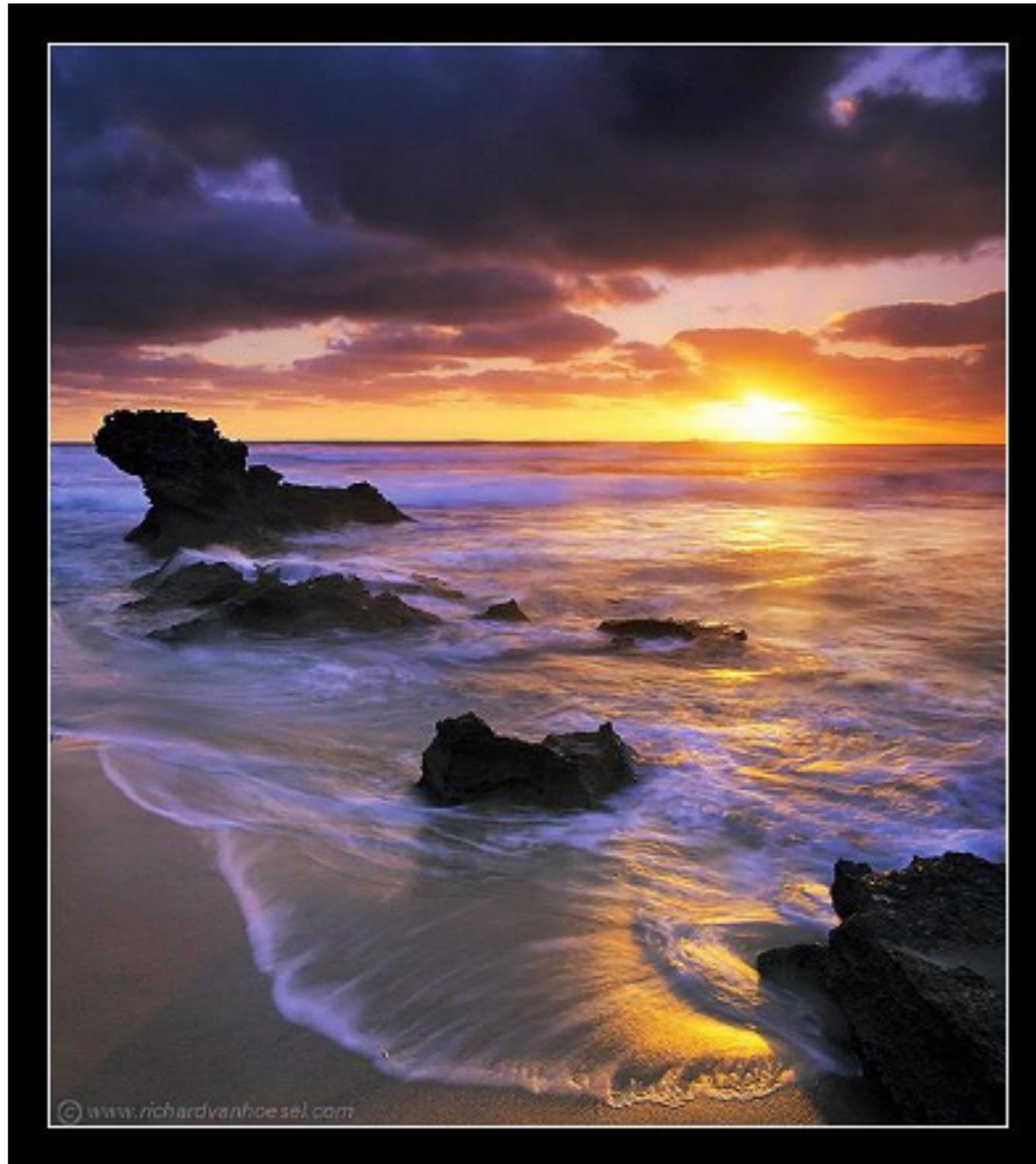


# Capturer la lumière



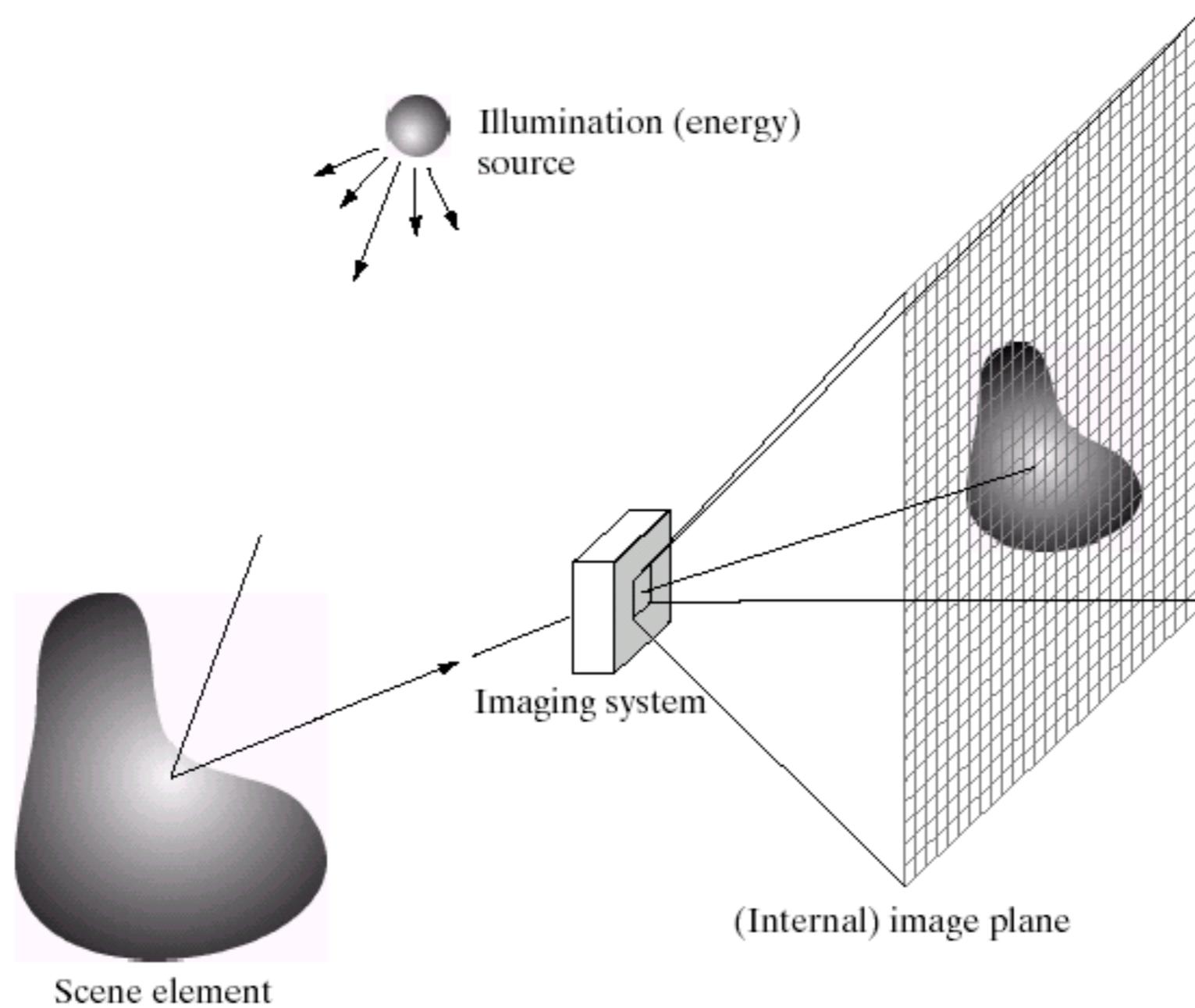
GIF-4105/7105

Jean-François Lalonde, Hiver 2015

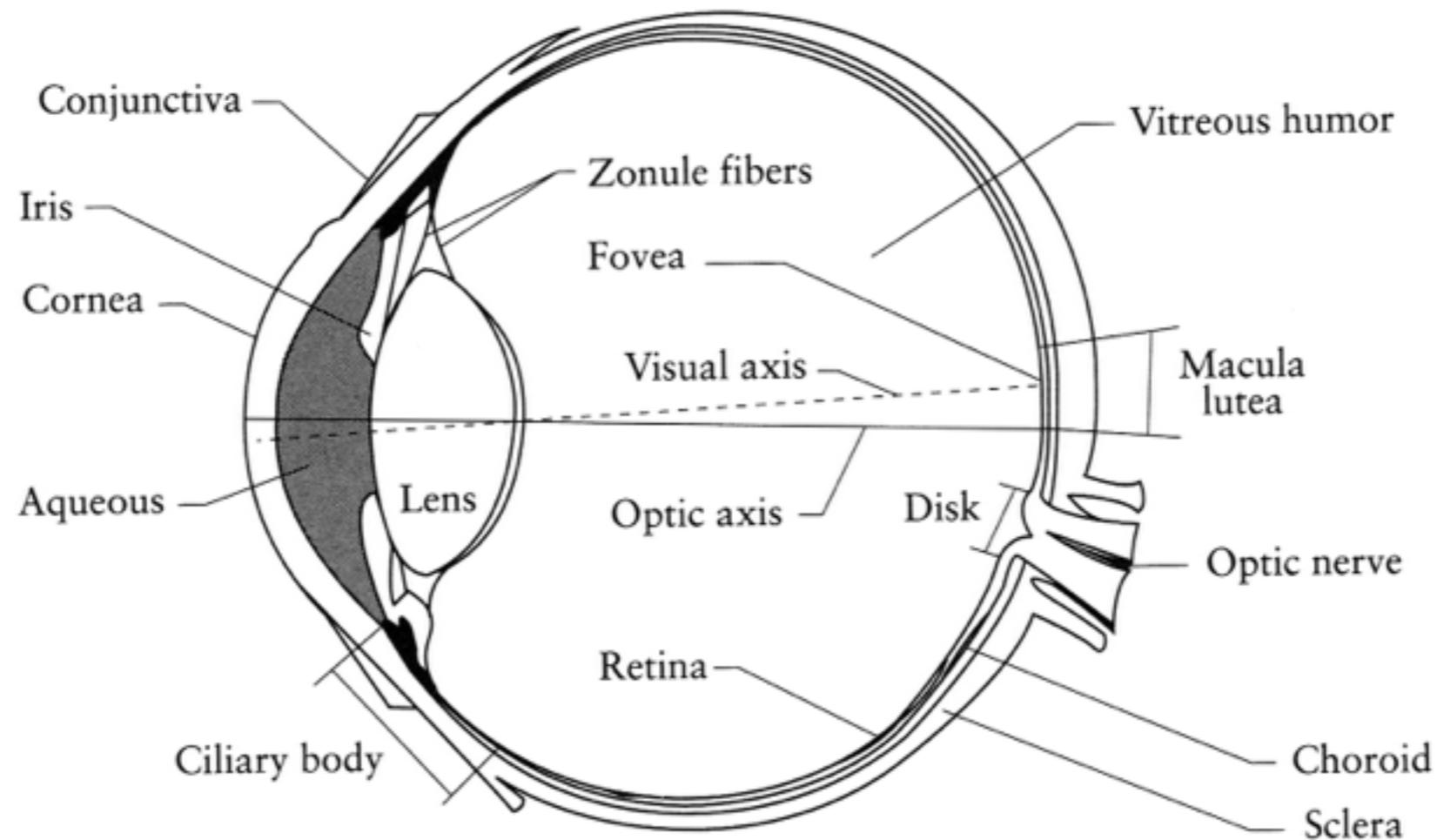
# Aujourd'hui

- Capturer la lumière
  - Avec l'oeil humain
  - Avec une caméra numérique
- Introduction au TP1

# Formation d'une image

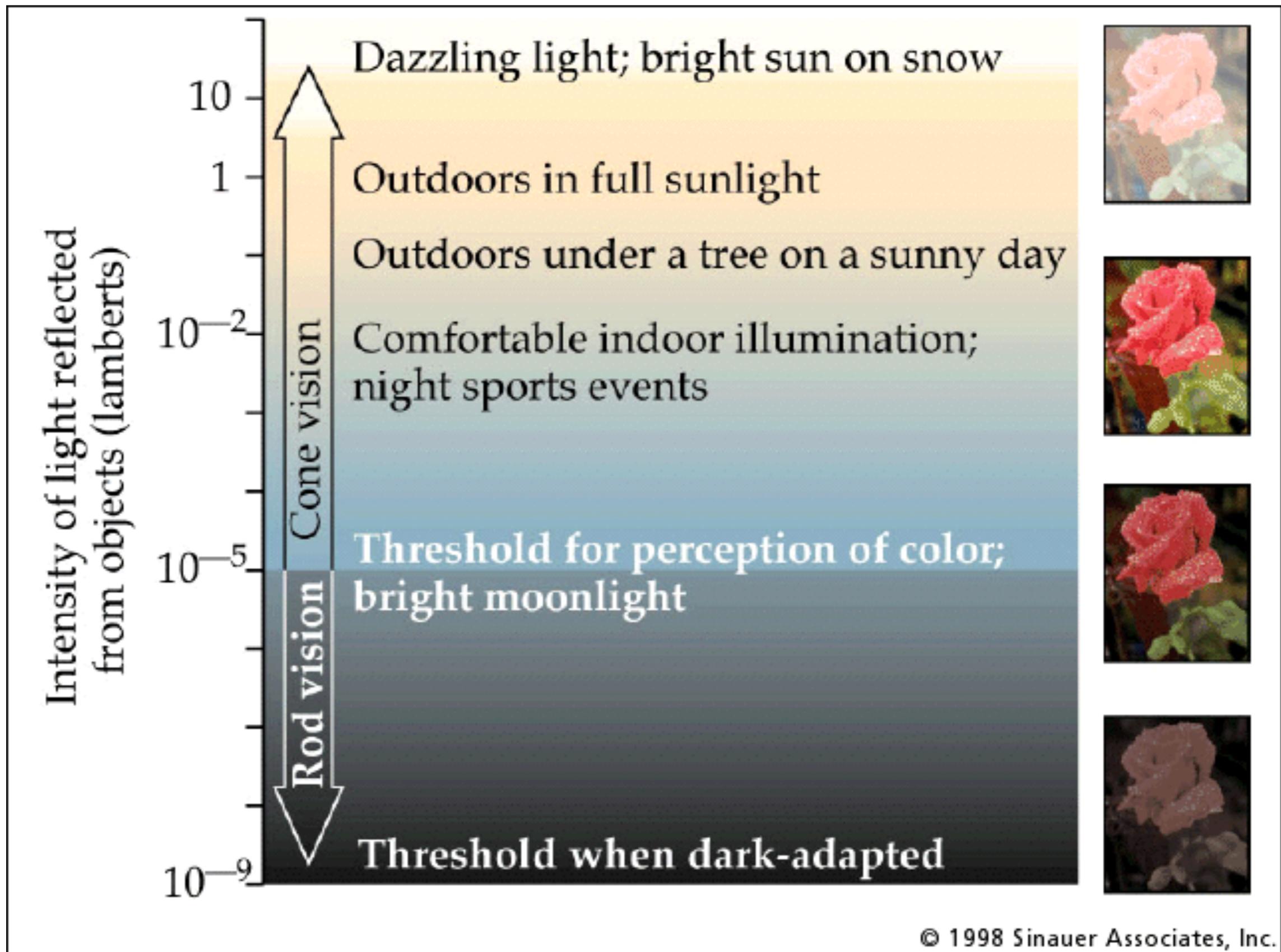


# L'oeil humain

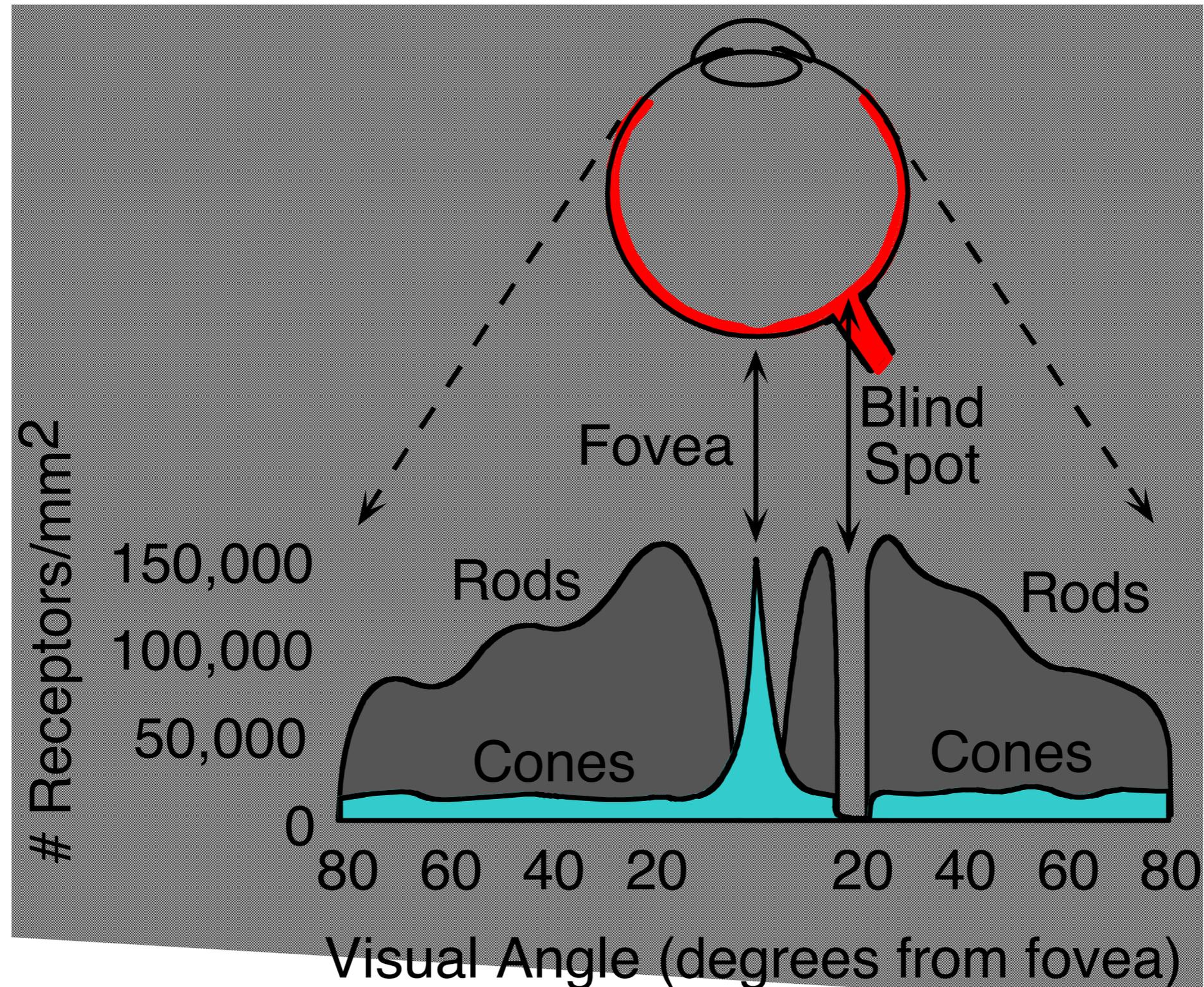


- L'oeil humain est une caméra!
  - Iris - anneau coloré avec muscles radiaux
  - Pupille - le petit trou (ouverture) dont la taille est contrôlée par l'iris
  - Où est le capteur?
    - cellules photo-réceptrices (cônes et bâtonnets) sur la rétine

# Sensibilité des cônes et bâtonnets

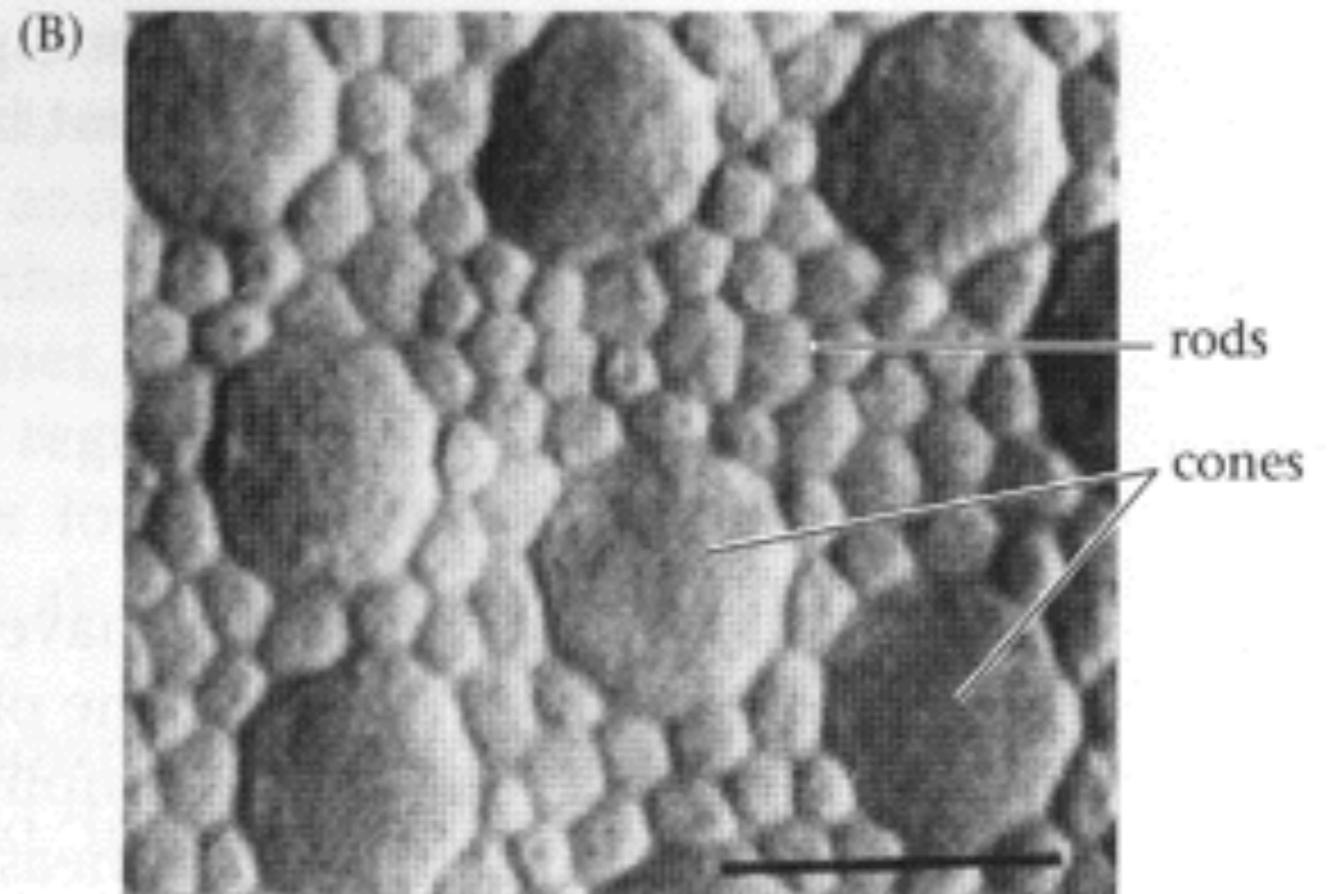
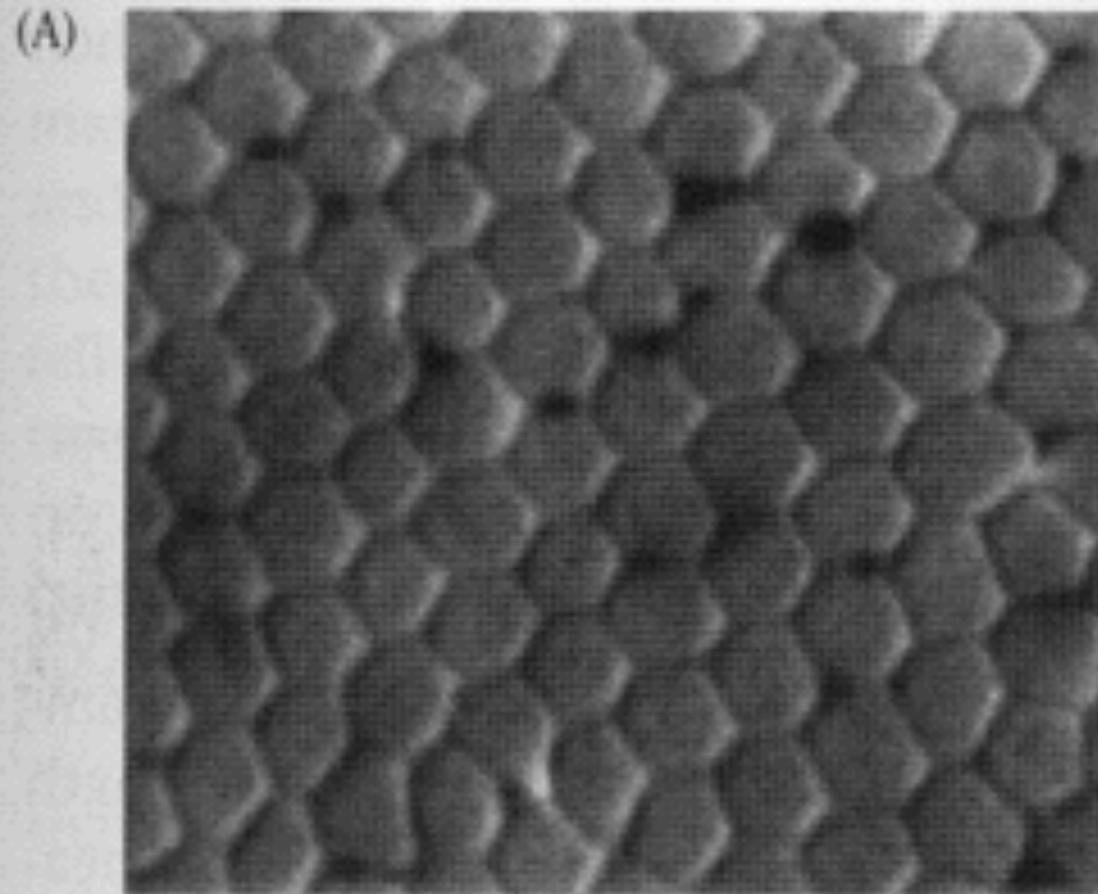


# Distribution des cônes et bâtonnets

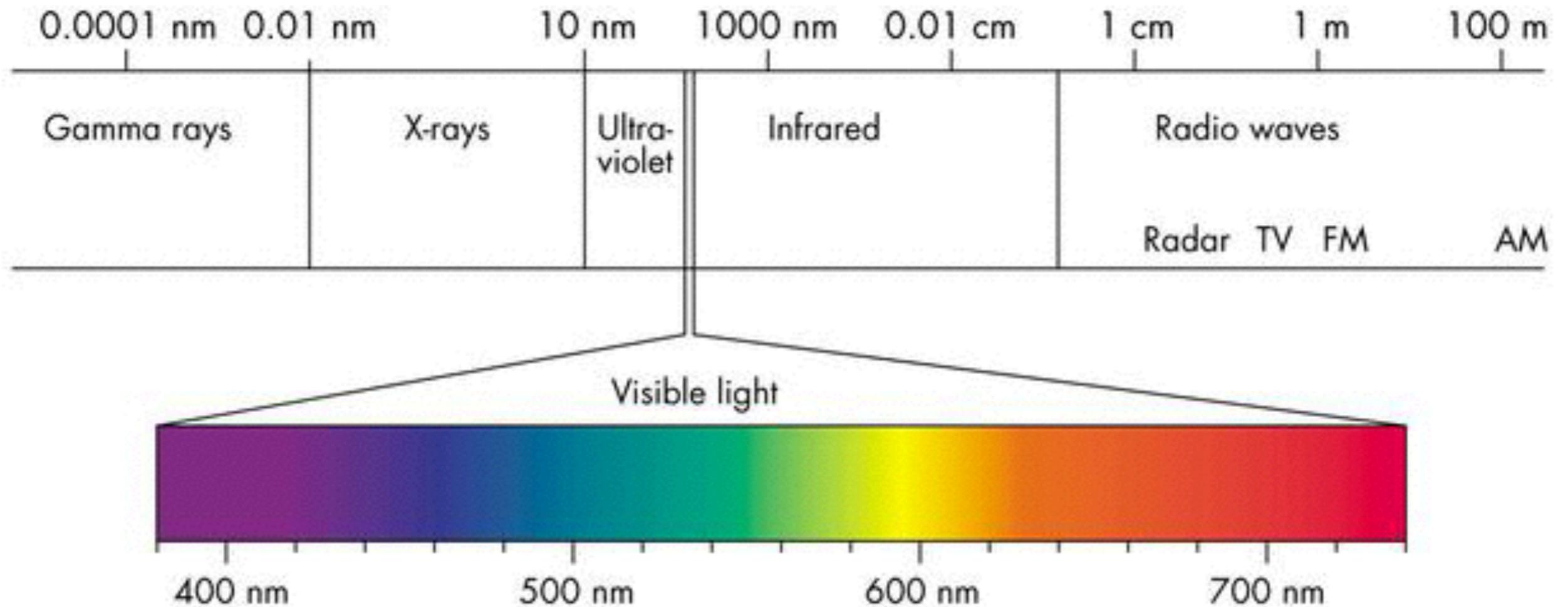


Fovée

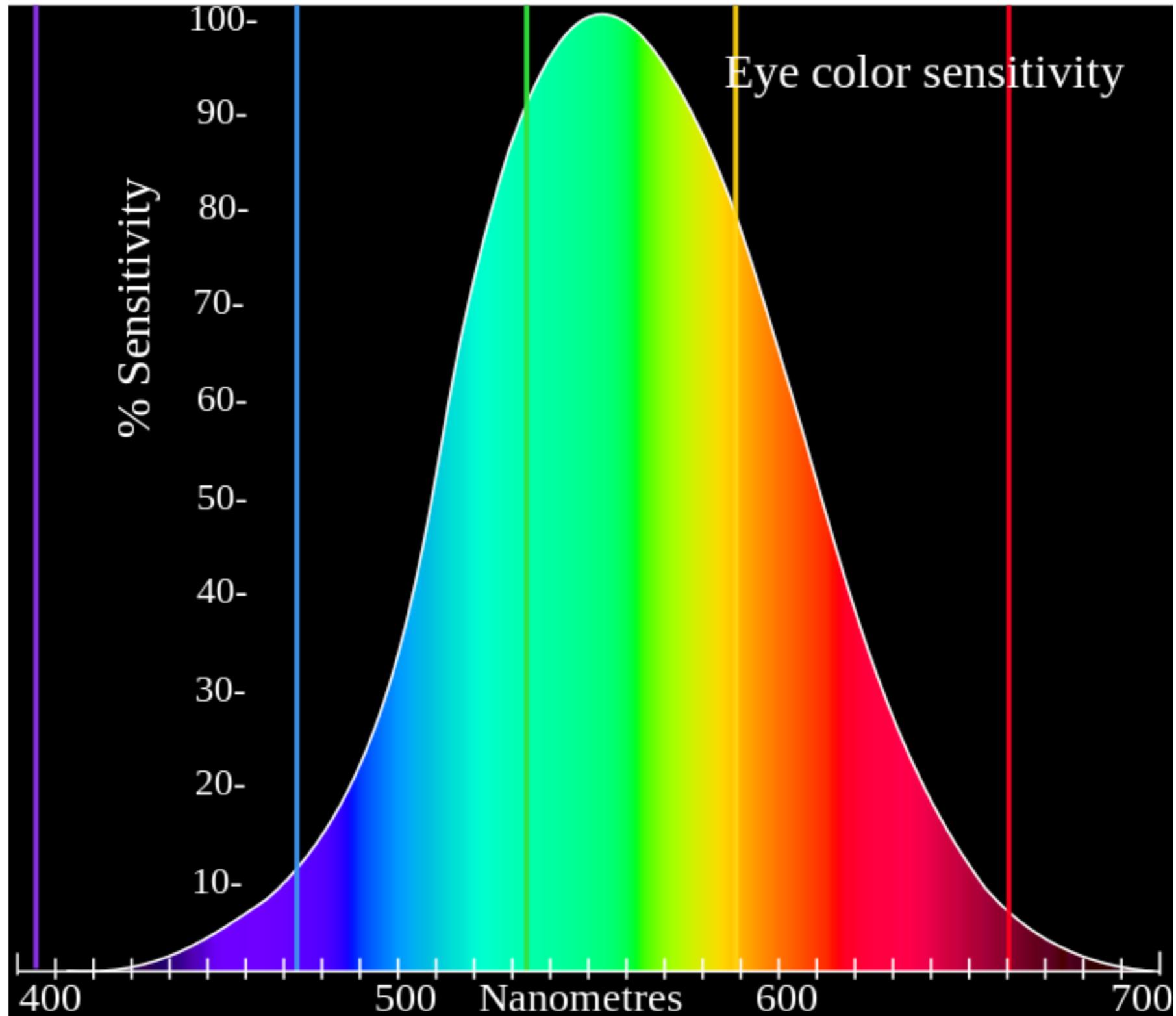
Périphérie



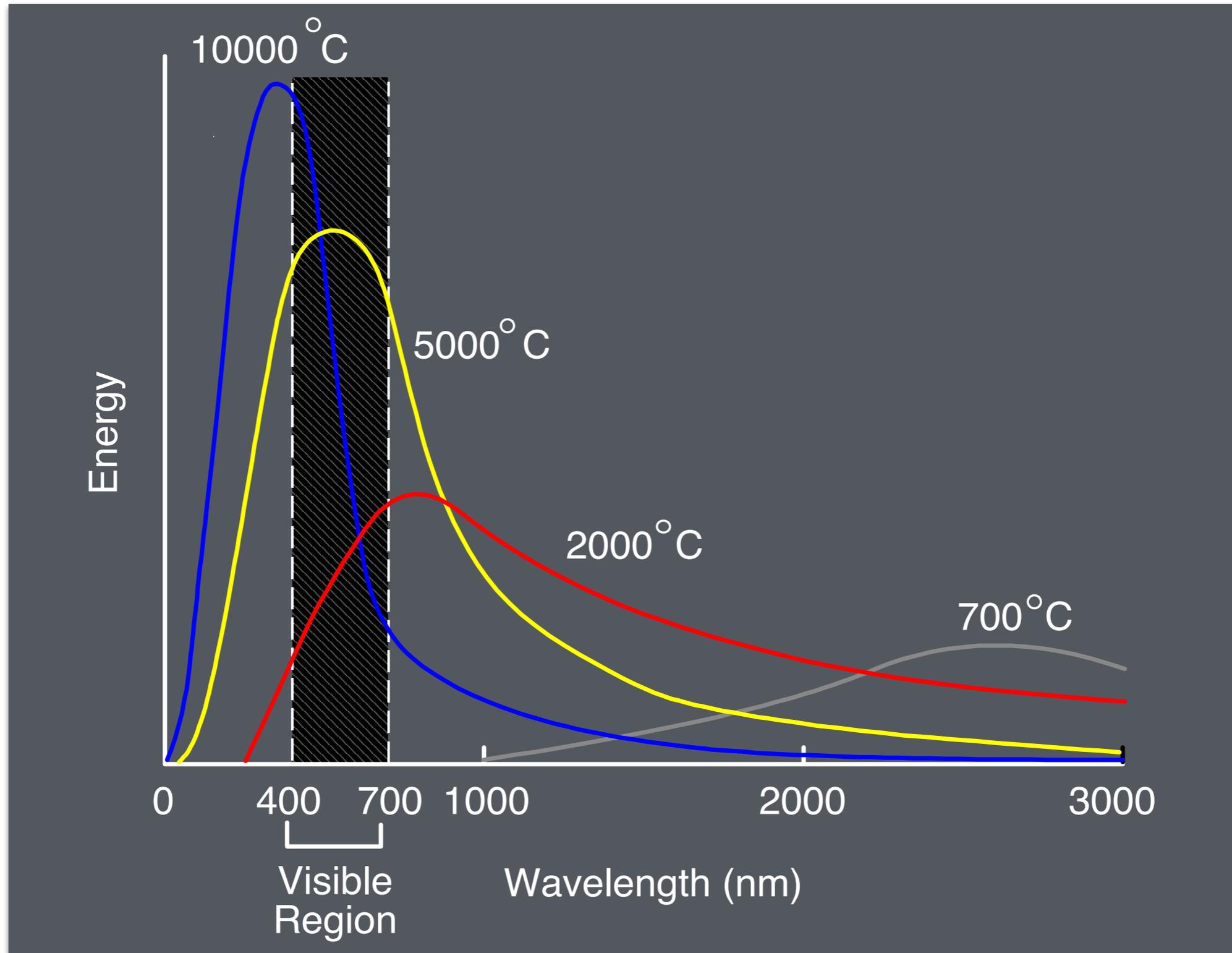
# Spectre électro-magnétique



# Spectre électro-magnétique

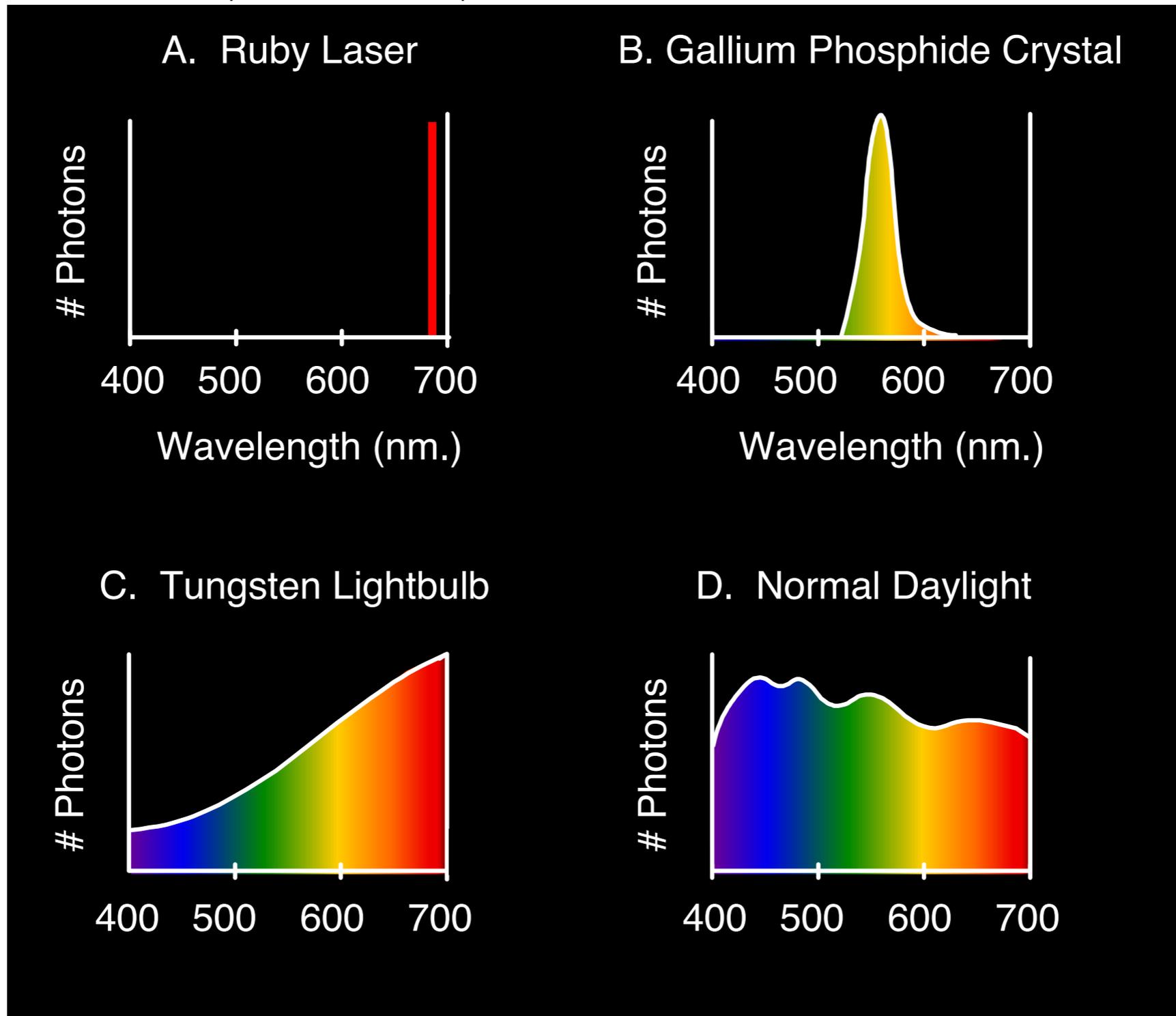


# Lumière visible



# La physique de la lumière

Quelques exemples de sources lumineuses



# La physique de la lumière

Quelques exemples de surfaces



Rouge



Jaune

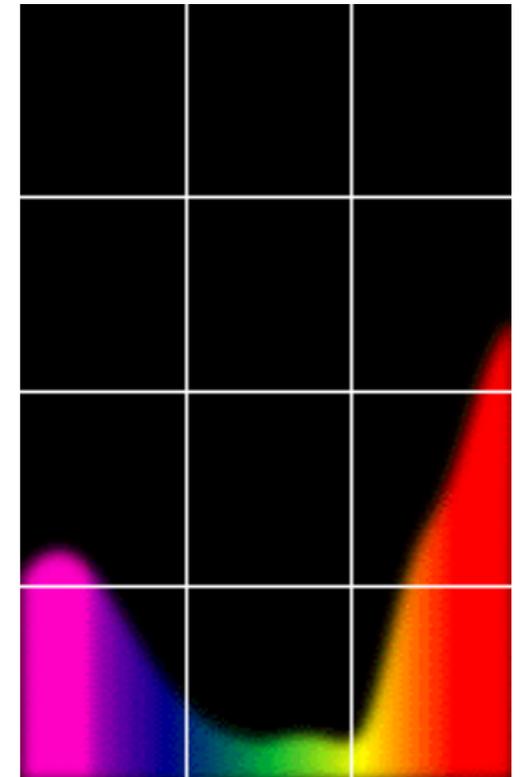
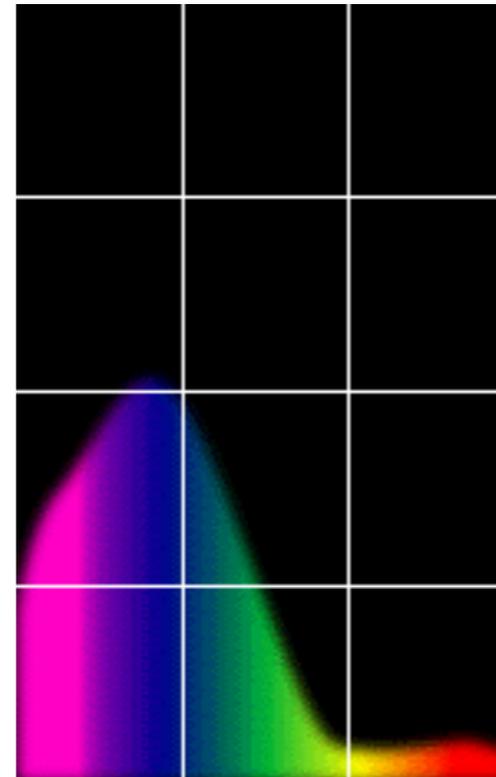
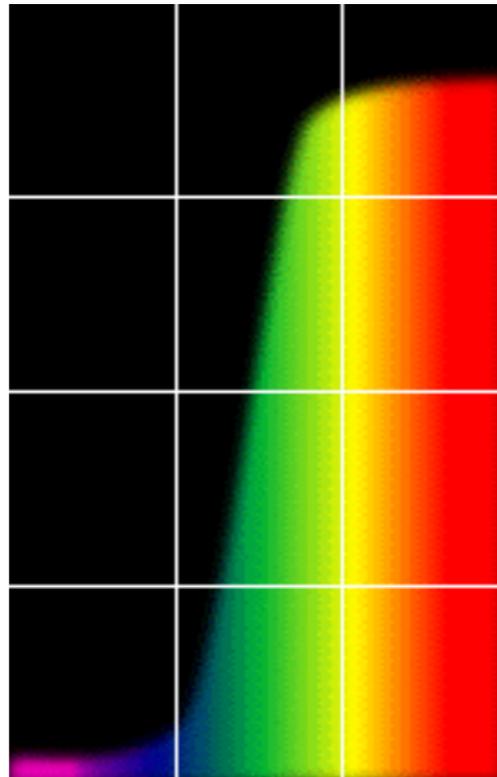
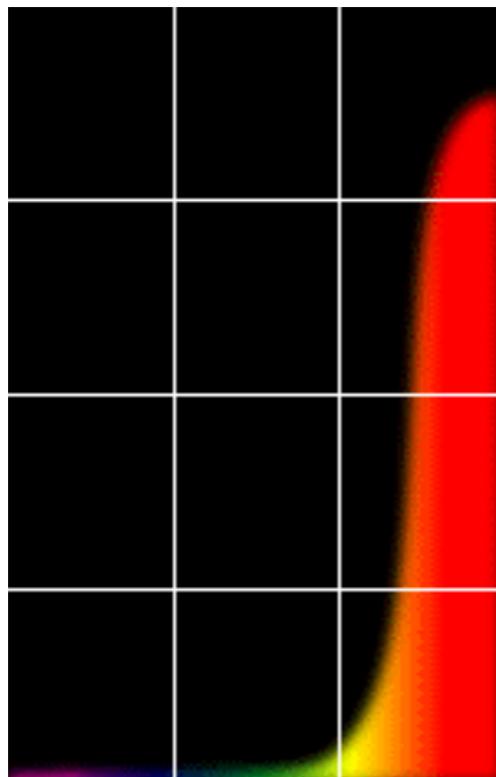


Bleu



Mauve

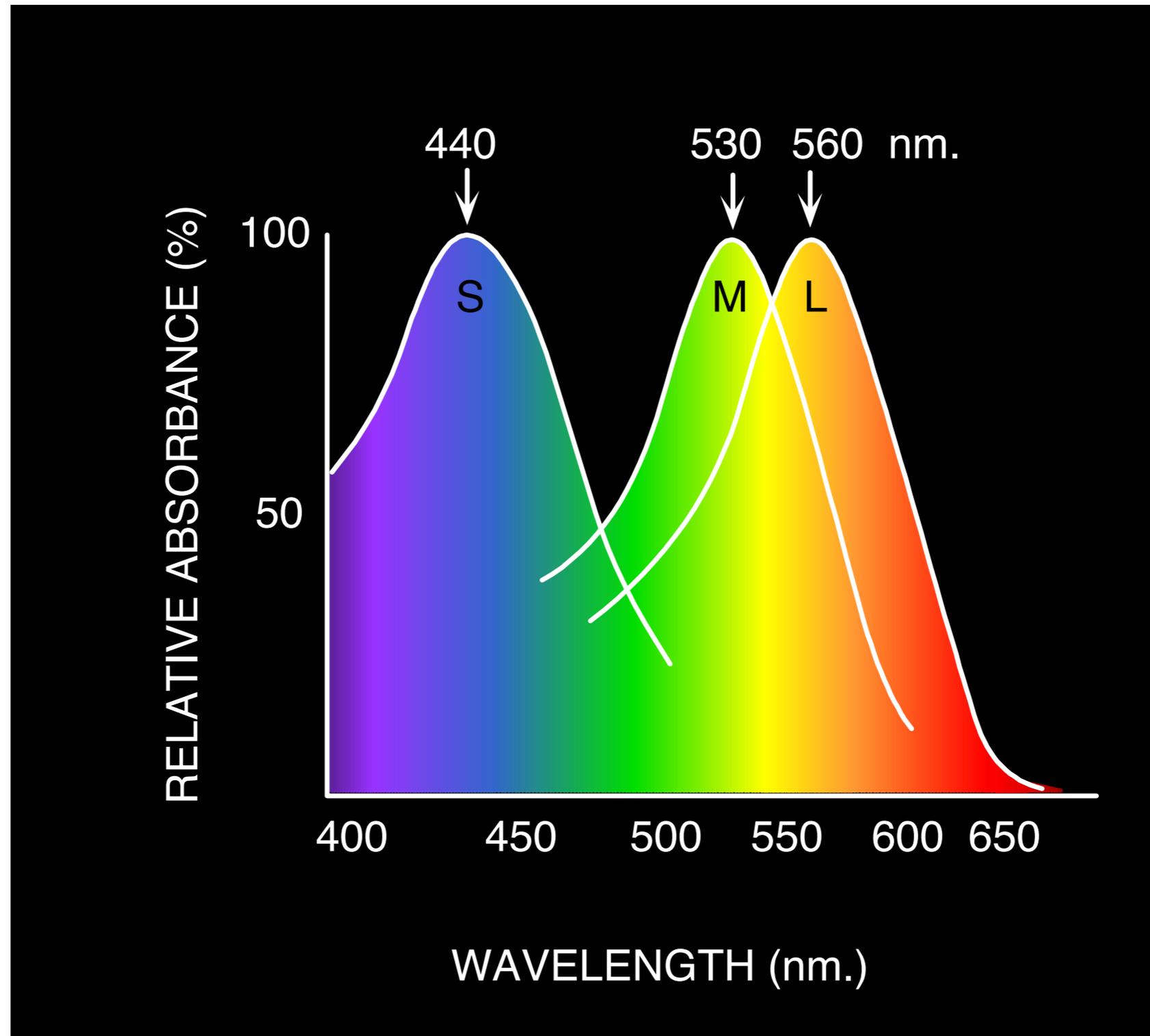
% de photons réfléchis



Longueur d'onde (nm)

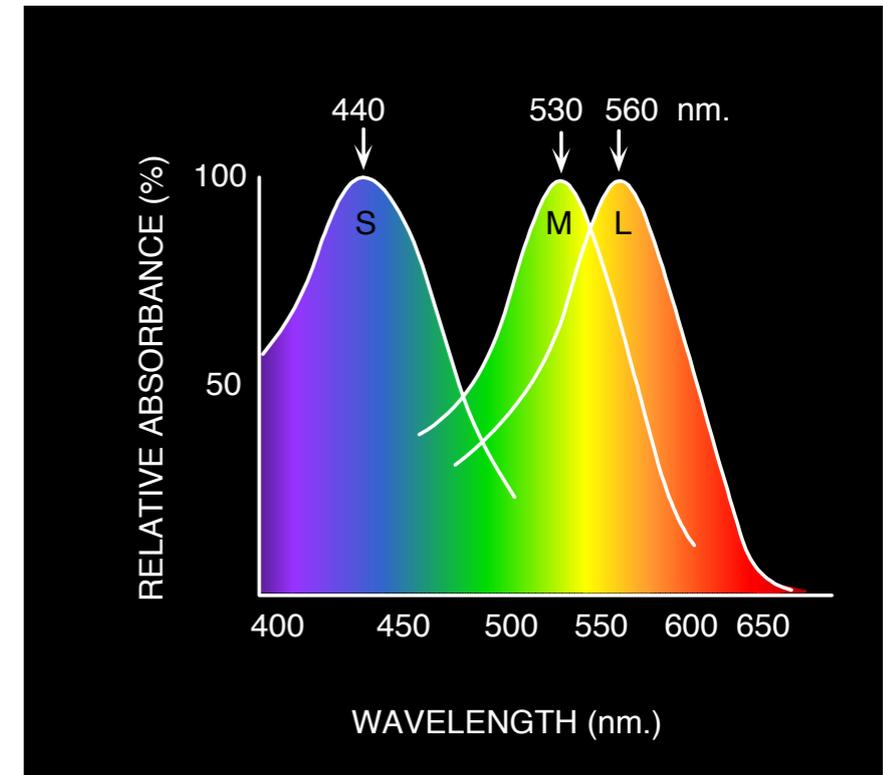
# Vision en couleur

Trois sortes de cônes



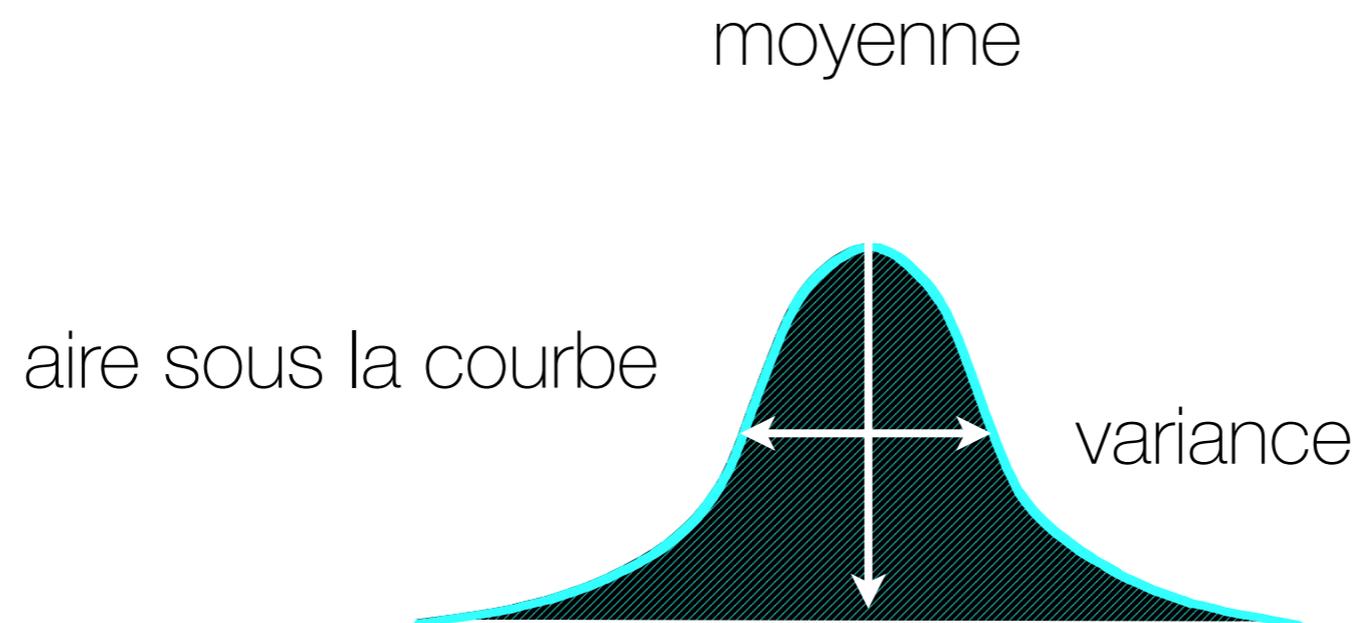
# Faits amusants

- “M” et “L” sur le chromosome “X”
  - Les hommes plus susceptibles d’être daltoniens
- “L” varie beaucoup, certaines femmes ont même 4 types!
- Animaux:
  - 1 (de nuit)
  - 2 (chiens)
  - 4 (poissons, oiseaux)
  - ... et même 12! (Squille multicolore)



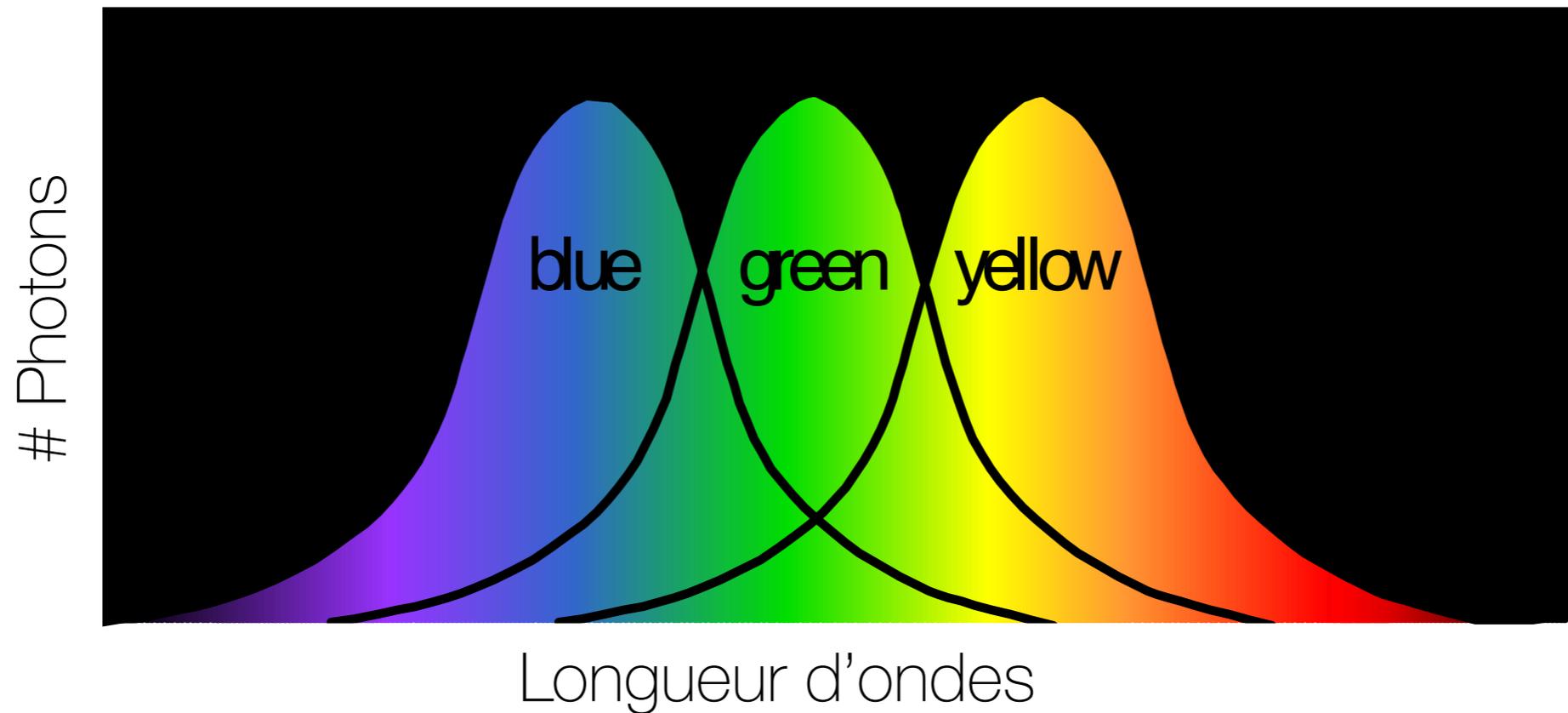
# De la physique à la perception

- On ne perçoit pas de spectre électromagnétique
- Pour fins d'illustrations, considérons un spectre qui a la forme d'une distribution normale:



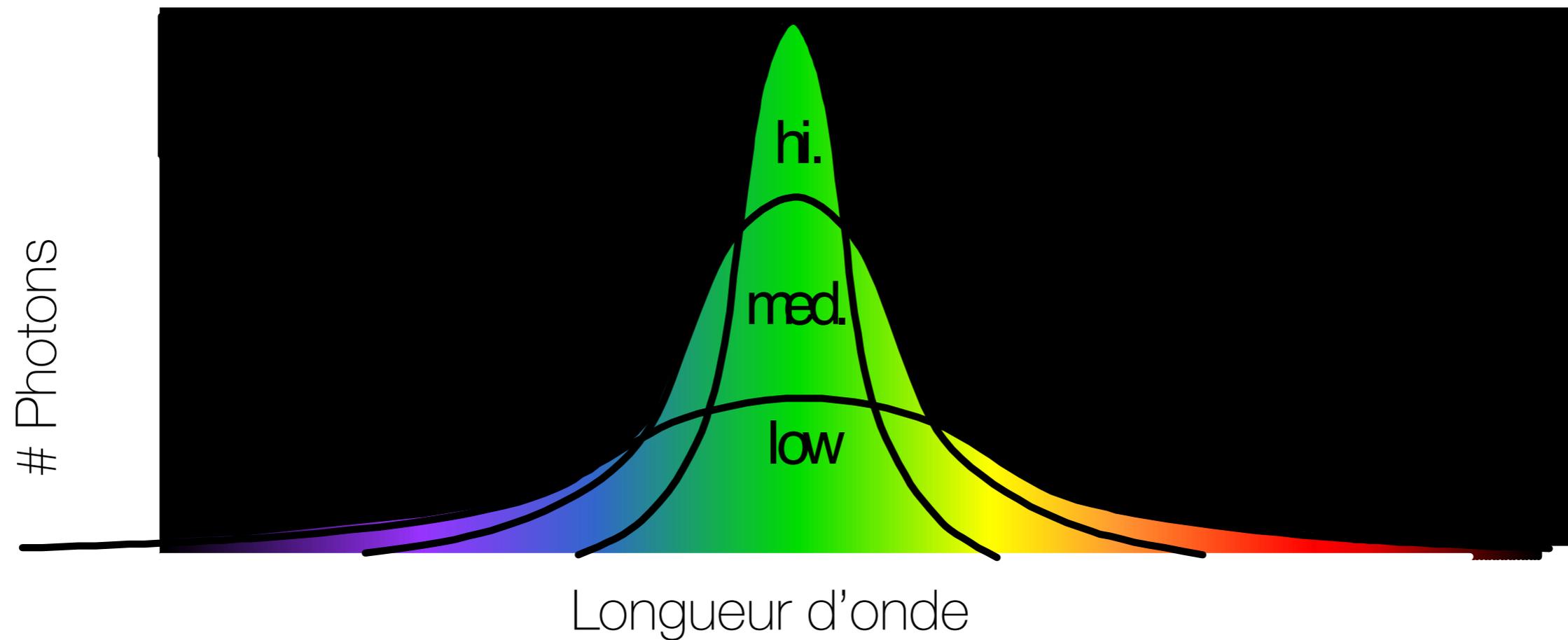
# De la physique à la perception

Moyenne  $\longleftrightarrow$  Teinte



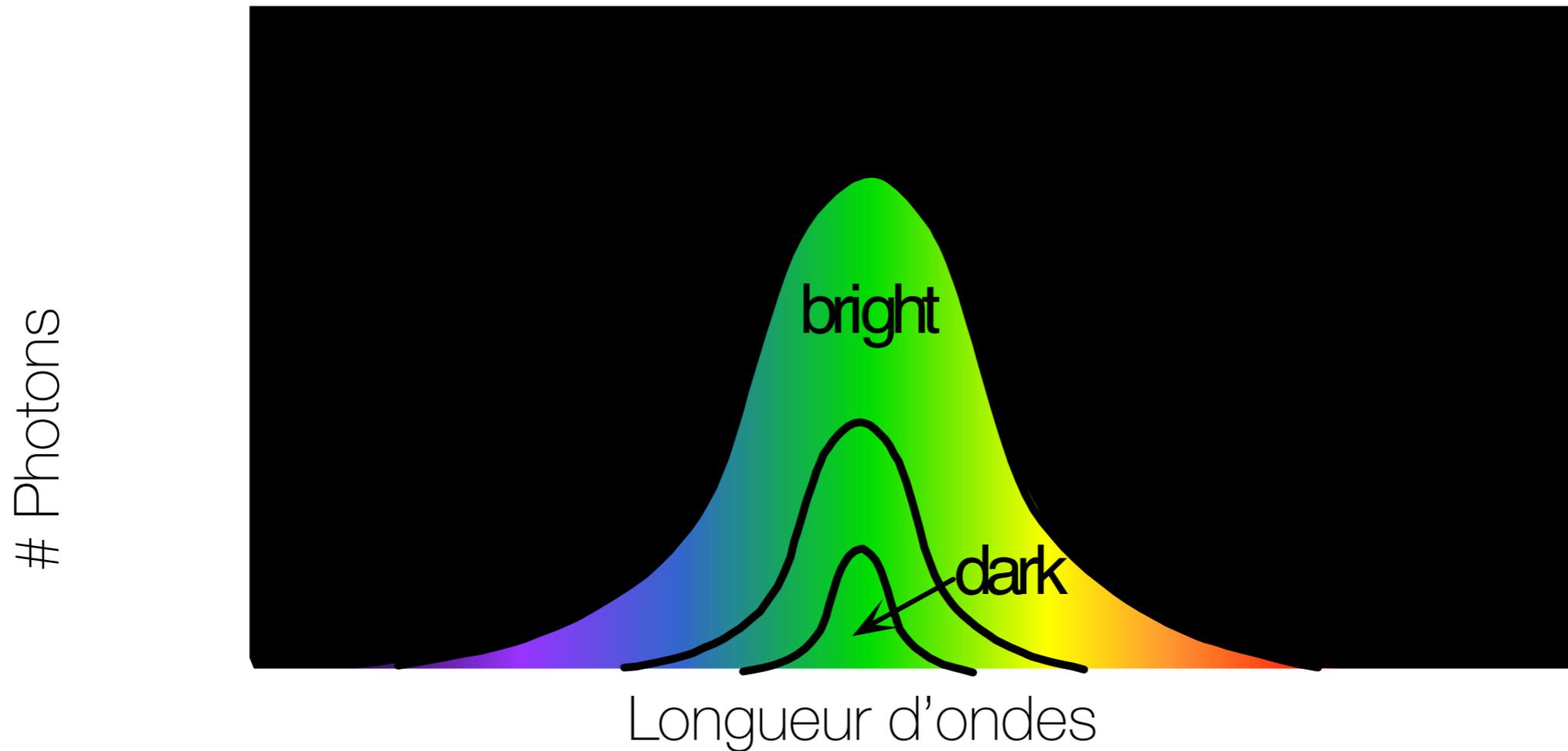
# De la physique à la perception

Variance  $\longleftrightarrow$  Saturation



# De la physique à la perception

Aire sous la courbe  $\longleftrightarrow$  Intensité



# La métaphore du photomètre

La façon dont nous percevons la couleur est déterminée entièrement par le spectre de lumière qui illumine chaque récepteur (comme un photomètre)



# La métaphore du photomètre

La façon dont nous percevons la couleur est déterminée entièrement par le spectre de lumière qui illumine chaque récepteur (comme un photomètre)



# Constance de couleur

~~La métaphore de la perception de couleur:  
La façon dont nous percevons la couleur est déterminée  
entièrement par le spectre de lumière qui illumine chaque récepteur  
(comme un photomètre)~~

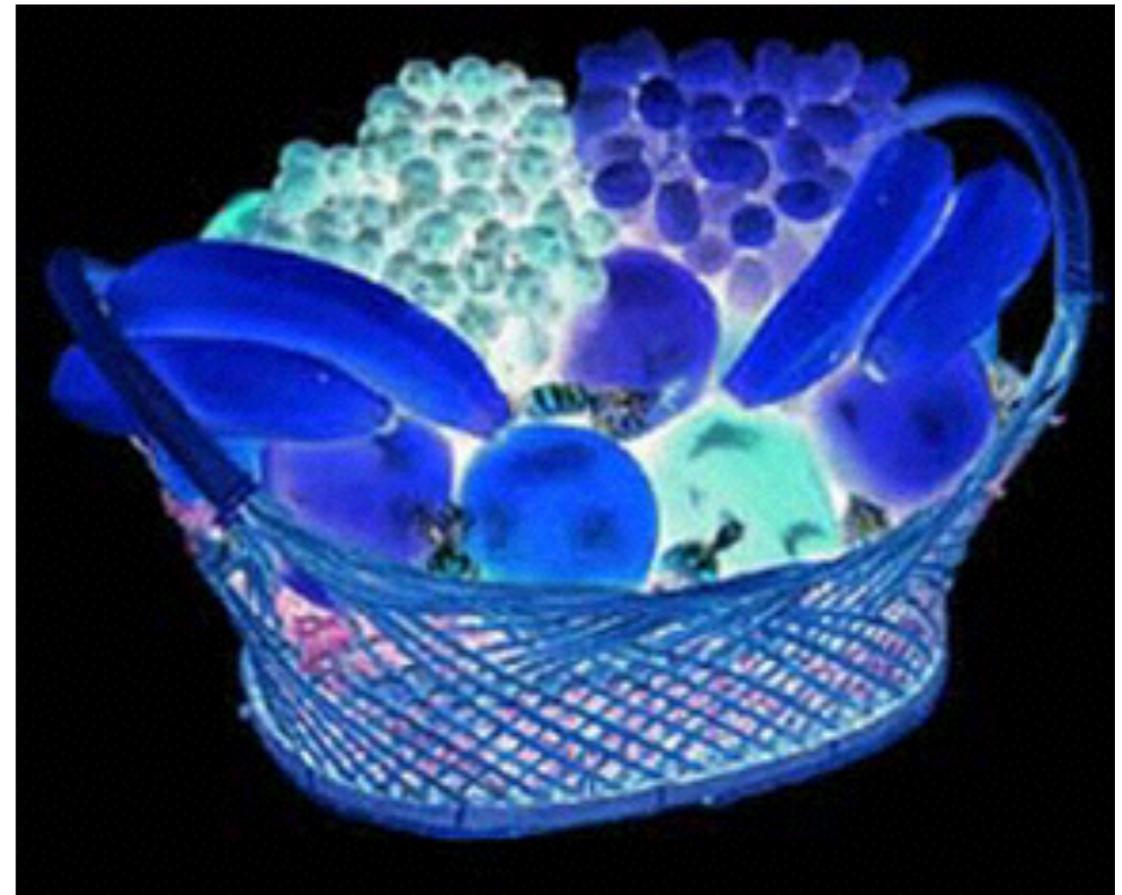


# Constance de couleur

Est-ce que ça s'applique à toutes les transformations?



Filtre bleu 60%



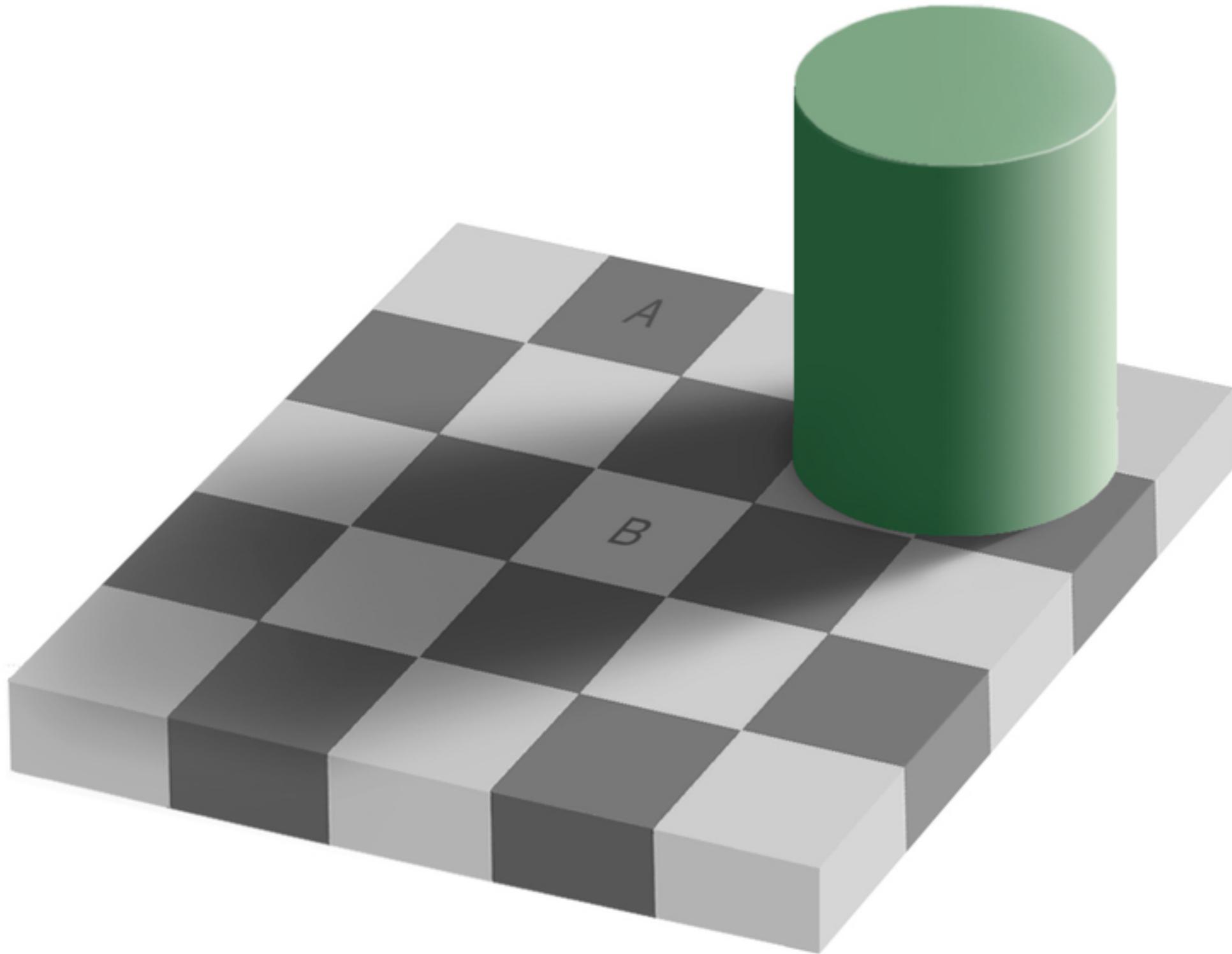
Inversion

# Constance de couleur

La capacité que notre système visuel a de percevoir la couleur des surfaces “peu importe” les variations dans les conditions d’éclairage



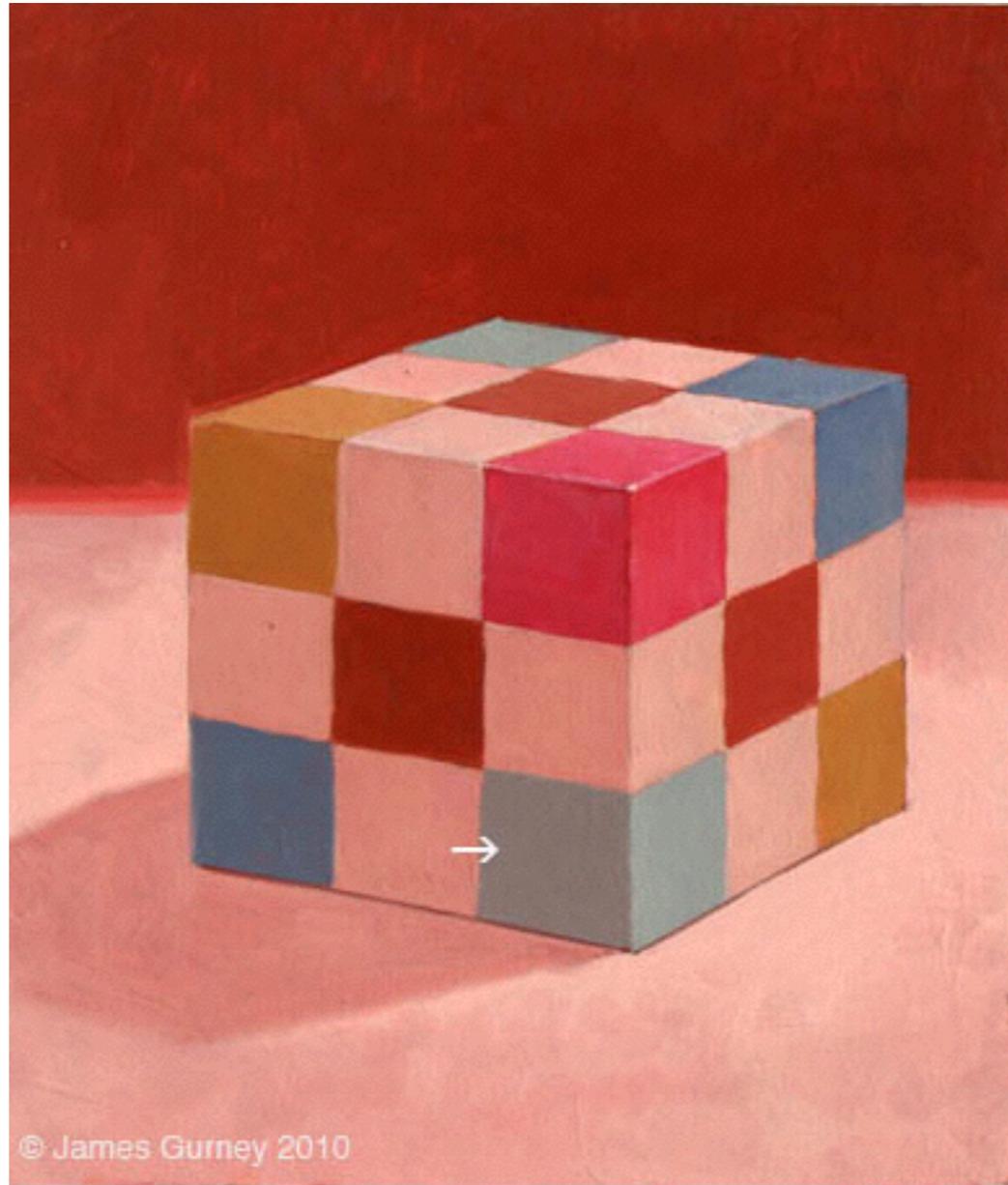
# Constance d'intensité



# Constance d'intensité



# Constance de couleur



# Constance de couleur



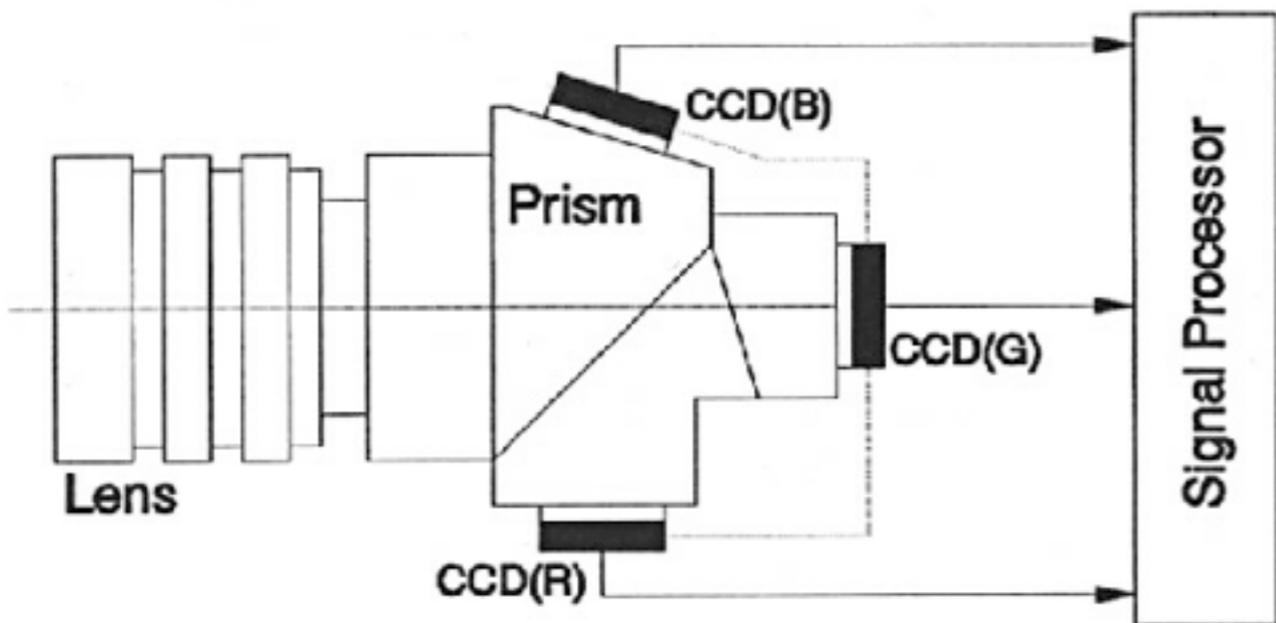
# Équilibre des blancs (white balance)



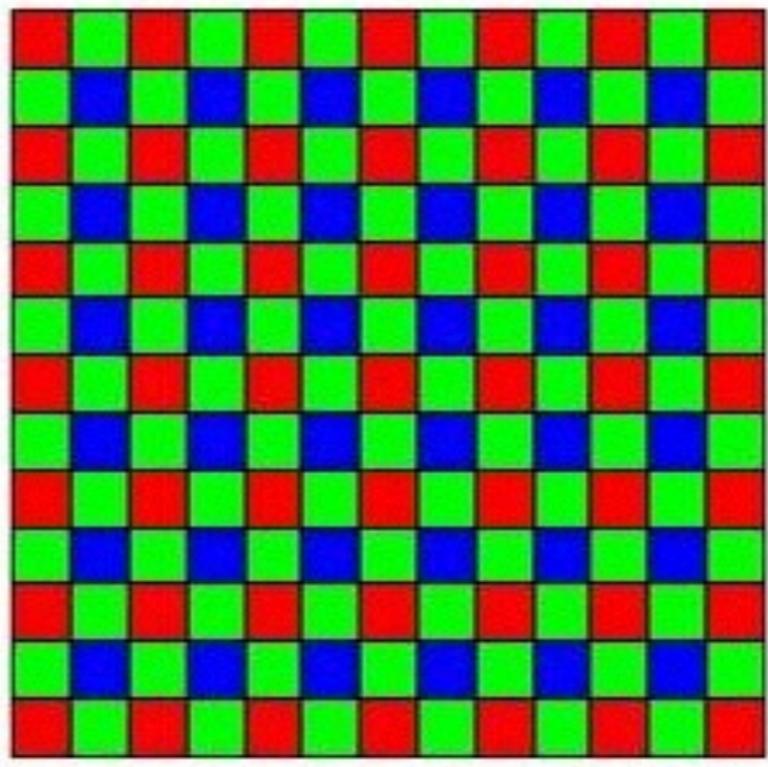
- Manuellement
  - Sélection d'un objet neutre dans la scène
- Automatique (AWB)
  - "Grey world": moyenne de la scène est grise
  - "White world": objet le plus brillant est blanc

# Couleur dans les caméras

3 capteurs (qualité)



1 capteur (coût)



**Bayer filter**

Ituff Works

# Filtre de Bayer

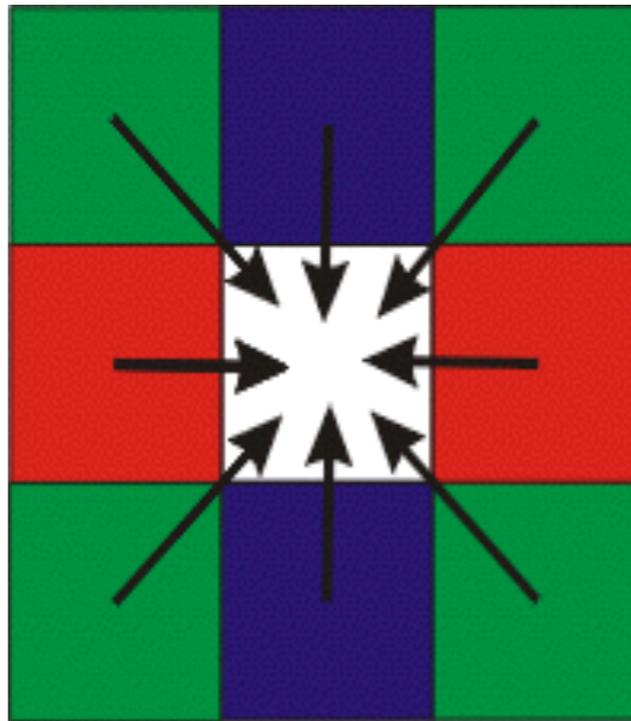
Scène



Image capturée par votre caméra



# Le filtre de Bayer

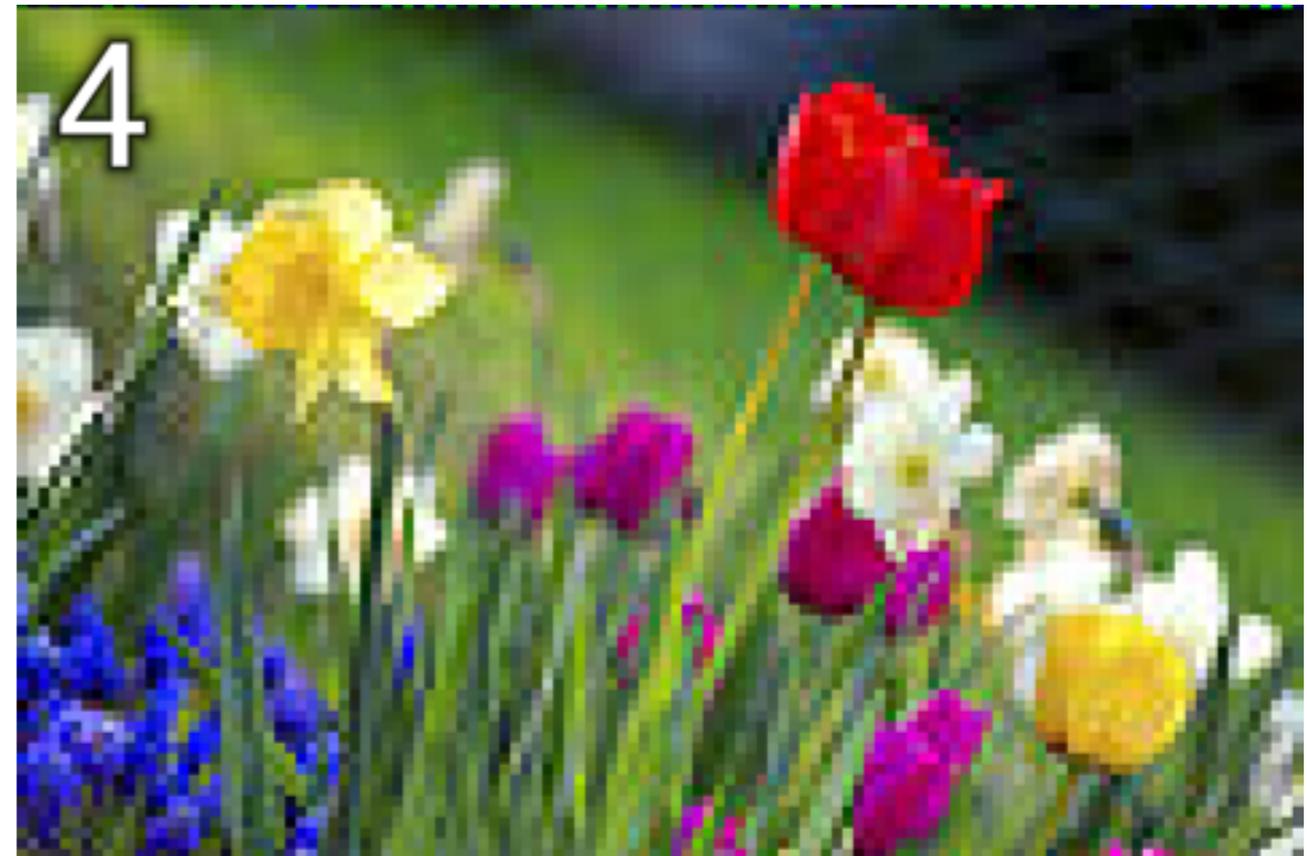


# Le filtre de Bayer

Image capturée par votre caméra

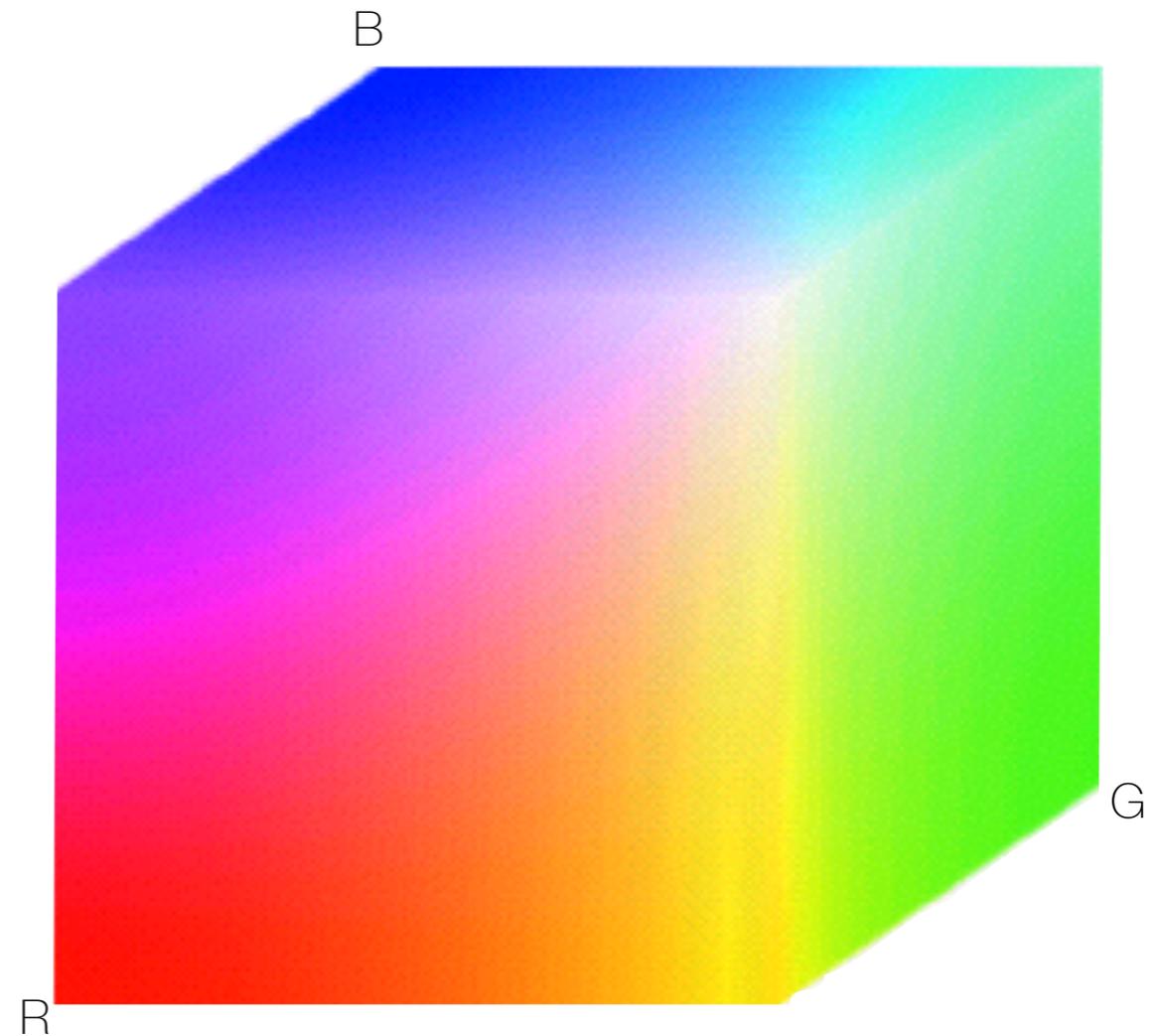


Image reconstruite



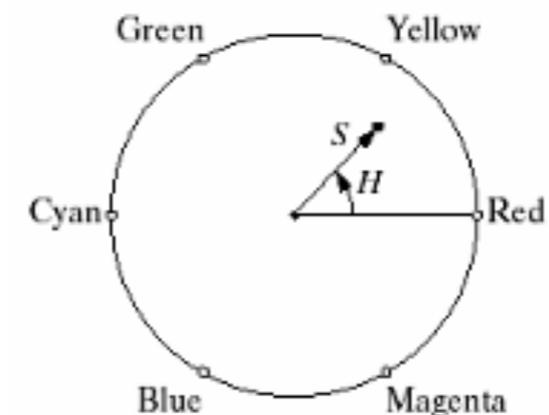
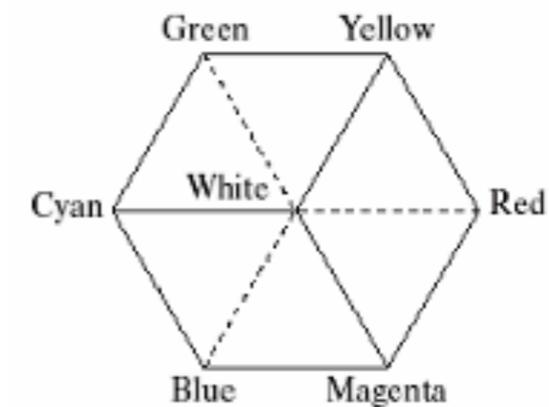
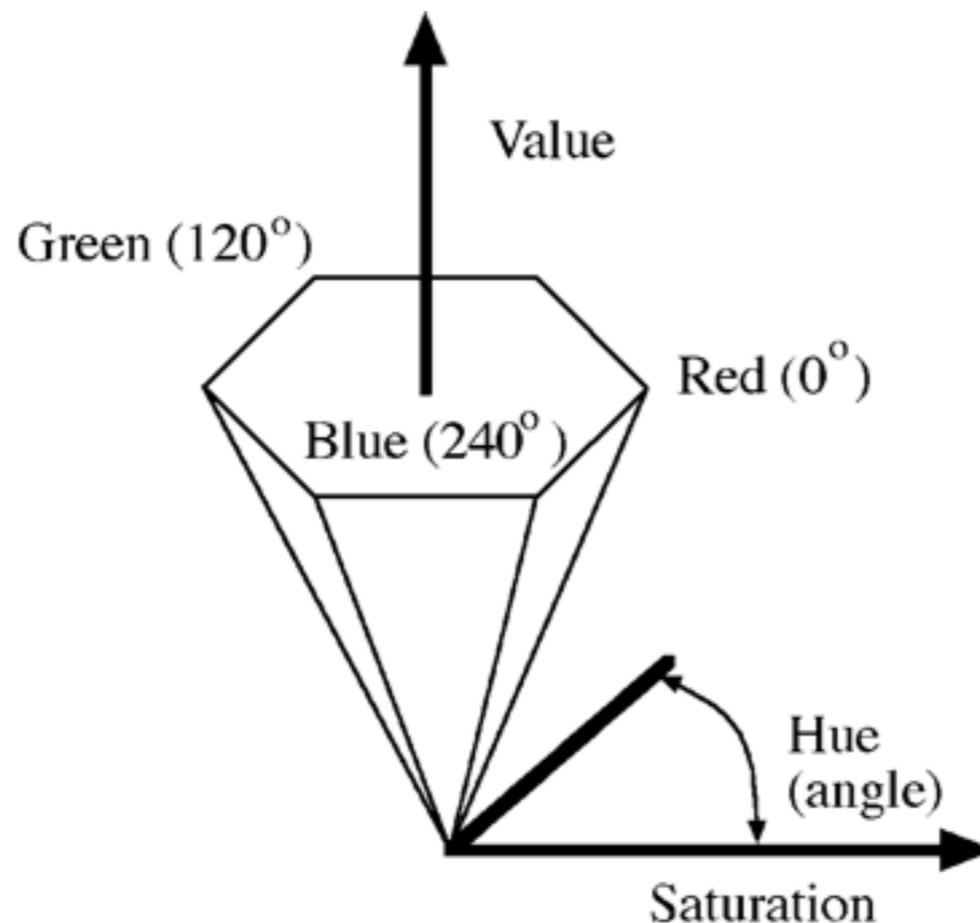
# Espace de couleur: RGB

- Cube RGB
  - Pratique pour les appareils
  - Pas un modèle perceptuel
  - Où sont les gris?
  - Où sont la saturation et la teinte?



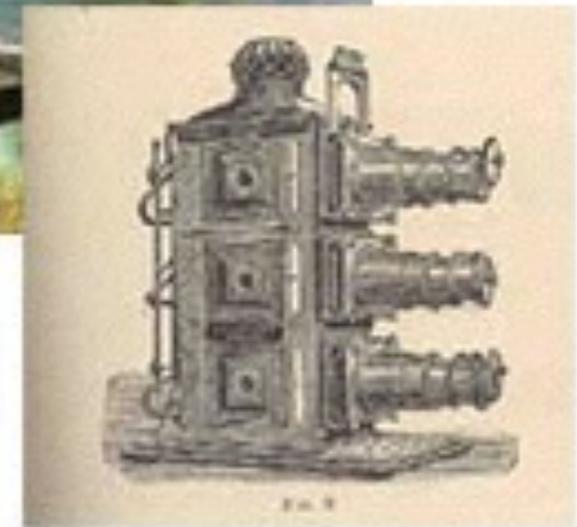
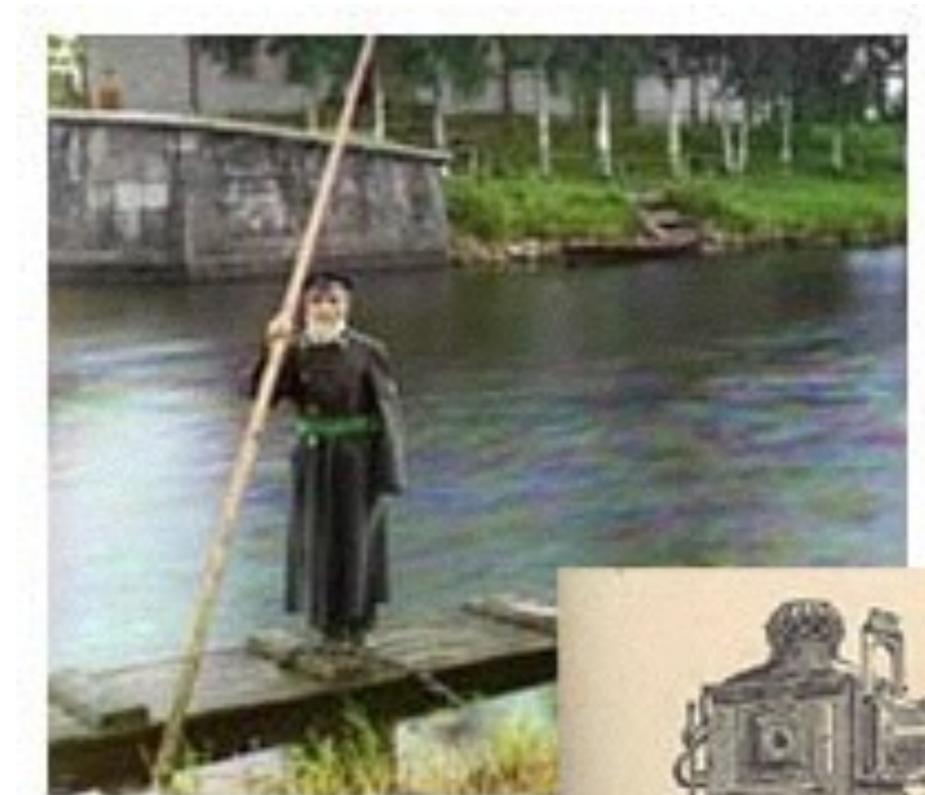
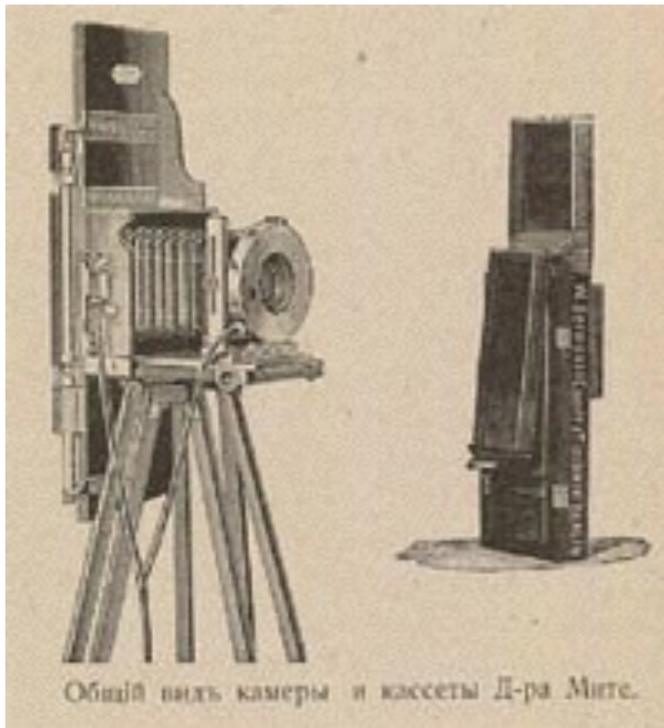
# Espace de couleur: HSV

- Hue (teinte), Saturation, Value (intensité)
- Représentation plus intuitive?
- Dans Matlab:
  - `rgb2hsv` et `hsv2rgb`



# TP1 : colorisation

Photo couleur par Prokudin-Gorskii (1907)



Problème: les 3 canaux ne sont pas alignés

# TP1

- Objectif: créer une image RGB à partir de 3 “images” R, G, et B
- Principal problème: aligner les “images” R, G, et B ensemble
- Solution?
  - Prendre R comme référence (choix arbitraire)
  - Aligner G,B avec R en trouvant la “meilleure” translation
  - Essayer toutes les translations possibles dans un intervalle (ex: [-15, 15])

# TP1

- Comment comparer les canaux R,G,B?
- Pas de “bonne réponse”
  - Somme des différences au carré (SSD):

$$ssd(u, v) = \sum_{(x,y) \in N} [I(u+x, v+y) - P(x, y)]^2$$

- Corrélation croisée normalisée (NCC):

$$ncc(u, v) = \frac{\sum_{(x,y) \in N} [I(u+x, v+y) - \bar{I}] [P(x, y) - \bar{P}]}{\sqrt{\sum_{(x,y) \in N} [I(u+x, v+y) - \bar{I}]^2 \sum_{(x,y) \in N} [P(x, y) - \bar{P}]^2}}$$



# TP1

- La recherche de toutes les translations possibles entre  $[-15, 15]$  devrait fonctionner assez bien pour les petites images
- Que faire lorsque les images sont immenses?
  - La “meilleure” translation dans l’intervalle  $[-15, 15]$  n’est pas très bonne
  - Il faudrait agrandir l’intervalle, mais la recherche devient alors très longue!
- Solution?
  - Faire la recherche dans une pyramide, de façon hiérarchique!

# TP1

- Disponible:
  - <http://vision.gel.ulaval.ca/~jflalonde/cours/4105/h15/>
- Date limite: dimanche 1er février 2015 @ 23h59
- Politique de retard
  - 3 jours “gratuits”
  - 10% de pénalité par jour pour 3 jours, 0 pour 4 jours et +

# La semaine prochaine

- Les pixels...
  - Transformations ponctuelles
  - Modèles de couleur
  - Contraste
  - Histogrammes
- Filtrage dans le domaine spatial