



# Fiche technique concernant les écrans et les projecteurs

---

Date : 01.08.2021

---

Les écrans des appareils multimédias et les projecteurs produisent des images comportant un très grand nombre de couleurs. Celles-ci sont créées par mélange, au niveau de l'électronique de l'appareil, de rayonnement bleu, vert et rouge, dans des proportions différentes. Pour obtenir ces trois couleurs de base, une lumière blanche produite artificiellement est passée par des filtres de couleur bleus, rouges et verts. Les écrans modernes génèrent directement les trois couleurs à partir de LED bleues, vertes et rouges, tandis que les projecteurs utilisent également des lasers à cette fin.

## Effets sur la santé

Une lumière bleue excessive peut endommager la rétine des yeux. Une telle lumière, agissant le soir sur une personne, peut influencer le rythme circadien, les hormones et d'autres processus corporels. La lumière artificielle, qui n'est pas continue et qui papillote, peut avoir un effet perturbateur sur les personnes. Une étude réalisée sur mandat de l'OFSP a mesuré le rayonnement émis par les écrans de différents appareils ainsi que de projecteurs afin de pouvoir estimer ces effets.

### *Mise en danger de la rétine de l'œil par la lumière bleue :*

Afin d'éviter une mise en danger des yeux par la lumière bleue des appareils, il faut respecter la limite fixée à cette exposition. Cette valeur limite dépend à la fois de l'intensité de la lumière bleue et de la durée durant laquelle elle atteint la rétine. Les groupes de risque suivants sont distingués :

- Les appareils du groupe dit « libre » respectent la valeur limite, même en cas d'utilisation de longue durée et ne présentent aucun risque pour toutes les personnes, y compris les enfants ;
- Les appareils des groupes de risque 1 et 2 respectent la valeur limite pour une courte durée d'exposition de l'œil et ne représentent aucun risque dans cette condition ;
- Les appareils du groupe de risque 3 mettent en danger la rétine déjà après une très courte durée d'exposition de l'ordre du dixième de seconde.

L'étude commandée par l'OFSP montre que tous les appareils à écran examinés appartiennent au groupe libre. Les projecteurs analysés appartiennent aux groupes de risque 1 et 2 pour autant qu'une personne porte son regard directement dans leur faisceau lumineux. L'étude n'a recensé aucun appareil appartenant au groupe 3.



La valeur limite permet d'éviter les risques pour la santé intervenant pour des durées d'exposition allant de la seconde à plusieurs heures. Cependant il n'est pas possible d'évaluer si l'exposition chronique et des années durant à un rayonnement visible inférieur à la limite fixée pour la lumière bleue peut entraîner des risques sanitaires à long terme.

*Influence de l'exposition à la lumière bleue le soir sur le rythme circadien et sur les hormones :*

Il existe suffisamment d'indications selon lesquelles la lumière de couleur blanc froid, bleutée, des écrans qui exposent les utilisateurs durant les heures du soir peut influencer leur rythme circadien. Cet effet peut survenir surtout chez les personnes qui, durant la journée, ne séjournent pas ou peu à la lumière du jour. La perturbation du rythme circadien agit sur le sommeil, sur certaines hormones ainsi que sur d'autres fonctions corporelles. Des recherches sont actuellement menées pour savoir si ces effets, agissant sur de longues périodes, entraînent des risques pour la santé. L'étude de l'OFSP indique que le rayonnement de lumière bleue des écrans peut être réduit au moyen de filtres électroniques ou en diminuant la luminosité.

*Papillotement*

L'étude de l'OFSP indique que les écrans peuvent papilloter lorsque qu'ils ne sont pas réglés sur la luminosité maximale. Concernant les effets possibles sur la santé, il existe des indications selon lesquelles le papillotement de la lumière peut conduire, chez les personnes sensibles, à des maux de tête, des migraines et, très rarement, à l'épilepsie.

**Les conseils suivants peuvent vous aider à utiliser en toute sécurité les appareils dotés d'un écran, tels que les ordinateurs, les tablettes, les smartphones et les téléviseurs**

La lumière bleue des écrans d'ordinateurs, de tablettes, de smartphones et de téléviseurs ne présente aucun risque pour les yeux et ainsi aucune mesure de protection n'est nécessaire dans ce cadre.

La lumière bleue des écrans d'ordinateurs, de tablettes, de smartphones et de téléviseurs peut affecter le rythme circadien, les hormones et d'autres processus corporels :

- En conséquence, réduisez le soir la luminosité des écrans afin que vos yeux ne doivent pas faire d'effort. Vous pouvez régler la luminosité via le système d'exploitation ;
- Réduisez également le soir la contribution bleue de la lumière des écrans. Utilisez à cet effet les filtres électroniques de lumière bleue des appareils. La partie bleue du rayonnement lumineux peut aussi être réduite à l'aide de films ou de lunettes filtrant la lumière bleue.

Lors de l'utilisation d'écrans, accordez à vos yeux de temps à autre des pauses, de préférence en regardant au loin ou par un court séjour à l'air libre. De tels séjours vous aident en outre à favoriser votre rythme circadien.

Si vous êtes sensible au papillotement de l'éclairage,

- utilisez de préférence des appareils dont la luminosité de l'écran peut être réduite sans produire de papillotement, à l'aide d'un atténuateur DC ou à courant constant et que, à luminosité maximale, vous ne devez pas masquer ni atténuer ;
- vous devez veiller à maintenir une distance suffisante à l'écran, notamment lorsque celui-ci est très grand, de manière à en apercevoir les bords et aussi un peu de l'environnement.



**Les projecteurs exigent une utilisation compétente afin d'éviter tout risque pour la santé :**

- Ne regardez jamais directement dans le faisceau lumineux d'un projecteur. Installez le projecteur de sorte que personne (notamment les enfants) ne puissent porter son regard dans le faisceau. Le rayonnement réfléchi par l'écran d'un projecteur est sans danger ;
- Veuillez respecter les consignes de sécurité indiquées dans le mode d'emploi.



# Informations détaillées

## 1 Construction et caractéristiques du rayonnement

Les écrans des smartphones, des tablettes, des ordinateurs portables, des moniteurs d'ordinateur et des téléviseurs ainsi que les projecteurs utilisent diverses technologies qui produisent de la lumière visible de différentes manières. Leur description est présentée ci-après.

### 1.1 Écrans avec rétroéclairage

Les contributions colorées du rayonnement des écrans de technologies actuelles se basent sur la lumière des couleurs primaires rouge, vert et bleu. Celles-ci sont générées à partir de la lumière blanche du rétroéclairage, qui est installé à l'intérieur de l'écran. Leur rayonnement est transmis à travers des filtres de couleur rouge, verte ou bleue. Chaque groupe de trois filtres de couleur représente un des nombreux pixels d'un écran. Ces pixels émettent dans le mélange de couleur désiré en fonction des proportions de chaque couleur primaire. Si le rayonnement des trois couleurs primaires d'un pixel est au maximum, le pixel émet une lumière blanche, si, au contraire le rayonnement est au minimum, le pixel est noir.

La lumière blanche du rétroéclairage est générée par le biais de différentes technologies. Les plus anciennes fonctionnent avec des tubes fluorescents à cathode froide (CCFL). Ils génèrent un rayonnement ultraviolet qui est converti en différentes contributions de lumière visible colorée par le biais du revêtement fluorescent de la surface intérieure du tube dont le mélange donne une lumière blanche.

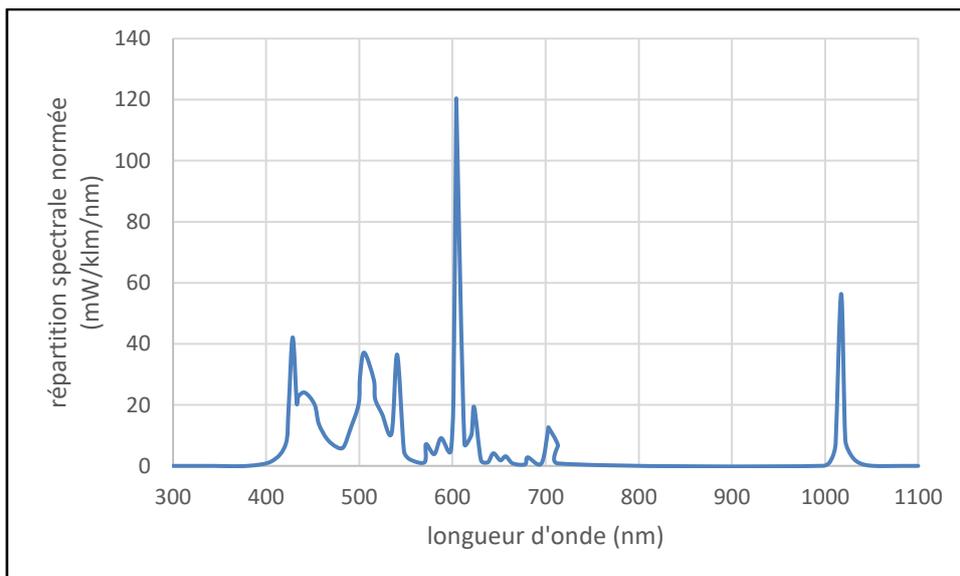


Figure 1. Spectre d'un écran d'ordinateur avec rétroéclairage CCFL

Les technologies actuelles utilisent des diodes électroluminescentes anorganiques (LED). Celles-ci produisent une lumière bleue dont une partie est convertie en lumière jaune rougeâtre par le revêtement fluorescent à la surface interne de la diode. Ce rayonnement, additionné à la contribution bleue, conduit à un mélange de couleur blanc.

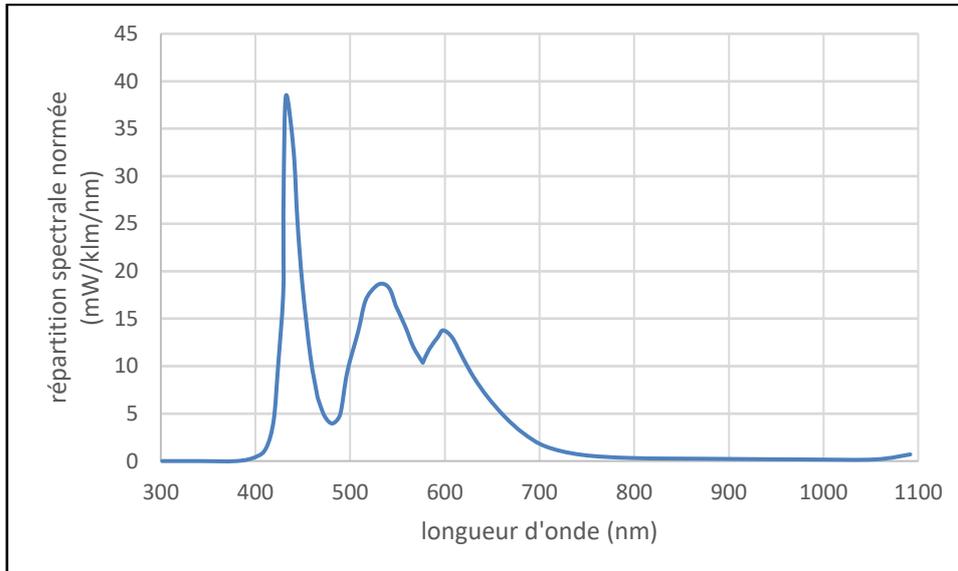


Figure 2. Spectre d'un écran avec un rétroéclairage LED

Les écrans utilisés dans le domaine graphique, qui doivent afficher une large gamme de couleur, fonctionnent parfois avec une combinaison d'une LED bleue et d'une LED verte par pixel, les deux générant en outre un rayonnement rouge via un revêtement phosphoré.

Les rétroéclairages des écrans peuvent également être construits avec des diodes électroluminescentes organiques blanches (WOLED ou WRGB). Ils sont constitués en une superposition de LED organiques rouges, vertes et bleues dont le mélange de couleur est de nouveau blanc.

Dans les écrans avec rétroéclairage par LED, la contribution bleue peut être plus ou moins marquée selon le réglage de la température de la couleur.

## 1.2 Écrans sans rétroéclairage

Les écrans sans rétroéclairage sont utilisés dans les tablettes, les smartphones, les ordinateurs ou les téléviseurs qui fonctionnent avec des diodes électroluminescentes organiques (OLED). Trois diodes électroluminescentes de chacune des couleurs rouge, verte et bleue forment un pixel. La couleur désirée d'un pixel peut être ajustée par l'intensité des contributions de ses diodes électroluminescentes. Lorsque l'émission des trois diodes d'un pixel est maximale, la couleur résultante est blanche. Cette technologie est aussi désignée par RGB-OLED.

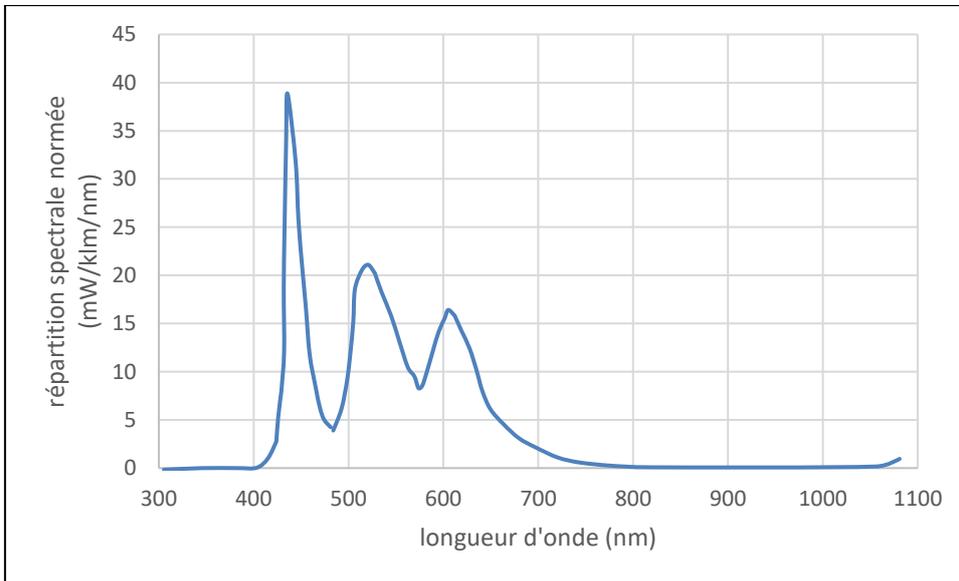


Figure 3. Spectre d'un écran de technologie RGB-OLED (sans rétroéclairage)

## 1.3 Réglage de la luminosité des écrans

Selon la conception ou le mode de fonctionnement, l'alimentation électrique des appareils génère un courant qui fluctue plus ou moins. Ceci a comme conséquence que l'intensité de la lumière émise par les appareils fluctue, respectivement papillote, phénomène appelé aussi flicker.

## 1.4 Projecteurs

### 1.4.1 Projecteurs LCD

Dans le cas des projecteurs LCD (Liquid Cristal Display), la source de lumière utilisée est la plupart du temps une lampe aux halogénures métalliques et rarement une LED ou un laser. Ces sources lumineuses génèrent, selon différents principes, de la lumière blanche qui est décomposée dans les trois couleurs de base, bleue, verte et rouge, par des miroirs semi-transparentes. Ces trois couleurs éclairent ensuite trois composants LCD identiques. Les écrans LCD consistent en un arrangement de nombreux pixels qui peuvent laisser passer, selon le besoin, des quantités différentes de lumière. Trois pixels arrangés de manière identique des trois composants de l'écran LCD forment ensemble un groupe de pixels qui génère trois faisceaux lumineux de couleur bleue, verte et rouge. Ces trois faisceaux lumineux frappent un prisme qui les mélange et produit un faisceau de la teinte désirée. Le faisceau mélangé est ensuite dirigé à l'aide d'un dispositif optique de projection sur l'écran, où il produit un pixel. Ce principe conduit à ce que le faisceau des projecteurs LCD peut comprendre une forte contribution de lumière bleue.

### 1.4.2 Projecteurs DLP



Les projecteurs DLP consistent en une source émettant de la lumière blanche. Celle-ci éclaire un dispositif tournant appelé roue chromatique. Cette dernière est composée de plusieurs segments transparents colorés. La rotation produit successivement de la lumière bleue, verte et rouge qui tombe sur une puce DLP. Cette puce est éclairée à un certain moment par une lumière bleue, verte ou rouge. Elle est constituée de milliers de micromiroirs réglés électroniquement qui tournent dans ou hors du faisceau lumineux. Les miroirs peuvent, en fonction de leur position, réfléchir ou non la lumière.

Chacun des micromiroirs représente un point de couleur ou pixel de l'image projetée. La puce DLP produit les mélanges de couleur désirés en projetant sur l'écran, à travers l'optique du dispositif, l'une après l'autre les couleurs de base dans la proportion voulue. Comme les miroirs peuvent tourner jusqu'à mille fois par seconde dans le faisceau lumineux, l'impression pour l'œil humain d'un mélange de couleurs constant est créée, même s'il est en fait composé à partir de la projection successive des couleurs primaires individuelles sur l'écran. Ce principe conduit au fait que le faisceau des projecteurs DLP peut contenir de fortes contributions de lumière bleue.

### 1.4.3 Projecteurs LED

Les projecteurs LED fonctionnent selon le principe des projecteurs LDC et DLP. Ils utilisent comme sources d'éclairage des LED dans les couleurs bleue, rouge et verte. Le rayonnement de ces LED est soit mélangé pour former une lumière blanche, soit directement dirigé vers les puces LCD ou DLP.

### 1.4.4 Projecteurs laser

Les projecteurs laser à usage domestique fonctionnent selon le principe des projecteurs LCD ou DLP. La source d'éclairage utilisée, au lieu d'être une source de lumière blanche, se compose de lasers émettant dans les couleurs bleue, rouge et verte. Le rayonnement de ces lasers est soit mélangé pour former une lumière blanche, soit dirigé directement sur les puces LCD ou DLP. Dans la sphère domestique, on n'utilise pas, pour des raisons de sécurité, des lasers individuels puissants mais des arrangements de plusieurs lasers de faible puissance.

## 2 Effets des écrans sur la santé

### 2.1 Lumière visible

#### 2.1.1 Effets sur la santé

La lumière visible atteint, plus ou moins directement selon l'âge, la rétine. Lors de fortes intensités lumineuses, la rétine, d'autres tissus et les cellules photoréceptrices de l'œil sont trop fortement éclairées. Il en résulte des processus thermiques et photochimiques qui peuvent endommager l'œil de manière irréversible et conduire à une perte partielle de la vision ou même à une cécité. Une contribution trop forte en lumière bleue, resp. une mise en danger par la lumière bleue (en anglais « blue light hazard »), représente un risque pour la population en général. Des dommages photochimiques peuvent se produire par réaction de la lumière bleue avec des substances déposées dans l'œil, tels que la lipofuscine, substances dont la déposition augmente avec l'âge (Behar-Cohen et al. 2011).



## 2.1.2 Valeurs limites et normalisation concernant la mise en danger par la lumière bleue

Pour éviter les risques aigus liés au rayonnement visible et infrarouge, la Commission internationale pour la protection contre le rayonnement non ionisant (ICNIRP 2013), a recommandé des valeurs limites qui concernent aussi la mise en danger par la lumière bleue. La valeur limite d'exposition à la lumière bleue a pour objectif de restreindre le rayonnement de la lumière bleue tombant sur la rétine et de prévenir les risques sanitaires aigus. Elle se base sur la quantité de rayonnement pour laquelle on observe déjà des lésions visibles à la rétine dans 50% des yeux examinés. Cette limite a les propriétés d'une dose, c'est-à-dire du produit d'une intensité de rayonnement par une durée d'exposition. Cela signifie que lors de très longues durées d'exposition, l'intensité incidente doit être faible ou que l'intensité peut être importante pour des durées d'exposition très courtes. La valeur limite pour l'exposition à la lumière bleue distingue deux cas : 1) yeux normaux avec cristallins et 2) yeux sensibles à la lumière bleue des enfants possédant un cristallin très clair ainsi que des personnes qui n'ont pas de cristallin ou un cristallin artificiel très clair suite à une opération de la cataracte.

La norme européenne sur les lampes et les systèmes de lampes SN EN 62471, à l'aide de laquelle on peut aussi évaluer les sources de lumière des écrans et des projecteurs, établit une valeur limite pour la mise en danger par la lumière bleue selon différents groupes de risque (tableau 1). Ceux-ci se distinguent par la durée durant laquelle une source de lumière peut éclairer la rétine de l'œil avant d'atteindre la valeur limite. La norme distingue ainsi deux sources de lumière, celles qui, du fait de leur faible intensité, ne représentent pas un risque, même en cas d'engagement non limité dans le temps, et celles qui, du fait de leur intensité plus élevée ou très élevée, ne sont sans danger que lors d'une durée d'utilisation limitée ou très courte. Les groupes sont définis comme suit :

Groupe de risque d'une lampe	Durée de l'exposition de l'œil conduisant à la valeur limite de la mise en danger par la lumière bleue	Désignation de la lampe par un groupe de risque	Mises en garde / Avertissements
Groupe libre	supérieure à 10000 secondes	pas requise	pas requis
Groupe de risque 1	entre 100 et 10000 secondes	pas requise	pas requis
Groupe de risque 2	entre 0.25 et 100 secondes	requise	mises en garde requises
Groupe de risque 3	inférieure à 0.25 secondes	requise	avertissements requis

Tableau 1. Groupes de risque

Les groupes de risque ne représentent toutefois la mise en danger par la lumière bleue que de manière relativement approximative car les durées admissibles d'exposition à l'intérieur d'un groupe baient un large domaine. La durée d'exposition de la rétine pour laquelle la limite n'est plus respectée est plus pertinente pour évaluer une source de lumière.

Selon les recommandations de la Commission électrotechnique internationale (CEI), les sources de lumière appartenant aux groupes de risque 2 et 3 doivent être désignées par leur groupe de risque et être pourvues d'une mise en garde, respectivement d'un avertissement, sur l'emballage ou dans les informations sur le produit (notice d'utilisation). Pour les sources de lumière qui n'appartiennent pas au groupe libre, il faut signaler clairement dans l'information pour l'utilisateur que la classification se



situe hors du groupe libre (IEC TR 62471-2).

### 2.1.3 Effets à long terme

La valeur limite couvre principalement les risques sanitaires qui sont à ce jour bien investigués et qui interviennent après des durées d'exposition de moins d'une seconde à plusieurs heures. On ne peut pas juger, sur la base des connaissances scientifiques actuelles, si les valeurs limites applicables à la lumière visible peuvent aussi empêcher les effets sanitaires tels que les phénomènes de dégénérescence de la macula (zone de la plus grande acuité visuelle sur la rétine) lors d'expositions chroniques, durant toute la vie, à la lumière bleue (Shang et al. 2014 ; Moon et al. 2017).

### 2.1.4 Mise en danger par la lumière bleue pour différents groupes de produits

Une étude réalisée par METAS sur mandat de l'OFSP a examiné la mise en danger par la lumière bleue provenant des smartphones, tablettes, liseuses (e-readers), écrans d'ordinateurs, ordinateurs portables, téléviseurs et projecteurs.

*Smartphones, tablettes, liseuses, écrans d'ordinateurs, ordinateurs portables, téléviseurs*

Les résultats montrent que les écrans des smartphones, tablettes, liseuses, écrans d'ordinateurs, ordinateurs portables et téléviseurs appartiennent au groupe libre (tableau 2). Les personnes qui utilisent ces produits, même pendant de longues durées ne sont pas mises en danger par la lumière bleue qu'ils émettent.

Sources de lumière	Distances	Durée maximale d'exposition	Groupe de risque
Smartphones	20 cm ; 30 cm	> 10000 s	Groupe libre
Tablettes, liseuses	20 cm ; 30 cm	> 10000 s	Groupe libre
Écrans d'ordinateur	30 cm ; 60 cm	> 10000 s	Groupe libre
Ordinateurs portables	30 cm ; 60 cm	> 10000 s	Groupe libre
Téléviseurs	30 cm ; 60 cm	> 10000 s	Groupe libre

**Tableau 2. Durée maximale d'exposition et groupe de risque des smartphones, tablettes, liseuses, écrans d'ordinateur, ordinateurs portables et téléviseurs**

*Projecteur*

Les résultats indiquent que les projecteurs, à des distances d'au moins trois mètres, peuvent, selon le modèle, appartenir au groupe de risque 2. Cela signifie qu'un coup d'œil rapide dans le faisceau d'un projecteur peut déjà mettre en danger les yeux. Le risque concerne aussi bien les yeux normaux que ceux qui sont sensibles. Les projecteurs doivent donc être utilisés de sorte que les personnes ne puissent pas regarder dans le faisceau. Les fixations aux parois à une hauteur sûre ou au plafond sont appropriées. Dans le cas de projecteurs installés provisoirement sur une table, les utilisateurs doivent s'assurer que ni eux ni le public ne puissent regarder dans le faisceau, soit consciemment soit par inadvertance.



Distances	Domaine des valeurs pour 3 modèles différents de projecteurs			
	Durée maximale d'exposition		Groupe de risque	
	Yeux normaux	Yeux sensibles	Yeux normaux	Yeux sensibles
30 cm	2 à 17 s	2 à 16 s	GR2	GR2
1 m	10 à 52 s	GR2	GR2	GR2
3 m	54 à 10000 s	52 à > 10000 s	GR2, groupe libre	GR2, GR1, groupe libre
Rayonnement réfléchi à 3 mètres de distance par une image projetée sur un écran	> 10000 s	> 10000 s	Groupe libre	Groupe libre

**Tableau 3. Durées maximales d'exposition et groupes de risque de projecteurs pour des yeux normaux et sensibles. Mesures pour trois projecteurs**

### 2.1.5 Évaluation sanitaire

Selon l'état actuel des connaissances, la contribution en lumière bleue des écrans ne met pas les yeux en danger. Ceci est aussi valable pour les enfants et les personnes ayant des cristallins très clairs ou étant sans cristallins. La prudence est toutefois de mise lorsque les personnes regardent directement dans le faisceau à courte distance. Les effets à long terme de la lumière bleue de tous les produits mentionnés ne peuvent pas être évalués.

## 2.2 Rythmes biologiques

### 2.2.1 Principes de base des effets circadiens de la lumière bleue sur des fonctions corporelles

Un grand nombre de processus physiologiques chez l'être humain se déroulent selon une chronologie prédéfinie. Le rythme des hormones telles que la mélatonine ou le cortisol, le système immunitaire, la température corporelle, le cycle veille-sommeil, les performances intellectuelles et beaucoup d'autres processus en font partie (CIE 2009). Ils sont soumis à des rythmes circadiens de 24 heures qui sont principalement pilotés par une « horloge interne » localisée dans le cerveau. Comme cette fonction cérébrale ne présente pas un cycle exact de 24 heures, elle doit être réajustée quotidiennement. Cela se fait par le biais de la contribution bleue de la lumière du jour qui tombe sur la rétine dès les heures du matin. Cette lumière est absorbée par les cellules nerveuses de la rétine sensibles à la lumière ainsi que par les cellules de la vision et est transformée en impulsions nerveuses qui sont transmises à l'horloge interne dans le cerveau.

La lumière bleue, qui est présente de manière prononcée dans la lumière du jour, a une action stimulante sur l'organisme le matin et durant la journée. Par contre, le soir et durant la nuit, la fonction activateur de la lumière bleue peut avoir des conséquences indésirables car elle donne au corps l'information concernant la phase diurne en dépit du fait qu'il est en phase nocturne. De cette manière les processus qui préparent les êtres humains à la phase du sommeil, ou qui ont lieu durant cette phase,



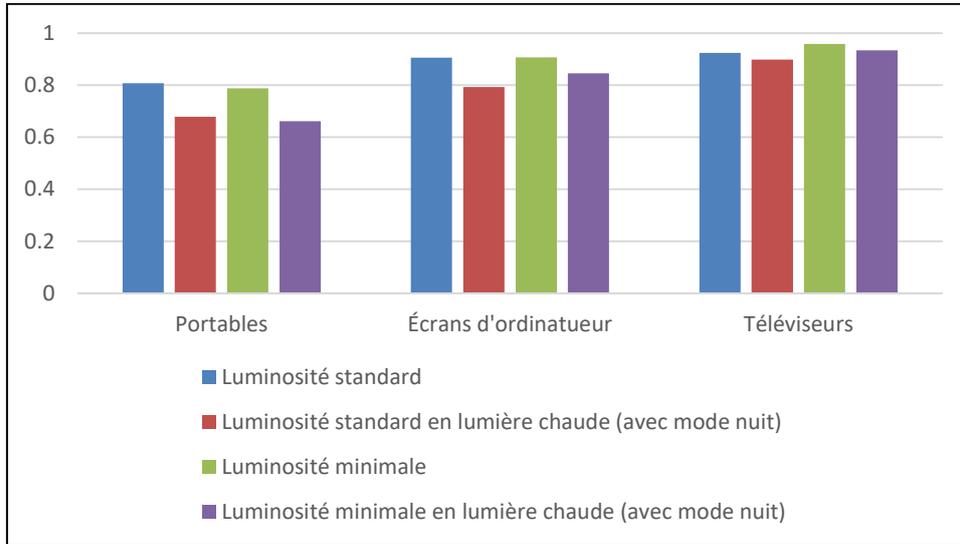
sont perturbés. Ainsi par exemple, la vigilance et l'attention sont renforcées et la synthèse de l'hormone du sommeil, la mélatonine, est atténuée, ce qui peut provoquer des troubles de l'endormissement. De tels effets se manifestent déjà pour de faibles intensités de rayonnement. Outre ces effets aigus, les connaissances scientifiques indiquent de plus en plus que, du fait de la perturbation des rythmes physiologiques, des effets graves sur la santé à long terme ne sont pas à exclure, comme par exemple le cancer ou la surcharge pondérale consécutifs au travail en équipe (IARC 2010).

## 2.2.2 Valeurs limites et normes

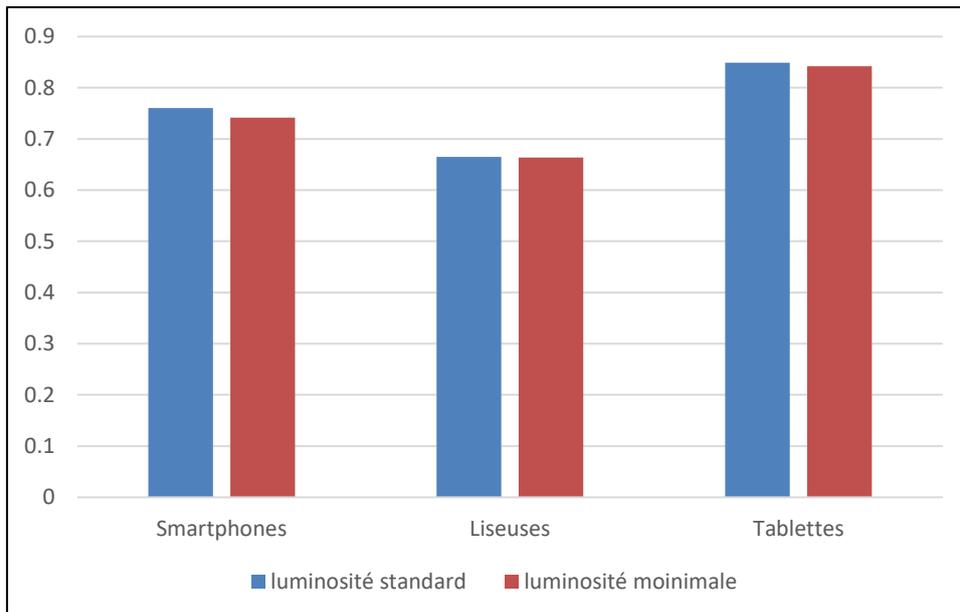
Il n'existe pour le moment aucune valeur limite pour les actions circadiennes de la lumière visible. La norme DIN SPEC 5031-100 définit un facteur d'efficacité mélanopique visant à caractériser les propriétés circadiennes des sources de lumière. Ce facteur décrit, pour une source de lumière donnée, le rapport de la contribution effective au niveau circadien à sa contribution visible à l'œil nu (Bellia et al. 2014 ; Bellia und Seraceni 2014). Un facteur mélanopique de 1 correspond à peu près à la lumière du jour en plein air sous un ciel nuageux. Les sources de lumière possédant un facteur mélanopique de 1 ont ainsi des propriétés activatrices sur l'organisme semblables à celles de la lumière du jour. Les sources de lumière qui ont un facteur inférieur à 1 activent en conséquence moins l'organisme que la lumière du jour. Le facteur d'efficacité mélanopique permet une comparaison entre différentes sources de lumière, mais ne donne aucune indication sur l'efficacité circadienne d'une source.

## 2.2.3 Facteurs d'efficacité mélanopique de produits comprenant des écrans et des projecteurs

L'étude réalisée par METAS sur mandat de l'OFSP a déterminé les facteurs d'efficacité mélanopique de produits comprenant des écrans. La figure 4 présente les résultats pour les ordinateurs portables, les écrans d'ordinateurs et les téléviseurs dans quatre modes de fonctionnement : luminosité standard ; luminosité standard lumière chaude (en mode nuit) ; luminosité minimale ; luminosité minimale lumière chaude (en mode nuit). La figure 5 présente les valeurs moyennes des facteurs d'efficacité mélanopique des smartphones, liseuses et tablettes dans les modes de fonctionnement de luminosité standard et de luminosité minimale. Les résultats indiquent que le mode nuit, notamment pour les ordinateurs portables et moins pour les écrans d'ordinateur ou les téléviseurs, réduit le facteur d'efficacité mélanopique de la source de lumière. Toutefois ces facteurs, situés entre 0,6 et 0,95, sont toujours relativement élevés comparés à un éclairage intérieur à l'aide d'ampoules basse consommation émettant une lumière blanche chaude ou par LED (env. 0,4).



**Figure 4. Effets circadiens de produits contenant des écrans : Valeurs moyennes des facteurs d'efficacité mélanopique des ordinateurs portables, des écrans d'ordinateur et des téléviseurs dans les modes de fonctionnement luminosité standard, luminosité standard en lumière chaude (avec mode nuit), luminosité minimale, luminosité minimale en lumière chaude (avec mode nuit)**



**Figure 5. Effets circadiens de produits avec écrans : Valeurs moyennes des facteurs d'efficacité mélanopique des smartphones, liseuses et tablettes dans les modes de fonctionnement de luminosité standard et de luminosité minimale**

## 2.2.4 Évaluation sanitaire

La contribution bleue de la lumière des écrans peut, en fonction de son intensité, influencer les effets circadiens de l'organisme. La température de couleur de l'écran, qui peut être réglée dans beaucoup d'appareils par l'intermédiaire du système d'exploitation, est une mesure de cette contribution. Des



températures de couleur de 3000 Kelvin produisent un *rayonnement qui possède des propriétés semblables à un éclairage intérieur avec des lampes à incandescence, des lampes basse consommation émettant une lumière blanche chaude* ou des lampes LED. Ce réglage de la température de couleur convient à l'utilisation en soirée d'appareils avec écran. Les écrans réglés sur une lumière blanche froide ou bleutée avec des températures de couleur de 4000 à 8000 Kelvin conviennent à l'utilisation des appareils durant la journée.

## 2.3 Papillotement

Dans le cas des écrans et des projecteurs, la luminosité de la lumière émise peut plus ou moins fluctuer dans le temps selon le produit. Ces fluctuations sont désignées sous le terme de papillotement ou de flicker, ceci dans la mesure où ils communiquent aux êtres humains l'impression, par le biais de leur perception visuelle, que la lumière est discontinue. Les fluctuations temporelles de la luminosité, resp. le papillotement, dépendent de la technologie et de la qualité de l'alimentation électrique du rétroéclairage, alimentation qui fournit l'énergie à ces appareils. Le papillotement survient notamment pour les alimentations électriques qui fonctionnent par modulation de largeur d'impulsions (alimentation MLI). En mode tamisé, elles réduisent périodiquement le courant ou le coupe complètement. Comme les LED, contrairement aux tubes à fluorescence, n'ont pas de propriétés de rémanence, les fluctuations du courant sont transmises directement à la lumière émise. Lorsque la fréquence des alimentations MLI est trop basse, un papillotement peut survenir. Les écrans avec atténuateurs DC (direct current dimming) ou à courant constant produisent, aussi en mode tamisé, un courant constant, pas ou très peu pulsé, et présentent en conséquence un faible papillotement ou pas de papillotement du tout.

### 2.3.1 Effets du papillotement sur les êtres humains

La plupart des gens peuvent discerner avec les yeux un papillotement jusqu'à une fréquence de 30 à 60 hertz. Les papillotements ayant des fréquences de 100 hertz et plus ne sont pas identifiables consciemment par les êtres humains. Cependant la rétine peut les détecter jusqu'à une fréquence de 500 hertz sans que l'être humain les perçoivent consciemment.

On sait très peu de choses sur les effets sanitaires du papillotement. Les connaissances dont on dispose proviennent d'études sur les tubes fluorescents dotés de ballasts conventionnels. Le papillotement peut provoquer des effets sanitaires apparaissant immédiatement aussi bien qu'à long terme. Les effets immédiats concernent notamment les personnes qui souffrent d'épilepsie photosensible. Ils sont mis en danger lorsque la fréquence du papillotement se situe entre 3 et 70 hertz. Les phénomènes de papillotement de longue durée peuvent conduire à des maux de tête, des migraines, des douleurs oculaires, une limitation de la performance visuelle, une distraction ou une limitation des capacités (Wilkins et al. 2010; Karanovic et al. 2011; Shepherd 2010). Les êtres humains peuvent ressentir plus fortement le papillotement de sources de lumière de grande surface, telles que les grands écrans ou les téléviseurs panoramiques que celui de petites sources ponctuelles. En raison des courtes distances, les écrans exposent les zones périphériques de la rétine, zones qui sont plus sensibles au papillotement. Celui-ci est en outre mieux perceptible dans le cas de sources de haute luminosité (Becker 2019, Emoto 2012).



## 2.3.2 Valeurs limites

Pour l'instant, il n'existe pas de valeurs limites contraignantes pour le papillotement. Les propriétés d'une source de lumière vis-à-vis du papillotement sont indiquées en « pourcentage de papillotement » ou en indice de papillotement (Poplawski und Miller 2013). Un pourcentage de 0 signifie que la source de lumière ne présente pas de papillotement et émet de manière continue. Un pourcentage de 100 signifie que l'intensité de la lumière varie périodiquement entre sa valeur maximale et l'obscurité.

## 2.3.3 Intensité de papillotement de catégories d'appareils

L'étude réalisée par METAS sur mandat de l'OFSP montre que les écrans des smartphones, des liseuses, des tablettes, des ordinateurs portables et des écrans d'ordinateurs, utilisés au maximum de leur luminosité, ne présentent pas ou très peu de papillotement. A la luminosité minimale, les propriétés concernant le papillotement dépendent des différents modèles. Certains modèles ne produisent aucun papillotement alors que d'autres produisent un papillotement maximal. Les téléviseurs mesurés ont présenté un papillotement marqué, aussi bien à luminosité minimale que maximale. Les projecteurs peuvent également présenter un papillotement intense à luminosité maximale (tableaux 4).

Sources lumineuses de types d'appareils	Luminosité	% de papillotement : appareil à la valeur minimale	% de papillotement : appareil à la valeur maximale
Smartphone	luminosité maximale	0	7
Smartphone	luminosité minimale	0	96
Liseuses	luminosité maximale	0	0
Liseuses	luminosité minimale	0	1
Tablette	luminosité maximale	0	7
Tablette	luminosité minimale	0	95
Ordinateur portable	luminosité maximale	0	0
Ordinateur portable	luminosité minimale	0	100
Écran d'ordinateur	luminosité maximale	0	15
Écran d'ordinateur	luminosité minimale	0	100
Téléviseur	luminosité maximale	83	99
Téléviseur	luminosité minimale	97	100
Projecteur	luminosité maximale	7	100
Projecteur	luminosité minimale	5	100

Tableau 4. Propriétés de papillotement pour les écrans et les projecteurs

## 2.3.4 Évaluation sanitaire

Les propriétés concernant le papillotement d'un écran peuvent être constatées à l'aide de l'appareil de photo d'un smartphone ou d'une caméra numérique focalisé sur l'écran. Si l'image photographique présente des bandes, l'écran photographié papillote. Actuellement on ne peut pas juger définitivement



si le de papillotement des LED présente un risque pour la santé (SCENIHR 2018). Pour des raisons préventives, il est ainsi recommandé :

- d'utiliser dans la mesure du possible des écrans sans papillotement ; ils sont commercialisés sous la notion d'atténuation DC ;
- de renoncer à l'atténuation des écrans lorsqu'ils sont utilisés en présence de personnes qui souffrent d'épilepsie, de migraines ou de maux de tête.

### 3 Réglementation légale et normalisation

Les écrans et les projecteurs doivent, en tant que matériels électriques à basse tension, correspondre aux exigences de l'ordonnance sur les matériels électriques à basse tension (OMBT RS 734.26). Ces matériels ne doivent mettre en danger ni les personnes ni les biens et ne doivent être mis à disposition sur le marché que s'ils remplissent les exigences fondamentales sur la sécurité et la protection de la santé contenues dans la directive européenne 2014/35/UE. Les exigences fondamentales sont spécifiées dans des normes européennes. Le rayonnement optique admissible est défini dans la norme européenne SN EN 62471 : 2008 qui se base sur les recommandations de la Commission internationale de la protection contre le rayonnement non ionisant concernant les valeurs limites des rayonnement visibles et infrarouges incohérents (ICNIRP 2013). Les fabricants sont eux-mêmes responsables de la compatibilité de leurs appareils avec ces critères de conformité.

### 4 Bibliographie

- Behar-Cohen, F.; Martinsons, C.; Vienot, F.; Zisis, 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. DOI: 10.1177/1477153513495867.
- 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.
- CIE (2009): Ocular lighting effects on human physiology and behaviour. Technical report. Vienna: CIE Central Bureau (CIE technical report, 158).
- NF EN 62471 2008: Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes, Electrosuisse, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf
- IARC (2010): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans VOLUME 98 Painting, Firefighting, and Shiftwork.
- ICNIRP (2013): ICNIRP GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO INCOHERENT VISIBLE AND INFRARED RADIATION. In: Health physics 105 (1), S. 74–96.
- IEC TR 62778:2014 Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires. Online verfügbar unter <https://webstore.iec.ch/publication/7427>, zuletzt geprüft am 03.07.2015.
- 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. DOI: 10.1177/0333102411398401.
- Moon, Jiyoung; Yun, Jieun; Yoon, Yeo Dae; Park, Sang-II; Seo, Young-Jun; Park, Won-Sang et al. (2017): Blue light effect on retinal pigment epithelial cells by display devices. In: Integrative



biology : quantitative biosciences from nano to macro 9 (5), S. 436–443. DOI: 10.1039/c7ib00032d.

- 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.
- SCENIHR (2018): Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/scheer/docs/scheer\\_o\\_011.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_011.pdf)
- 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. DOI: 10.1289/ehp.1307294.
- 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. DOI: 10.2150/jlve.34.94.
- 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.
- Wilkins, Arnold; Veitch, Jennifer; Lehman, Brad (2010): LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE.
- DIRECTIVE 2014/35/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension
- OMBT : Ordonnance sur les matériels électriques à basse tension (RS 734.26)