



Fiche d'information : lampes à LED

Les lampes et autres dispositifs d'éclairage à diodes électroluminescentes (LED, pour *light-emitting diode*) sont particulièrement économiques. Ils constituent ainsi une alternative intéressante aux lampes à économie d'énergie et aux lampes halogènes pour l'éclairage intérieur comme extérieur.

Les LED font appel à une technologie qui ne permet pas de produire directement de la lumière blanche : pour que l'œil interprète leur lumière comme telle, les lampes à LED émettent simultanément des composantes lumineuses jaunes et bleues. Or, la lumière bleue peut endommager la rétine en cas d'exposition trop longue ou d'intensité trop élevée. Il importe donc que ces lampes n'induisent pas de dépassement de la valeur limite d'exposition à la lumière bleue, valeur qui sera atteinte plus ou moins vite selon l'intensité du rayonnement bleu émis.

En condition d'utilisation normale, les lampes à LED destinées au grand public ne présentent pas de risque pour la santé, y compris pour les populations sensibles, telles que les enfants et les personnes au cristallin très clair, sans cristallin ou ayant un cristallin artificiel.

Les lampes sont classées en plusieurs groupes de risque : les lampes du groupe « sans risque » ne présentent aucun danger, quelle que soit la durée de leur utilisation ; les lampes des groupes de risque 1 et 2 ne sont pas dangereuses non plus à condition de ne pas dépasser une certaine durée d'utilisation ; en revanche, celles du groupe 3 présentent un risque élevé, même en cas d'utilisation très courte.

Quelques recommandations et informations pour un usage domestique des lampes à LED :

- De manière générale, tenez-vous à plus de 20 cm des lampes à LED.
- Si vos yeux doivent être exposés de manière prolongée à la lumière directe d'une lampe à LED, veillez à ce qu'elle appartienne au groupe sans risque : il s'agit en particulier des lampes à LED dépolies en forme d'ampoule avec un culot à vis et des lampes à LED de forme tubulaire.
- Les lampes à LED du groupe de risque 1 se prêtent également à un usage domestique, car elles ne présentent pas de danger pour les yeux tant que l'on n'observe pas la LED pendant longtemps : il s'agit en particulier des spots et de certaines lampes à poser.
- Les lampes à LED des groupes 2 et 3 ne sont pas adaptées à un usage domestique : fixer même brièvement ce type de lampes peut occasionner des lésions oculaires graves. La mention du groupe de risque figure sur l'emballage.
- Positionnez vos luminaires, lampes à poser, lampes de lecture et autres lampes de chevet de telle sorte que la puce de la LED ne soit pas directement visible. Employer des lampes dépolies limite également le risque d'éblouissement.
- Dans les pièces où séjournent des personnes durant les heures qui précèdent le coucher, privilégiez les lampes à LED ou à économie d'énergie qui émettent une lumière de type « blanc chaud », soit une température de couleur de l'ordre de 3000 kelvins (K) : la température de couleur est indiquée sur les lampes. Les lampes qui émettent une lumière de type « blanc froid », soit une température de couleur de 4000 K ou davantage, sont moins adaptées à ces pièces. En effet, la composante bleue de leur lumière exerce un effet stimulant sur l'organisme, impactant ainsi les rythmes de sommeil et divers autres processus physiologiques.
- Certaines lampes à LED peuvent papilloter, du fait de leur conception ou parce qu'elles sont tamisées. L'incidence de ce phénomène sur les personnes souffrant de maux de tête, de migraines



ou d'épilepsie est mal connue. Dans ces conditions, préférez, pour éclairer les lieux de séjour, des LED non tamisées et ne papillotant pas. Il est possible de déterminer si une LED papillote à l'aide de l'appareil photo d'un téléphone portable ou d'un appareil photo numérique : placez la LED près de l'objectif et faites le point ; si des stries apparaissent sur l'image qui se forme à l'écran, c'est que la lumière vacille.

- Les champs électromagnétiques émis par les composants électroniques des lampes à LED ne présentent pas de risque sanitaire, car nettement inférieurs aux valeurs limites.
- Les LED n'émettent que peu ou pas de rayons ultraviolets : elles constituent de ce fait une alternative aux lampes halogènes ou à économie d'énergie pour les personnes sensibles à ce rayonnement.



Informations détaillées

1. Introduction : les lampes à LED blanches

1.1 Technologie

Les lampes à LED sont constituées d'une ou de plusieurs diodes électroluminescentes (LED, pour *light-emitting diode*), dont le composant clé est une puce : lorsque cet assemblage de deux semi-conducteurs est traversé par du courant, il émet de la lumière. Le choix des matériaux semi-conducteurs détermine la longueur d'onde de la lumière émise, qui aura un spectre étroit et une couleur spécifique. Les semi-conducteurs actuellement employés permettent de produire des lumières de couleur allant de l'ultraviolet à l'infrarouge en passant par le domaine visible. La lumière blanche résultant d'un mélange de couleurs, les lampes à LED ne peuvent pas la produire directement : elles doivent pour cela combiner différentes couleurs.

Comme les LED fonctionnent en basse tension, les lampes à LED contiennent un transformateur électronique qui abaisse la tension et en augmente la fréquence. Ce transformateur et d'autres composants conducteurs produisent des champs électromagnétiques que l'on peut mesurer à proximité immédiate des lampes à LED.

1.2 Propriétés du rayonnement

Propriétés spectrales et températures de couleur

Les dispositifs d'éclairage à LED dont on perçoit la lumière comme blanche sont généralement composés de LED qui émettent une lumière bleue ou violette. Pour obtenir de la lumière blanche, la capsule transparente de la LED est couverte sur sa face interne d'une ou de plusieurs substances fluorescentes. Les molécules de cette couche absorbent une partie de la lumière bleue ou violette et en retirent de l'énergie, qu'elles restituent sous forme de lumière jaune orangé, en fonction de la substance. Les composantes lumineuses jaunes orangé et bleu violet ainsi émises stimulent les photorécepteurs bleus, verts et rouges de la rétine. L'observateur a ainsi l'impression que la lumière est blanche, tirant plutôt sur le bleu (blanc froid) ou plutôt sur le jaune (blanc chaud) selon la proportion de chaque composante lumineuse. On décrit les caractéristiques colorimétriques des lampes au moyen de leur « température de couleur » : pour les lampes produisant une lumière de type « blanc chaud », elle est de l'ordre de 3000 kelvins (K), et pour celles de type « blanc froid » entre 4000 et 8000 K.

Selon leur conception et leur mode de fonctionnement, les transformateurs électroniques alimentent les LED avec un courant qui oscille plus ou moins. Cela se traduit par des fluctuations de l'intensité de la lumière produite, provoquant un papillotement (ou scintillement).

2. Effets des lampes à LED blanches sur la santé

Les propriétés du rayonnement des lampes à LED blanches sont nombreuses et diffèrent de celles des lampes à incandescence et, pour partie, de celles des lampes à économie d'énergie. Plusieurs mécanismes liés au rayonnement des LED peuvent avoir des effets sur la santé : ils sont exposés et évalués tour à tour ci-après.



1.3 Rayonnement ultraviolet

Effets sur la santé

Le rayonnement ultraviolet (UV) est très énergétique, si bien qu'une surexposition peut occasionner de graves lésions des yeux et de la peau, même si ces deux organes présentent une sensibilité différente. Dans le cas de l'œil, ce sont principalement la cornée et le cristallin qui sont touchés, car ils absorbent la majeure partie des rayons ultraviolets. Une partie des rayons UVA peut également atteindre la rétine, en particulier chez l'enfant et l'adolescent. Quant à la peau, les personnes atteintes de pathologies cutanées susceptibles d'être déclenchées par de faibles doses de rayons ultraviolets s'avèrent également très sensibles.

Valeurs limites

La Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (*International Commission on non-ionizing radiation protection*, ICNIRP) a émis des recommandations concernant les valeurs limites d'exposition destinées à protéger la peau et les yeux des rayonnements ultraviolets (ICNIRP 2004). Les valeurs limites pour la peau visent à éviter l'apparition d'érythèmes. Celles pour les yeux doivent prévenir les inflammations de la cornée et la formation d'une cataracte.

Intensité du rayonnement ultraviolet des LED

Le rayonnement ultraviolet émis par les LED a été mesuré sur mandat de l'Institut général autrichien d'assurance-accidents (*Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt*, AUVA) [Schulmeister *et al.* 2011 ; Buberl *et al.* 2011]. Il en ressort qu'à l'heure actuelle, ce rayonnement est nettement inférieur aux valeurs limites.

Évaluation des effets sur la santé

Les dispositifs d'éclairage à LED émettent très peu d'ultraviolets et ne présentent donc pas de risque dermatologique ni oculaire. Les personnes particulièrement sensibles aux rayonnements UV peuvent donc les employer.

1.4 Lumière visible

Effets sur la santé

Selon l'âge, la lumière visible arrive plus ou moins directement sur la rétine. Lorsque l'intensité lumineuse est particulièrement élevée, la rétine, divers tissus ainsi que les cellules photoréceptrices de l'œil sont surexposés. Cela déclenche des mécanismes thermiques et photochimiques qui provoquent des lésions oculaires graves et irrémédiables et conduisent à une détérioration de l'acuité visuelle, voire à une cécité.

Si les lampes à LED accessibles au grand public sont peu susceptibles de provoquer des lésions thermiques de la rétine dans un usage classique, le risque lié aux effets photochimiques de la lumière bleue, très énergétique, ne peut quant à lui être exclu (Anses 2010). Une proportion trop élevée de lumière bleue présente un risque (risque lié à la lumière bleue) pour la population en général, et plus particulièrement pour les enfants et les personnes opérées de la cataracte, dont le cristallin est très clair, ne filtre pas la lumière bleue ou, dans de rares cas, est absent. Par ailleurs, la lumière bleue peut également provoquer des dommages photochimiques par réaction avec des substances qui s'accumulent dans l'œil avec l'âge, telles que la lipofuscine (Behar-Cohen *et al.* 2011).



Valeurs limites et contexte normatif

L'ICNIRP a proposé des valeurs limites d'exposition destinées à prévenir les lésions aiguës dues au rayonnement visible et infrarouge, qui portent également sur le risque lié à la lumière bleue (ICNIRP 2013). La valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue restreint le rayonnement bleu qui arrive sur la rétine, afin de prévenir les risques aigus pour la santé. Mais les connaissances actuelles ne permettent pas de déterminer si cette valeur limite peut également prévenir les effets sanitaires à long terme d'une exposition chronique (Shang *et al.* 2014).

Cette valeur limite est basée sur la quantité de rayonnement qui provoque des lésions visibles de la rétine pour 50 % des cas examinés. Il s'agit d'une dose, c'est-à-dire le produit du rayonnement et de la durée d'exposition. Ainsi, en cas d'exposition très longue, le rayonnement qui atteint la rétine doit être faible. Au contraire, en cas d'exposition très courte, le rayonnement peut être élevé. Cette valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue est fixée pour deux types de populations : (1) les personnes dont les yeux sont dotés d'un cristallin normal et (2) les personnes dont les yeux sont particulièrement sensibles à la lumière bleue, telles que les enfants et les personnes sans cristallin ou pourvues d'un cristallin artificiel très clair à la suite d'une opération de la cataracte.

La norme européenne relative à la sécurité photobiologique des lampes utilise la valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue pour classer les lampes en quatre groupes : un groupe sans risque et trois groupes de risque. Une lampe est assignée à un groupe de risque sur la base de son rayonnement, en fonction de la durée d'exposition à laquelle la valeur limite est atteinte. Cette norme distingue les lampes qui ne présentent aucun risque du fait de leur faible rayonnement, même en cas d'utilisation sans restriction de durée, de celles qui ne sont sans danger que pour une durée limitée, voire extrêmement courte, en raison de leur rayonnement plus élevé, voire très élevé. Elle définit ces groupes comme suit :

- groupe sans risque : sans risque, même pour une exposition très longue de la rétine jusqu'à 10 000 secondes (166,6 minutes) ;
- groupe de risque 1 : sans risque pour une durée d'exposition comprise jusqu'à 100 secondes (« risque faible ») ;
- groupe de risque 2 : sans risque pour une durée d'exposition comprise jusqu'à 0,25 secondes (« risque modéré ») ;
- groupe de risque 3 : peut présenter un risque même en cas d'exposition très courte (« risque élevé »).

L'éventail des durées d'exposition admises au sein des groupes de risque est tellement large que ces derniers ne reflètent que grossièrement la dangerosité potentielle des lampes. Pour évaluer une lampe, il est plus utile d'indiquer la durée d'exposition de la rétine à laquelle la valeur limite est dépassée.

Pour toutes les lampes qui n'appartiennent pas au groupe sans risque, la Commission électrotechnique internationale (CEI) recommande que le fabricant en informe l'utilisateur et fournisse des instructions pour la manipulation de l'appareil. Pour les lampes appartenant aux groupes de risque 2 et 3, des marquages d'avertissement et de danger, respectivement, devraient être apposés sur l'emballage ou figurer dans une notice d'utilisation (CEI TR 62471-2 ; CEI TR 62778).



Exposition à la lumière bleue des LED

Un échantillon de lampes et de luminaires à LED de diverses factures qui se trouvaient sur le marché en 2015 a été évalué sur mandat de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) et de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) par l'Institut fédéral de métrologie (METAS) [Rinderer et Thalmann 2015]. Cette étude a déterminé à partir de quelle durée d'exposition la valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue était dépassée.

Pour les lampes d'éclairage courant, la norme européenne relative à la sécurité photobiologique des lampes prévoit une évaluation du risque à la distance à laquelle elles produisent un éclairage de 500 lux. Comme cette exigence peut conduire à des distances qui seraient peu réalistes dans certaines circonstances (p. ex. des lumières posées près du sol, à la portée d'enfants en bas âge), elle a été contournée pour cette étude et les mesures ont été conduites à des distances de 20 cm et de 10 cm. Un éloignement de 20 cm correspond à la distance à partir de laquelle un adulte distingue nettement un objet. La distance de 10 cm est son pendant pour les enfants (Duane 1908). Par ailleurs, les deux types de populations déjà décrits plus haut ont été considérés : (1) les personnes dont les yeux sont dotés d'un cristallin normal et qui ont donc une sensibilité normale à la lumière bleue et (2) les personnes dont le cristallin est très clair ou qui en sont dépourvues et qui présentent de ce fait une sensibilité accrue à la lumière bleue. La durée maximale d'exposition pour différents types de lampes à LED est présentée dans le tableau 1 en fonction de la distance de la lampe à l'œil et de la sensibilité de l'œil à la lumière bleue.

Type de lampe à LED	Distance de la lampe à l'œil				Groupe de risque (GR)
	10 cm		20 cm		
	Sensibilité de l'œil à la lumière bleue				
	Normale	Elevée	Normale	Elevée	
En forme de lampe à incandescence avec culot à vis, dépolie	412 / >500	404 / >500	431 / >500	424 / >500	Groupe sans risque
En forme de lampe à incandescence avec culot à vis, claire	53 / >500	49 / >500	76 / >500	71 / >500	GR 1 / groupe sans risque
Spot dépoli	1,5 / 9	1,4 / 8,5	1,5 / 14,6	1,5 / 13,8	GR 2 / 1
Spot clair	5,2 / >500	5 / >500	5,6 / >500	5,4 / >500	GR 1 / groupe sans risque
Tube en remplacement de tubes fluorescents	338 / >500	321 / >500	>500	>500	Groupe sans risque
Lampe à réflecteur	2,7 / 258	2,6 / 243	2,9 / 320	2,7 / 301	GR 1 / groupe sans risque
Lampe à poser	1,8 / 368	1,7 / 353	2 / >500	1,8 / >500	GR 1 / groupe sans risque
Spot de jardin	4 / >500	3,8 / >500	14,7 / >500	13,3 / >500	GR 1 / groupe sans risque
Bandeau, lampe cylindrique, encastré de sol	>500	480 / >500	>500	>500	Groupe sans risque



Tableau 1. Durée d'exposition en minutes à laquelle peut apparaître un risque lié à la lumière bleue en cas d'observation directe de la LED. La durée d'exposition la plus courte et la plus longue sont fournies pour chaque type de fabrication, à une distance de 10 cm et de 20 cm.

Cette étude ayant porté sur un échantillon de LED disponibles dans le commerce, ses résultats ne sont pas généralisables. On peut toutefois en tirer quelques indications sur le risque lié à la lumière bleue et sur les durées d'exposition correspondantes :

- La plupart des LED évaluées relèvent du groupe sans risque ou du groupe de risque 1.
- Les LED en forme de lampe à incandescence dépolies et les LED tubulaires répondent aux exigences du groupe sans risque. Un risque lié à la lumière bleue apparaît parfois autour de 400 minutes, mais dans la plupart des cas, il ne survient qu'après 500 minutes.
- Pour les autres formes de lampes, comme les spots ou les LED avec réflecteur, les produits relèvent du groupe sans risque ou du groupe de risque 1, ainsi que, dans un cas, du groupe de risque 2.
- Dans le cas des lampes à poser, parfois placées très près des yeux, la durée à laquelle apparaît un risque lié à la lumière bleue est extrêmement variable d'un modèle à l'autre.
- Les LED relevant du groupe de risque 1 peuvent présenter un risque lié à la lumière bleue dès 2 minutes d'exposition environ. Pour celles du groupe 2, ce temps tombe à 90 secondes.
- Le fait que l'œil se trouve à 10 cm de la lampe plutôt qu'à 20 cm peut réduire la durée d'exposition à laquelle le risque lié à la lumière bleue apparaît. Mais cet effet est peu marqué dans le cas des lampes présentant une durée d'exposition courte.
- Pour les yeux présentant une sensibilité accrue à la lumière bleue, c.-à-d. dont le cristallin est très clair ou sans cristallin, le risque lié à la lumière bleue a tendance à apparaître plus tôt que pour les yeux normaux, mais sans que cette différence ne soit très marquée.
- Il n'y a pas de corrélation systématique entre la durée d'exposition faisant naître un risque lié à la lumière bleue et la température de couleur ou la puissance de la LED (figures 1 et 2).

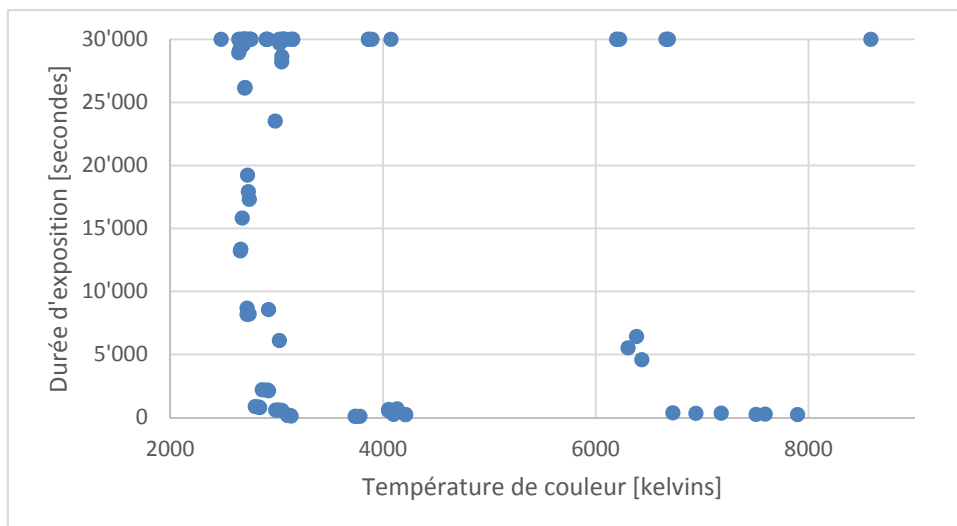


Figure 1. Durée d'exposition à laquelle est atteinte la valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue en fonction de la température de couleur (échantillon : 36 LED différentes).

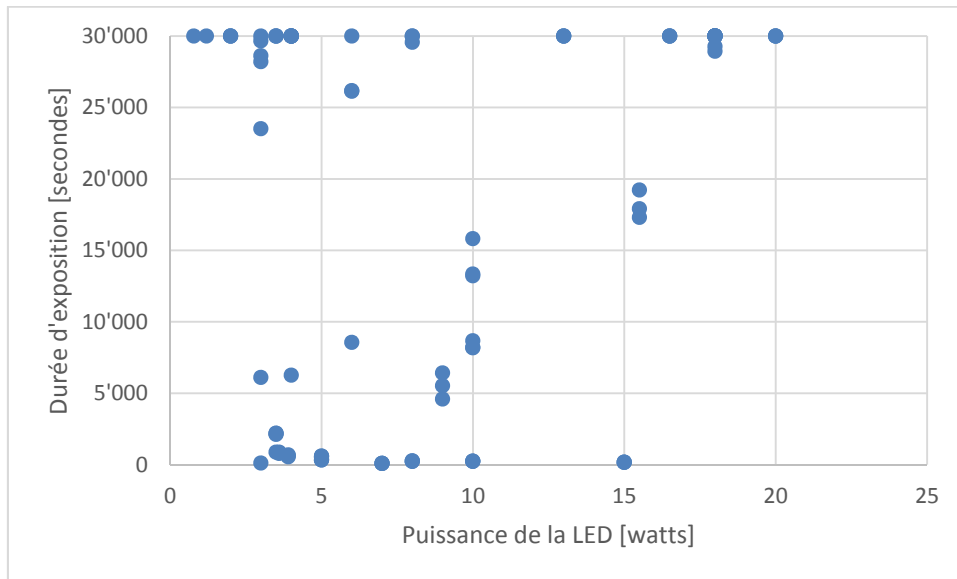


Figure 2. Durée d'exposition à laquelle est atteinte la valeur limite pour le risque lié à la lumière bleue en fonction de la puissance électrique (échantillon : 36 LED différentes).

Évaluation des effets sur la santé

En l'état des connaissances, il semblerait que la lumière bleue émise par les LED ne présente pas de risque pour les yeux. Ce constat vaut également pour les enfants et les personnes dotées d'un cristallin très clair ou sans cristallin. Il convient toutefois de faire preuve de prudence lorsqu'une LED est utilisée à proximité des yeux. Comme la classification actuelle des produits ne fournit que des informations relativement grossières sur le risque lié à la lumière bleue, on recommande, en cas de forte exposition des yeux, d'utiliser des lampes ou des tubes à LED appartenant au groupe sans risque. Il n'est pour l'heure pas possible d'évaluer les effets à long terme de la lumière bleue des LED.

1.5 Rayonnement infrarouge

La quantité de rayons infrarouges émis par les lampes à LED actuelles est inférieure aux valeurs limites applicables à ce rayonnement, si bien que ces produits ne présentent pas de risque ophtalmologique ni dermatologique (Anses 2010).

1.6 Rythmes biologiques

Effets de la lumière bleue sur les rythmes circadiens

Nombre de nos processus physiologiques suivent des rythmes biologiques. L'un d'entre eux est le rythme circadien, qui présente une périodicité d'environ 24 heures. Principalement régulé dans le cerveau par l'« horloge interne », ou « horloge biologique », ce cycle est rarement de 24 heures et doit être synchronisé chaque jour : la composante bleue de la lumière du jour, qui arrive sur la rétine dès le matin, est absorbée par des cellules nerveuses photoréceptrices de la rétine, dont les cellules visuelles, et transformée en influx nerveux. Ces influx nerveux sont transmis à l'horloge interne, dans le cerveau, et l'aident à réguler la synthèse d'hormones, telles que la mélatonine ou le cortisol, le système immunitaire, la température corporelle, les cycles veille/sommeil, les performances intellectuelles et bien d'autres processus (CIE 2009).



La lumière bleue, très présente dans la lumière du jour, exerce un effet stimulant sur l'organisme dès le matin et durant toute la journée. En revanche, une stimulation par de la lumière bleue en soirée ou durant la nuit peut avoir des effets indésirables, car le corps reçoit pendant la nuit des informations qu'il devrait recevoir le jour. Les processus qui le préparent à la phase de repos nocturne ou qui sont censés se dérouler pendant le sommeil s'en trouvent perturbés. Par exemple, une telle sollicitation stimule l'attention et inhibe la synthèse de mélatonine (l'« hormone du sommeil »), ce qui peut provoquer des troubles de l'endormissement. Un éclairage de quelques lux, comme dans les logements faiblement éclairés, suffit à provoquer ce type d'effets (Chellappa *et al.* 2011). Outre ce type d'effets aigus, les connaissances scientifiques montrent de plus en plus qu'une perturbation des rythmes physiologiques pourrait également avoir des conséquences sanitaires graves sur le long terme, telles que cancers ou surpoids (CIRC 2010).

Comme les lampes à LED émettent une proportion de lumière bleue variable selon leur température de couleur, leur efficacité biologique a été caractérisée.

Valeurs limites et contexte normatif

Pour l'heure, aucune valeur limite n'a été publiée pour les effets de la lumière visible sur le rythme circadien. La seule norme qui aborde le sujet définit le spectre d'action biologique de la lumière visible afin de pouvoir comparer l'action de différentes sources lumineuses sur le rythme circadien (DIN SPEC 5031-100). Cette action est mesurée par le facteur circadien (que cette norme qualifie aussi de « mélanopique », en raison du rôle de la mélanopsine), qui décrit le rapport entre la part de rayonnement qui a un effet sur le rythme circadien et la part de rayonnement visible par l'œil pour une source lumineuse donnée (Bellia *et al.* 2014 ; Bellia et Seraceni 2014). Un facteur circadien égal à 1 correspond à peu près à la lumière du jour, à l'extérieur, sous un ciel voilé. Si le facteur circadien est inférieur à 1, la lumière émise stimule moins l'organisme que la lumière du jour. Ainsi, les lampes à incandescence et les lampes à économie d'énergie émettant une lumière blanc chaud présentent des facteurs circadiens de l'ordre de 0,4 (Gall et Bieske 2004).

L'étude conduite sur mandat de l'OFSP et de l'OFEN a déterminé le facteur circadien des LED (figure 3). Il en ressort que les LED qui présentent une température de couleur de 3000 K ont un facteur circadien semblable à celui des lampes à incandescence et des lampes à économie d'énergie émettant une lumière blanc chaud. Pour des températures de couleur de 6000 K et plus, les facteurs circadiens se rapprochent de ceux de la lumière du jour.

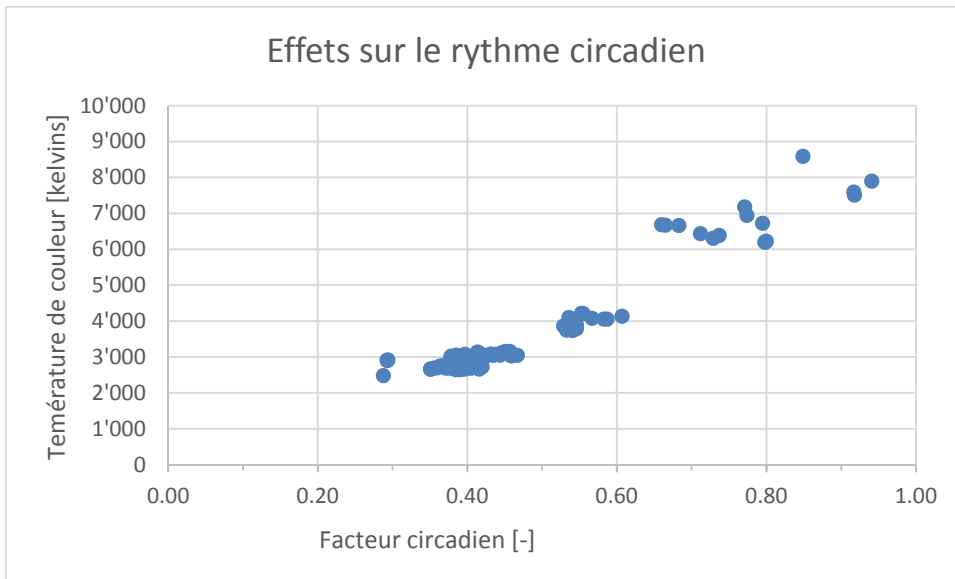


Figure 3. Effets des LED sur le rythme circadien : facteur circadien (rapport entre la part de rayonnement qui a un effet sur le rythme circadien et la part de rayonnement visible par l'œil pour une source lumineuse donnée) en fonction de la température de couleur (échantillon : 34 LED différentes).

Evaluation des effets sur la santé

La composante bleue de la lumière émise par une LED peut, selon son importance et l'utilisation de la LED en question, influencer le rythme circadien. La température de couleur indiquée sur la lampe constitue un élément d'information : les LED qui ont des températures de couleur de 3000 K ont des propriétés analogues à celle des lampes à incandescence ou des lampes à économie d'énergie émettant une lumière blanc chaud. Elles sont adaptées à l'éclairage des locaux dans lesquels séjournent des personnes avant l'heure du coucher. Les LED qui émettent une lumière blanc froid ou blanc bleuté, avec une température de couleur plus élevée de l'ordre de 4000 à 8000 K, sont mieux adaptées à l'éclairage de pièces dans lesquelles des personnes se tiennent durant la journée et mènent des activités. Les températures de couleur sont indiquées sur les LED (Commission européenne 2012).

1.7 Papillotement

La lumière des lampes à LED peut présenter des fluctuations rapides si le courant qui alimente la lampe n'est pas continu. Le réseau électrique distribue un courant alternatif de 50 hertz (Hz), c'est-à-dire qu'il effectue 50 alternances par seconde, ou encore qu'il change 100 fois de sens par seconde. Si le transformateur électronique d'une lampe à LED ne compense pas ces variations, la lumière émise par la puce ne sera pas constante. Un papillotement peut également apparaître lorsqu'une lampe à LED est tamisée : soit des papillotements déjà présents sont accrus, soit des papillotements qui n'existent pas en fonctionnement normal apparaissent (Poplawski et Miller 2013 ; Kitsinelis *et al.* 2012).

Mécanisme d'action

Chez la plupart des gens, les variations d'intensité lumineuse sont perceptibles par l'œil jusqu'à une fréquence de 60 Hz. Si cette fluctuation n'est plus perceptible visuellement au-delà de 100 Hz, fréquences souvent présentées par les lampes à LED, la rétine continue toutefois à détecter des papillotements jusqu'à 200 Hz, sans que l'on en ait conscience.



Notre compréhension des effets sanitaires de ces vacillations reste très limitée et le peu que l'on sait provient d'études menées sur des tubes fluorescents avec ballast conventionnel. On sait toutefois que les vacillations peuvent provoquer des effets sanitaires immédiats ou à plus long terme. Les effets immédiats touchent principalement les personnes souffrant d'épilepsie photosensible. Des fréquences de papillotement comprises entre 3 et 70 Hz présentent un risque pour elles. Etre longtemps exposé à des vacillations de la lumière peut provoquer des maux de tête, des migraines et des douleurs oculaires. Cela peut également limiter l'acuité visuelle, la concentration ou les performances intellectuelles (Wilkins *et al.* 2010 ; Karanovic *et al.* 2011 ; Shepherd 2010). En règle générale, les papillotements de sources lumineuses larges, telles que les lampes mates, sont plus gênants que ceux de sources lumineuses ponctuelles, car elles stimulent une plus grande surface de la rétine.

Valeurs limites

Il n'existe pour l'heure pas de valeur limite contraignante pour le papillotement. On caractérise le scintillement d'une lampe par son « taux de scintillement » ou par son « indice de scintillement » (Poplawski et Miller 2013).

Un taux de 0 % signifie que la lumière émise par la lampe ne vacille pas, qu'elle est continue. Une valeur de 100 % indique au contraire que l'intensité lumineuse oscille périodiquement entre l'intensité maximale et minimale. Les caractéristiques des LED en la matière ne sont pas déclarées par les fabricants ni apposées sur l'emballage des lampes.

Intensité du papillotement des LED

L'étude précitée menée sur mandat de l'OFSP et de l'OFEN révèle que le papillotement des LED actuellement commercialisées est strictement lié au produit, et non au fabricant ou au type de lampe. Les luminaires à LED, tels que certaines lampes à poser, qui sont souvent utilisées à proximité des yeux, peuvent vaciller fortement. Le taux de scintillement des LED actuellement sur le marché va de 5 % (faible vacillation) à 100 % (vacillation importante).

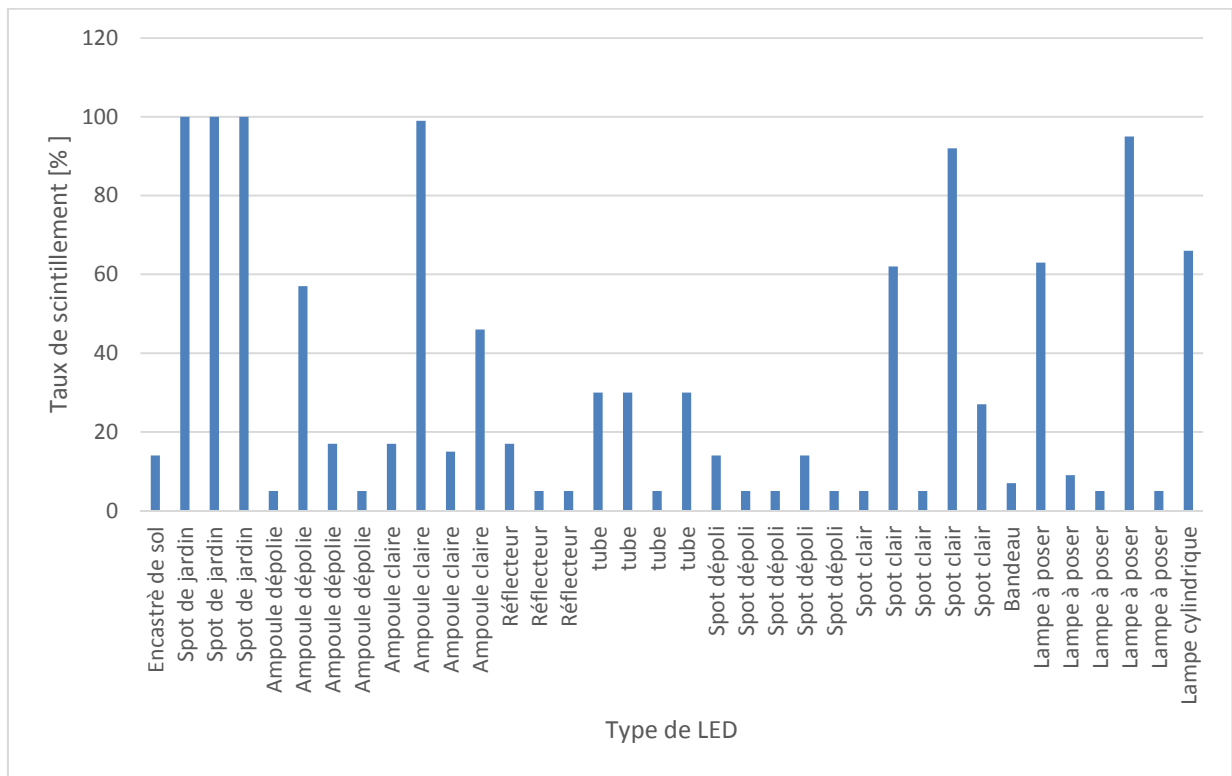


Figure 4. Papillotement des LED (échantillon : 36 LED différentes)

Evaluation des effets sur la santé

Selon leur fabrication, les LED peuvent émettre une lumière ne vacillant pas ou vacillant fortement. Il n'est pour l'heure pas possible de déterminer si ce papillotement présente un risque sanitaire (SCENIHR 2012). Par mesure de prévention, il est recommandé :

- d'utiliser des LED ne vacillant pas pour éclairer les locaux dans lesquels se tiennent des gens pendant longtemps. Il est possible de déterminer si une LED papillote à l'aide de l'appareil photo d'un téléphone portable ou d'un appareil photo numérique : placer la LED près de l'objectif et faire le point. Si des stries apparaissent sur l'image qui se forme à l'écran, c'est que la lumière vacille ;
- de ne pas tamiser les lampes à LED dans les lieux où se tiennent des personnes qui souffrent d'épilepsie, de migraines ou de maux de tête.

3. Législation et normes

Les dispositifs d'éclairage à LED doivent, en tant que matériels à basse tension, satisfaire aux exigences de l'ordonnance sur les matériels électriques à basse tension (RS 734.26). Ceux-ci ne doivent mettre en danger ni les personnes ni les choses et ne peuvent être mis sur le marché que s'ils satisfont aux exigences essentielles en matière de sécurité et de protection de la santé requises par la directive européenne (CE) basse tension. Ces exigences essentielles sont spécifiées dans des normes européennes. Les champs électromagnétiques des équipements d'éclairage sont réglementés aussi bien dans la norme CEI 62493 de la Commission électrotechnique internationale que dans la norme de même nom EN 62493 : 2010 de l'UE et de la Suisse. Les champs électriques et magnétiques autorisés correspondent à la recommandation du Conseil européen relative à la limitation d'exposition du public aux champs électromagnétiques (Conseil européen 1999). Le rayonnement optique autorisé est défini



dans la norme européenne EN 62471 : 2008 et se base sur les valeurs limites recommandées par l'ICNIRP pour le rayonnement visible et infrarouge incohérent (ICNIRP 2013).

Les fabricants sont eux-mêmes responsables du respect des critères de conformité pour leurs appareils. Il n'existe pas, en Suisse, de contrôle systématique du marché. Le respect des prescriptions est vérifié sur le marché par l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI ; <http://www.esti.admin.ch/fr/>), au moyen de contrôles par pointage.

4. Bibliographie

- Anses (2010) : Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED).
- Behar-Cohen, F.; Martinsons, C.; Vienot, F.; Zissis, G.; Barlier-Salsi, A.; Cesarini, J. P. et al. (2011) : Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risks for the eye? In: Prog.Retin.Eye Res. 30 (4), S. 239-257.
- Bellia, L.; Pedace, A.; Barbato, G. (2014) : Indoor artificial lighting: Prediction of the circadian effects of different spectral power distributions. In: Lighting Research and Technology 46 (6), S. 650-660.
- Bellia, L.; Seraceni, M. (2014) : A proposal for a simplified model to evaluate the circadian effects of light sources. In: Lighting Research and Technology 46, S. 493-505.
- Buberl, A.; Schulmeister, K.; Weber, M.; Kitz, E.; Brusl, H. (2011) : Report Nr. 55b Optische Strahlung Ultraviolett-Strahlungsemission von Beleuchtung Datenkatalog Report 55b. Hg. v. AUVA. Online verfügbar unter <http://www.auva.at/portal27/portal/auvportal/content/contentWindow?contentid=10008.544771&action=b&cacheability=PAGE&version=1391167515>.
- Chellappa, S. L.; Gordijn, M. C.; Cajochen, C. (2011) : Can light make us bright? Effects of light on cognition and sleep. In: Prog.Brain Res. 190, S. 119-133.
- CIE (2009): Ocular lighting effects on human physiology and behaviour. Technical report. Vienna: CIE Central Bureau (CIE technical report, 158).
- DIN SPEC 5031-100, 2015 : Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik - Teil 100 : Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen - Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren.
- Duane, A. (1908) : An attempt to determine the normal range of accommodation at various ages, being a revision of Donder's experiments. In: Trans.Am Ophthalmol.Soc. 11 (Pt 3), S. 634-641.
- EN 62471:2008 : Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes
- EN 62493:2010 : Évaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques
- Commission européenne (2012) : RÈGLEMENT (UE) N o 1194/2012 DE LA COMMISSION du 12 décembre 2012 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences relatives à l'écoconception des lampes dirigées, des lampes à diodes électroluminescentes et des équipements correspondants. Journal officiel de l'Union européenne L 342/1
- CONSEIL EUROPÉENNE (1999) : RECOMMANDATION DU CONSEIL
- du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz). Journal officiel des Communautés européennes L 199/59.
- Gall, D.; Bieske, K. (Hg.) (2004) : Definition and measurement of circadian radiometric quantities. Non-visual effects, proceedings of the CIE symposium '04, 30 September - 2 October 2004, University of Music and Performing Arts, Vienna, Austria. Vienna, Austria: Commission internationale de l'éclairage (CIE, x027).
- IARC (2010) : IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans VOLUME 98 Painting, Firefighting, and Shiftwork.



- ICNIRP (2004) : Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). In: Health Physics 87 (2), S. 171-186.
- ICNIRP (2013) : ICNIRP GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO INCOHERENT VISIBLE AND INFRARED RADIATION. In: Health physics 105 (1), S. 74-96.
- IEC TR 62471-2:2009 : Photobiological safety of lamps and lamp systems - Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety
- IEC 62493:2009 : Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques
- IEC TR 62778:2014 : Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires.
- Karanovic, Olivera; Thabet, Michel; Wilson, Hugh R.; Wilkinson, Frances (2011) : Detection and discrimination of flicker contrast in migraine. In: Cephalalgia : an international journal of headache 31 (6), S. 723-736.
- Kitsinelis, S.; Zisis, G.; Arexis, Lydie (2012) : A study on the flicker of commercial lamps. In: Light and Engineering 20 (3), S. 25.
- Poplawski, M. E.; Miller, N. M. (2013) : Flicker in Solid-State Lighting: Measurement Techniques, and Proposed Reporting and Application Criteria. CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light", Paris, France: April 15/16, 2013.
- Rinderer, F.; Thalmann, R. (2015) : Untersuchung der Blaulichtgefährdung von LED-Lampen und - Leuchten. Hg. v. METAS. Wabern (116-02688).
- SCENIHR (2012) : Effets sur la santé de la lumière artificielle.
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_035.pdf
- Schulmeister, K.; Buberl, A.; Weber, M.; Brusl, H.; Kitz, E. (2011) : Band 55a Optische Strahlung: UV-Strahlungsemission von Beleuchtungsquellen - Endbericht. Hg. v. AUVA.
<https://www.sozialversicherung.at/portal27/portal/auvportal/content/contentWindow?viewmode=content&action=2&contentid=10007.672892>.
- Shang, Y. M.; Wang, G. S.; Sliney, D. H.; Yang, C. H.; Lee, L. L. (2014) : White light-emitting diodes (LEDs) at domestic lighting levels and retinal injury in a rat model. In: Environ.Health Perspect. 122 (3), S. 269-276.
- Shepherd, Alex J. (2010) : Visual Stimuli, Light and Lighting are Common Triggers of Migraine and Headache. In: J. Light & Vis. Env. 34 (2), S. 94-100.
- Wilkins, A. J.; Veitch, J. A.; Lehmann, B. (2010) : LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE.