

Note choix luminaires à LED

Version 2 du 6 avril 2018

L'éclairage par LED se généralise à grand pas dans nos bâtiments, en neuf comme en rénovation. Le marché des luminaires à LED est aujourd'hui foisonnant mais des disparités subsistent en terme de qualité et de performance (peu de normalisation à l'heure actuelle). Il est donc nécessaire d'intégrer un ensemble de spécifications dans les marchés afin de garantir le choix d'équipements fiables et performants.

1- RISQUES PHOTOBIOLOGIQUES

Les LED blanches présentent un risque oculaire avéré lié aux caractéristiques du flux lumineux qu'elles émettent mais les risques sont aujourd'hui maîtrisables avec du matériel adapté.

- ⇒ **Un flux lumineux très concentré** (luminance en cd/m^2 plus de 1000 supérieur à celle d'une lampe fluorescente) qui peut engendrer un niveau d'éclairement important de la rétine,
- ⇒ **Une forte composante de « lumière bleu »** (longueur d'ondes autour de 440 nm).

L'exposition à la lumière bleue produit 2 **effets avérés** :

- Perturbe le cycle veille-sommeil en agissant sur les cellules à mélanopsine de l'œil. Ces cellules sont des « récepteurs » spécifiques dont le rôle est d'agir sur le rythme circadien.
- Favorise la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA).

Les enfants sont particulièrement exposés, car leur cristallin ne filtre que très partiellement les longueurs émises dans le bleu.

⇒ **Attention avec le « retrofit »** (remplacement de tubes T5 ou T8 fluorescent par des tubes Led) : cette solution n'offre pas garantie quant à la maîtrise des luminances : faire des tests préalables.

Critères d'analyse	Valeurs repères standards (hors usages spécifiques : sports, spectacles...)	Commentaires
Luminance (=éblouissement)	UGR [projet] < 19	- UGR (Unified Glaring Rate) = taux d'éblouissement d'inconfort . Des valeurs de référence sont données par la NF EN 12464-1 relative à l'éclairage des lieux de travail (cf. annexe). - L'UGR « projet » tient compte de l'UGR des luminaires et de leur implantation. C'est l'étude d'éclairage qui donnera cette valeur finale.

Critères d'analyse (suite)	Valeurs repères standards (hors usages spécifiques : sports, spectacles...)	Commentaires
Classement du luminaire selon la NF EN 62471 ¹	Classement GR0 ou GR1	- Les luminaires GR0 ne présentent aucun risque pour les yeux quel que soit la durée d'exposition. - Les luminaires GR1 ne présente aucun risque pour les yeux <u>en conditions d'utilisation normale</u> (pas de vision <u>directe</u> de la source au-delà de 3 heures).
Température de couleur	3000°K (blanc chaud) à 4000°K (blanc neutre) Dans les ERP accueillant des enfants : 3000°K par précaution.	- L'émission de lumière bleue est directement corrélée à la température de couleur (cf. annexes 2 et 3). - Un luminaire classé GR0 peut avoir une température de couleur supérieur à 4000°K dans l'absolu.

¹ : La norme NF EN 62471 relative à la sécurité photobiologique des lampes définit quatre groupes de dangerosité : GR0 (pas de risque) ; GR1 (risque faible) ; GR2 (risque modéré) GR3 (risque élevé). Le classement tient compte principalement de la température de couleur, de la puissance de la source et sa luminance, pour une distance d'observation donnée.

2- EFFICACITE ENERGETIQUE

Les luminaires LED présentent des performances très variables, **en moyenne de 90 à 120 lumen par watt**. **L'efficacité énergétique doit-être celle du luminaire et non celle du module LED seul**, toujours plus élevée. Dans tous les cas, la performance globale de l'installation dépendra du juste dimensionnement des sources (**optimisation du ratio W/m²**) et des dispositifs de gestion de l'éclairage installés (**optimisation du ratio Wh/m²**).

Critères d'analyse	Valeurs repères	Commentaires
Ratio lumen / watt	Supérieur à 90 lumen / W au niveau du luminaire (critère CEE)	- Comparer les luminaires à caractéristiques équivalentes (température de couleur, puissance, usage...). - La performance diminue en général avec la température de couleur (Les LED « blanc chaud » sont ainsi un peu moins performantes).

3- DUREE DE VIE

La durée de vie des modules LED (hors driver) est aujourd'hui définie par la plupart des fabricants comme **la durée pendant laquelle la perte de flux lumineux reste acceptable pour une installation**. Cette perte est définie selon la codification « **L%B%** pour **X** heures » d'utilisation avec :

L% : pourcentage du flux initial maintenu au bout de **X** heures d'utilisation

B% : proportion de luminaires présentant une perte de flux supérieure au bout de **X** heures d'utilisation

Exemple d'un luminaire classé L80B10 Pour 50 000 heures d'utilisation :

L80 : **80%** du flux initial sera maintenu au bout de **50 000** heures (soit une perte de flux maximum de 20%)

B10 : **probabilité de 10%** que le luminaire présente toutefois une perte de flux supérieure à 20% (soit un taux de fiabilité de 90%)

Pour 50 000 heures, un luminaire moins performant pourra afficher « **L70B20** »

Critères d'analyse	Valeurs repères	Commentaires
Durée de vie du luminaire (ta= 25°C)	<ul style="list-style-type: none"> - L80B10 pour 30 à 50 000 h ⇒ moyen - L80B10 pour 50 000 h ⇒ correcte - L80B10 sup. à 50 000 h ⇒ bon 	<ul style="list-style-type: none"> - Les fabricants indiquent en général le classement pour 50 000 heures (la fiche CEE se base sur cette durée de vie). - Certains luminaires affichent de très bonnes durées de vie sur 70 000, voir 80 000 h (luminaires L80B30 à 80 000 h par ex.). - La gradation augmente indirectement la durée de vie du module LED car sa température de fonctionnement est abaissée.

4- QUALITE DE LA LUMIERE EMISE

Critères d'analyse	Valeurs repères	Commentaires
Homogénéité du flux SDCM ¹	<ul style="list-style-type: none"> ≤ 3 SDCM à la mise en service ≤ 5 SDCM à 6000 heures 	<ul style="list-style-type: none"> - Le SDCM (Standard Deviation Colour Matching) traduit « l'uniformité chromatique » des LED assemblées dans un luminaire. - Donnée « normée » dans le code photométrique (cf. annexe 4) - Les produits courants ont un SDCM compris entre 3 (bon) et 7 (moyen). Au-delà de 5, un nombre croissant de personnes percevront la différence de couleur émise par chaque LED occasionnant une gêne possible.
IRC	IRC > 80	L'IRC ne quantifie pas toujours très bien le rendu des couleurs en éclairage LED mais pour des usages courants en tertiaire, ce critère apparaît suffisant.

¹ Le mode de production des LED entraînant une certaine imprécision dans le rendu de la couleur, un tri (binning) est opéré par les fabricants afin d'assembler des LED au rendu « homogène ». La qualité de ce tri, et donc l'homogénéité du flux lumineux, est quantifiée par l'indicateur SDCM (représente la « taille » de l'ellipse de Mac Adam).

5- PROPRIETES ELECTRIQUES DU DRIVER

Le driver (=alimentation) régule les propriétés du courant parcourant les LED qui sont alimentées en courant continu. La qualité de l'appareillage est déterminante pour la durée de vie du luminaire mais les données ne sont pas toujours simples à trouver.

Quelques indicateurs sur lesquels se baser pour discriminer les mauvais drivers (non exhaustif) :

Critères d'analyse	Valeurs repères	Commentaires
Le niveau de gradation minimum	<ul style="list-style-type: none"> Sup. à 10% ⇒ Mauvais Entre 3 et 10% ⇒ Correct Inf. à 3% ⇒ Bon 	Seule une électronique de qualité permet de grader le flux de quasi 0 à 100%
Le courant alternatif résiduel (flickering)	<ul style="list-style-type: none"> Sup. à 30% ⇒ Mauvais Entre 5% et 30% ⇒ Correct Inf. à 5% ⇒ Bon 	Le courant alternatif résiduel reflète la « propreté » du courant en sortie du driver (ou du courant entrant dans la LED). Il est responsable du papillotement (flickering).

À propos de la gradation : il existe deux modes de gradation, chacun ayant ses avantages et inconvénients.

- La modulation de largeur d'impulsion (MLI) ou découpage de phase : le courant continu en sortie de driver est « haché » pour créer un signal analogique. Si la fréquence du signal ainsi créée est trop faible cela peut générer un effet de papillotement plus ou moins perceptible et gênant (jusqu'à 200 Hz environ). Ce mode de gradation est le plus répandu et ne dégrade pas le rendu des couleurs.
- La gradation par modulation d'amplitude (abaissement de l'intensité) : ne génère pas de papillotement mais peut créer des défauts colorimétriques et d'homogénéité lorsque l'intensité est abaissée à moins de 30%.

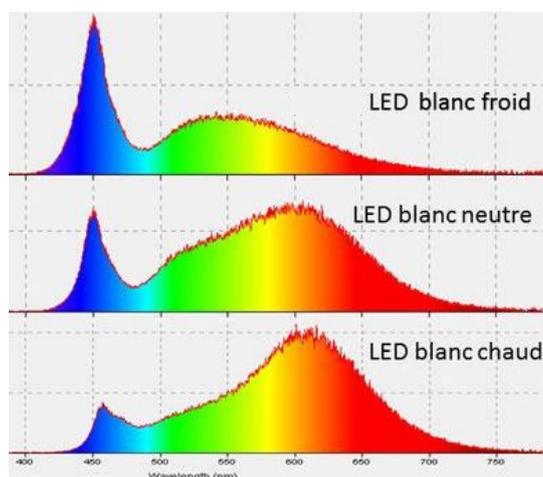
Certains fabricants mixent donc les deux principes, la modulation d'amplitude jusqu'à 30% et la MLI pour une gradation inférieure à 30%.

6- CONSIDERATIONS GENERALES LUMINAIRE

Critères d'analyse	Valeurs repères	Commentaires
Température critique (Tc)	Entre 75°C et 85°C ⇒ moyen > à 85°C ⇒ Bon	- Plus la température critique (Tc) est élevée, plus la thermique est gérée et plus les risques de surchauffe diminuent.
Plage de températures ambiantes acceptées (Ta)	Jusqu'à 45°C ⇒ moyen > 70°C ⇒ bon	- La température ambiante acceptée (Ta) : évidemment, plus la plage est large moins les risques de détérioration sont importants. - La thermique doit être gérée de manière globale et le fabricant de luminaire doit prendre les mesures nécessaires pour garantir les appareils en respectant les températures des modules et alimentations LED.
Garantie luminaire	> à 5 ans ⇒ bon	

7- ANNEXES

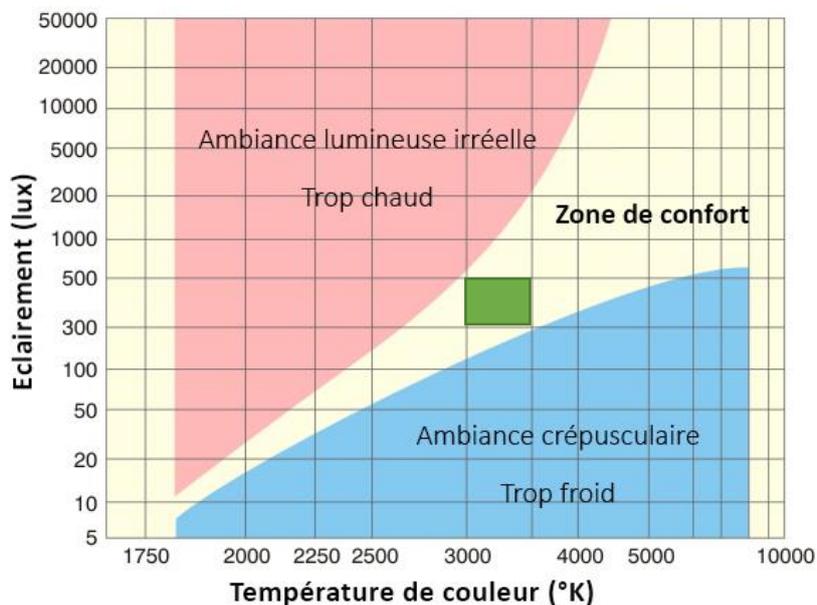
Annexe 1 : Lien entre température de couleur et émission de lumière bleu



Pic d'émission dans les longueurs d'ondes « bleu » selon la température de couleur de la source (blanc chaud = 3000°K, blanc neutre = 4000 °K et blanc froid = 6000°K)

Annexe 2 : Zone de confort visuel et température de couleur

Selon le diagramme de kruithof, il est tout à fait possible de rester dans la zone de confort visuel avec une température de couleurs de 3000°k (blanc chaud), pour des niveaux d'éclairage courant (300 à 500 Lux).



Annexe 3 : La norme d'éclairage des lieux de travail intérieur (NF EN 12 464 -1)

La norme d'éclairage intérieur constitue le texte référence en ce qui concerne les prescriptions nécessaires à l'élaboration d'un [projet d'éclairage](#) des lieux de travail dans les bâtiments.

Cette norme est complétée par la norme [NF X 35-103](#) (Ergonomie, principes d'ergonomie visuelle applicable à l'éclairage des lieux de travail).

Selon la norme d'éclairage intérieur, les paramètres les plus importants qui déterminent une ambiance lumineuse sont :

- la **distribution des luminances** : il est important d'éviter les [luminances](#) trop fortes (pour ne pas provoquer d'[éblouissement](#)) mais également les [contrastes de luminances](#) trop importants qui nécessitent d'incessants changements d'adaptation des yeux et enfin de trop faibles luminances ou de trop faibles contrastes qui conduiraient à un environnement de travail ennuyeux et peu stimulant.
- **L'éclairage** : la norme préconise des valeurs minimum d'[éclairage moyen à maintenir](#) suivant notamment les exigences de la [tâche visuelle](#) sur la [zone de travail](#). Elle propose ensuite une relation entre cet éclairage minimum et celui sur la [zone environnante](#) ainsi que l'[uniformité d'éclairage](#) à maintenir.

Type de zone et/ou d'éclairage	Éclairage moyen à maintenir (en Lux)	Uniformité	Rendu des couleurs (IRC)	UGR _L	Commentaires Points importants
Réserves / locaux techniques	100	60 %	60	25	Teinte intermédiaire (4 000K) préférable
Bureaux	300 (travail exclusif sur écran) 500 (lecture et écriture)	60 %	80	19	Teinte chaude (3 000K) préférable
Couloirs	100	60 %	40	28	-
Salles de repos	100	60 %	80	22	Teinte chaude préférable, inférieure à 3 000K
Vestiaires et sanitaires	200	60 %	80	25	-

Annexe 4 : Le code photométrique

Un standard international pour résumer les caractéristiques photométriques d'une source

	1 ^{er} chiffre	2 et 3 ^{ème} chiffre	4 ^{ème} chiffre	5 ^{ème} chiffre	6 ^{ème} chiffre
Définition	Dizaine du R_a de l' IRC	Millier et centaine de la température de couleur	SDCM initial	SDCM à 25% de la durée de vie (maximum 6 000 h)	Dizaine du % flux lumineux après 25% de la durée de vie (maximum 6 000 h) par rapport au flux lumineux initial
Exemple	7	45	3	5	9
Signification	R_a de l'IRC compris entre 70 et 79	Température de couleur de 4 500 °K	Taille de l'ellipse de Mc Adam à l'allumage de 3	Taille de l'ellipse de Mc Adam à 25% de la durée de vie (maximum 6 000 h) de 5	Flux initial maintenu après 25% de la durée de vie (maximum 6 000 h) supérieur à 90%