

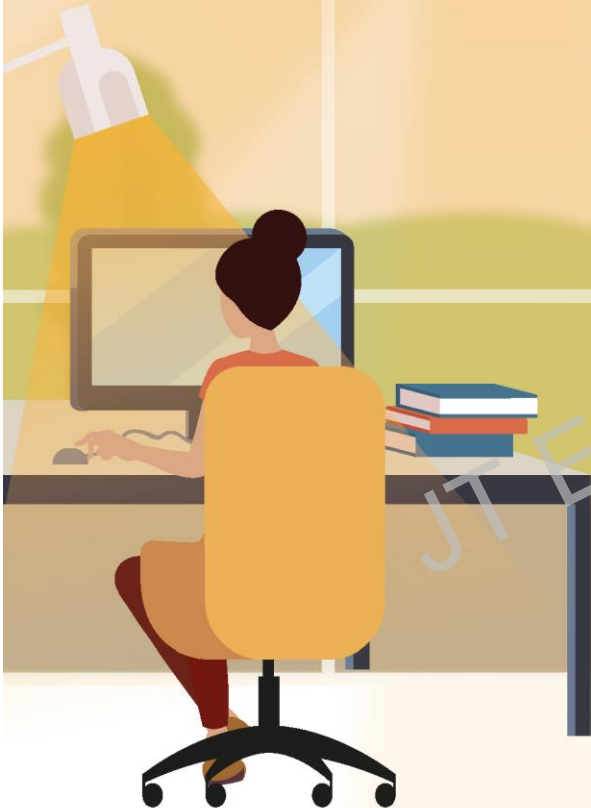


**ÉCLAIRAGE DES LIEUX
DE TRAVAIL**
SANTÉ ET SÉCURITÉ DES SALARIÉS

MARDI 31 MARS 2026

Lumière bleue et éblouissement : prévenir les effets négatifs des LED

Christophe Martinsons
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)



Christophe.martinsons@cstb.fr

L'éblouissement

- L'effet indésirable ressenti le plus rapidement avec l'éclairage
- Phénomène physiologique,
- La plainte n°1 concernant l'éclairage, très souvent exprimée par les usagers,
- Plusieurs formes d'éblouissement.

JT Eclairage des lieux de travail 31/03/26

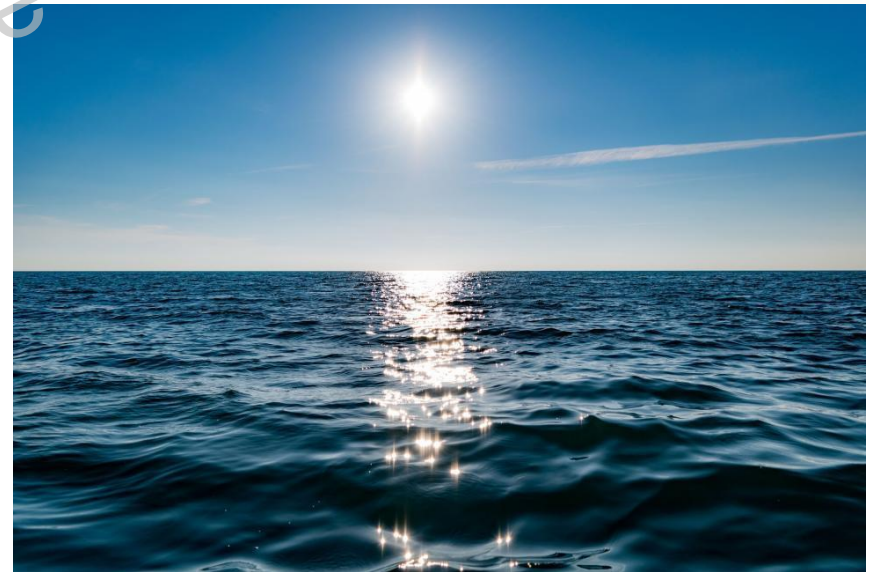


Éblouissement de saturation

Trop de lumière, on dépasse la limite supérieure de la vision
L'ensemble du champ visuel est saturé, sensation de douleur
Niveaux potentiellement dangereux pour l'œil.



©C.Martinsons



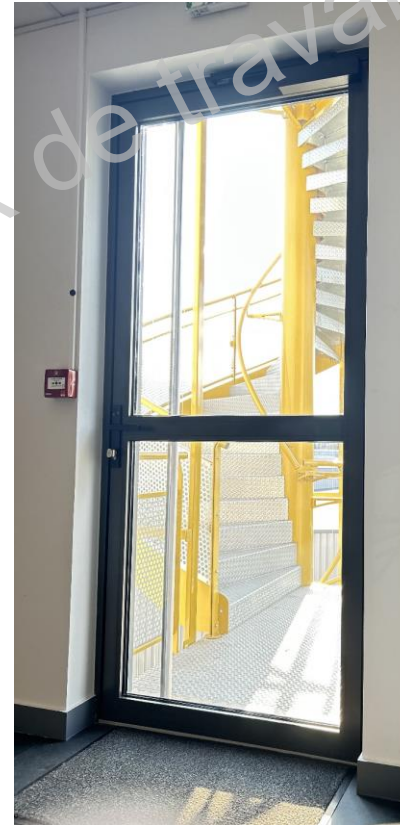
©C.Martinsons

Éblouissement d'adaptation

- Phénomène transitoire (augmentation rapide du niveau de lumière),
- La vision prend généralement quelques secondes à s'adapter.



©C.Martinsons



©C.Martinsons

Éblouissement d'incapacité

- Un halo se forme autour des lumières vives sur fond sombre,
- Causé par la diffusion de la lumière dans l'œil,
- Réduit la visibilité des objets plus sombres,
- Forte influence de l'âge,
- Influence de la couleur de l'iris (les yeux clairs transmettent plus de lumière parasite),
- Surtout visible la nuit,
- Pas forcément d'inconfort.



©C.Martinsons

Éblouissement d'incapacité



©C.Martinsons



©C.Martinsons

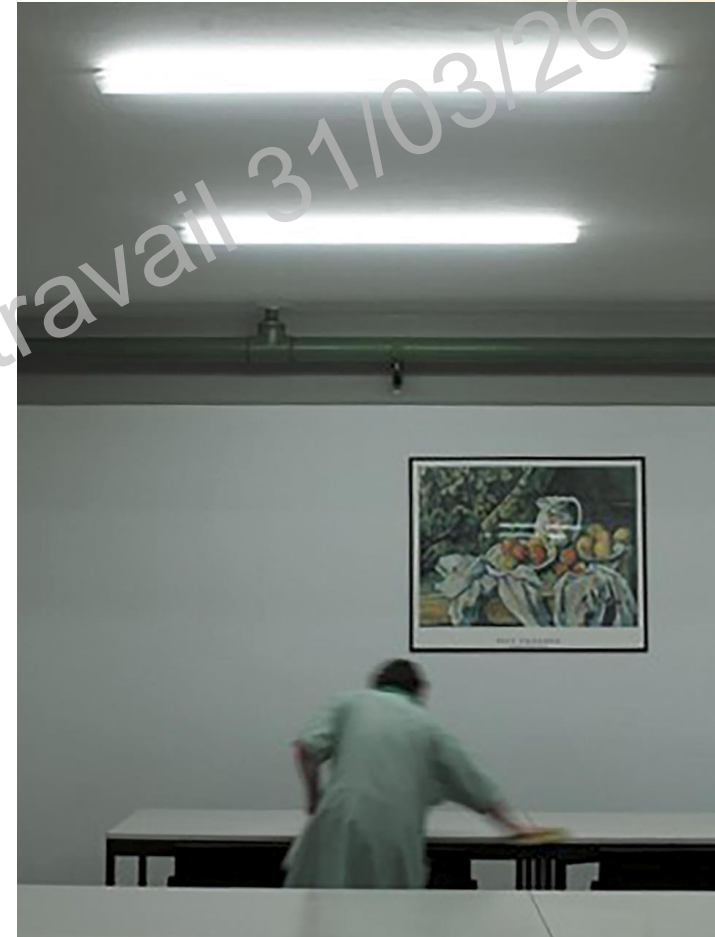
Le halo est créé à l'intérieur de
l'œil (intra-oculaire)

Éblouissement d'inconfort

Cause : zones de luminance trop élevée par rapport au niveau d'adaptation de l'œil (notion de contraste)



©C.Martinsons

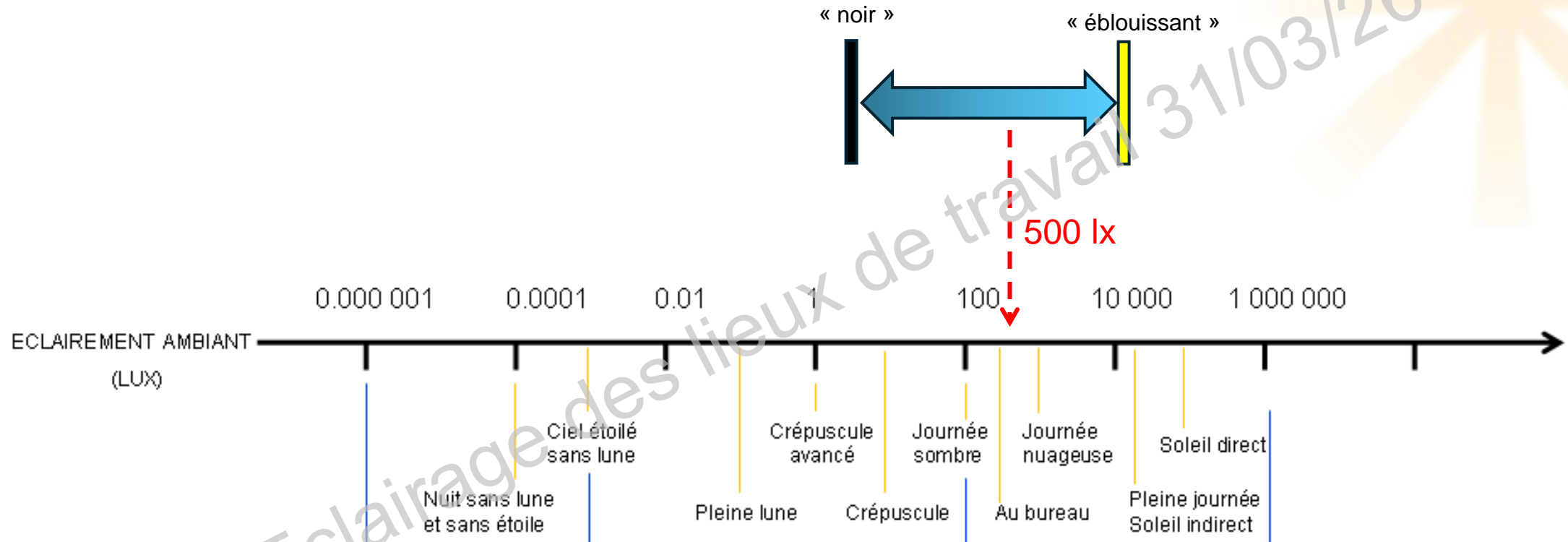


©C.Martinsons

Difficultés liées à l'éblouissement d'inconfort

- Conséquences à court terme : chutes, distractions induisant des risques professionnels,
- Déclenchement de maux de tête chez les personnes migraineuses,
- Difficulté pour le système visuel de maintenir une « dynamique » élevée dans le champ de vision pendant une longue durée,
- Les performances visuelles peuvent être maintenues, mais avec des efforts et des conséquences à long terme :
 - Fatigue oculaire (asthénopie), fatigue musculaire due à des postures inadaptées
 - Réaction d'aversion à la lumière (photophobie)
 - Humeur négative

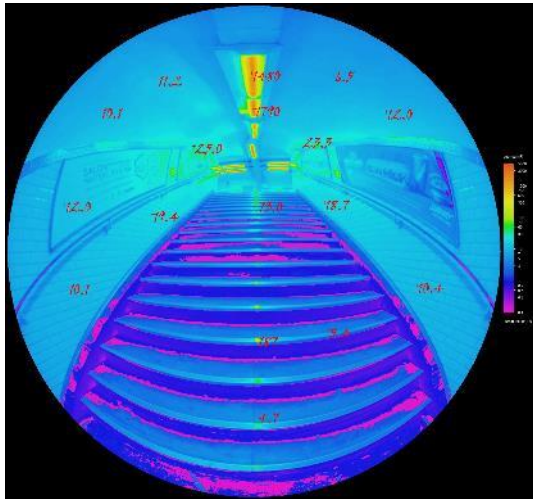
Adaptation de la vision



Plages de confort visuel

	Luminance moyenne d'adaptation (cd/m ²)	Limite basse « noir » (cd/m ²)	Limite haute « éblouissement d'inconfort » (cd/m ²)
La nuit, chaussée bien éclairée et éclairage public	10	0.2	762
Environnement intérieur bien éclairé	200	3	4 201
Extérieur jour luminosité moyenne	5 000	57	26 313
Extérieur jour luminosité élevée	10 000	113	39 062

Diagnostic de l'éblouissement : mesures de luminance



©C.Martinsons



Mesure par caméra
(luminancemètre imageant)

Technoteam LMK

Contrastes de luminance à respecter

Norme française d'ergonomie visuelle NF X 35-103 :

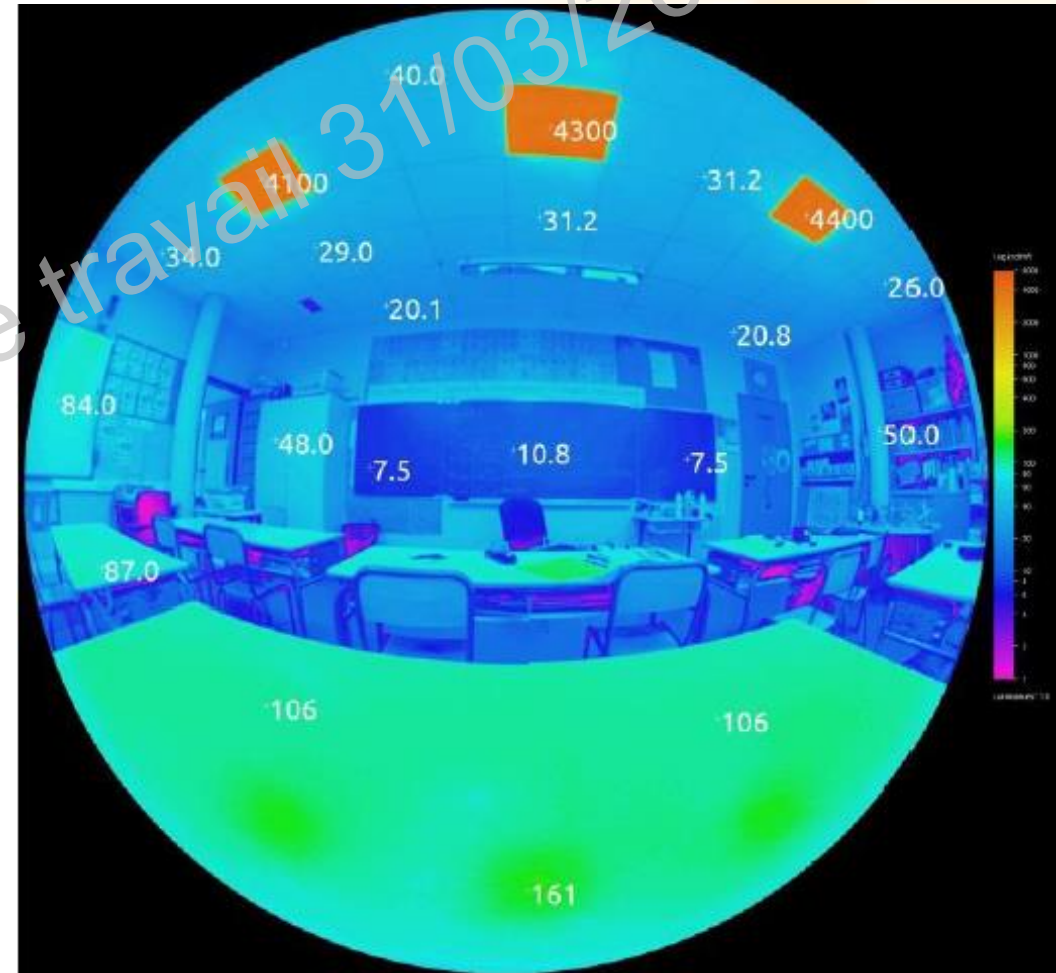
limiter les rapports de luminance :

1:3 : entre la zone de travail et les surfaces adjacentes (environnement immédiat),

1:10 entre la tâche 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)



©C.Martinsons

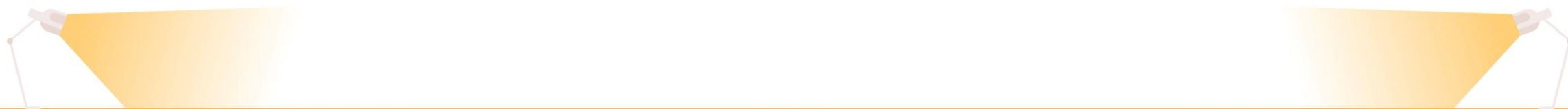
L'indice UGR

Indicateur normalisé d'éblouissement d'inconfort en éclairage intérieur

UGR s'évalue par :

- Etude photométrique (logiciel d'éclairage type Dialux ou Relux),
- Mesure in-situ à partir des luminances.

Des valeurs d'UGR « tabulées » peuvent être données par le fabricant des luminaires dans une configuration régulière de luminaire de bureau bien spécifique.



Valeurs de l'indice UGR

UGR 16	Exécution de tâches visuelles très exigeantes, par exemple assemblage électronique minutieux
UGR 19	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 22	Exécution de tâches avec des exigences visuelles et une concentration modérée, par exemple travail d'atelier en position assise, assemblage de pièces de taille moyenne pour un travailleur debout.
UGR 25	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 28	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.

Comment limiter l'éblouissement d'inconfort

- Privilégier les luminaires uniformes de grande surface et de basse luminance, surtout lorsque le temps d'exposition est long (écoles, bureaux, etc.),
- Privilégier des lampes et luminaires LED avec des diffuseurs et dont les sources LED ne sont pas directement visibles,
- Si ce n'est pas possible, utiliser des modes d'éclairage indirect (ne pas diriger la lumière vers l'œil),
- Intégrer l'éblouissement dans les référentiels de qualité des environnements intérieurs (QEI).



Personnes sensibles, personnes très exposées

Personnes sensibles :

- Migraineux, personnes sensibles aux lumières fortes,
- Enfants et jeunes adultes,
- Travailleurs de nuit (sensibilité plus élevée).

Personnes très exposées :

- Conducteurs et piétons pendant la nuit,
- Travailleurs exposés à des lumières intenses : professionnels de l'éclairage, sportifs, artistes dans les stades et sur scène, etc.

Influence de l'âge sur les effets de l'éblouissement

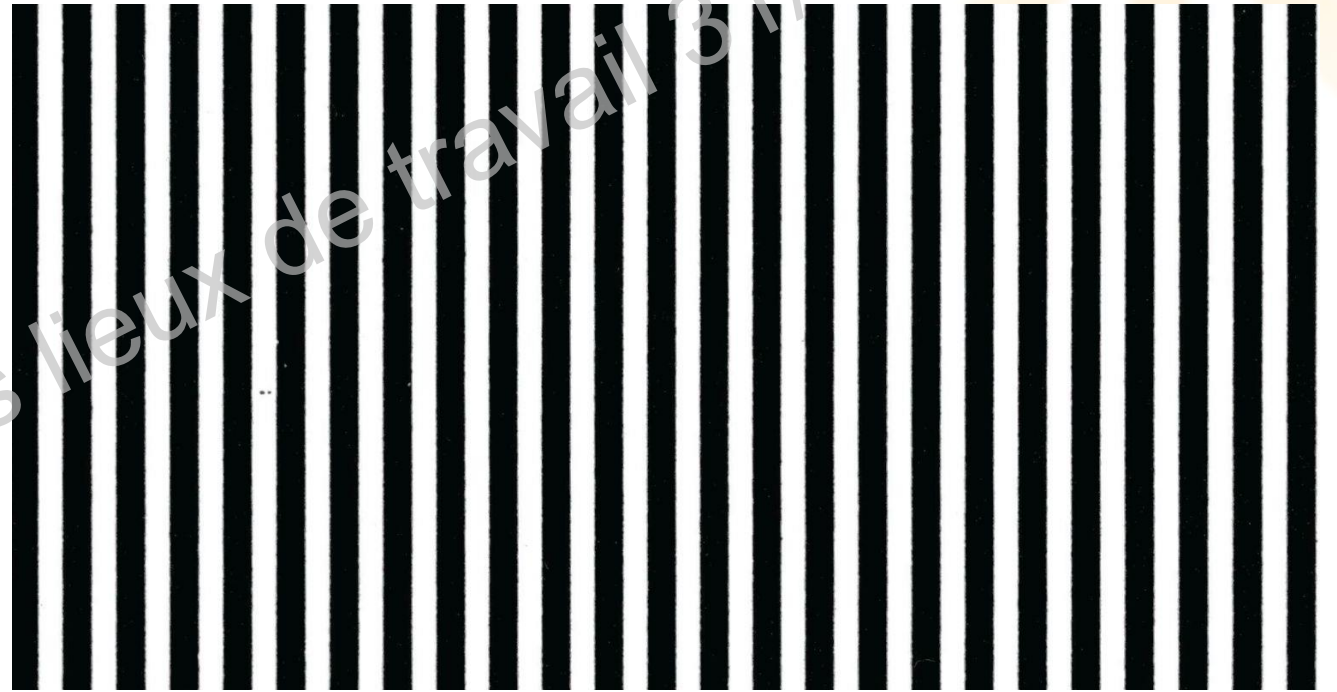
- Les enfants et les jeunes adultes ressentent plus d'inconfort à cause de l'éblouissement, et ils le ressentent plus rapidement que les adultes plus âgés.
- Une étude a montré qu'après une exposition prolongée à un éblouissement inconfortable, les performances visuelles des sujets de plus de 50 ans diminuaient dans des conditions de faible luminosité : effets retardés d'une longue exposition à une source d'éblouissement.

JT Eclairage des lieux de travail 31/03/26



Facteurs aggravants l'éblouissement : les motifs périodiques

Des motifs périodiques dans le champ de vision créent une gêne visuelle



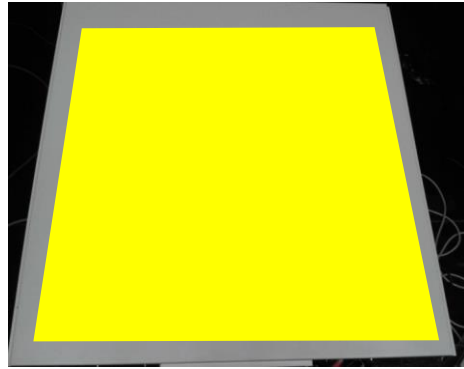
JT Eclairage des lieux de travail 31/03/26



JT Eclairage des lieux de travail 31/03/26



Facteur aggravant l'éblouissement : luminaires non-uniformes



Luminaire LED uniforme



Luminaire LED non-uniforme

La non-uniformité des luminaires augmente l'éblouissement d'inconfort

Correction de non-uniformité à appliquer à l'indice UGR

Facteur aggravant l'éblouissement d'inconfort : spectre et couleur

- Les LED blanc froid sont plus éblouissantes que les LED blanc chaud.
- Pas (encore) de consensus sur la courbe de sensibilité spectrale de l'éblouissement.



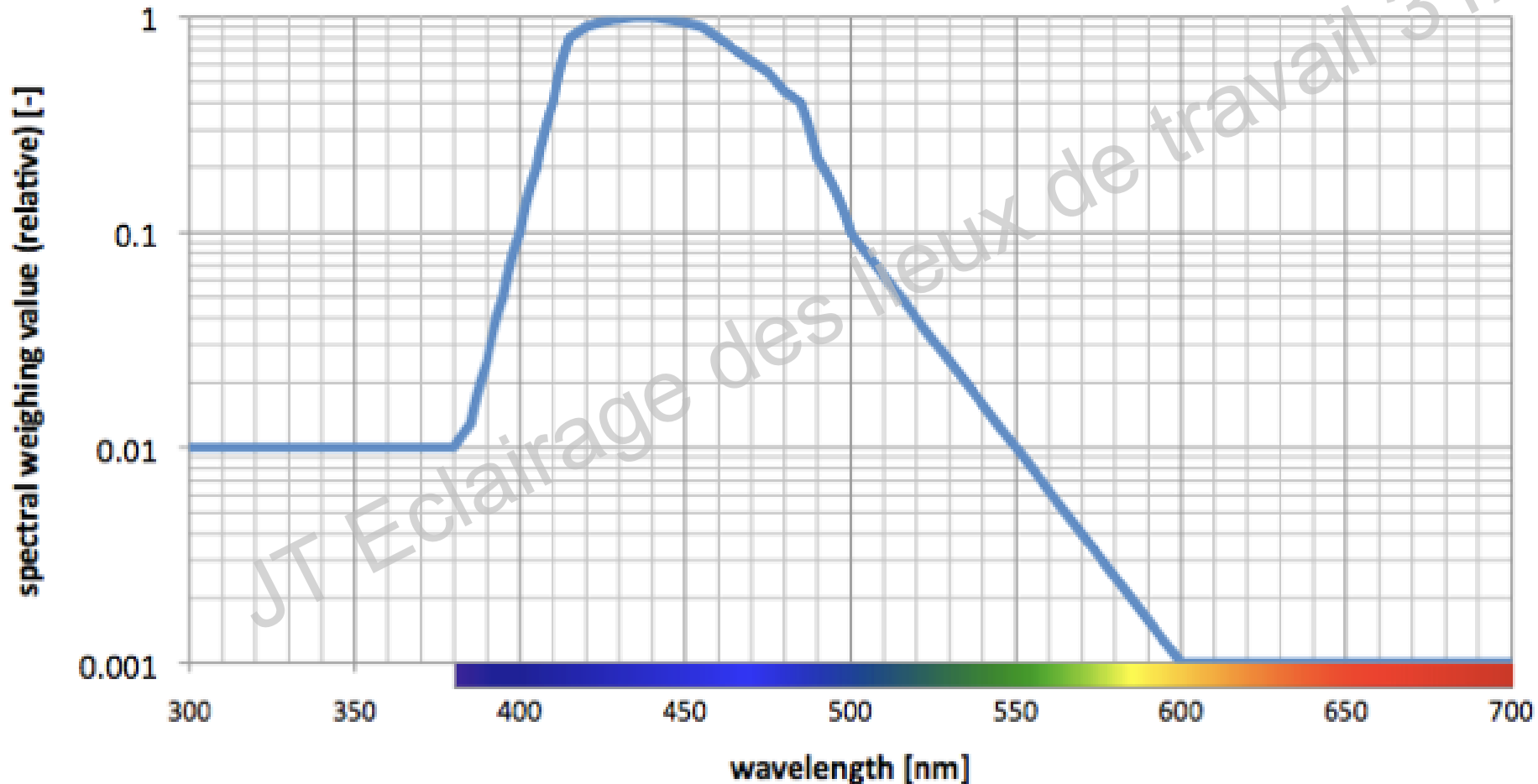
Au-delà de l'éblouissement...

La lumière bleue à haute dose constitue un risque pour la rétine (phototoxicité) : **blue-light hazard**

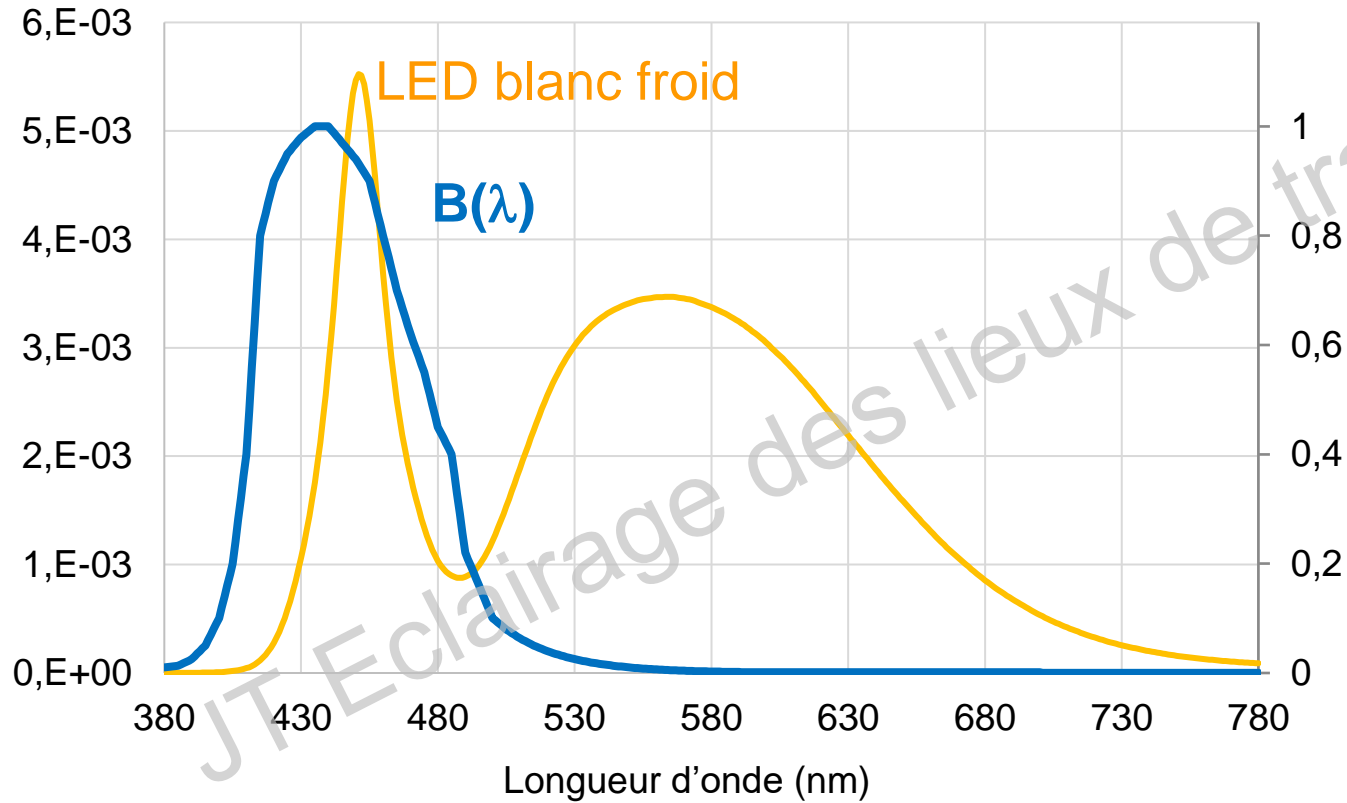
- **Risque photochimique lié à la lumière bleue,**
- Lésions principales : épithélium pigmentaire rétinien (EPR) et photorécepteurs de la rétine,
- Risque de **photorétinite** après une **exposition aiguë** (lumière intense et durée d'exposition courte) → **NORMES ET RECOMMANDATIONS DE SECURITE PHOTOBIOLOGIQUE,**
- Effet toxique cumulatif des faibles doses répétées sur des temps ≤ 8 h,
- Effet protecteur du rouge (et du proche infrarouge) démontré chez l'homme et l'animal.

Sensibilité spectrale du blue-light hazard

Fonction $B(\lambda)$
Maximale à 435 nm

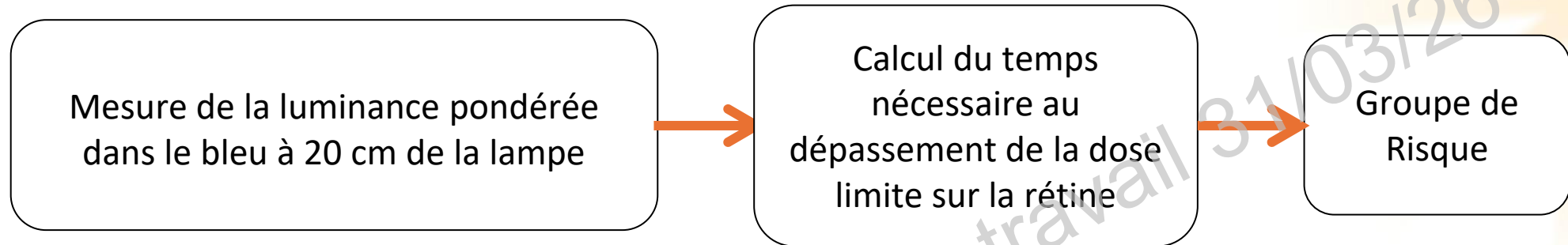


Distribution spectrale des LED blanches (exemple)



Norme de sécurité photobiologique NF EN 62471

Classification lampe/luminaire en groupe de risque photobiologique « GR »



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

En 2025, aucune LED d'éclairage n'était classée GR 3

Classification des produits à LED

- GR 0 : en général, les lampes et luminaires avec diffuseurs
- GR 1 : la plupart des lampes et luminaires à faisceau dirigé (spots)
- GR 2 : certains luminaires de forte puissance, la plupart des feux LED automobiles



©C.Martinsons



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

(exigences de sécurité des lampes et luminaires obligatoires pour la directive BT et le marquage CE)

Les populations sensibles au risque rétinien

Les enfants :

- Transparence du cristallin, macula peu pigmentée , oeil géométriquement plus ouvert.

Les personnes âgées :

- Cristallin moins transparent, mais sensibilité accrue de la rétine (accumulation de lipufuscine avec l'âge).

Sujets présentant des **pathologies rétiniennes** : DMLA, glaucome, etc.

Personnes opérées de la cataracte qui ont un **cristallin artificiel (implant)**.

Les **travailleurs de nuit** : la rétine est plus sensible pendant la nuit.

Certains travailleurs sont particulièrement exposés aux éclairages LED puissants

- Professionnels de l'éclairage,
- Sportifs exposés aux éclairages de stades et de gymnases,
- Artistes et techniciens de la scène,
- Travailleurs dont le poste de travail nécessite un éclairage important ou des sources lumineuses proches des yeux : chirurgiens, dentistes, etc.

