d'ETAP, de Philips, d'Osram et de Zumtobel

Température de jonction : la température la plus élevée du semi-conducteur effectif dans un appareillage électronique, la température de la zone de transition PN dans la LED.

