



L'ÉCLAIRAGE

Installation d'éclairage
à LED : conseils pour
les décideurs



Nuisances physiques
Comprendre ? Agir !

2020



RISQUES PROFESSIONNELS

VOTRE INTERLOCUTEUR EN RÉGION :

Carsat Retraite
& Santé
au travail
Hauts-de-France

Installation d'éclairage à LED : conseils pour les décideurs

Comment obtenir une installation d'éclairage à LED pérenne, efficace et confortable ?

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, en complément du document « Eclairage à LED : conseils d'utilisation ».

Les services d'un spécialiste

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

Ses documents détailleront notamment :

- Un diagnostic de l'existant
- Un projet d'éclairagisme réalisé à partir d'un logiciel de simulation (ex : DIALUX ou RELUX) indiquant les niveaux d'éclairement à maintenir et obtenus avec les nouveaux luminaires, l'homogénéité et l'uniformité de ces niveaux
- La justification détaillée du facteur de maintenance de l'installation (de l'ordre de 0,5 à 0,75) qui 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) en prenant en compte le facteur de maintenance retenu
- La prise en compte des risques d'éblouissement : proscrire les appareils permettant une vision directe des LED (sans diffuseurs), 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 30° (idéalement 45°) de la direction horizontale du regard
- Le confort visuel : limitation du contraste entre sources et fond, entre tâches de travail et environnement
- La température de couleur et le rendu des couleurs de l'installation
- Le niveau de risque photobiologique de l'installation selon norme 62471[1] [2].

Les normes EN NF 12464-1^[3], 12464-2^[4] et NF X35-103^[5] décrivent les bonnes pratiques de conception de l'éclairage, notamment en termes de performances et d'ergonomie visuelle.

1 NF EN 62471. Sécurité photobiologique des lampes et appareils utilisant des lampes. AFNOR. 2008;46

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

3 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.

4 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.

5 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.

Modifier l'existant ou partir à neuf ?

Des tubes LED « 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)⁶.

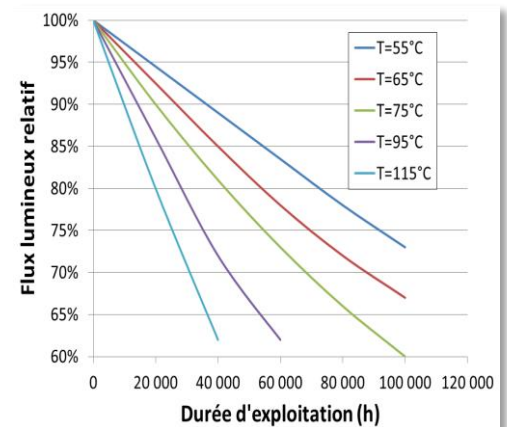
Sont avancés des arguments pratiques et financiers :

- Réduction importante de la consommation (plusieurs dizaines de % en moins)
- Durée de vie plus longue donc moins de maintenance
- Moins fragile que les 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 plans de travail et de 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 arrière des tubes LED. Cela peut raccourcir leur durée de vie attendue et entraîner une chute de flux lumineux (cf. encadré A)
- La conception du système d'éclairage est altérée : 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 peut ne plus être valable ; la garantie des luminaires n'est plus valide ; les assurances peuvent se désengager en cas d'incendie ou d'accident
- La qualité du courant électrique peut se trouver 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.

A



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

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 ?

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

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

⁶ **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>

Indication et contre-indications de l'éclairage à LED

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

- L'intermittence est sans influence sur la durée de vie des appareils à LED : circulations, sanitaires, éclairage sur détection ou minuterie
- Le flux lumineux est instantanément disponible, sans délai de rallumage.
- Faire varier leur flux lumineux est possible (ambiance, confort visuel), augmente leur durée de vie et réduit leur consommation (économies d'énergie par complément de lumière du jour).
- En ambiances froides, le vieillissement est retardé et le flux lumineux favorisé.
- Compacité (intégration dans du mobilier)
- Risque réduit de brûlure au contact de la LED. Pas d'émission d'UV.
- Aucun risque d'explosion de la lampe, plus faible sensibilité aux chocs et vibrations que les lampes à décharge ou à filament.

En revanche, cet éclairage sera contre-indiqué si le bon fonctionnement des LED est compromis : ambiance d'hydrocarbures, températures élevées (i.e. sous toiture non isolée). *En effet*, pour la pérennité de ces installations, l'élément primordial est le refroidissement des LED. On évitera aussi que leur luminance provoque un éblouissement, en position habituelle du regard.

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

Evaluer 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 de ROA, contraintes de place et d'implantations, empoussièrement ...

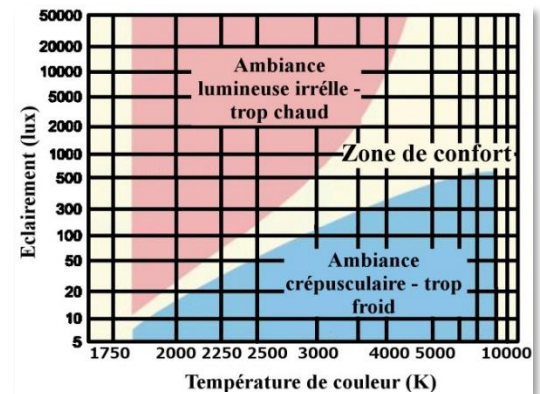
Dans un deuxième temps, il faut s'assurer que les matériels proposés sont de qualité au moins suffisante pour répondre aux contraintes de l'étude d'éclairage et assurer la pérennité technique et financière de l'installation d'éclairage.

Quelques éléments de comparaison :

- Le **facteur de maintenance** doit correspondre aux conditions rencontrées dans le local (empoussièrement, température ambiante, fréquence de nettoyage ...)
- L'**indicateur de vieillissement de l'installation**, c'est-à-dire le temps qu'elle met pour perdre un pourcentage donné de son flux lumineux initial, soit par vieillissement, soit par défaillance : « *LxFy à Z heures* » (cf. encadré « *Le saviez-vous ?* »)
- La **conception du luminaire** : radiateur, ventilation du luminaire, sensibilité à l'empoussièrement, facilité d'entretien
- Le **type de luminaire** : en plafond sous plenum ou encastré 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 avec des LED émettant un blanc froid (5000K - 6500K) qu'un blanc chaud (2700 - 3000K) 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. encadré ci-contre).
- **Eviter / limiter la mise en série des LED** : lorsqu'une LED tombe en défaillance, toutes celles montées en série avec celle-ci s'éteignent.
- **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.



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

LE SAVIEZ-VOUS ?

Comprendre les indicateurs de vieillissement des LED

Tous les fabricants n'indiquent pas les mêmes indications de vieillissement de leurs LED : décryptons-les.

Toutes commencent par une forme « L_x à Z h » : cela signifie qu'au bout de Z heures, le flux lumineux attendu des LED est $X\%$ de son flux initial. Exemple : L_{70} à 30.000 h.

Ceci n'est pas suffisant pour apprécier une installation à LED : il faut compter avec les $Y\%$ de celles qui n'atteindront pas ce flux, car trop faibles (noté $L_x B_y$), ou défectueuses (noté $L_x C_y$).

Une seule information est pertinente et regroupe tous ces cas : « $L_x F_y$ à Z h » signifie qu'au bout de Z heures, $X\% * (100\% - Y\%)$ du flux lumineux initial est encore disponible. Nota : « $L_x F_y$ à Z h » doit tenir compte de l'intégration des LED dans le luminaire.

Tests en situation

Avant toute décision, il sera intéressant 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 ?

Le plus souvent, les installations à LED ne sont pas destinées à être maintenues dans le temps (ni renouvellement des lampes, ni nettoyage). En conséquence, il faut prendre en compte le vieillissement des LED ainsi que l'empoussièrerie de leurs radiateurs sur la durée de ces matériels. Cela permet d'estimer leur durée effective d'utilisation avant un remplacement complet de l'installation.

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

- assurer la consommation électrique minimale, d'un 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.