CSTB
le futur en construction

Les enjeux de l'éclairage pour la santé (extrait)

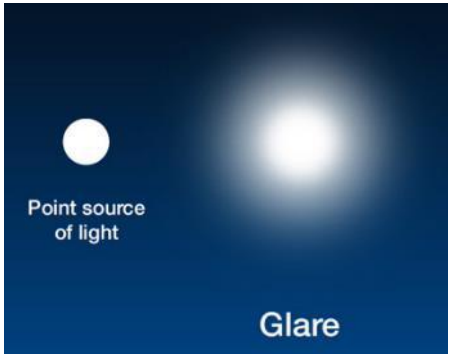
Christophe MARTINSONS, christophe.martinsons@cstb.fr, 19 novembre 2025

Les éblouissements

Eblouissement

Définition

L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles on éprouve, soit une gêne, soit une réduction de l'aptitude à distinguer des objets, soit les deux simultanément, par suite d'une répartition défavorable des luminances ou de leur échelonnement entre deux valeurs extrêmes, ou par suite de contrastes excessifs dans l'espace et dans le temps



Éblouissement « d'incapacité »

Diminution de la capacité de vision mais pas nécessairement une gêne

Eblouissement « d'inconfort »

Exprime une gêne mais qui ne trouble pas forcément la vue

Eblouissement: deux phénomènes différents

Eblouissement d'incapacité

Perte temporaire et réversible d'acuité visuelle

Diffusion de lumière dans les milieux oculaires

Effet de « voile »

Produit par de forts éclairement

Typique des éclairages de fortes puissances à l'extérieur

Indices : L_{voile}, GR, TI

Eblouissement d'inconfort

Ressenti d'inconfort temporaire et réversible

Produit par les différences de contraste

Pas de perte d'acuité visuelle

Typique des éclairages intérieurs brillants sur fond sombre

Indice : UGR

Eblouissement d'incapacité

Diffusion de la lumière dans les tissus oculaires :

Apparition d'un **voile lumineux**, dont la luminance augmente beaucoup avec **l'âge**

Aggravé par certaines pathologies oculaires

Peu dépendant du spectre et de la couleur de la lumière

En éclairage intérieur : pas d'éblouissement d'incapacité en-dessous de 10 000 cd/m²

voile lumineux (sujet jeune)

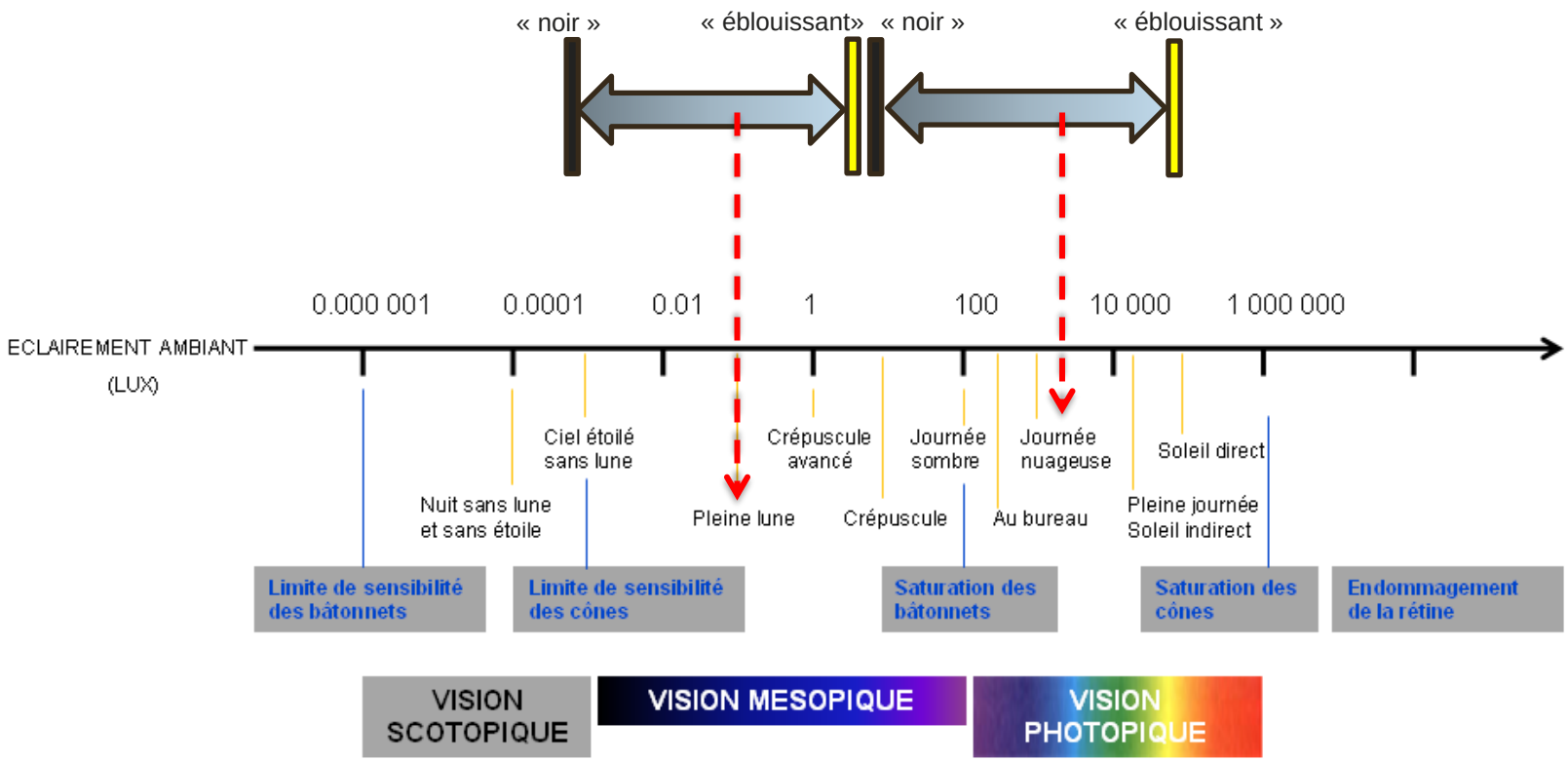
voile lumineux (sujet âgé)

Éblouissement d’inconfort

L’un des facteurs les plus impactant pour la qualité de l’environnement intérieur (QEI)

Préoccupation majeure concernant les LED

Adaptation et plages dynamiques de vision

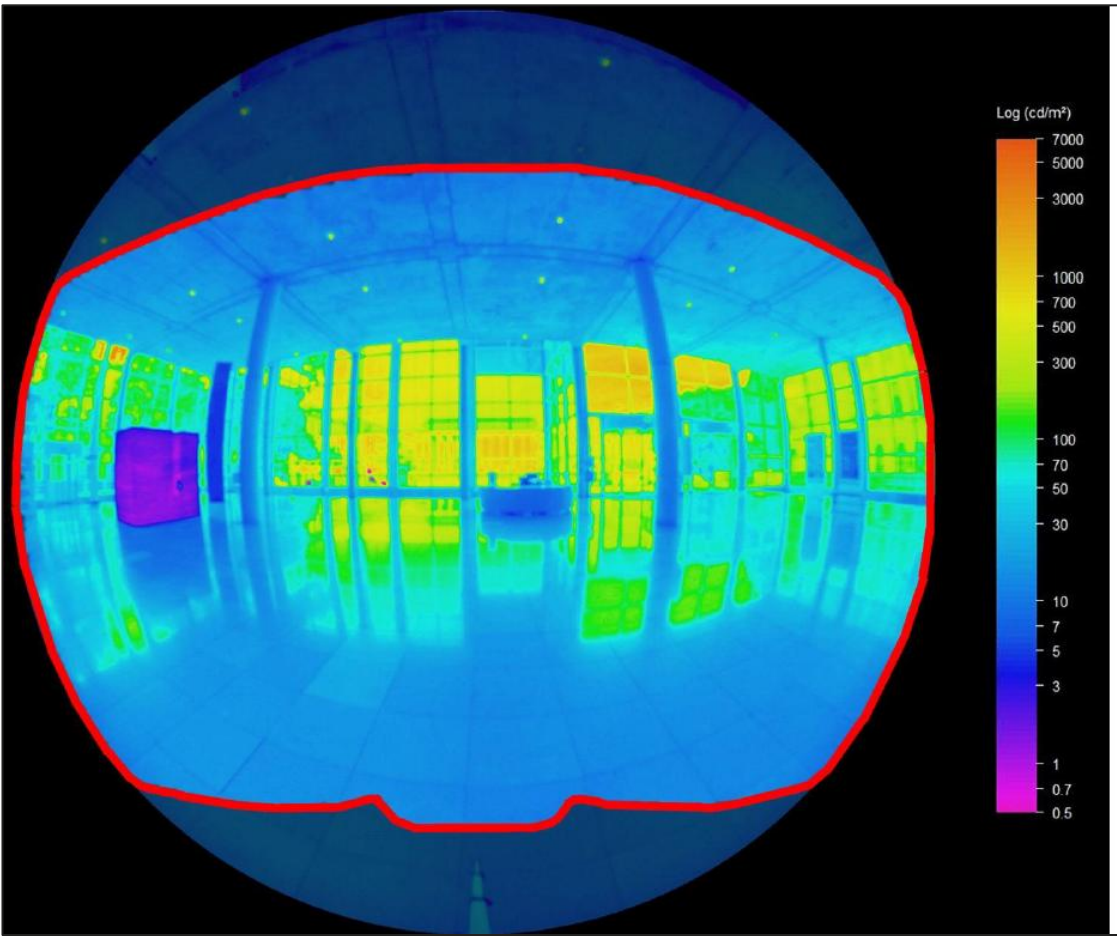


Plages de confort visuel

		Luminance moyenne d'adaptation (cd/m²)	Limite basse « noir » (cd/m²)	Limite haute « éblouissement d'inconfort » (cd/m²)
Environnement intérieur bien éclairé	La nuit, chaussée bien éclairée et éclairage public	10	**0.2**	**762**
	Extérieur jour faible luminosité	1 000	**12**	**10 514**
	Extérieur jour luminosité moyenne	5 000	**57**	**26 313**
	Extérieur jour luminosité élevée	10 000	**113**	**39 062**

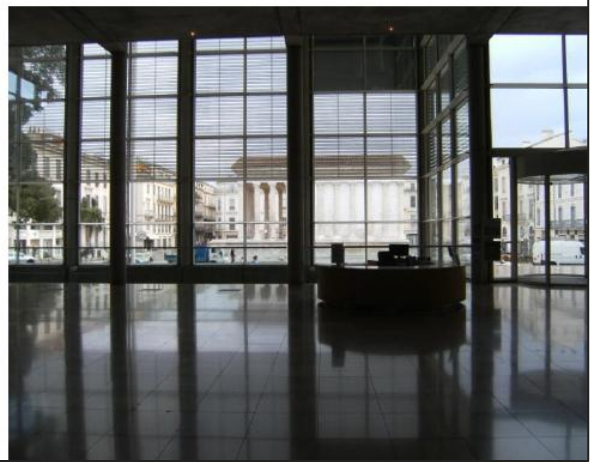
Bodmann, H.-W., and M. La Toison. "Predicted Brightness-Luminance Phenomena." *Lighting Research and Technology* 26, no. 3 (January 1, 1994): 135–43. https://doi.org/10.1177/096032719402600302

Diagnostic de confort visuel



POINT DE VUE 12

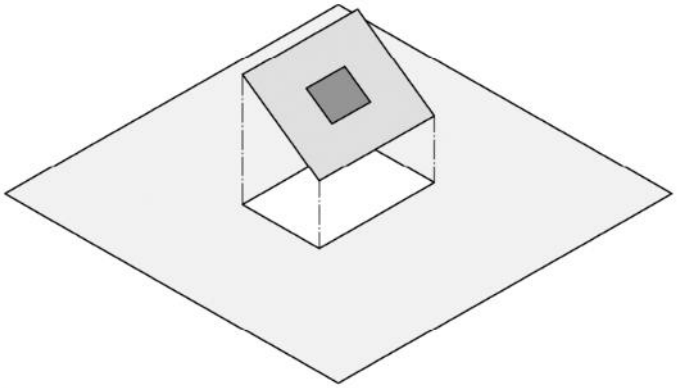
Luminance moyenne (cd/m²)	Limite basse « noir » (cd/m²)	Limite haute « éblouissement d'inconfort » (cd/m²)
78	**1.1**	**2 456**



CARRÉ D'ART
MUSÉE D'ART CONTEMPORAIN

Contrastes de luminance à respecter

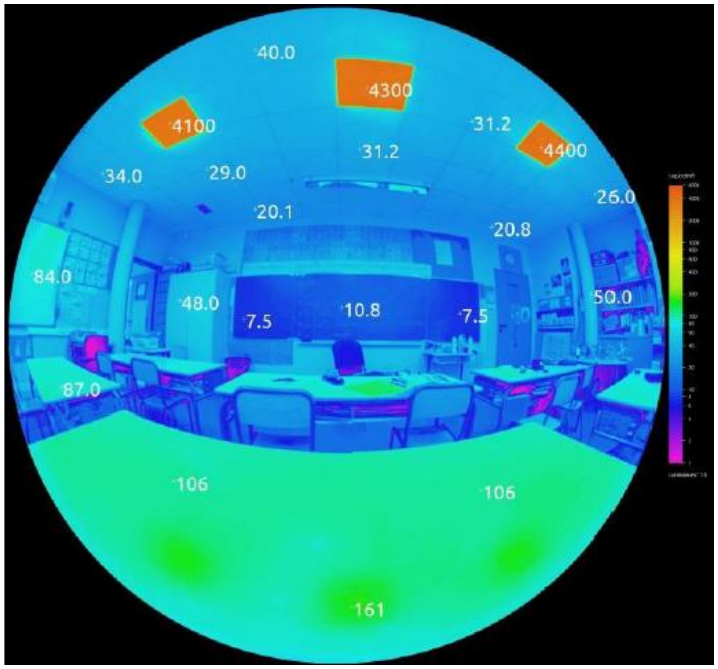
EN 12464-1:2021 (F)



Légende

- aire d'une tâche ou zone d'activité (non représentée à l'échelle) dans une taille et position spécifiée (voir 5.3.3)
- zone environnante immédiate (bande d'une largeur d'au moins 0,5 m autour de l'aire de la tâche ou de la zone d'activité se trouvant dans le champ visuel)
- zone de fond (bande d'une largeur d'au moins 3 m adjacente à la zone environnante immédiate ou jusqu'aux limites de l'espace pour les petites pièces) horizontale au niveau du sol

Figure 1 — Dimensions minimales de la zone environnante immédiate et de la zone de fond par rapport à l'aire d'une tâche ou à la zone d'activité (figure non représentée à l'échelle)



En éclairage intérieur, pas d'éblouissement d'inconfort en dessous de 500 cd/m²

Norme française d'ergonomie visuelle NF X 35-103 :
Limiter le **rapport de luminance** entre la zone de travail et son environnement immédiat :

- 1:3 : entre la zone de travail et les surfaces adjacentes (environnement immédiat)
- 1:10 entre la tache visuelle et la zone de fond
- 1:20 entre les sources lumineuses et leur environnement proche (tolérance maximale 1:50 donnée dans le code du travail)

Luminance des luminaires pour le travail sur écran

Tableau 7 — Limites de la luminance moyenne des luminaires pouvant se réfléchir sur un écran plat

État de luminance élevé de l'écran	Écran à haute luminance $L > 200$ cd·m^{-2}	Écran à luminance moyenne $L \leq 200$ cd·m^{-2}
Cas A (polarité positive et exigences normales concernant la couleur et le détail des informations affichées, comme pour les écrans utilisés dans les bureaux, pour l'enseignement, etc.)	≤ 3 000 cd·m^{-2}	≤ 1 500 cd·m^{-2}
Cas B (polarité négative et/ou exigences plus élevées concernant la couleur et le détail des informations affichées, comme pour les écrans utilisés en conception assistée par ordinateur, pour le contrôle des couleurs, etc.)	≤ 1 500 cd·m^{-2}	≤ 1 000 cd·m^{-2}
NOTE L'état de luminance élevé de l'écran (voir l'EN ISO 9241-302) décrit la luminance maximale de la partie blanche de l'écran, cette valeur étant fournie par le fabricant de l'écran.		

Norme NF EN 12464-1:2021

L'indice normalisé UGR (Unified Glare Rating)

Luminance de la source éblouissante

Angle solide avec lequel est vu le luminaire

$$UGR = 8\log\left[\frac{0{,}25}{L_b}\sum_p \frac{L^2\omega}{p^2}\right]$$

Luminance de fond sans présente de la sources éblouissante

Index de position du luminaire

Pas d'éblouissement

$$10 \leq UGR \leq 30$$

Eblouissement insupportable

UGR s'évalue par l'étude photométrique (logiciel d'éclairage type Dialux ou Relux)

Sinon UGR est donné par le fabricant des luminaires dans des cas standards

Classes d'UGR

UGR 15	Exécution de tâches visuelles très exigeantes, par exemple assemblage électronique minutieux
UGR 17	Exécution de tâches avec des exigences visuelles particulières, par exemple contrôle fin. Exécution de tâches avec des exigences visuelles modérées mais demandant une concentration importante et continue, par exemple travail de bureau, assemblage de composants de petite taille.
UGR 18	Exécution de tâches avec des exigences visuelles et une concentration modérées, par exemple travail d'atelier en position assise, assemblage de pièces de taille moyenne pour un travailleur debout.
UGR 20	Exécution de tâches avec des exigences visuelles simples exigeant une concentration normale pour des travailleurs qui se déplacent fréquemment dans une zone très limitée, par exemple manutention de service autour d'une grosse machine, montage de pièces de dimensions importantes.
UGR 21	Locaux dans lesquels les personnes n'ont pas de poste de travail fixe, elles se déplacent pour exécuter des tâches de très faibles exigences visuelles. Locaux qui ne sont pas utilisés de façon continue par les mêmes personnes.

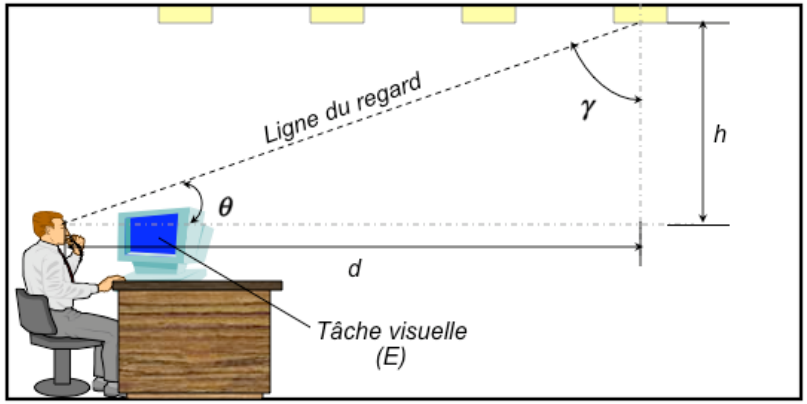
CSTB
le futur en construction

à savoir…

Risque d'inconfort augmente quand:

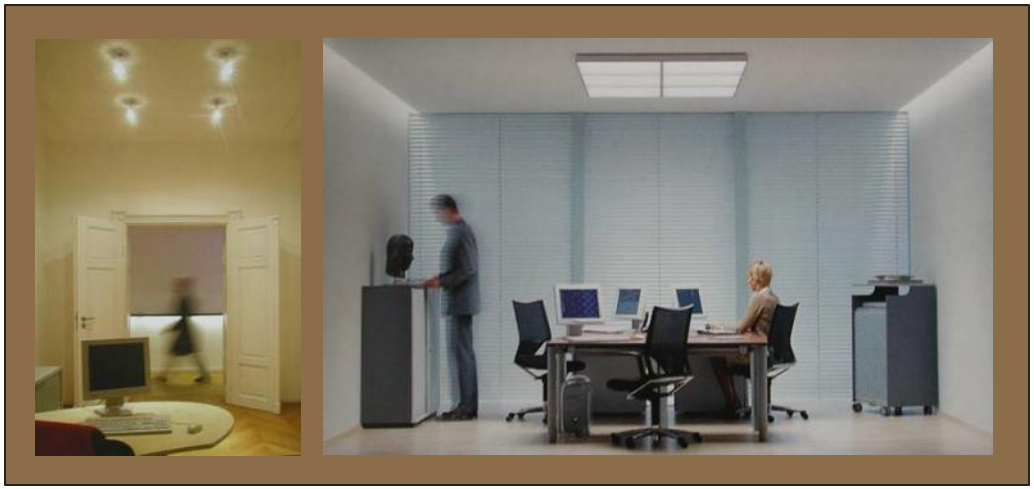
- Source se rapproche la ligne de regard
- Contraste source/fond augmente
- Dimensions de sources diminuent
- Les sujets sont âgés

Aucune source ne doit se trouver en dessous de 45°

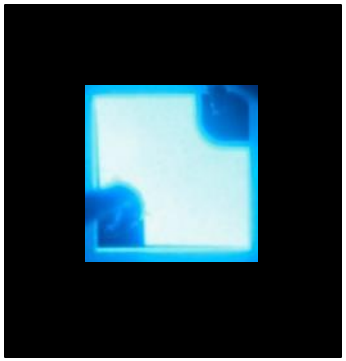


Utiliser une lumière « tamisée »

Plus la source est petite, plus elle éblouissante



Ne pas positionner des sources de lumière sur un fond sombre



Eblouissement d'inconfort par les LED

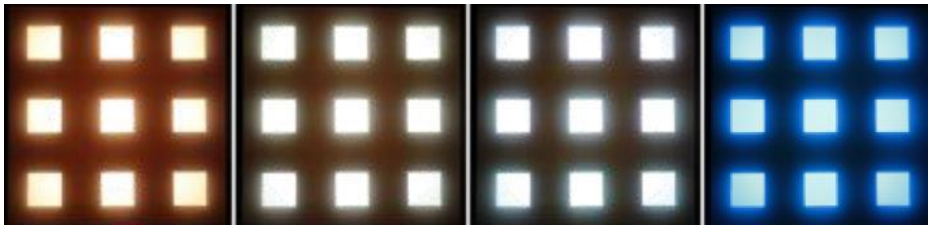
Ce phénomène est critique lorsque les LED sont directement accessibles en vision directe.

Anciens produits à LED (2010)

Eblouissement d’inconfort

Dépendance au spectre / couleur : non prise en compte dans les normes

Le blanc froid est plus inconfortable que le blanc chaud (influence des cônes bleu)



Eblouissement par les fenêtres

Réduction de l'éblouissement d'une fenêtre associé à l'usage d'un store (store vénitien ou store screen, valeurs de luminance en cd/m²)

Eblouissement d'inconfort par les fenêtres (lumière naturelle)

Le DGP (Daylight Glare Probabiblity) est un indicateur d'éblouissement qui quantifie le pourcentage de personnes insatisfaites de l'éblouissement par les fenêtres (avec ou sans protection solaire) en éclairage naturel, dans des environnements de type bureau ou résidentiel.

Luminance de la fenêtre n°j

Angle solide avec lequel est vue la fenêtre n°j

$$DGP = 5.87\times10^{-5} E_v + 9.18\times10^{-2} \log\left(1+\sum_j \frac{L_{S,j}^2 \omega_{S,j}}{E_V^{1.87} P_j^2}\right) + 0.16$$

Eclairement dans le plan de l'œil

Indice de position de la fenêtre n°j

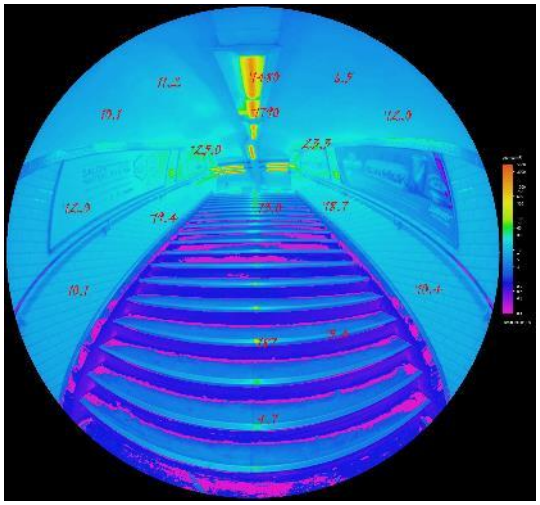
Tableau E.1 — Les valeurs de l'indice DGP peuvent être réparties dans les classes suivantes

Critère	Probabilité d'éblouissement de la lumière du jour (DGP pour Daylight Glare Probability)
L'éblouissement est principalement non perçu	DGP ≤ 0,35
L'éblouissement est perçu mais principalement non gênant	0,35 < DGP ≤ 0,40
L'éblouissement est perçu et est souvent gênant	0,4 < DGP ≤ 0,45
L'éblouissement est perçu et est principalement intolérable	DGP ≥ 0,45

Norme NF EN 17037:2018

DGP s'évalue par une étude d'éclairage naturel (logiciel d'éclairage naturel)

Diagnostic de l’éblouissement : mesures de luminance



Luminancemètre imageant

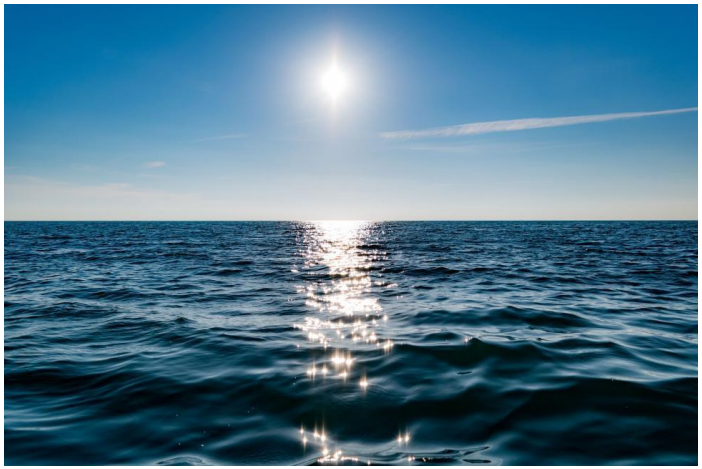
Mesure in-situ de UGR et DGP

Éblouissement de saturation

Trop de lumière, on dépasse la limite supérieure pour la vision

L’ensemble du champ visuel est saturé, sensation de douleur

Niveaux potentiellement dangereux pour l’œil



Éblouissement d’adaptation

Phénomène transitoire (augmentation rapide du niveau de lumière)

La vision prend généralement quelques secondes à s’adapter

Eblouissement par les phares des véhicules

Bullough, J. D. (2024). Why are Complaints about Headlight Glare So Persistent? DVN Lighting Newsletter, #881.

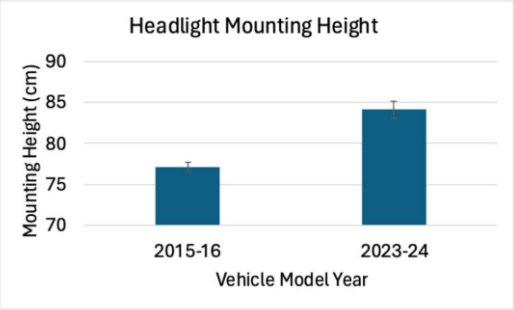
Les phares des véhicules : pourquoi est-on souvent éblouis ? 4 facteurs sont en cause

Temperature de couleur ↑

Halogène 3000 K

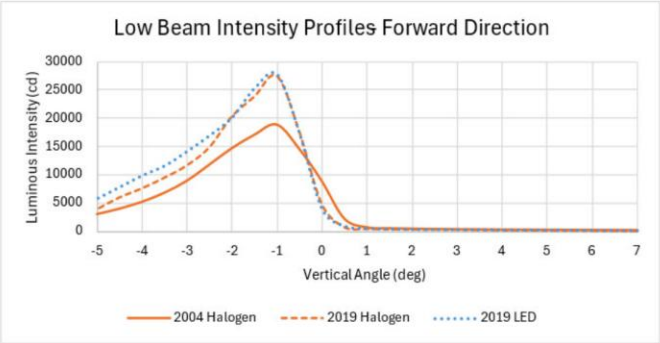
LED 6500 K

Hauteur des feux (effet des SUV)



Finesse des feux

Faisceaux lumineux à découpe très nette



Pour avoir une même intensité lumineuse (candela), la luminance (candela/m²) est plus élevée avec des petits feux

Bullough, J. D. (2024). Why are Complaints about Headlight Glare So Persistent? DVN Lighting Newsletter, #881.

Risques pour la rétine

Groupe de risque photobiologique

Pourquoi les LED sont-elles si différentes?

La LED est un composant électronique (plus de verre, plus de gaz, …)

Efficacité lumineuse des LED blanches > 200 lm/W

La source (« puce LED ») est très petite : donc, la luminance est très élevée, même avec de tout petit flux lumineux (ex. 10 millions de cd/m² pour 100 lm).

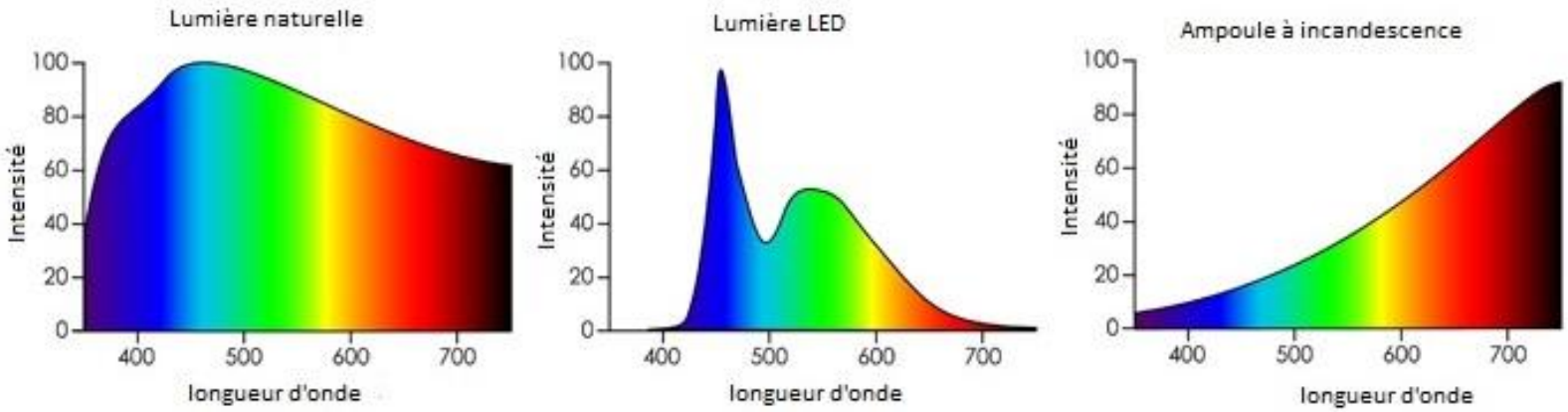
Le spectre de la lumière blanche des LED est « différent » : pic bleu et peu de rouge

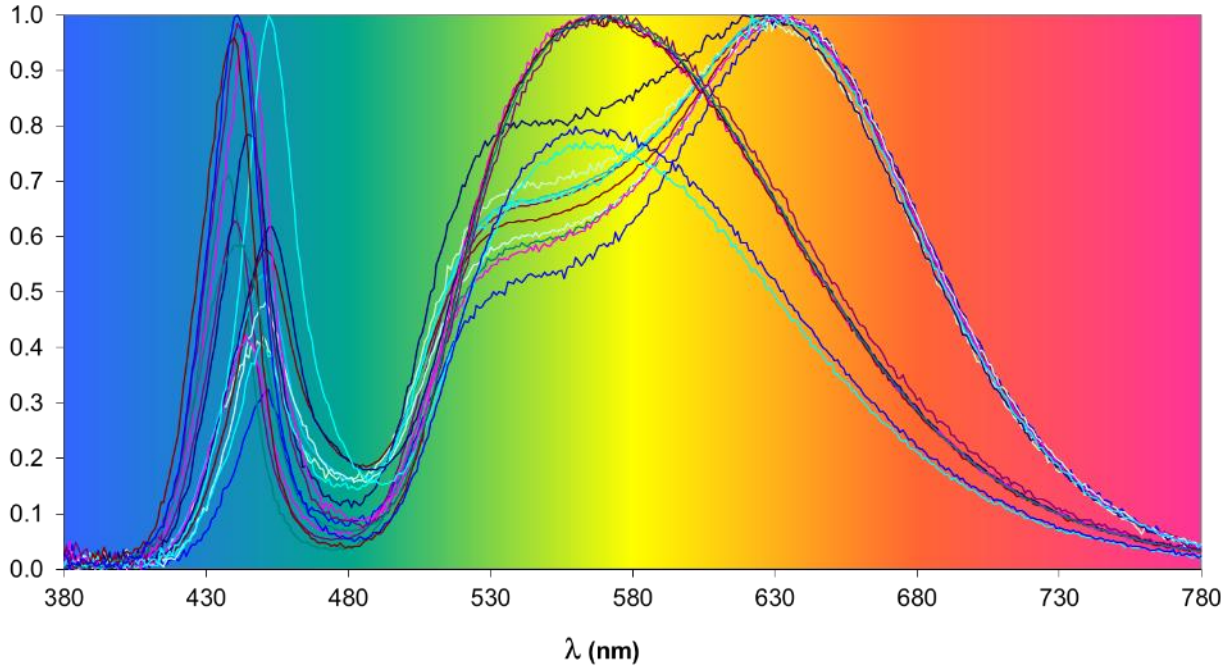
La LED est très rapide : la lumière peut varier très vite dans le temps (~ 1 ns)

Contrôle électronique de la LED :

- Réglages possibles de couleur et de flux lumineux
- Couplage facile avec les détecteurs de présence
- Couplage facile avec des gradateurs / variateurs

Spectre des LED





Comparaison avec les autres technologies

Lampes à décharge de haute intensité :

Risques pour la peau et les yeux en raison des ultraviolets, des infrarouges et de la lumière bleue (rétine)

Lampes halogènes de forte puissance :

Risque pour la peau et les yeux en raison des infrarouges

Enorme avantage des LED en remplacement des lampes de forte puissance : pas d'UV, pas d'IR

Pour les LED, seul subsiste le risque rétinien de la lumière bleue

Le risque rétinien de la lumière bleue

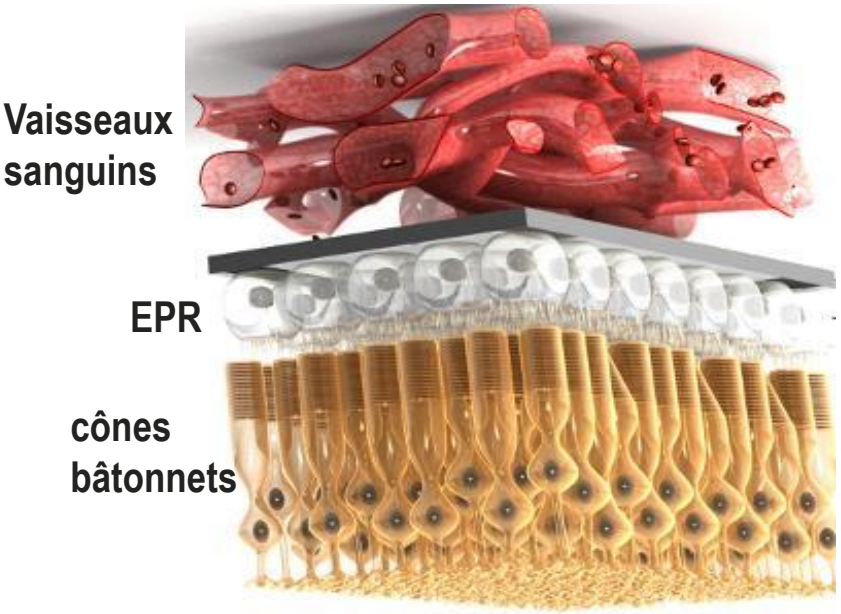
Deux mécanismes photochimiques à l'œuvre :

1 - Morts des photorécepteurs : blanchiment de la rétine visible sur le fond d'œil

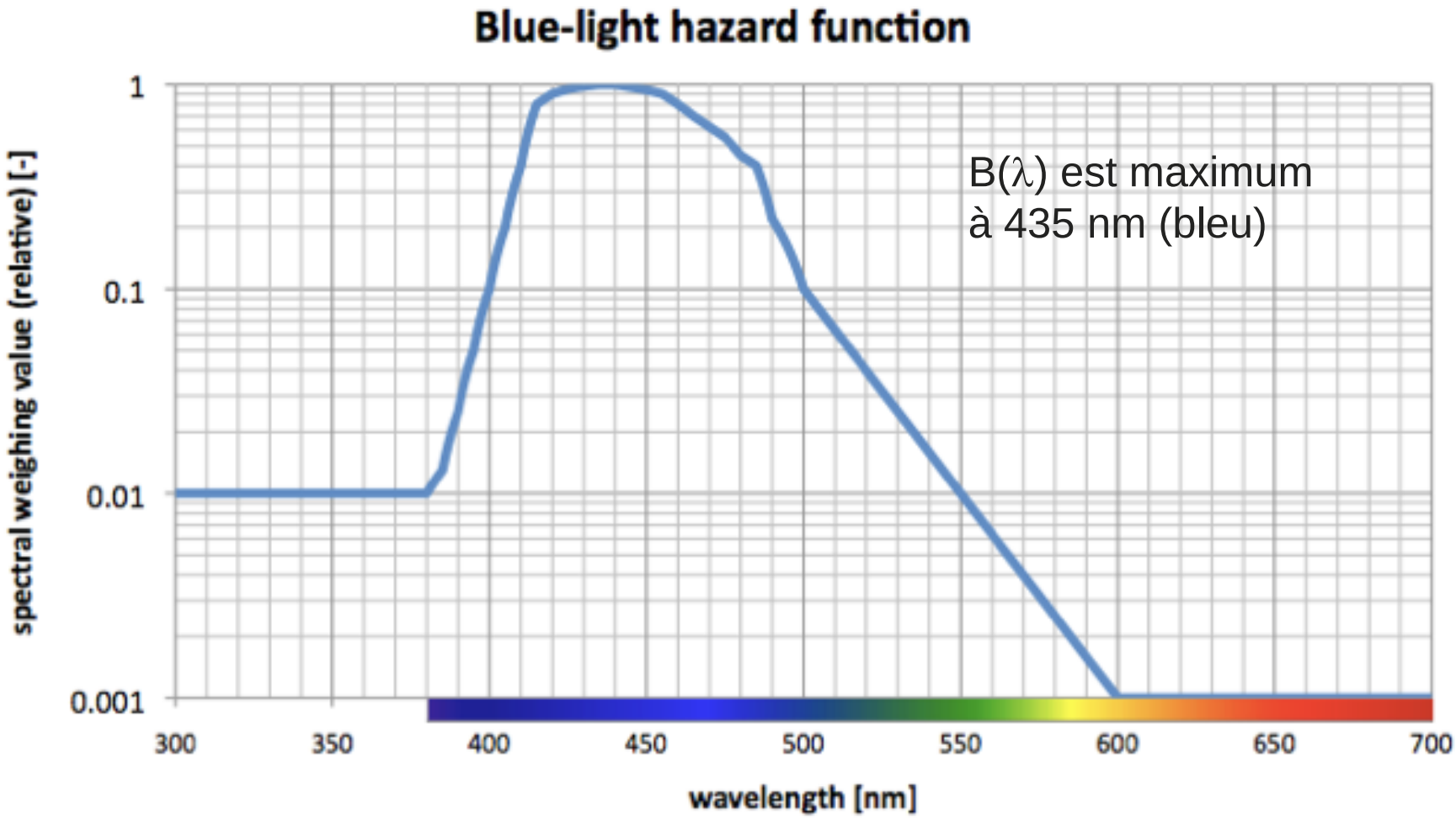
2 - Lésions de l'épithélium pigmentaire rétinien (EPR)

Mis en évidence après une **exposition aigue** : source de lumière intense et durée d'exposition plutôt courte

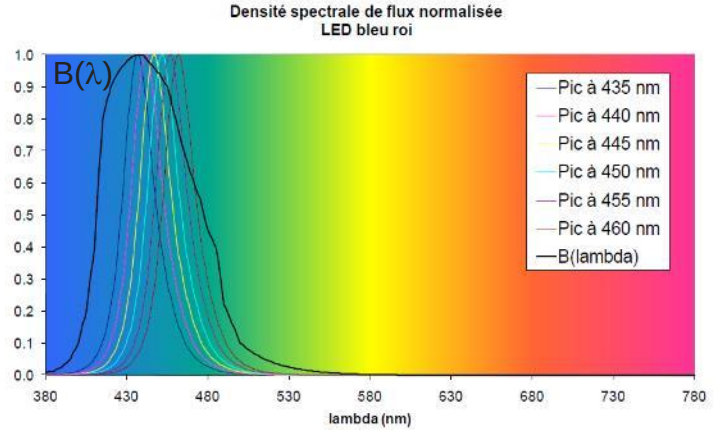
Mécanisme cumulatif sur des temps < 8 h



Risque rétinien de la lumière bleue : *blue light hazard*

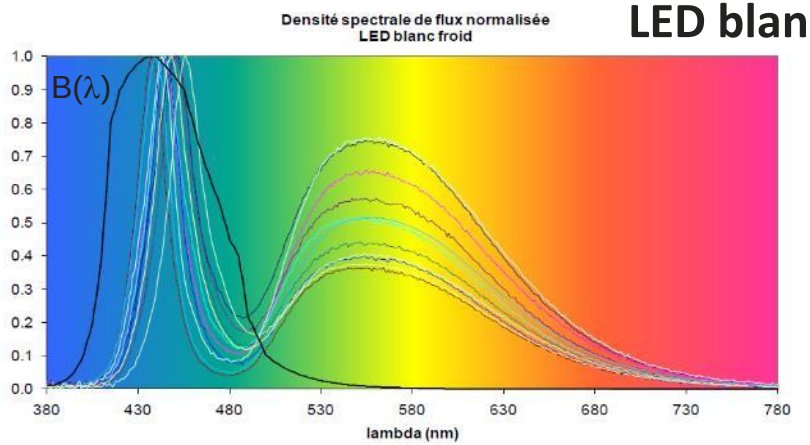


LED bleues



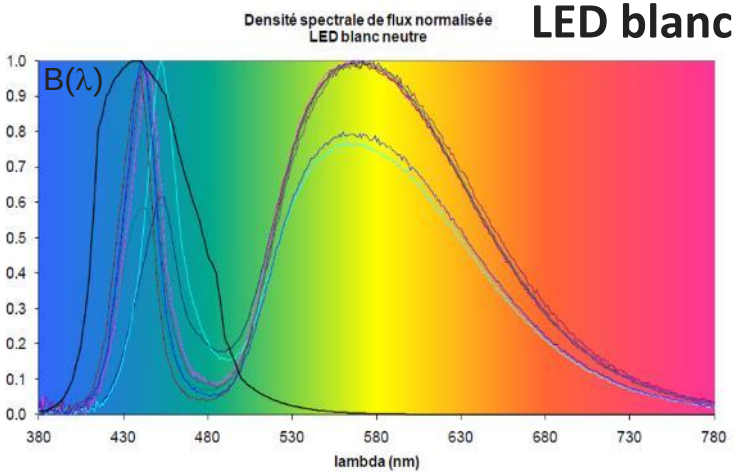
Densité spectrale de … ire représente la fonction B(λ).

LED blanc froid



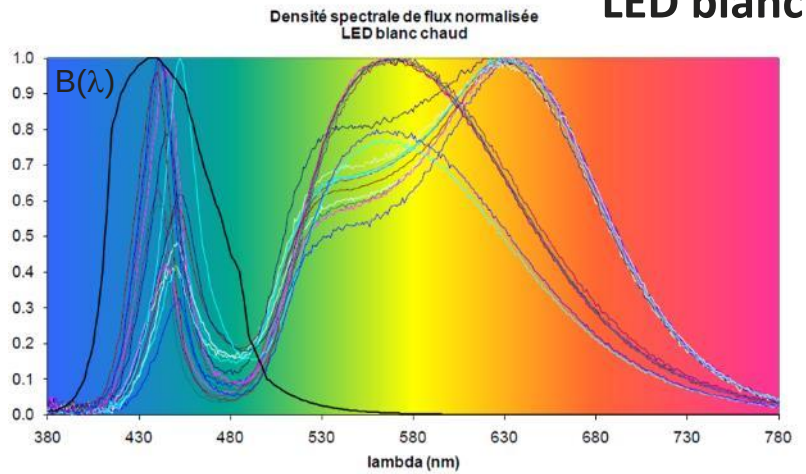
Densité spectrale de flux normalisée pour les LED blanc froid. La courbe noire représente la fonction B(λ).

LED blanc neutre



Densité spectrale de flux normalisée pour les LED blanc neutre. La courbe noire représente la fonction B(λ).

LED blanc chaud



Densité spectrale de flux normalisée pour les LED blanc chaud. La courbe noire représente la fonction B(λ)

Norme NF EN 62471

Classification lampe/luminaire en « groupe de risque photobiologique »

Mesure de la luminance dans le bleu à 20 cm de la lampe → Calcul du temps nécessaire au dépassement de la valeur limite → Groupe de Risque

Groupe de Risque	Temps d'exposition nécessaire au dépassement des valeurs limites
RG 0: pas de risque	$t \geq 10\ 000$ s
RG 1: risque faible	$100\ s \leq t < 10\ 000$ s
RG 2: risque modéré	$0.25\ s \leq t < 100$ s
RG 3: risque élevé	$t < 0.25$ s

Aucune LED d'éclairage dans le groupe RG3

Classification des produits à LED

Lampes et luminaires: majorité de produits RG0 et RG1

> RG0 : les lampes non directionnels (ampoules LED dépolies)
les luminaires avec diffuseurs

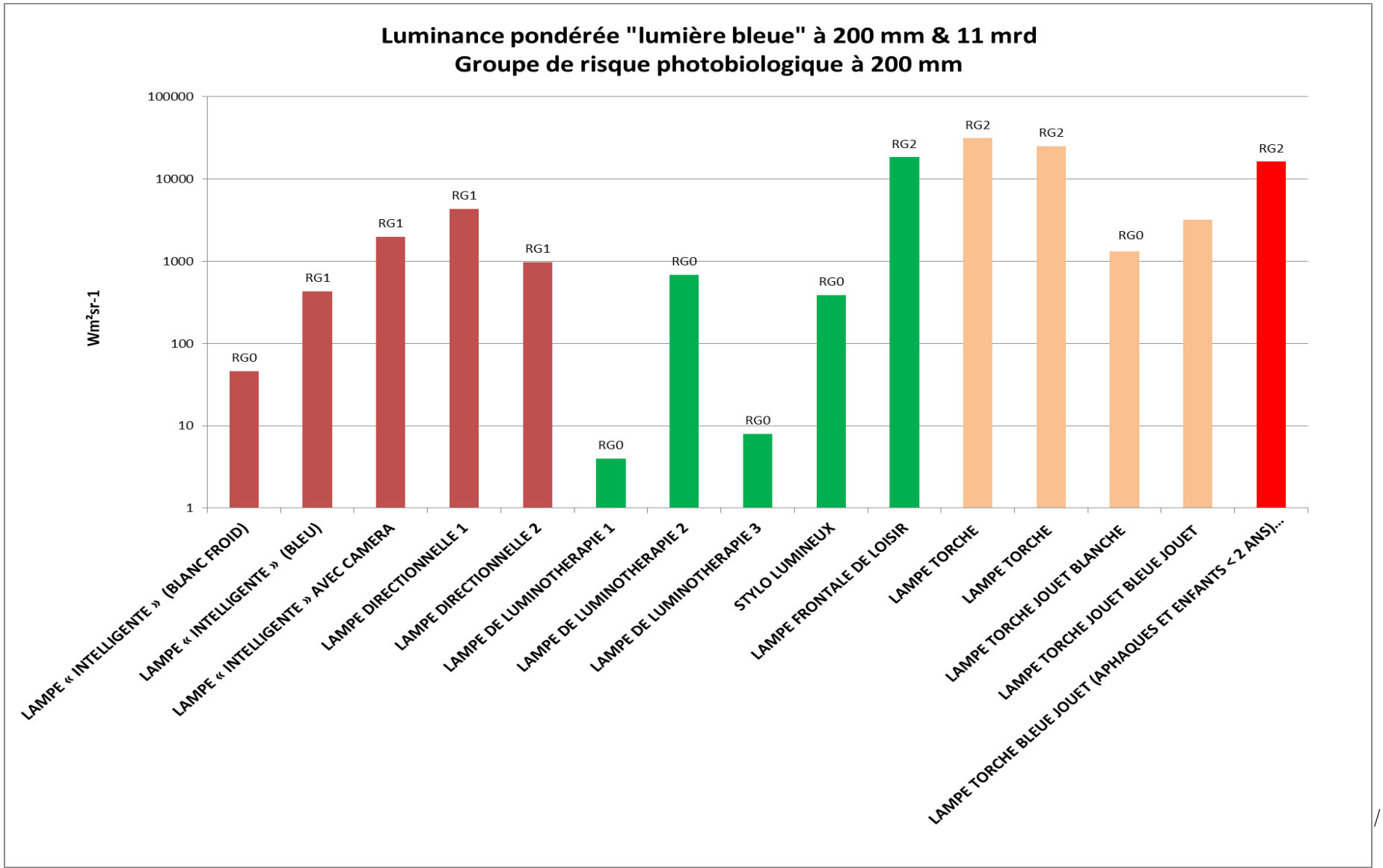
> RG1 : lampes et luminaires directifs (spots) pour la maison et le bureau

> RG2 : luminaires de forte puissance, feux LED automobiles, lampes frontales

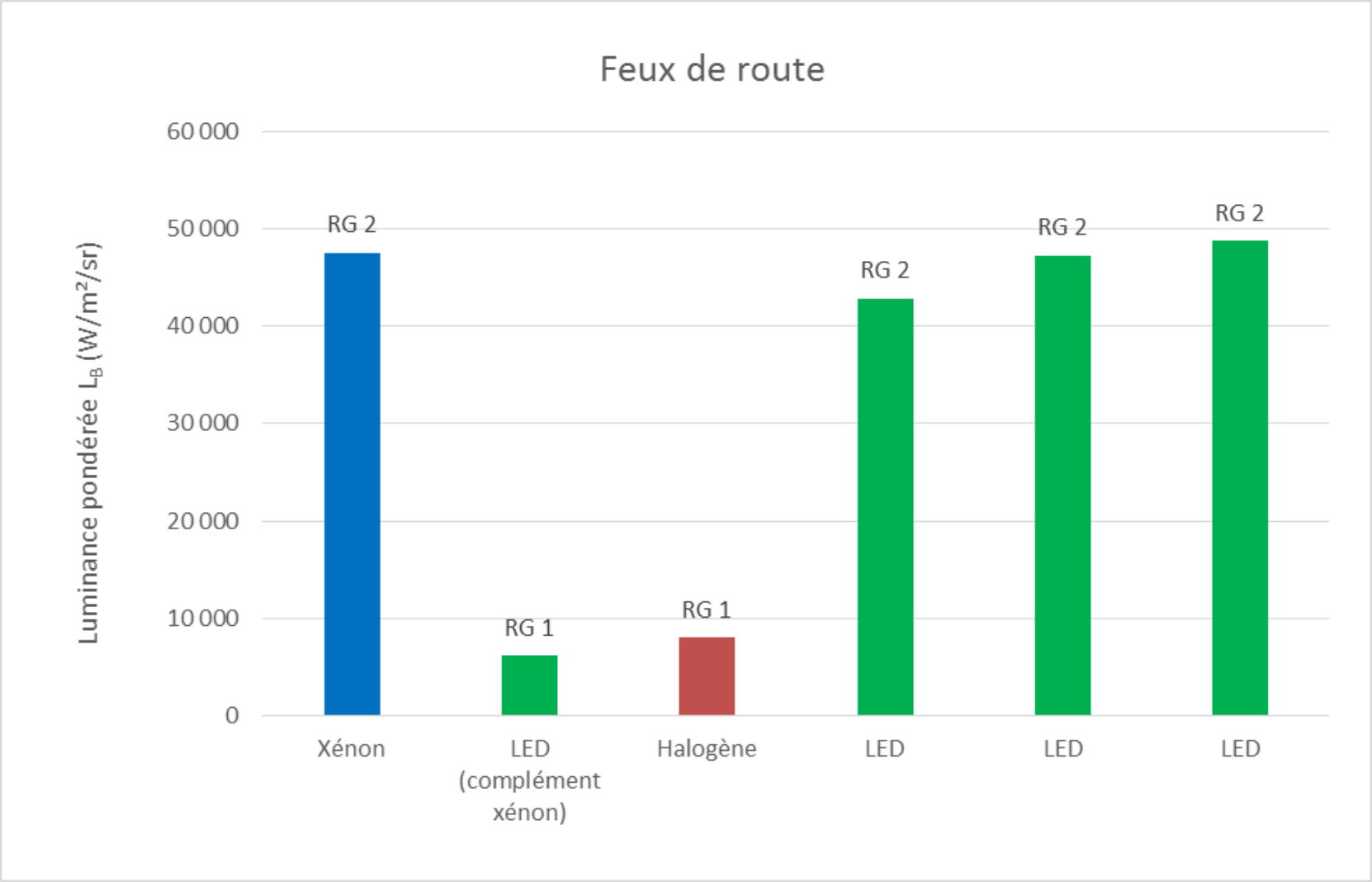
Pour les produits RG2 alimentés sur secteur, la distance de sécurité et l'éclairement de sécurité doivent être précisés par le fabricant (marquage)

Selon normes de sécurité des lampes et luminaires obligatoires pour la directive BT et le marquage CE

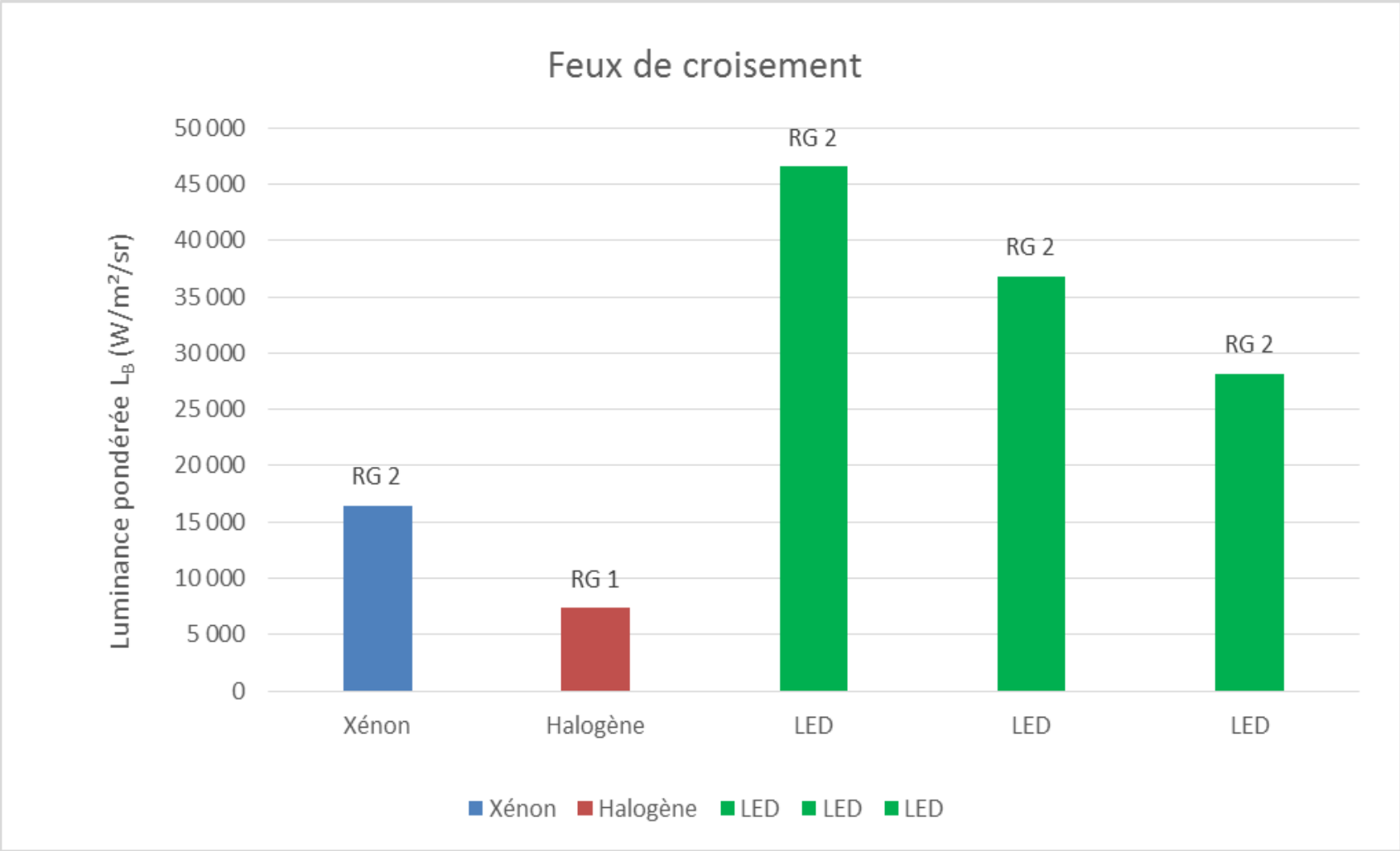
Groupe de risque des produits à LED : produits divers



Groupe de risque des produits LED : automobile



Groupe de risque des produits LED : automobile



Les populations sensibles

Les enfants :

> Transparence du cristallin
> Macula peu pigmentée

Les personnes agées :

> Cristallin filtrant mais sensibilité accrue de la rétine (accumulation de lipufuscine avec l'âge)

Sujets présentant des pathologies rétiniennes :

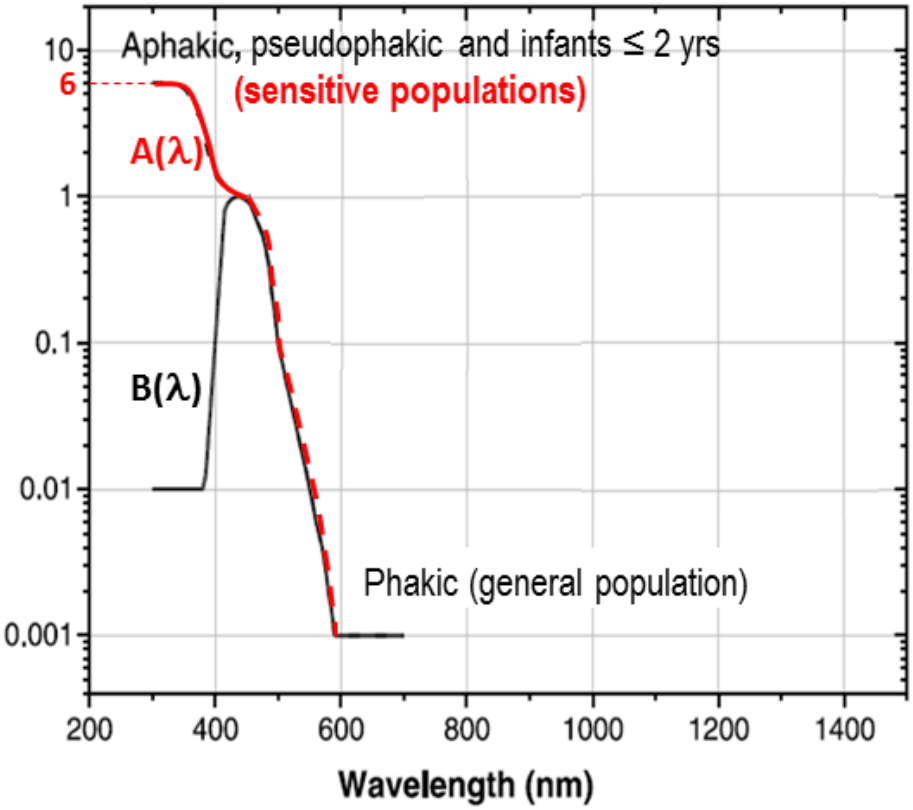
> DMLA, glaucome, etc.

Sujets aphakes et pseudophakes

> Personnes opérées de la cataracte qui n'ont plus de cristallin ou qui ont un cristallin artificial implanté

Les travailleurs postés

> La rétine est plus sensible aux rayonnements bleu pendant la nuit



Certains travailleurs sont particulièrement exposés à l’éclairage LED

Professionnels de l’éclairage

Sportifs soumis à des éclairages puissants

Artistes de scène

Travailleurs dont le poste de travail nécessite un éclairement important ou des sources lumineuses proches des yeux : chirurgiens, dentistes, etc.

etc.