

# Quelques aspects des effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des LED

**Dr. Dina ATTIA**

Agence Nationale de sécurité sanitaire

[dina.attia@anses.fr](mailto:dina.attia@anses.fr)

25 septembre 2018

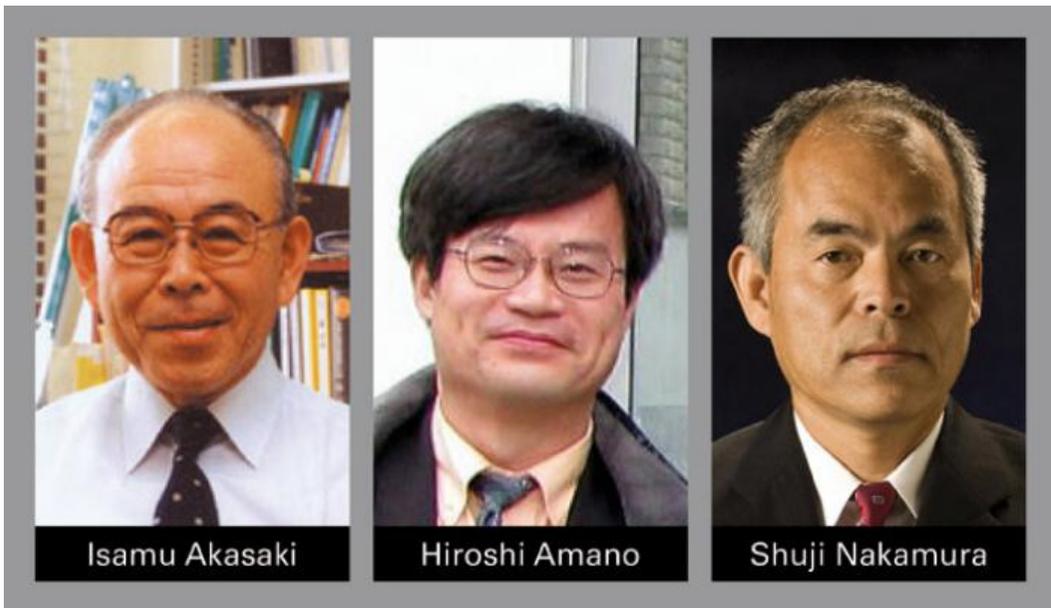
SOMETRAV - PACA

# La LED (diode électroluminescente) Solid-State Lighting (SSL)

## The blue light-emitting diode

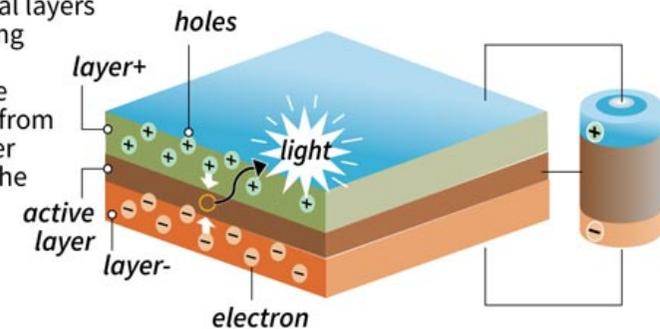


Work by **Isamu Akasaki, Hiroshi Amano** and **Shuji Nakamura** led to a low-energy source of light for illuminating homes and computers, as well as a weapon against global warming

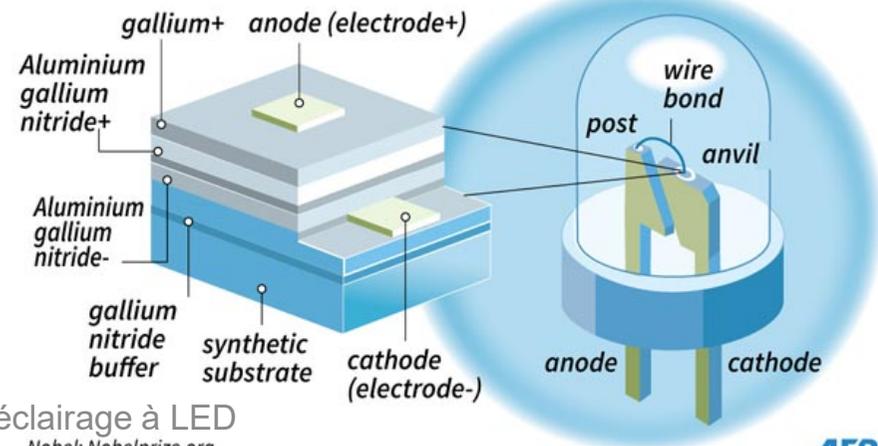


### A light-emitting diode (LED)

consists of several layers of semiconducting materials. Electrical voltage drives electrons from the negative layer and holes from the positive layer to the active layer, where they recombine to emit light



The light-emitting diode consists of several different layers of **gallium nitride**. By mixing in indium and aluminium, the scientists managed to increase the efficiency of the lamp.



Prix Nobel de Physique 2014 décerné aux inventeurs de la LED bleue (ce qui a permis de faire des LED blanches pour l'éclairage)

# Remplacement systématique des anciens éclairages par des LED



au travail



en ville



à la maison

# Apparition de nombreux éclairages LED là où il n'y avait pas d'éclairage avant...

Nouvelles situations d'éclairage  
Nouveaux produits éclairants



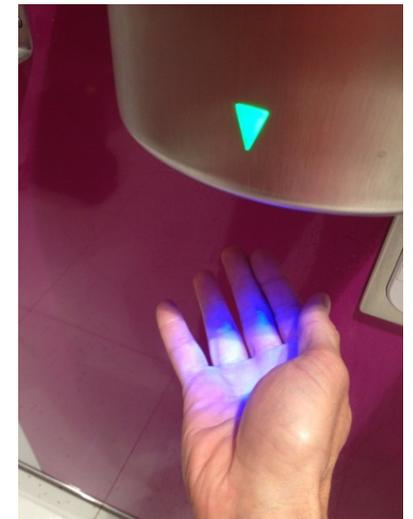
Pinceau de maquillage



Éclairage automobile de jour



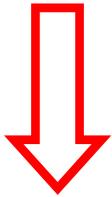
Outil à LED



Sèche main

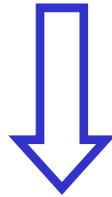
# Applications des LED et effets sanitaires possibles

Rétro-éclairage  
à LED



- Ordinateur portable
- Smartphone
- TV à LED

Eclairage  
à LED



- Éclairage public
- Éclairage domestique
- Éclairage véhicule
- Éclairage professionnel

Objets à LED



- Jouets pour enfants
- Chaussures enfants
- Veilleuse
- etc ...

## Effets sanitaires suspectés

- ❖ Rythme circadien
- ❖ Effet stroboscopique

- ❖ Risque phototoxique
- ❖ Eblouissement
- ❖ Rythme circadien
- ❖ Effet stroboscopique

- ❖ Risque phototoxique ?
- ❖ Eblouissement ?
- ❖ Rythme circadien ?
- ❖ Effet stroboscopique ?

# Pourquoi les LED sont-elles si différentes?

Efficacité lumineuse > 200 lm/W en labo

**La source élémentaire est très petite**

La luminance est très élevée,

*même avec de tout petit flux lumineux*

Le spectre de la lumière est « différent »

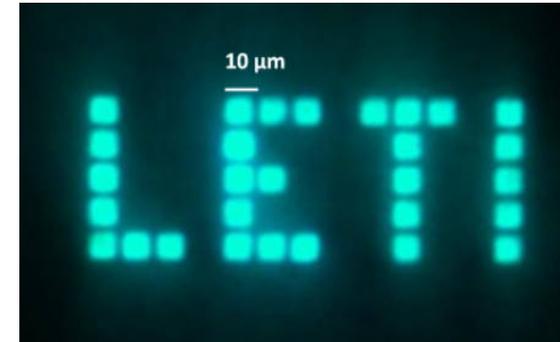
La lumière peut varier très vite dans le temps (~ 1 ns)

Contrôle électronique :

Réglages de couleur et de flux possibles

Gradation

Couplage facile avec détecteurs de présence

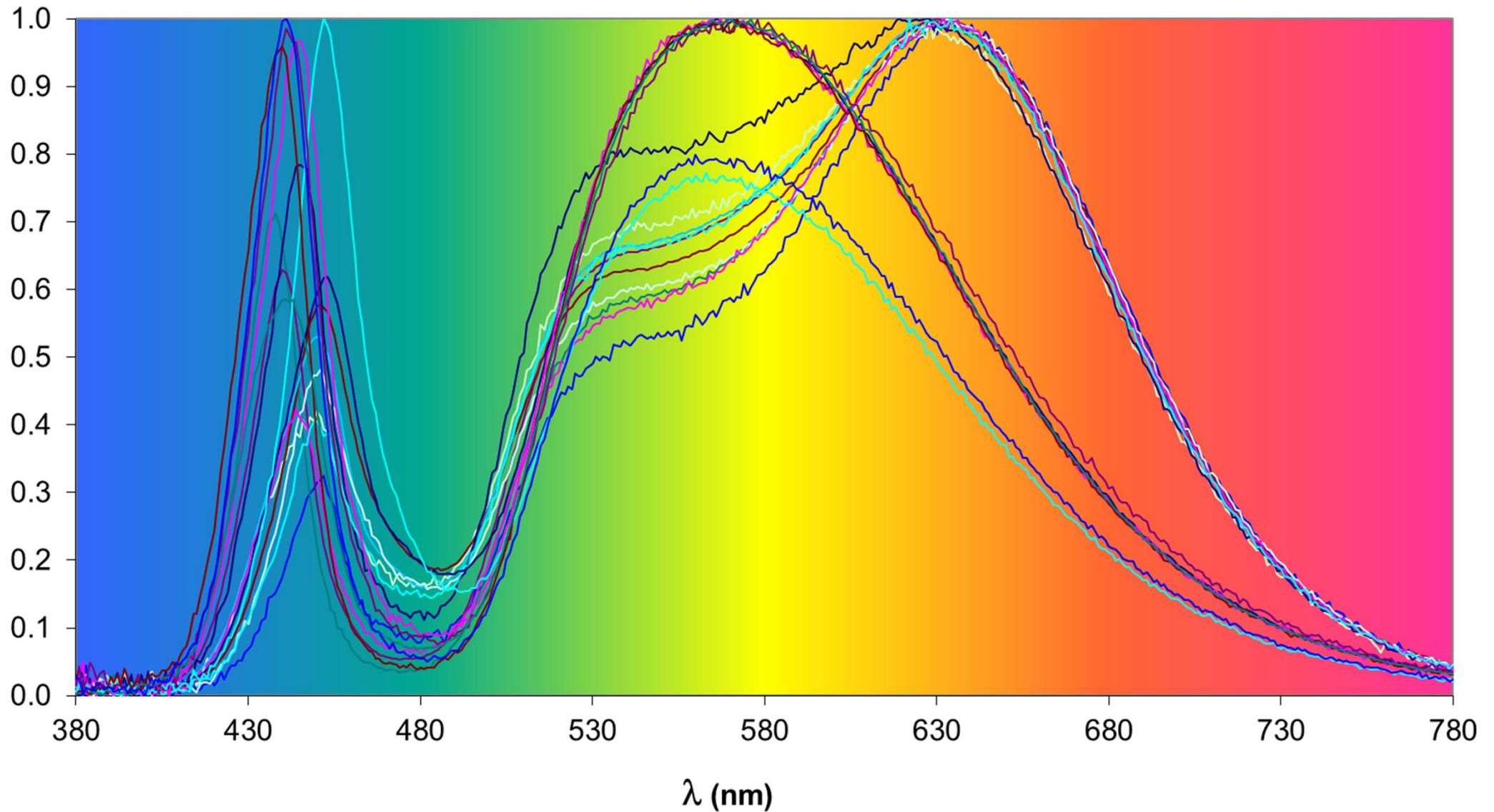


1 000 000 cd/m<sup>2</sup>

0.0003 lumen



# Spectres de LED



# Les effets biologiques qui ont attiré l'attention dans le cas des LED

1. Eblouissement
2. Lumière bleue sur la rétine
3. Effets de la modulation temporelle de la lumière
4. Effets non-visuels sur l'horloge biologique et le rythme circadien

# 1. Eblouissement

# 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 éclairage
- Typique des éclairage de fortes puissances à l'extérieur
- Indices :  $L_{voiles}$ , GR, TI

## Eblouissement d'inconfort

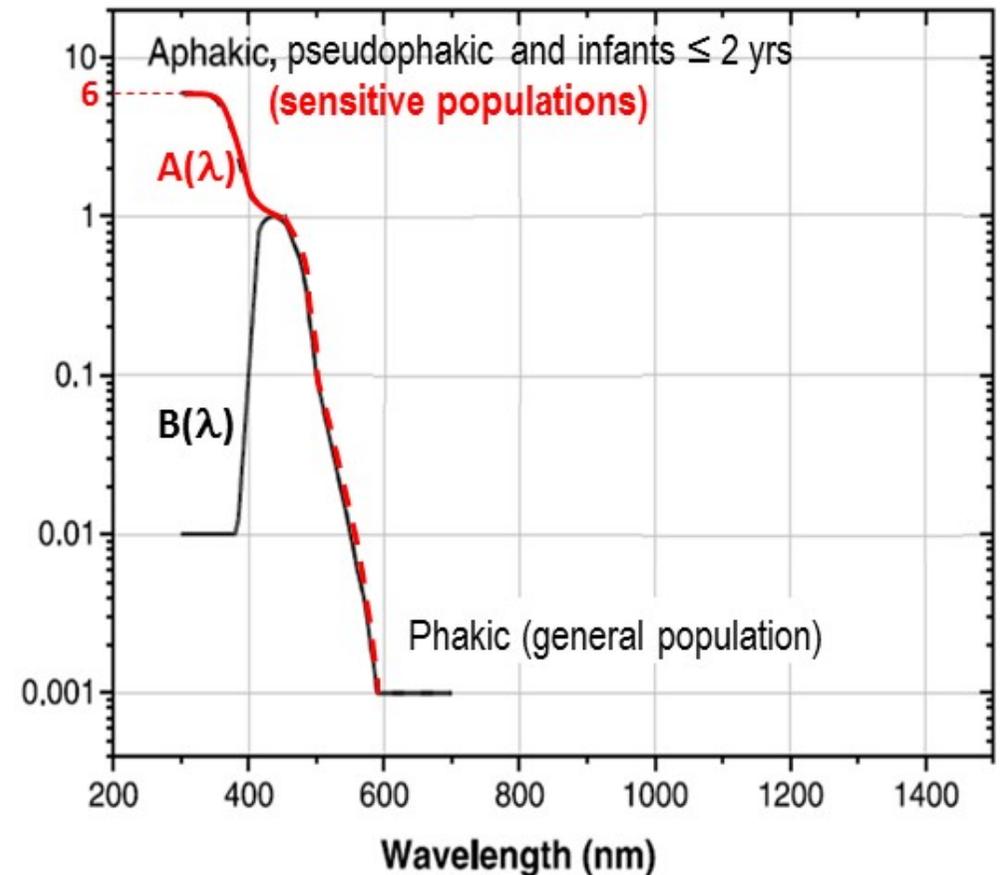
- Sensation d'inconfort temporaire et réversible
- Produit par les différences de contraste
- Pas de perte d'acuité visuelle
- Typique des éclairages intérieurs brillants sur fond sombre
- Indice : UGR

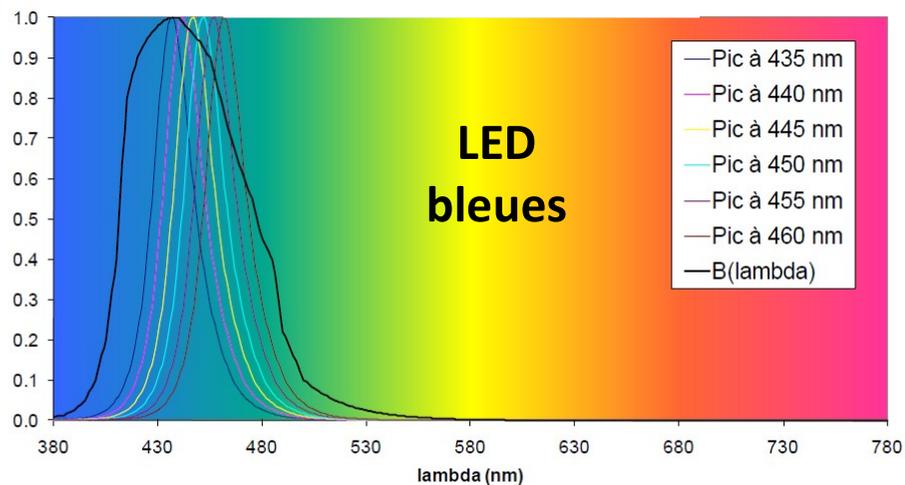


## 2. Lumière bleue : « blue light hazard »

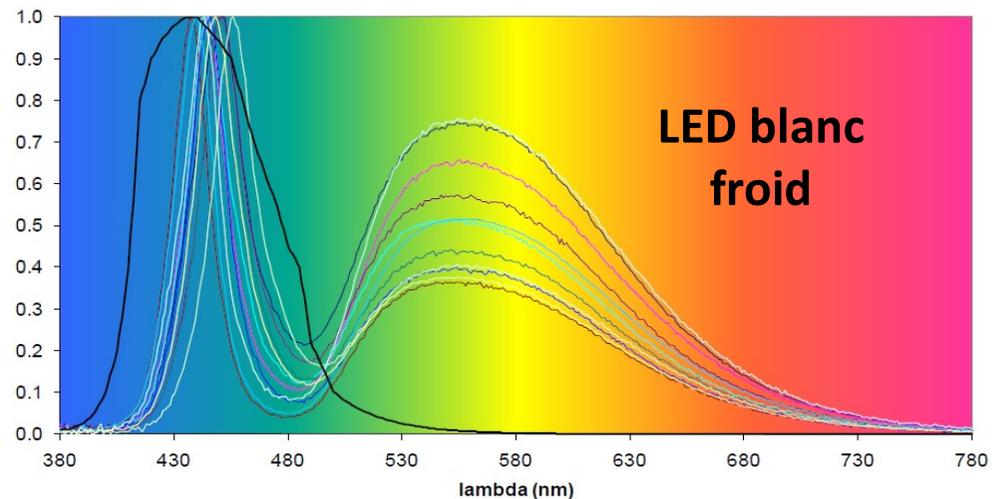
# Danger de la lumière bleue

- Les enfants
  - Transparence du cristallin
  - Macula peu pigmentée
- Les personnes âgées
  - Cristallin filtrant mais sensibilité accrue de la rétine (accumulation de lipofuscine)
- Sujets présentant des sensibilités particulières à la lumière
- Sujets aphakes et pseudophakes

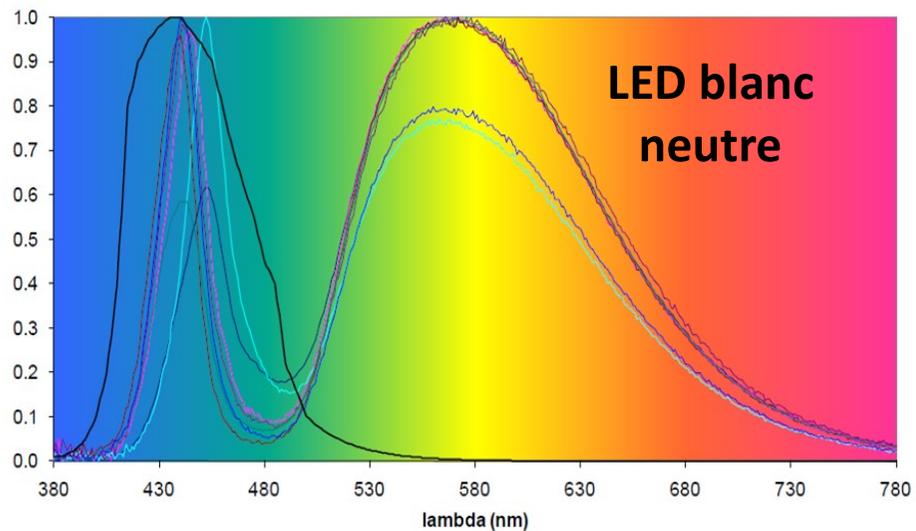




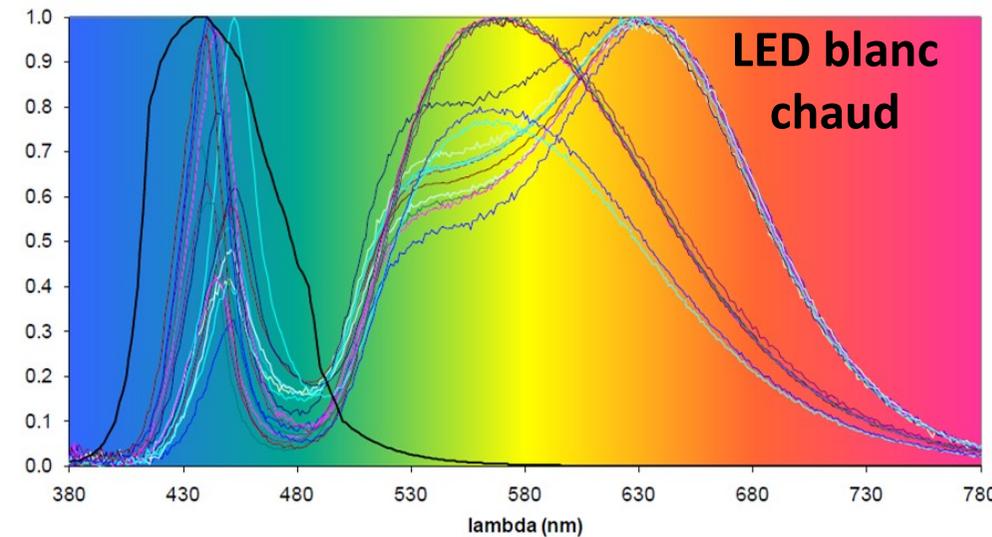
Densité spectrale de flux normalisée pour les LED bleu roi. La courbe noire représente la fonction  $B(\lambda)$ .



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



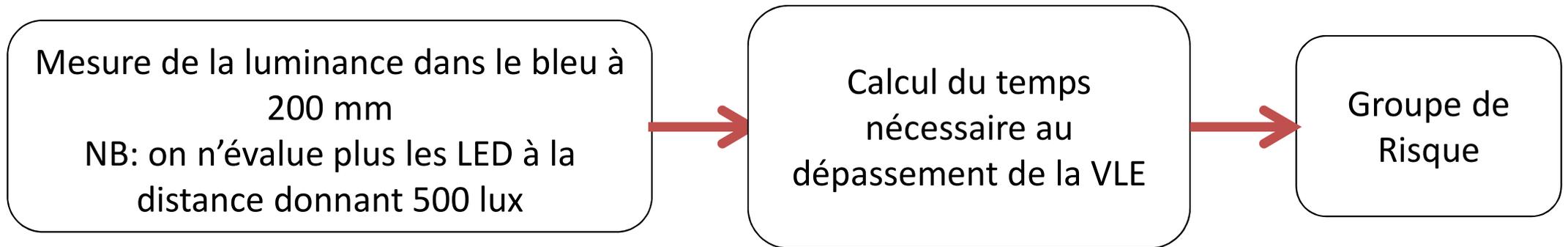
Densité spectrale de flux normalisée pour les LED blanc neutre. La courbe noire représente la fonction  $B(\lambda)$ .



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

# INF EN 62471 complétée par IEC TR 62778 de 2014

## Classification d'une lampe/luminaire en « groupe de risque »



| <b>Temps d'exposition nécessaire au dépassement des VLE de l'ICNIRP</b> | <b>Groupe de Risque</b> |
|---|-------------------------|
| $t \geq 10\ 000\ s$   | RG 0: pas de risque     |
| $100\ s \leq t < 10\ 000\ s$  | RG 1: risque faible     |
| $0.25\ s \leq t < 100\ s$   | RG 2: risque modéré     |
| $t < 0.25\ s$   | RG 3: risque élevé      |

# Groupes de risques des produits LED existants

- Composants LED (LED brutes, « nues »)
  - RG2 : La plupart des LED bleues  
Les LED blanc froid les plus brillantes
  - RG1 : la plupart des LED blanc neutre  
Les LED blanc froid de moyenne puissance
  - RG0 : Toutes les LED blanc chaud  
Toutes les LED blanches de faible puissance

# Directive européenne « ROA » 2006/25/CE

- Protection des travailleurs vis-à-vis des rayonnements optiques artificiels
- Donne les limites d'exposition des travailleurs (les mêmes que l'ICNIRP)
- Pour la lumière bleue, il faut aller au-delà de la notion de Groupe de Risque qui ne concerne qu'une seule lampe !
- Il faut considérer le scénario d'exposition complet (plusieurs sources de lumière, considération des distances, cumul des durées, etc.) :

Norme NF EN 14255-4 : Mesurage et évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements optiques incohérents - Partie 2 : rayonnements visibles et infrarouges émis par des sources artificielles sur les lieux de travail

Non-binding guide to good practice  
for implementing Directive 2006/25/EC  
'Artificial Optical Radiation'



# Réduction de l'exposition

- Eviter de regarder les LED bleues
- Travailler avec des LED blanc chaud
- Réduire les luminances (diffuseurs de lumière)

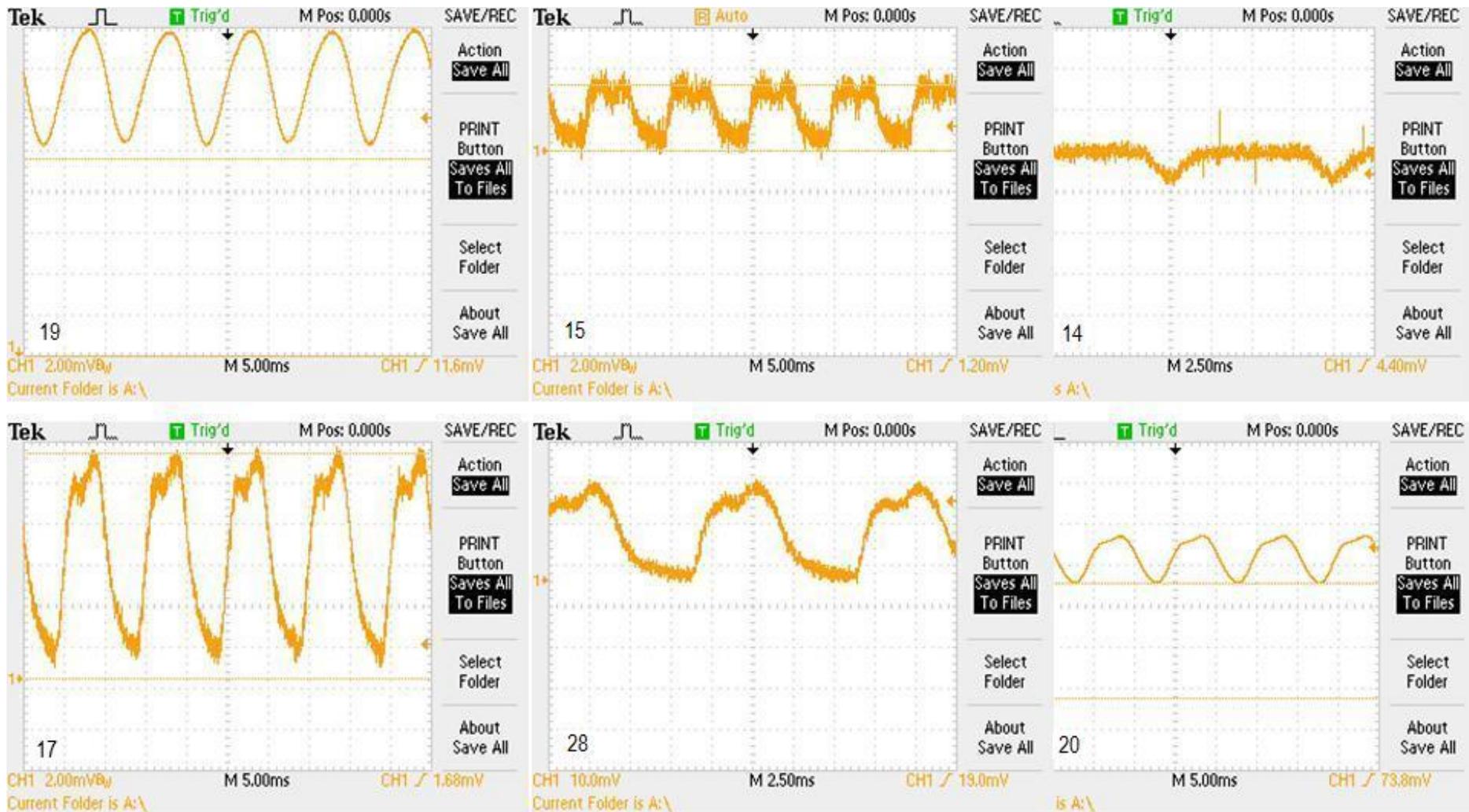
## E.P.I.

Pas de protection oculaire contre le blue light hazard: utiliser des lunettes laser.

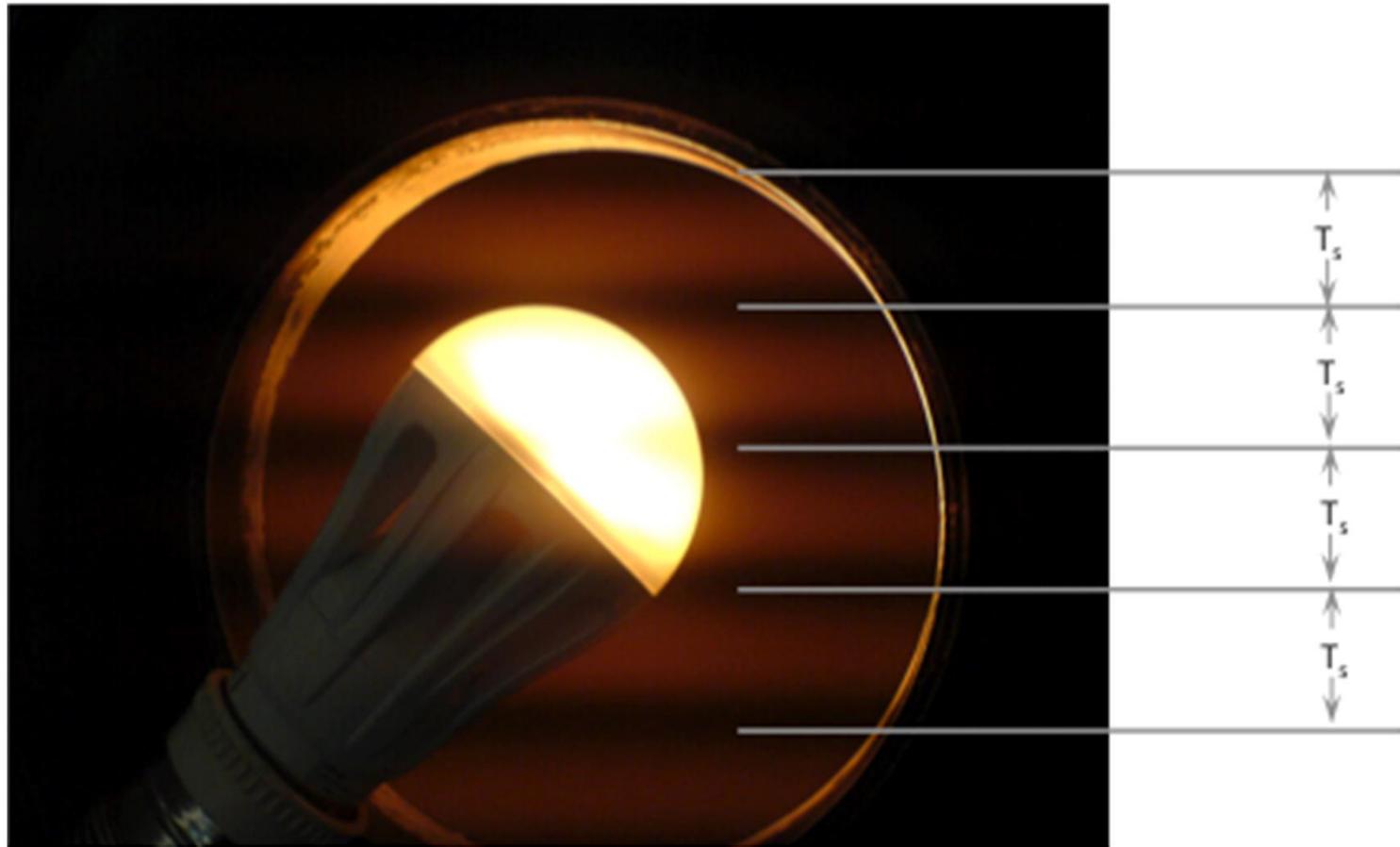


# La modulation temporelle des LED

# Modulation temporelle des LED - Variations temporelles périodiques de la lumière



# Détection de la modulation temporelle avec la caméra du smartphone



Courtesy of Pr. Georges Zissis

# Modulation temporelle des LED

**Les produits LED ont des comportements complètement différents les uns des autres !**

Exemples :

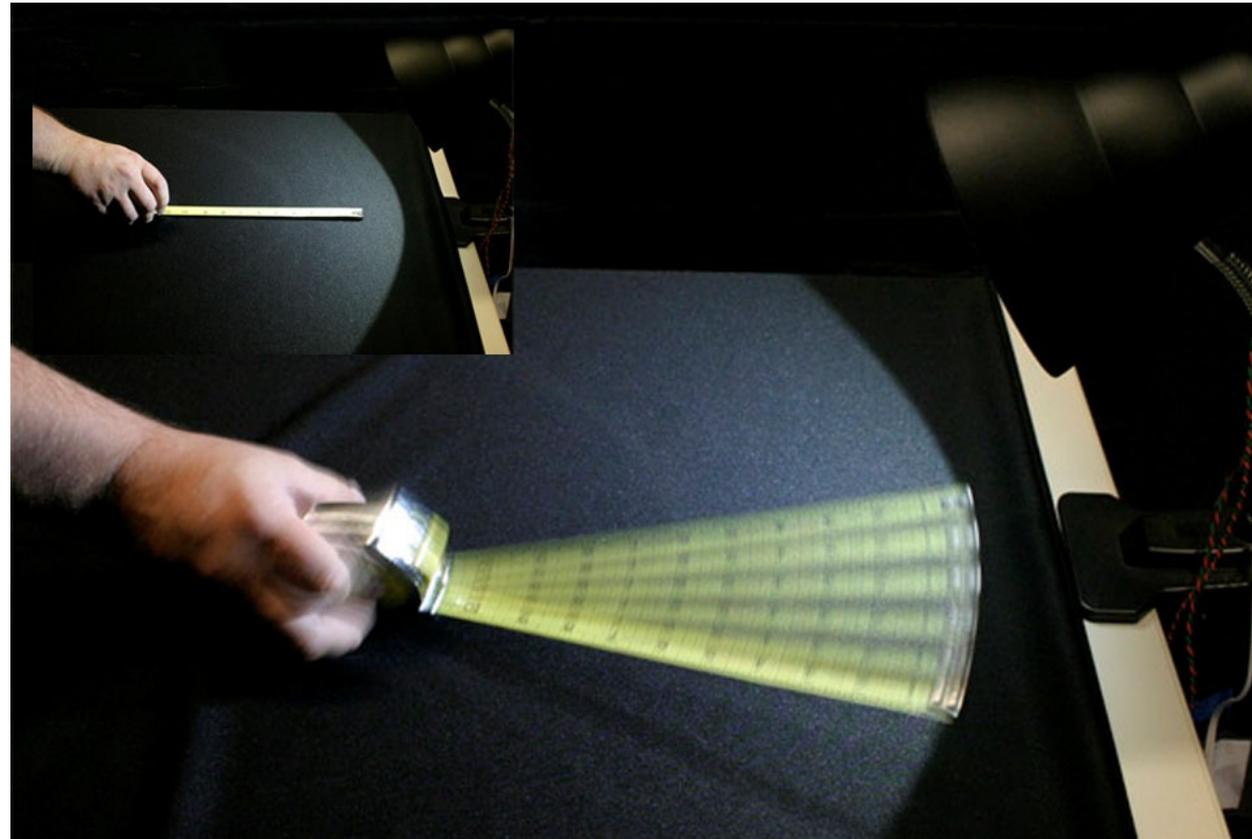
- Produits à très faible papillotement à 350 Hz
- Produits avec papillotement important (0 à 100%) à 100 Hz
- Produits avec papillotement important (0 à 100%) à 30 kHz
- etc.

**Aucune norme, aucune réglementation en Europe.**

# Modulation temporelle des LED

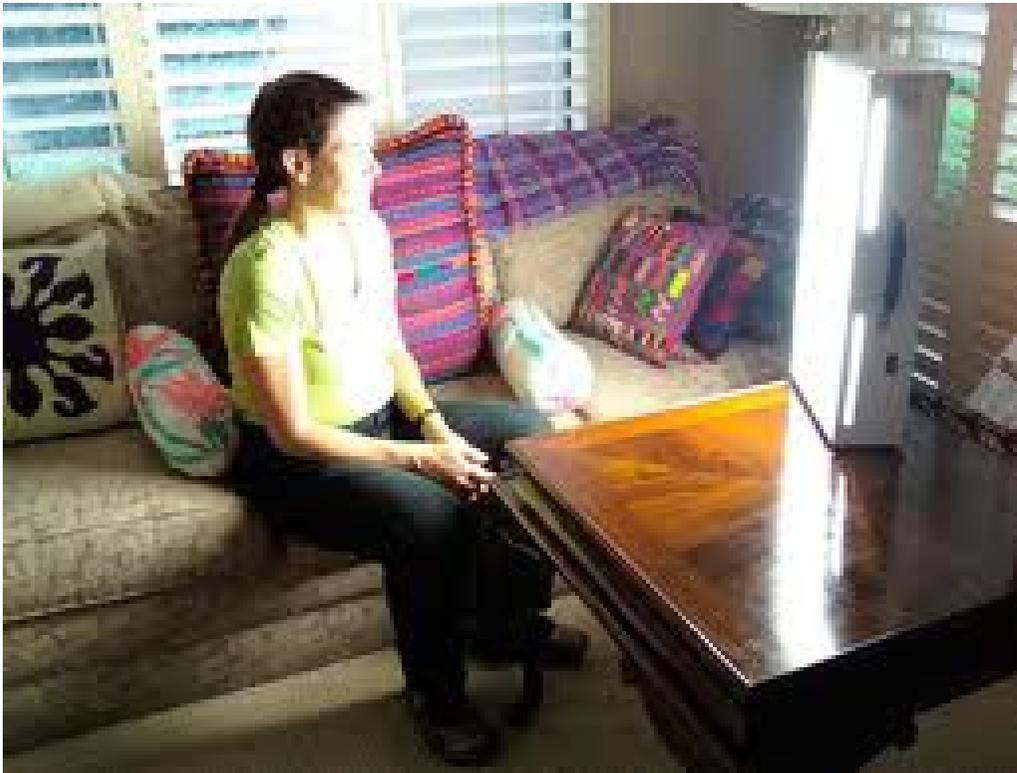
- **Population sensibles** : crises d'épilepsie après une courte exposition (quelques secondes) à des papillotements de fréquences basses (3 Hz à 70 Hz)
- **Population générale** : migraines, maux de tête, fatigue visuelle, après des expositions longues (quelques heures) à des fréquences allant jusqu'à 100 Hz.
- **Effets stroboscopiques** :
  - Ralentissement apparent des machines tournantes
  - Décomposition des mouvements
  - Distraction

# Effets stroboscopiques

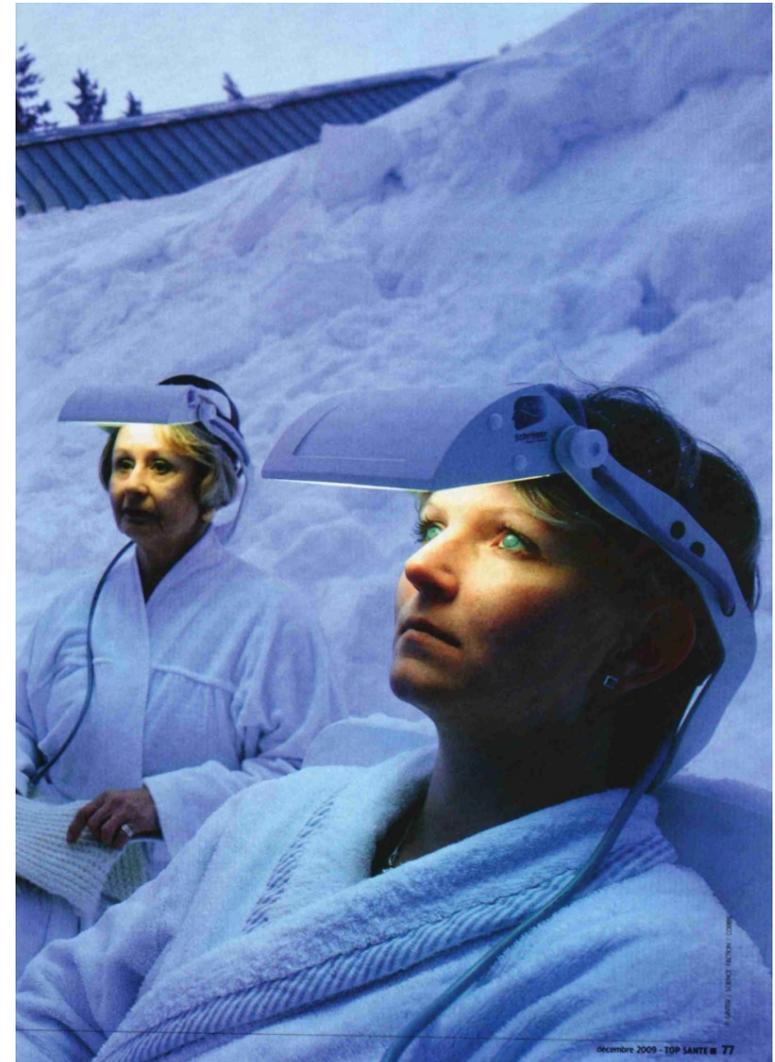


# Les effets non-visuels de l'éclairage

# Les effets non-visuels



Luminothérapie

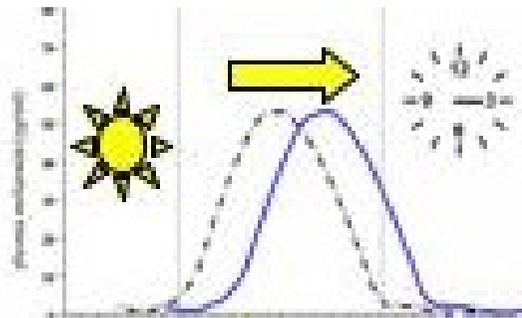


# Effets non-visuels de la lumière

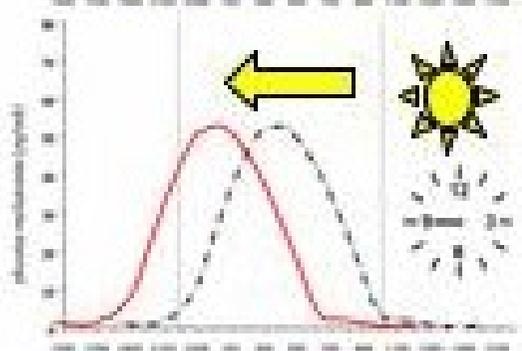
L'exposition à la lumière à un **effet direct** sur l'horloge biologique interne.

**La même exposition peut avancer ou reculer l'horloge selon le moment de l'exposition.**

La lumière le soir et début de nuit retarde l'horloge



La lumière inhibe la sécrétion de mélatonine



La lumière le matin et fin de nuit avance l'horloge

# Effets liés à la perturbation du rythme circadien

- Qualité du sommeil
- Fatigue
- Déprime
- Baisse de la vigilance
- Appétit
- Autres effets à long terme chez les travailleurs postés (travail de nuit, travail en 3/8, etc.)

*Effets indirects de l'exposition à la lumière artificielle au « mauvais moment »*

# Effets non-visuels

- Les effets non-visuels de la lumière dépendent du niveau d'éclairement, de la durée de l'exposition, du moment de l'exposition et du spectre.
- **Les relations entre ces paramètres ne sont pas encore bien établies**
- L'utilisation d'un spectre d'action "mélanopique" ne permet pas d'expliquer les effets biologiques observés.
- On ne peut toujours pas parler de "lumen mélanopique" ....

# Merci pour votre attention !

quelques références pour approfondir :

## Potential Health Issues of SSL

### FINAL REPORT

Energy Efficient End-Use Equipment (4E)  
International Energy Agency

SSL Annex Task 1

**4E** 24 SEPTEMBER 2014



Effets sanitaires  
des systèmes  
d'éclairage utilisant  
des diodes  
électroluminescentes  
(LED)

Avis de l'Afsset  
Rapport d'expertise collective

Octobre 2010 Édition scientifique

Effets sanitaires de l'éclairage à LED