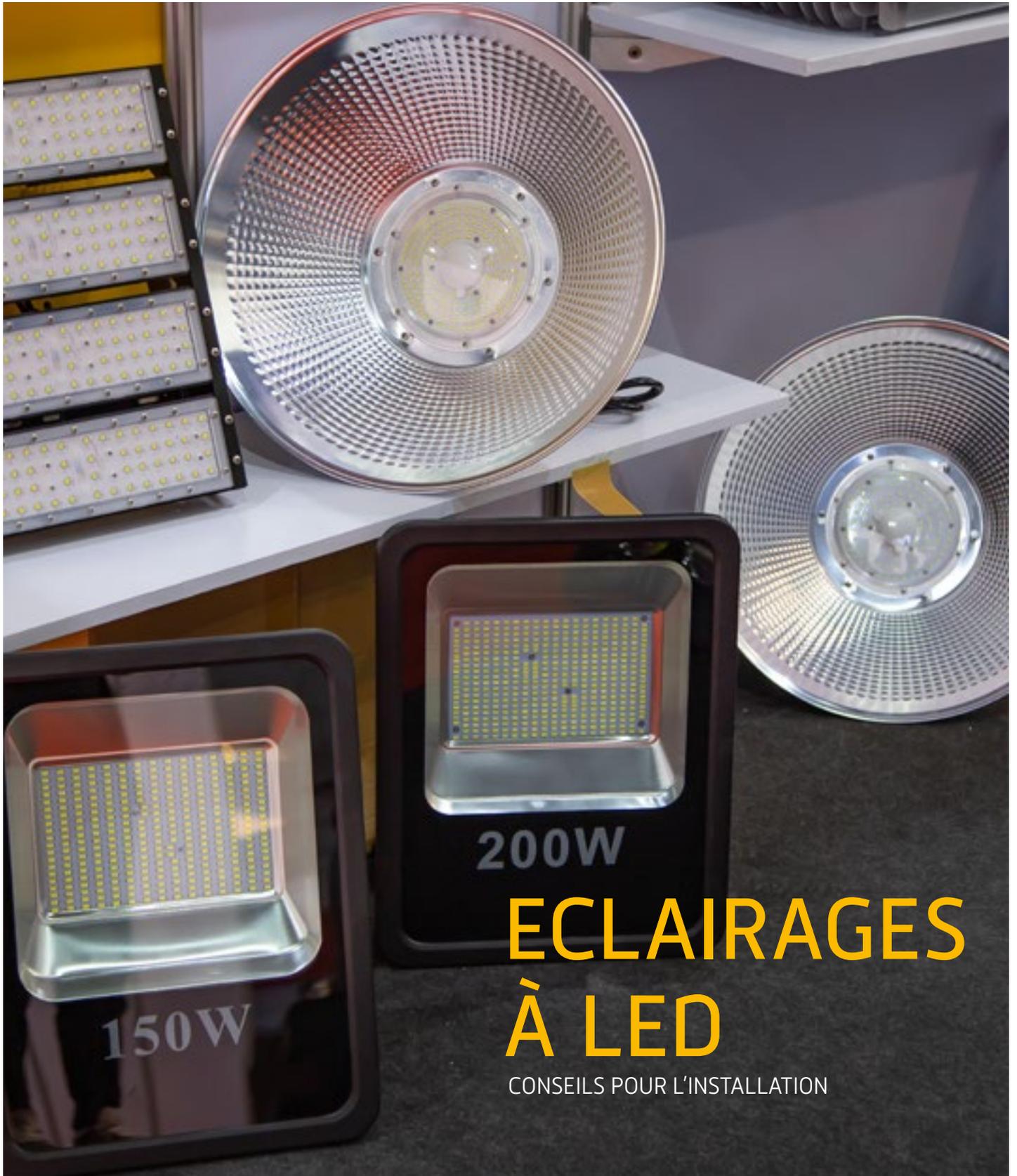




**l'Assurance  
Maladie**  
RISQUES PROFESSIONNELS

VOTRE INTERLOCUTEUR EN RÉGION

**Carsat** Retraite  
& Santé  
au travail  
Bretagne





Rénover une installation d'éclairage est un investissement important et de long terme. L'arbitrage, technique et financier, est une étape critique pour la satisfaction des employeurs et des salariés. Voici, quelques conseils pour guider au choix de son installation.

Ce document complète les informations proposées sur le site internet de l'INRS, à la page « **Eclairage à LED : conseils de prévention** ».



## LEXIQUE

### *Éclairement :*

flux lumineux reçu par unité de surface, depuis toutes les directions. L'éclairement s'exprime en lux (= lumen/m<sup>2</sup>).

### *Facteur de maintenance :*

coefficient de dépréciation, dans le temps, du rendement d'un système d'éclairage. Il intègre toutes les origines de pertes de rendement : vieillissement des lampes, empoussièremment....

### *Flux lumineux :*

quantité de lumière transitant par unité de temps, prenant en compte la sensibilité de l'œil. Le flux lumineux s'exprime en lumen.

### *Lampe :*

appareil destiné à transformer une puissance électrique en flux lumineux.

### *Luminaire :*

appareil destiné à distribuer le flux lumineux d'une ou plusieurs lampes, dans l'espace.

### *Papillotement :*

variation temporelle du flux émis par une lampe.

### *Rendement :*

capacité d'un système d'éclairage (lampe, lampe + luminaire, luminaire intégrant des LED) à transformer une puissance électrique en flux lumineux. Il s'exprime en lumen/Watt.

### *Rendu des couleurs :*

qualité d'une lumière pour la distinction d'échantillons colorés.

### *Température de couleur :*

composition de la lumière, liée à un sentiment de chaleur (lumière riche en rouge) ou de froid (lumière riche en bleu). La température de couleur s'exprime en Kelvin. Plus la température est élevée plus la lumière est froide 3000 K blanc chaud, 4000 K blanc neutre, supérieur à 5500 K blanc froid. Uniformité U<sub>0</sub> en indice : dans une zone donnée, rapport de l'éclairement minimal sur l'éclairement moyen.

## RÉFÉRENCES

[1] CARSAT de Bretagne, CIMPO. Règles générales applicables à l'éclairage artificiel des lieux de travail [Internet]. [Hyperlien : https://www.carsat-bretagne.fr/files/live/sites/carsat-bretagne/files/pdf/entreprise/ReglesGeneralesEclairageArtificiel.pdf](https://www.carsat-bretagne.fr/files/live/sites/carsat-bretagne/files/pdf/entreprise/ReglesGeneralesEclairageArtificiel.pdf)

[2] NF EN 62471. Sécurité photobiologique des lampes et appareils utilisant des lampes. AFNOR. 2008 ; 46p.

[3] CEI/TR 62778. Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires. AFNOR. 2014 ; 45p.

[4] Comité Technique CEN/TC 169 « Lumière et éclairage ». NF EN 12464-1 Juillet 2011 Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieurs. AFNOR ; 2011. 64 p.

[5] Comité Technique CEN/TC 169 « Lumière et éclairage ». NF EN 12464-2 Mars 2014 Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 2 : lieux de travail extérieurs. AFNOR ; 2011. 33 p.

[6] Commission de normalisation AFNOR X35A - Ergonomie, Commission de normalisation AFNOR X90X - Lumière et éclairage. Norme française X35-103 15 juin 2013 Ergonomie — Principes d'ergonomie applicables à l'éclairage des lieux de travail. AFNOR ; 2013. 44 p.

[7] AFNOR. NF EN 62776 - Lampes à LED à deux culots conçues pour remplacer des lampes à fluorescence linéaires - Spécifications de sécurité [Internet]. 2015. [Hyperlien : https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-62776/lampes-a-led-a-deux-culots-concues-pour-remplacer-des-lampes-a-fluorescence-lineaires-specifications-de-securite/article/827013/fa185758](https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-62776/lampes-a-led-a-deux-culots-concues-pour-remplacer-des-lampes-a-fluorescence-lineaires-specifications-de-securite/article/827013/fa185758)

[8] Lighting Europe. Evaluating performances of LED based luminaires - Guidance paper [Internet]. 2018 ; [Hyperlien : https://www.lightingeurope.org/images/publications/general/LightingEurope\\_-\\_guidance\\_document\\_-\\_evaluating\\_performance\\_of\\_LED\\_based\\_luminaires\\_-\\_January\\_2018.pdf](https://www.lightingeurope.org/images/publications/general/LightingEurope_-_guidance_document_-_evaluating_performance_of_LED_based_luminaires_-_January_2018.pdf)

[9] CARSAT de Bretagne, CIMPO. Le facteur de maintenance des installations d'éclairage intérieur artificiel [Internet]. [Hyperlien : https://www.carsat-bretagne.fr/files/live/sites/carsat-bretagne/files/pdf/entreprise/DeterminationFacteurMaintenance\\_181214.pdf](https://www.carsat-bretagne.fr/files/live/sites/carsat-bretagne/files/pdf/entreprise/DeterminationFacteurMaintenance_181214.pdf)

# 01

## RECOURIR AUX SERVICES D'UN SPÉCIALISTE



La rénovation d'une installation d'éclairage doit être étudiée [1] par un éclairagiste ou un fournisseur spécialisé en éclairage.

### CETTE ÉTUDE FOURNIRA DES DOCUMENTS QUI DÉTAILLERONT NOTAMMENT :

- **un diagnostic de l'existant ;**
- **un projet d'éclairagisme** réalisé à partir d'un logiciel de simulation (ex: DIALUX ou RELUX, deux logiciels gratuits) indiquant :
  - les niveaux d'éclairement à maintenir,
  - les niveaux d'éclairement qui seront obtenus avec les nouveaux luminaires,
  - l'uniformité de ces niveaux ;
- **la justification détaillée du facteur de maintenance** de l'installation (de l'ordre de 0,5 à 0,75). Le facteur de maintenance permet de prendre en compte la dégradation des performances de l'installation au cours du temps. Il sert à surdimensionner l'installation neuve pour assurer les performances attendues jusqu'à l'échéance de maintenance ou renouvellement ;
- **une estimation du coût global** (amortissement et consommation) prenant en compte le facteur de maintenance retenu ;
- **les risques d'éblouissement** : il faut proscrire les appareils permettant une vision directe des LED (sans diffuseur), privilégier des luminaires équipés de systèmes ne permettant pas une vision directe du faisceau émis (diffuseur, verre opale, grilles de défilement...) sous un angle de 45° (idéalement 30°) par rapport à la direction horizontale du regard.
- **le confort visuel** :
  - limitation du contraste entre sources et fond,
  - limitation du contraste entre plan de travail et environnement,
  - limitation du papillotement (flicker) ;
- **la température de couleur et le rendu des couleurs** de l'installation ;
- **le niveau de risque photobiologique** de l'installation selon la norme EN-62471[2] [3].

### LES NORMES SUIVANTES :



EN NF 12464-1[4], 12464-2[5] et NF X35-103[6], décrivent les bonnes pratiques de conception de l'éclairage, notamment en termes de performances et d'ergonomie visuelle.

# 02

## MODIFIER L'EXISTANT OU PARTIR À NEUF ?

### MODIFICATION DE L'EXISTANT : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Des tubes LED de rénovation (ou « retrofit ») peuvent être proposés en lieu et place de tubes fluorescents dans des luminaires existants après une modification électrique (suppression du starter et/ou du ballast)[7].

Cette solution présente **quelques avantages** :

- réduction importante de la consommation (plusieurs dizaines de % en moins) ;
- durée de vie plus longue impliquant moins de maintenance ;
- solidité supérieure à celle des tubes fluorescents ;
- amorçage immédiat et insensibles à la fréquence d'allumage/extinction ;
- retour sur investissement plus court (< 2 ans) qu'avec un « relamping » complet (> 4 ans).

Ces arguments doivent être mis en balance avec les **mises en garde** suivantes :

- les économies d'énergie annoncées ne sont pas toujours estimées à flux lumineux comparable. Cela peut conduire à diminuer l'éclairage sur les plans de travail et l'éclairage général ;

- l'intégration des tubes « retrofit » dans des luminaires existants, développés pour des tubes fluorescents, peut entraîner un changement de la distribution spatiale de la lumière ;
- la conception des luminaires ne permet pas toujours d'évacuer l'important dégagement thermique à l'arrière des tubes LED. Cela peut raccourcir leur durée de vie attendue et entraîner une chute de flux lumineux (cf. figure 1) ;
- la conception du système d'éclairage est différente : la photométrie d'un tube LED n'est pas celle d'un tube fluorescent et peut ne pas correspondre aux caractéristiques photométriques des luminaires. Cela peut nécessiter un changement de la température de couleur pour obtenir un éclairage similaire ;
- **le marquage CE (conformité européenne) n'est plus valable ; la garantie par le constructeur des luminaires n'est plus valide ; les assurances peuvent se désengager en cas d'incendie ou d'accident ;**
- la qualité du courant électrique de l'installation se trouve dégradée (Cos φ, distorsion...). **En cas de maintien du ballast, le facteur de puissance est dégradé, avec une diminution des performances du tube ;**
- **le courant d'appel peut être multiplié par 3 et mettre en défaut l'installation électrique à l'allumage.**



Le remplacement de tubes fluorescents par des tubes à LED (solution dite « retrofit ») ne garantit ni les qualités ni les performances de l'installation d'éclairage.

## UNE INSTALLATION NEUVE À LED : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Une installation neuve à LED offre les avantages intrinsèques de ces composants, dans des conditions de fonctionnement et de conception adaptées : systèmes optiques, refroidissement, alimentation électrique, implantations.

Néanmoins, la technologie LED n'est pas la seule à offrir de bonnes performances. L'usage de lampes fluorescentes ou à décharge reste préférable dans certaines situations, et peut se révéler aussi performant et économique que la technologie LED. Évaluer des variantes « tubes fluorescents » ou « lampes à décharge » d'un projet d'éclairage reste une approche pertinente.

### INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS DE L'ÉCLAIRAGE À LED

Indications : l'éclairage à LED est particulièrement indiqué lorsque les conditions d'utilisation révèlent les avantages intrinsèques des LED sur l'éclairage à décharge ou à fluorescence :

- intermittence sans influence sur la durée de vie des appareils à LED : circulations, sanitaires, éclairage sur détection ou minuterie ;
- flux lumineux instantanément disponible, sans délai de rallumage ;
- possibilité de faire varier leur flux lumineux (ambiance, confort visuel). Ceci peut augmenter leur durée de vie des LED et réduire leur consommation. On peut notamment les utiliser en complément de lumière du jour, ce qui permet de réaliser des économies d'énergie ;

- en ambiance froide, vieillissement retardé et flux lumineux favorisé ;
- caractère compact des luminaires qui peuvent s'intégrer facilement dans du mobilier ;
- faibles risques de brûlure au contact de la LED et pas d'émission d'UV ;
- aucun risque d'explosion de la lampe, plus faible sensibilité aux chocs et aux vibrations que les lampes à décharge ou à filament.

Contre-indications : l'éclairage à LED est contre-indiqué si le bon fonctionnement des LED est compromis :

- environnement pollué par des vapeurs d'hydrocarbures ou chlorées ;
- températures élevées (i.e. sous toiture non isolée) : le refroidissement des LED est, en effet, l'élément primordial pour la pérennité de ces installations ;
- luminance provoquant un éblouissement, en position habituelle du regard.



Remarque : la technologie à LED est en constante évolution et des produits de qualités très diverses sont proposés. Il convient de les comparer à partir de critères équitables, tant du point de vue financier que technique et de pérennité.

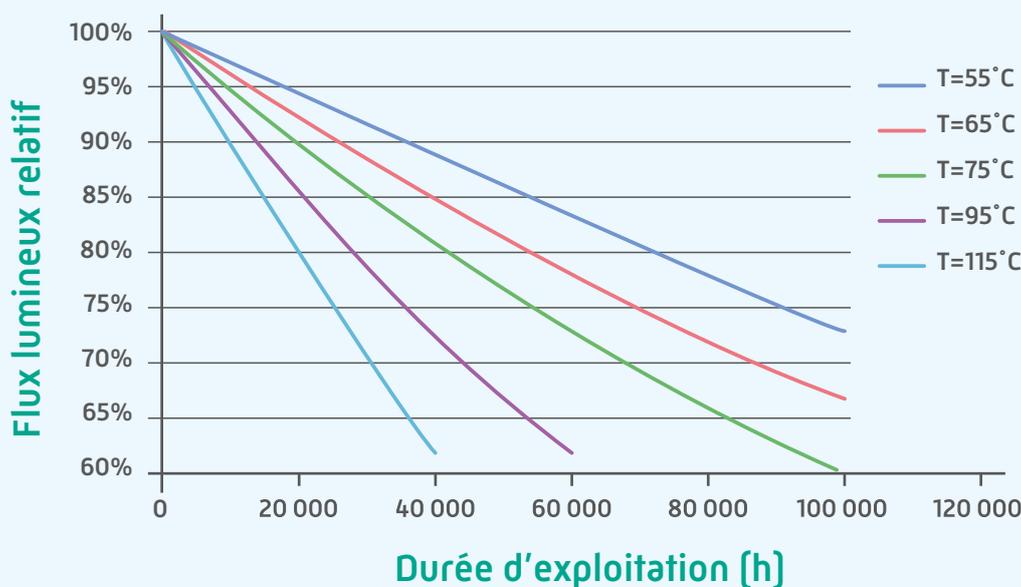


FIGURE 1

Perte de flux des LED par vieillissement suivant la température de fonctionnement.

# 03

## ÉVALUER ÉQUITABLEMENT DES OFFRES CONCURRENTES

### TOUTE COMPARAISON DOIT SE FAIRE À QUALITÉS ÉQUIVALENTES, AUTANT EN TERMES D'USAGE QUE DE PÉRENNITÉ.

Dans un premier temps, il faut s'assurer que les offres proposent les mêmes services, dans les conditions et limites du cahier des charges :

- cycles d'allumages/extinctions ;
- gradations ;
- contraintes photométriques ;
- ambiance thermique et chimique ;
- émissions des rayonnements optiques ;
- contraintes de place et d'implantations ;
- empoussièremment ...

Dans un deuxième temps, il faut s'assurer que les matériels proposés sont d'une qualité au moins suffisante pour répondre aux contraintes de l'étude d'éclairage et assurer la pérennité technique et financière de l'installation d'éclairage. Quelques éléments de comparaison sont :

- le **facteur de maintenance** qui doit correspondre aux conditions rencontrées dans le local (empoussièremment, température ambiante, fréquence de nettoyage ...);
- l'**indicateur de vieillissement** de l'installation, c'est-à-dire la perte de flux à un nombre d'heure donné : « LxB50 à Z heures » (cf. Tableau 1) qui fait consensus parmi les fabricants d'éclairage[8] ;
- la **conception du luminaire** : radiateur, ventilation du luminaire, sensibilité à l'empoussièremment, facilité d'entretien ;
- le **type de luminaire** : en plafond sous plénum ou encasturé avec un vide d'air (acceptable) ou sous isolant (à proscrire), suspendu (idéal) ;

- le **rendement réel de l'installation**, c'est-à-dire prenant en compte à la fois les LED et leur intégration dans le luminaire ;
- la **température de couleur des LED**. En effet, il est plus facile d'atteindre des niveaux d'éclairage élevés avec des LED émettant un blanc froid (5000 – 6500 K) qu'avec celles émettant un blanc chaud (2700 – 3000 K) plus agréable à l'œil. D'autre part, il faut s'assurer que, les LED tirant vers les couleurs froides en vieillissant, la relation entre température de couleur et éclairage respecte le diagramme d'équilibre de Kruithof (cf. Figure 2) ;
- l'**homogénéité de couleur des LED** : on évitera les différences de couleur des LED d'une même référence commerciale.

Une fois tous ces éléments pris en compte, on peut comparer objectivement les offres en termes de coût global et de performances.

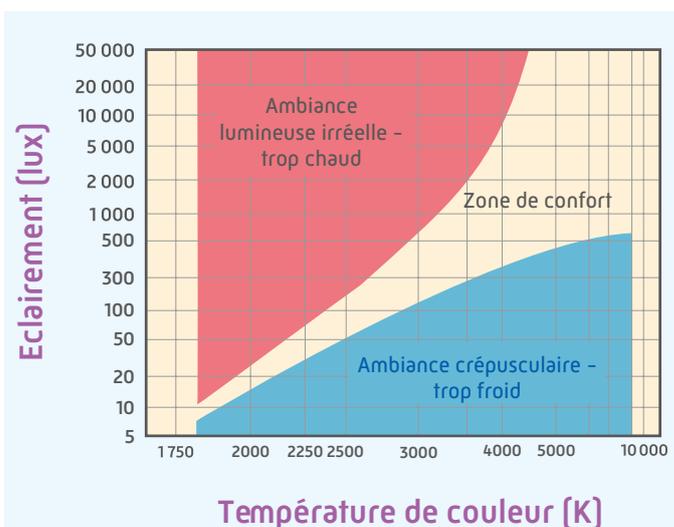


FIGURE 2

Le diagramme de Kruithof indique les plages d'équilibre visuel entre température de couleur et éclairage et inversement.



## TABLEAU 1 Comprendre les indicateurs de vieillissement des LED

Tous les fabricants n'indiquent pas les mêmes indications de vieillissement de leurs LED. Un consensus est apparu parmi les fabricants d'éclairage sur des critères de comparaison des installations.

Tout d'abord, il faut considérer une même durée d'utilisation, par défaut, 50.000 heures.

Ensuite, il faut considérer uniquement l'indicateur LxB50. Il signifie qu'au terme prévu, statistiquement 50% des LED émettront moins que x % du flux lumineux à neuf. En pratique, cela traduit aussi que le flux émis à terme par luminaire représentera x% du flux initial. Si B50 n'est pas indiqué, il est implicite.

### PAR EXEMPLE

#### L70 À 50 kh

équivalent à L70B50 à 50 kh et signifie qu'à 50.000 heures, le luminaire émettra

# 70%

de son flux initial. L70 correspond à des appareils d'entrée de gamme.

#### L90 À 50 kh

signifie qu'à 50.000 h, il restera

# 90%

du flux initial. Cela correspond à des appareils haut de gamme.

## TESTS EN SITUATION

Avant toute décision, il est capital de tester, **pendant quelques semaines**, les luminaires pressentis sur une zone représentative en termes d'activité. On interrogera les salariés sur leur ressenti (température de couleur, sensation d'éblouissement ...). Leur avis aidera au choix définitif de l'installation d'éclairage.

## COMMENT GÉRER LE VIEILLISSEMENT DES INSTALLATIONS ?

Toute installation d'éclairage doit être maintenue. Dans le cas des LED, il s'agira d'assurer le nettoyage des luminaires (périodicité maximale de trois ans).

Il faut aussi prendre en compte le vieillissement des LED dans le facteur de maintenance. Cela permet d'estimer leur durée effective d'utilisation avant un remplacement complet de l'installation[9].

Pour contrebalancer le vieillissement des LED, une gestion automatique de la gradation peut piloter le système d'éclairage légèrement surdimensionné, de façon à :

- assurer la consommation électrique minimale du système juste suffisant pour obtenir les niveaux d'éclairage requis ;
- conserver un système suffisamment lumineux plus longtemps ;
- réduire le vieillissement des LED : moins sollicitées, elles chaufferont moins, en particulier lorsque l'éclairage naturel sera disponible.

À la réception d'une installation d'éclairage sans automatisation, le maître d'ouvrage aura intérêt à exiger des niveaux d'éclairage valant l'éclairage à maintenir divisé par le facteur de maintenance.

Ce document a été réalisé en collaboration avec l'INRS et les Centres de Mesures Physiques des Carsat Bretagne, Haut de France, Nord-Est, Centre Ouest, Centre-Val-de-Loire, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Auvergne et la Cramif.



**l'Assurance  
Maladie**

**RISQUES PROFESSIONNELS**

Agir ensemble, protéger chacun