

# Risque rétinien en lumière bleue: normes applicables en éclairage et méthode de mesure – Congrès National de Radioprotection, 12 Juin 2013, Bordeaux-Lac



Sébastien Point, Docteur-Ingénieur, Responsable Laboratoire, Cooper sécurité, Groupe Eaton



*Powering Business Worldwide*

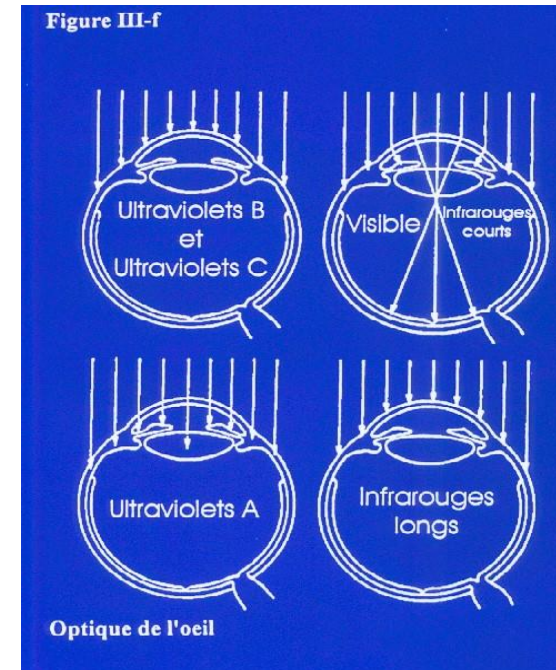
# Plan

---

- Phototoxicité: de quoi parle t-on ?
- Pourquoi la filière éclairage est-elle désormais concernée?
- Mesurande et méthode de mesure.
- Conclusion.

# Phototoxicité: de quoi parle t-on ?

- Les rayonnements optiques peuvent avoir des effets biologiques:
  - Sur la peau: erythème, mutation (UV)
  - Sur l'oeil:
    - UV: Photokératite, cataracte.
    - IR: Cataracte “à la chaleur”, brûlure de la rétine.
    - Visible: Brûlure de la rétine, photorétinite également appelée “lesion rétinienne par la lumière bleue”.



Source: présentation du Dr JP Césarini  
“Éclairage, santé et qualité de vie”, colloque  
éclairage Troyes 2010

# Phototoxicité: de quoi parle t-on ?

- CEI 62471 “Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes”
  - Définit des limites d’exposition suivant:
    - ***La longueur d’onde (UV, bleu, IR).***
    - ***Les tissus exposés (peau, cornée, rétine).***
    - ***Différents temps d’exposition des tissus ( traduit en valeur de champs de vision dans le cas des risques rétiniens).***

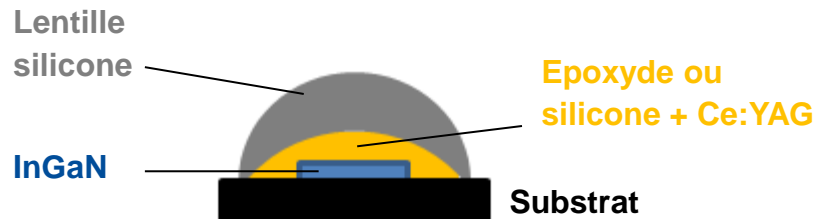
# Pourquoi la filière de l'éclairage est-elle désormais concernée?

- WPCLEDs<sup>\*</sup>: de nombreux atouts...
  - Faible consommation, très bonne efficacité.
  - Facilité de pilotage.
  - Durée de vie supérieure aux tubes fluorescents (si bonne dissipation thermique).
  - Allumage instantané même à basse température.

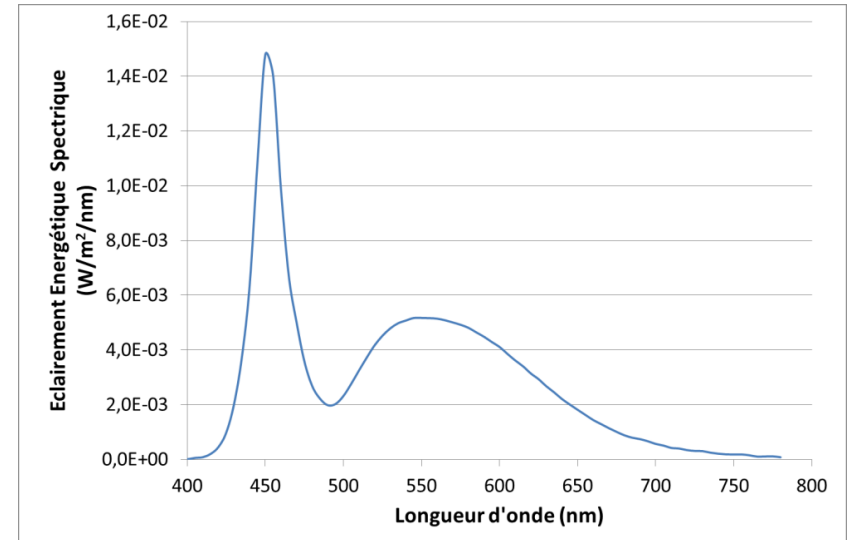
\* WPCLEDs: White Phosphor Coated Light Emitting Diodes, LEDs blanches à luminophore.

# Pourquoi la filière de l'éclairage est-elle désormais concernée?

- ... et quelques inconvénients
  - Luminance élevée.
  - Spectre "bi-polaire" avec une forte composante bleue.



Structure simplifiée d'une WPCLED

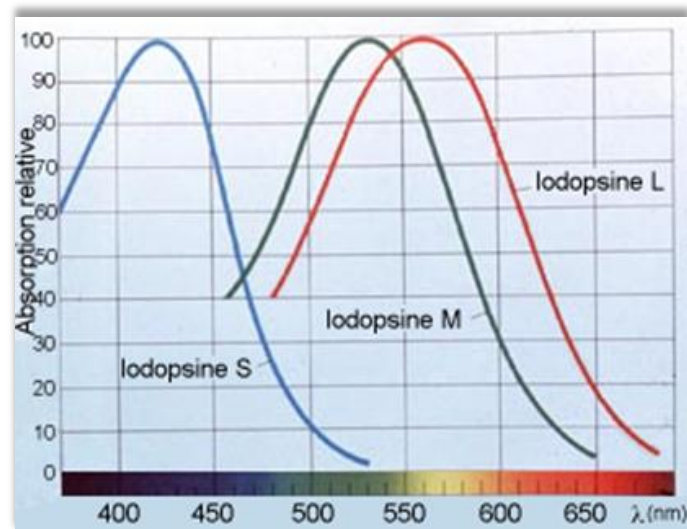


Spectre typique d'une WPCLED



# Pourquoi la filière de l'éclairage est-elle désormais concernée?

- Mécanisme endommageant la rétine:
  - Absorption par les iodopsines, la rhodopsine ou la lipofuscine de l'EPR jusqu'à la formation de radicaux libres toxiques → Photorétinite.



Spectres d'absorption des molécules d'iodopsine. Source: [www.bioinformatics.org](http://www.bioinformatics.org)

# Pourquoi la filière de l'éclairage est-elle désormais concernée?

- **Projet CEI 60598-1/Ed.8 “Luminaires: exigences générales et essais”**  
→ *“Les luminaires avec LED ou modules LED intégrés doivent être évalués conformément à la CEI/TR 62778”*
- **CEI/RT 62778** : “Application de la CEI 62471 aux sources de lumière et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue”



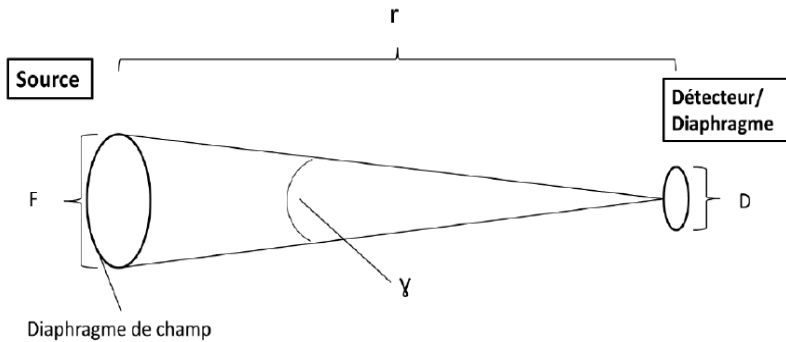
# Mesurande et méthode de mesure

- Luminance efficace

$$L_e = \int L(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad \text{sur 300-700 nm}$$

- L est mesurée sur un champs de vision dépendant de la durée d'exposition (pour tenir compte des mouvements de l'œil).
- B est la fonction de pondération à la lumière bleue pour un adulte. La fonction est différente pour les enfants et les personnes aphakes.

# Mesurande et méthode de mesure



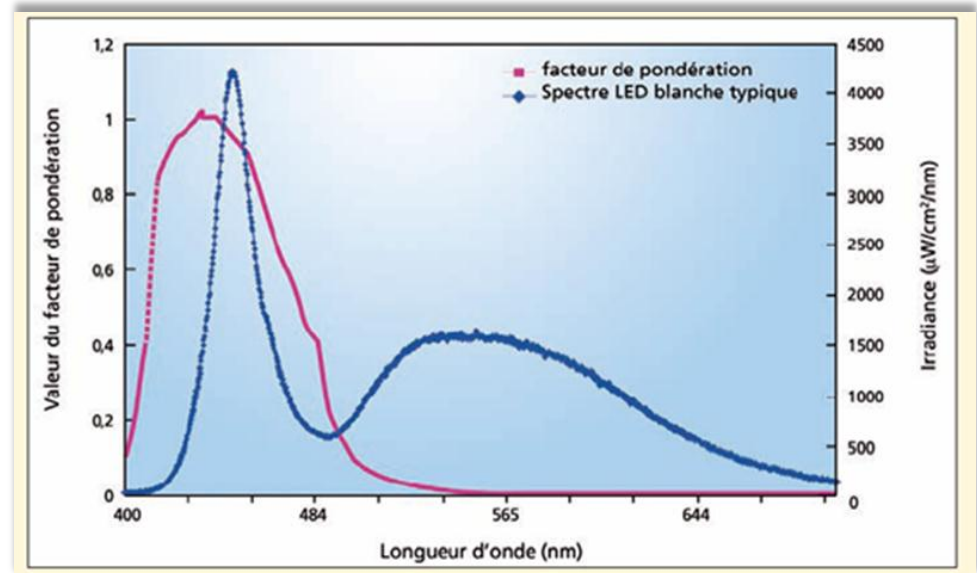
Relation entre l'éclairement énergétique mesuré,  $E$ , et la luminance énergétique de la source  $L$  :

$$E = L \cdot \Omega$$

Avec  $\Omega$  est l'angle solide sous-tendu par l'angle plan  $\gamma$ .

Pour des sources circulaires de faible taille :

$$\Omega = \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4} \text{ avec } \gamma = \frac{F}{r}$$



Source: LEDs et sécurité oculaire, Sébastien POINT, Photoniques n°45, 2010.

# Mesurande et méthode de mesure

- Comparaison aux limites d'exposition admises



Modèle RXD1. Photo: Cooper Lighting, Eaton

<u>Risque rétinien en lumière bleue</u>	Groupe sans risque	Groupe risque faible	Groupe risque modéré	Groupe risque élevé
Durée d'exposition autorisée (s)	10 000	100	0.25	<0.25
Limite d'exposition (w.m <sup>-2</sup> /sr)	<100	<10 000	<4000 000	>4000 000
Champs de vision (mrad)	100	11	1.7	1.7
Mesure LNE	35	1520	1520	1520
Mesure Cooper	43	1751	1751	1751

Diamètre angulaire de la source: 15 mrad.

# Mesurande et méthode de mesure

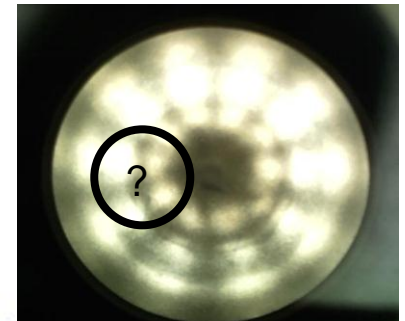
- Cas des sources inhomogènes



+



+



Alignement	Distance de mesure	Diamètre angulaire source	L[W/m <sup>2</sup> /sr]	L[W/m <sup>2</sup> /sr]	L[W/m <sup>2</sup> /sr]
			100 mrad	11 mrad	1.7 mrad
Position 1	1440 mm	38 mrad	39	280	738
Position 2	1440 mm	38 mrad	39	340	436
Position 3	1440 mm	38 mrad	39	380	1306

# Conclusion

---

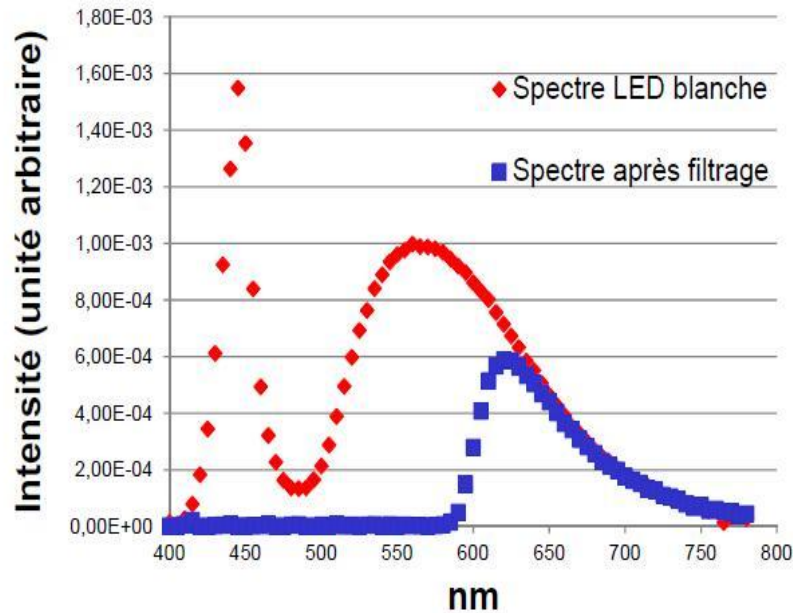
- Méthode standard mal adaptée aux luminaires à LEDs → besoin de développer des méthodes spécifiques.
- Le risque d'une exposition chronique à des niveaux inférieurs aux seuils d'exposition aiguë n'est pas pris en compte.
- B n'est valable que pour des adultes.

# Pour en savoir plus...

- POINT Sébastien.- *Les technologies nouvelles de l'éclairage: leur impact sur l'environnement et la santé*, Revue de l'électricité et de l'électronique, Numéro 4 (2012).
- POINT Sébastien.- *LEDs et sécurité oculaire*, Photoniques Numéro 45, (Janvier/Février/Mars 2010).
- CESARINI JP.- *Risques oculaires du rayonnement bleu*, Radioprotection Vol.44, EDP sciences, 2009.
- *Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED)*, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Edition scientifique (octobre 2010).
- CEI *Sécurité photobiologique des lampes et appareils utilisant des lampes*, CEI 62471-1 :2008.
- CEI *Photobiological safety of lamps and lampsystems – Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety*, IEC/TR 62471-2 :2009.
- CEI *Application de la CEI 62471 aux sources de lumières et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue*, CEI/RT 62778 :2012.

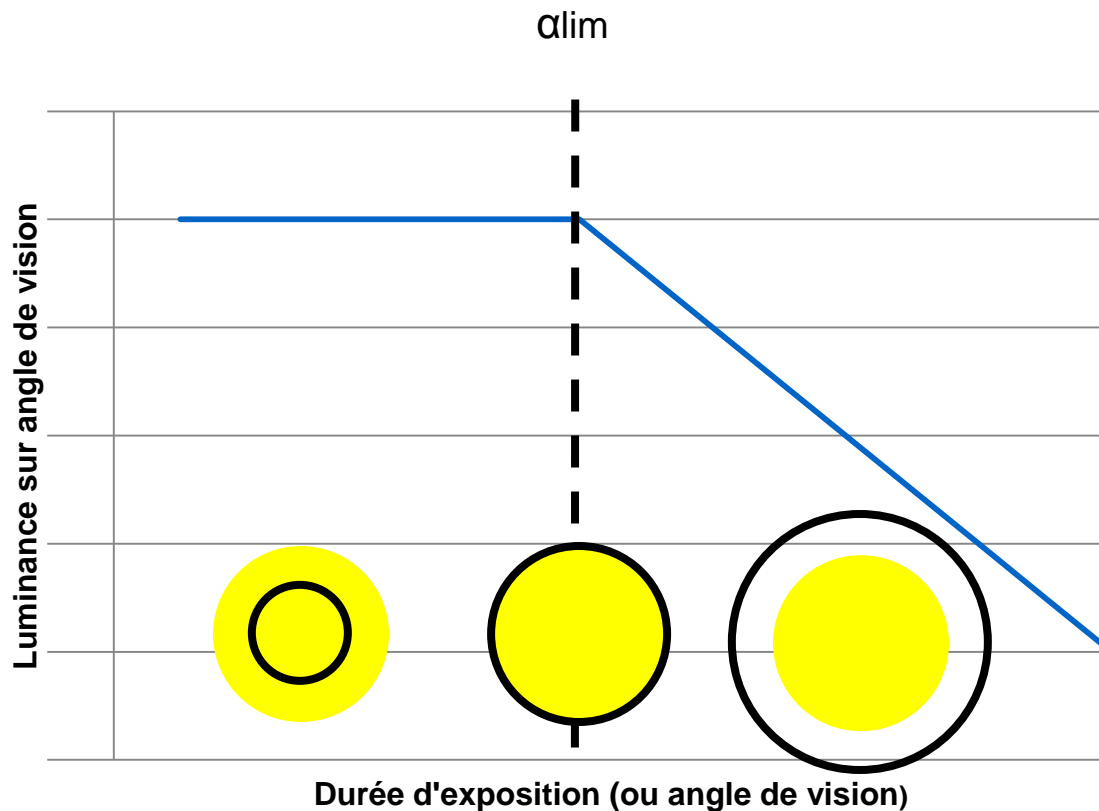


# Application pratique au laboratoire



**Yamamoto**  
NdYAG 532 nm OD 10

# Application pratique au laboratoire



A partir de  $\alpha_{lim} > \Theta_{source}$ ,

→ E est constant =  $E_{max}$

→ Diaphragme non nécessaire

→  $L(\lambda) = 4 \times E_{max}(\lambda) / \pi \times (\alpha_{lim})^2$

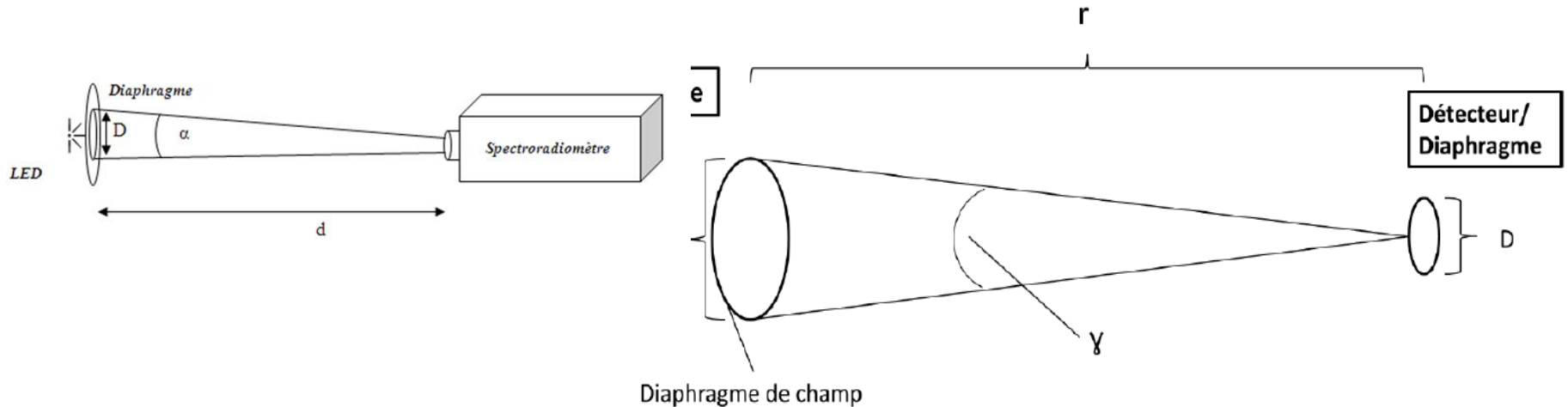
A partir de  $\alpha_{lim} < \Theta_{source}$ ,

→ L est constante =  $L_{max}$

**Conclusion:**

→ Seule la mesure à  $\alpha_{lim}$  est nécessaire

# Application pratique au laboratoire



Relation entre l'éclairement énergétique mesuré,  $E$ , et la luminance énergétique de la source  $L$  :

$$E = L \cdot \Omega$$

Avec  $\Omega$  est l'angle solide sous-tendu par l'angle plan  $\gamma$ .

Pour des sources circulaires de faible taille :

$$\Omega = \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4} \text{ avec } \gamma = \frac{F}{r}$$