

Capturer la lumière

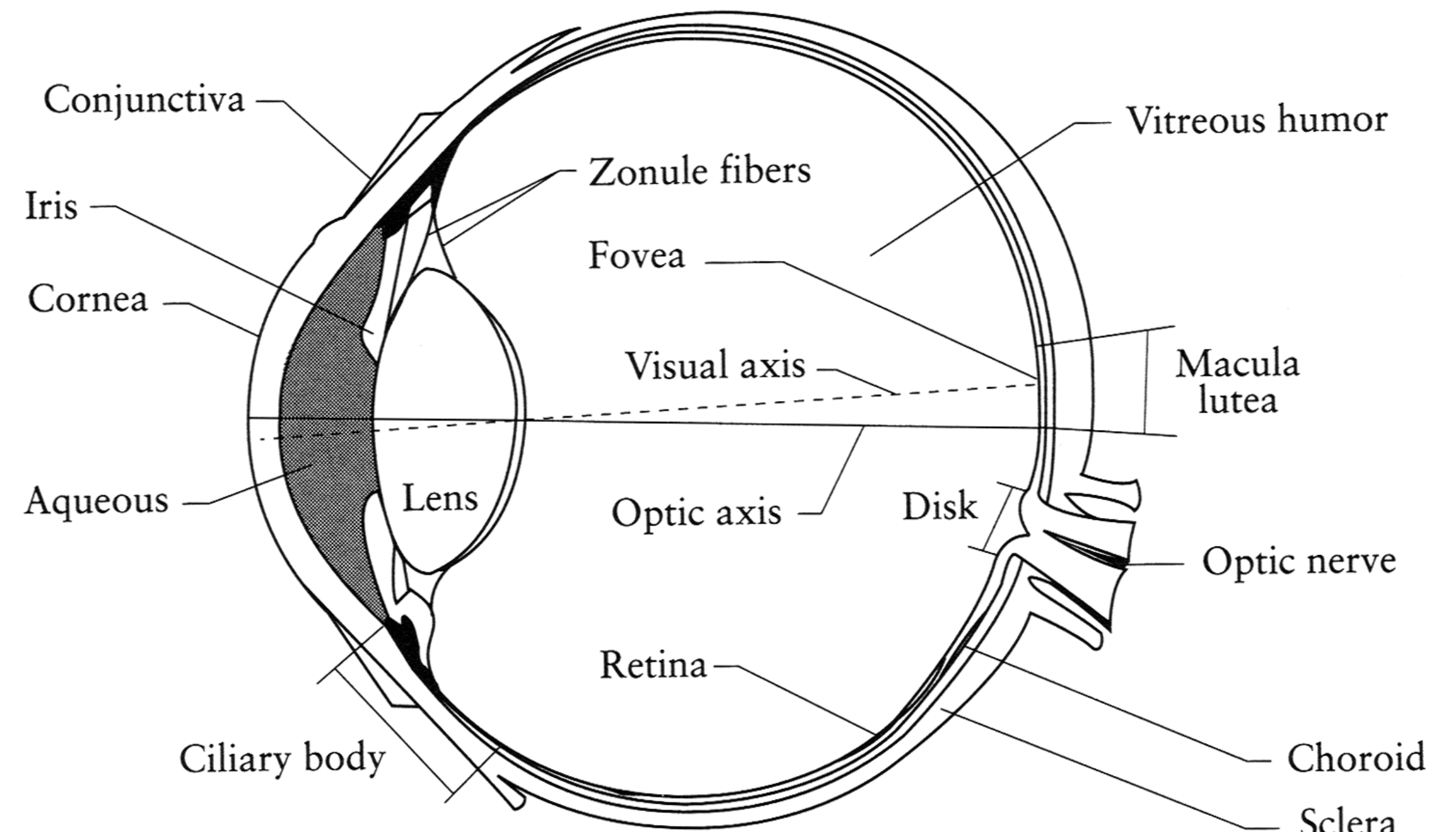


GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique
Jean-François Lalonde

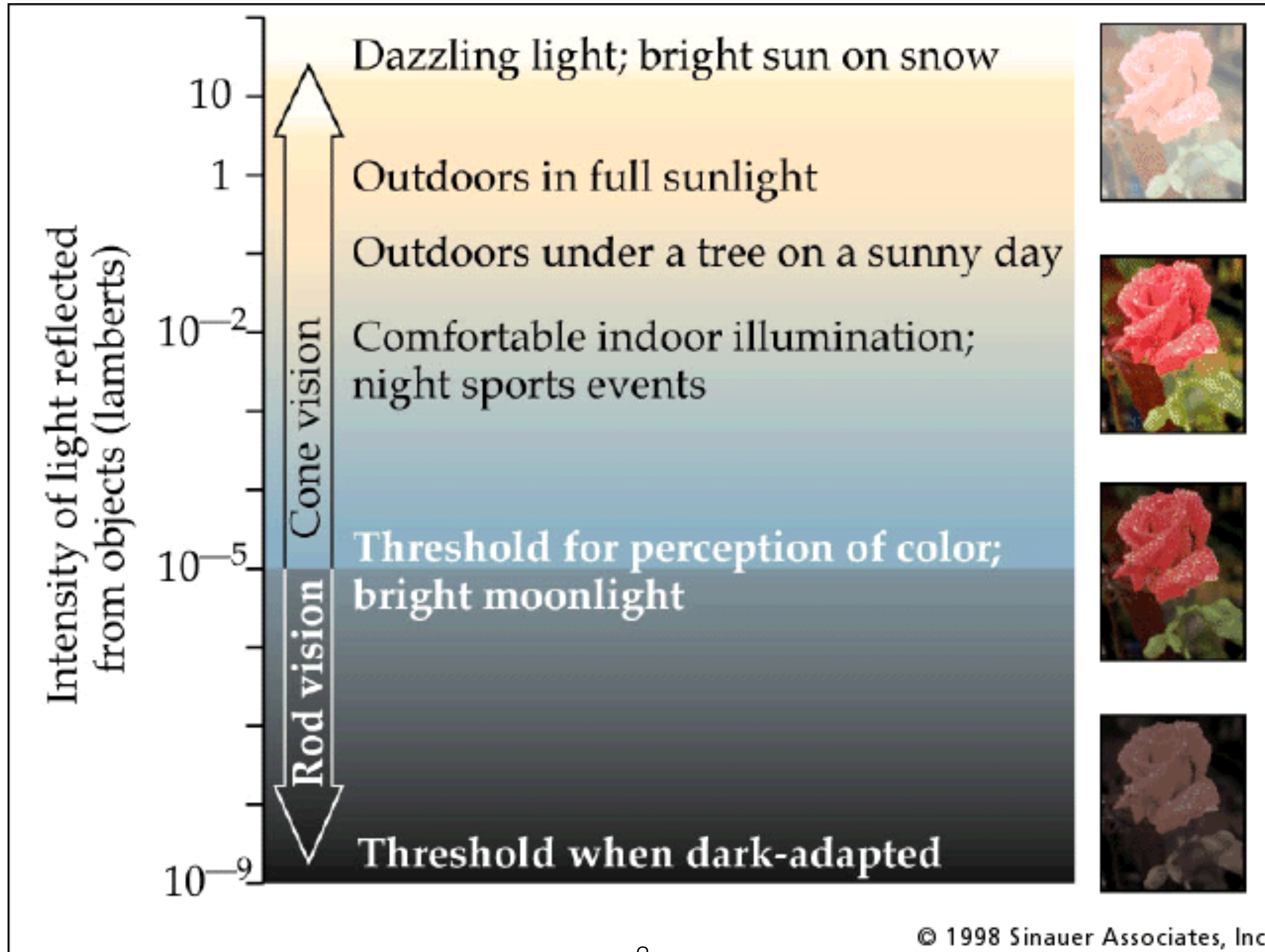
Image : wikipedia, merci à Alyosha Efros

L'oeil humain

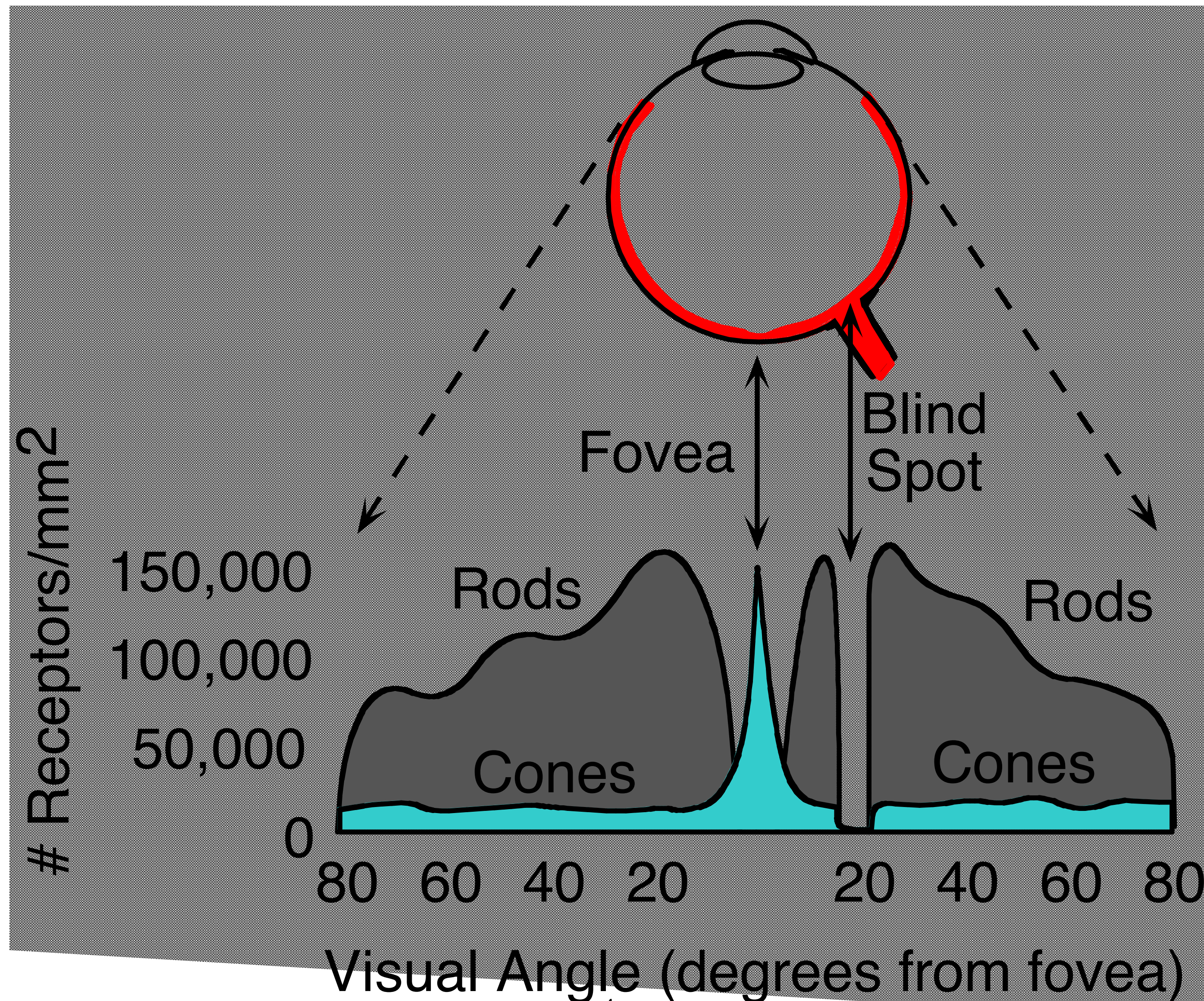
- L'oeil humain est une caméra!
- Iris - anneau coloré avec muscles radiaux
- Pupille - le petit trou (ouverture) dont la taille est contrôlée par l'iris
- Où est le capteur?
 - cellules photo-réceptrices (cônes et bâtonnets) sur la rétine



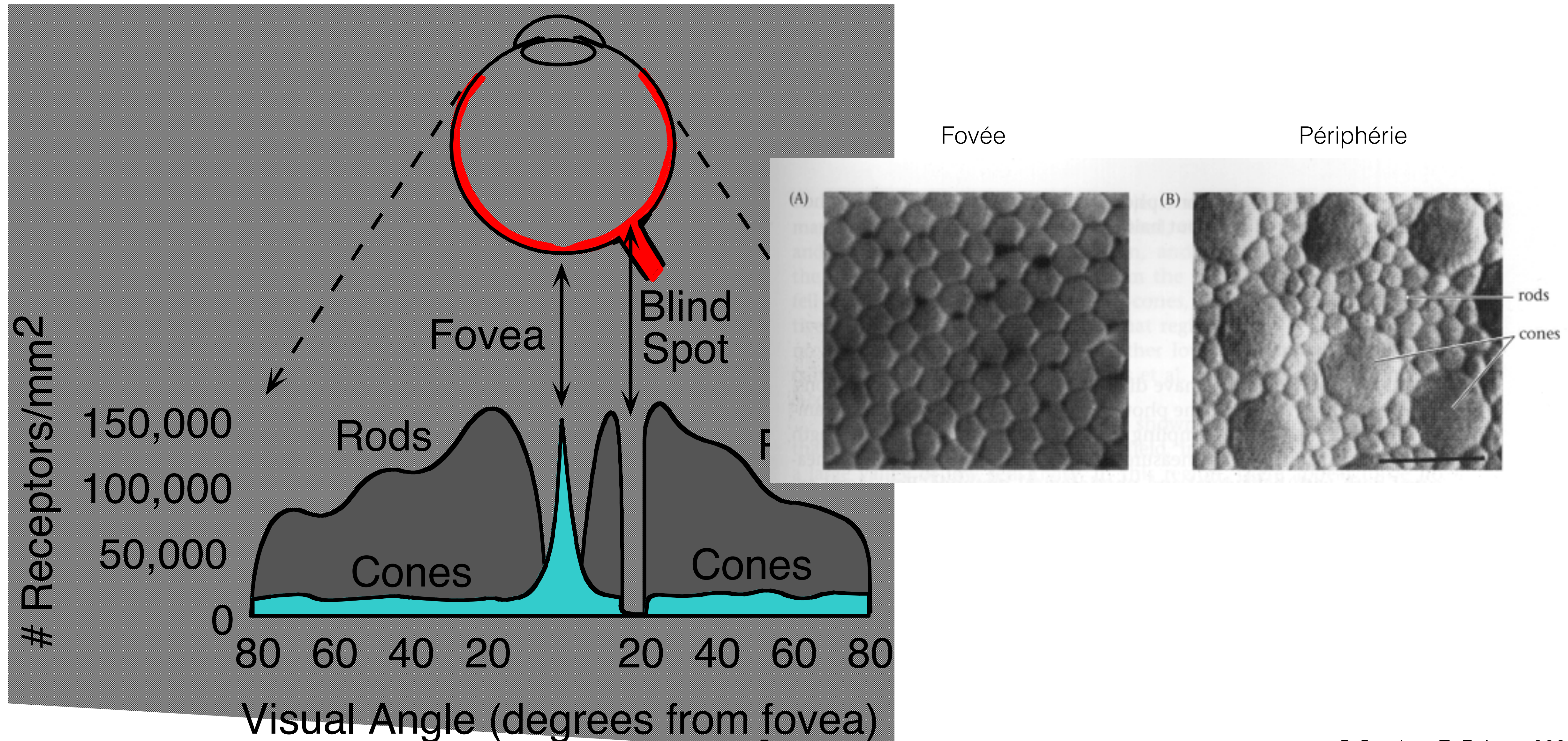
Sensibilité des cônes et bâtonnets



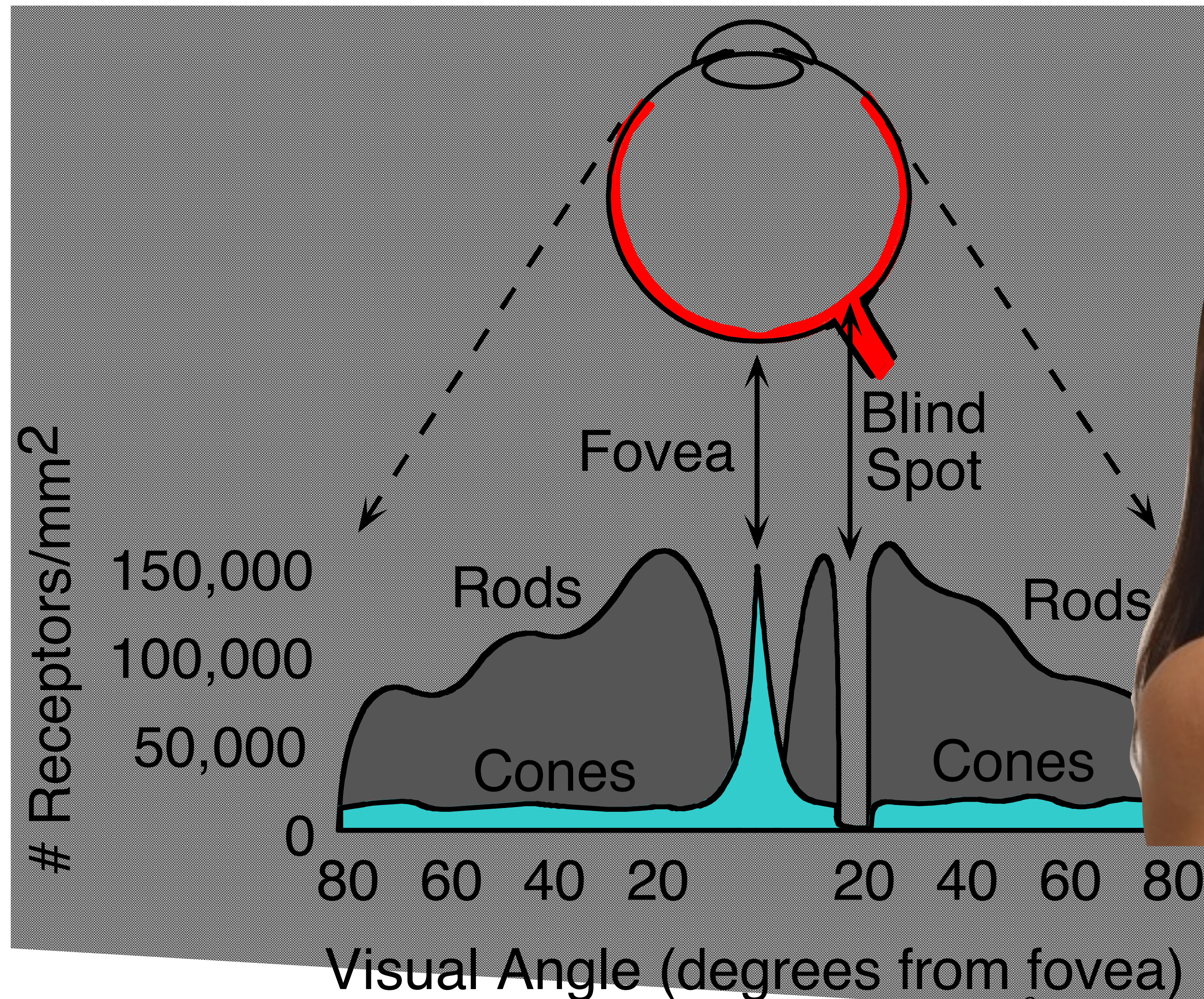
Distribution des cônes et bâtonnets



Distribution des cônes et bâtonnets



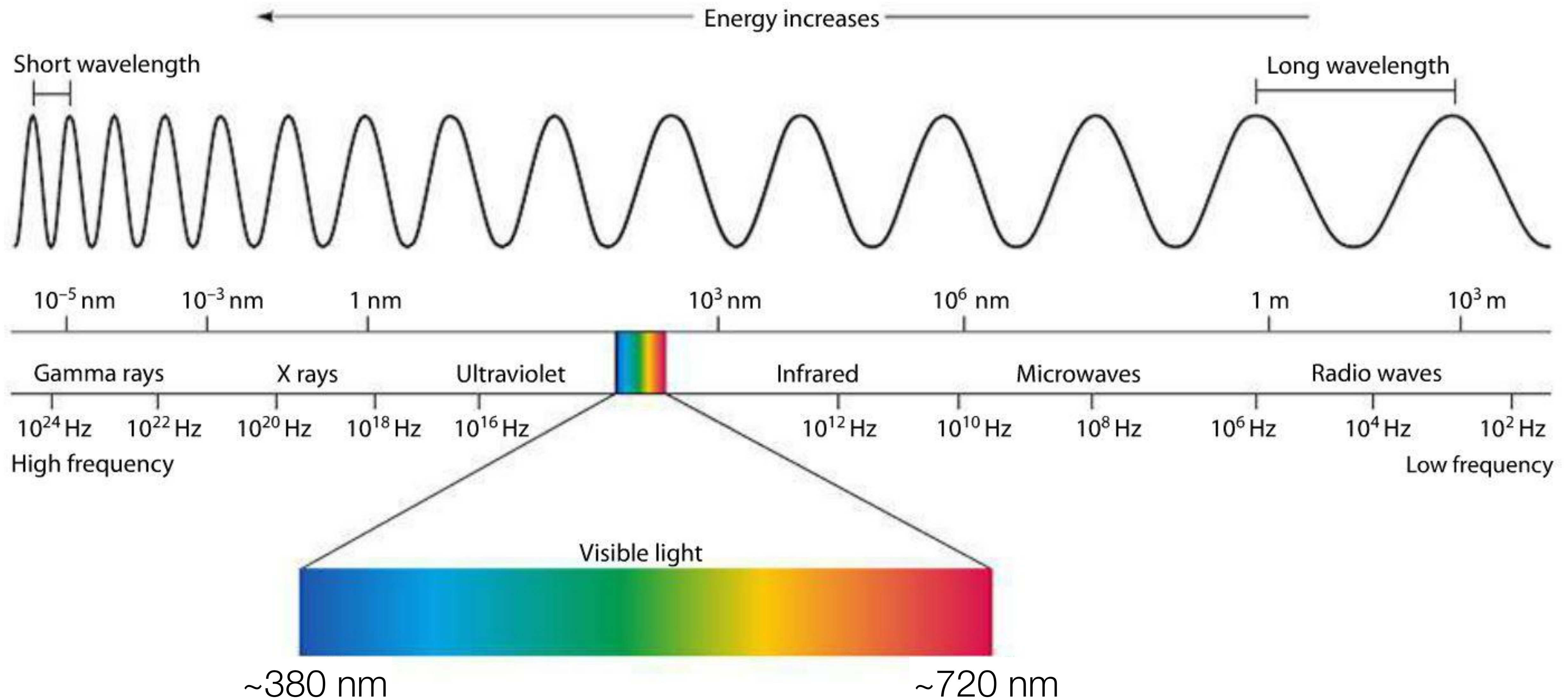
Distribution des cônes et bâtonnets



Fovée

<https://www.shadertoy.com/view/4dsXzM>

Spectre électro-magnétique



VELOCITY = FREQUENCY X WAVE LENGTH
 $v = n \times \lambda$

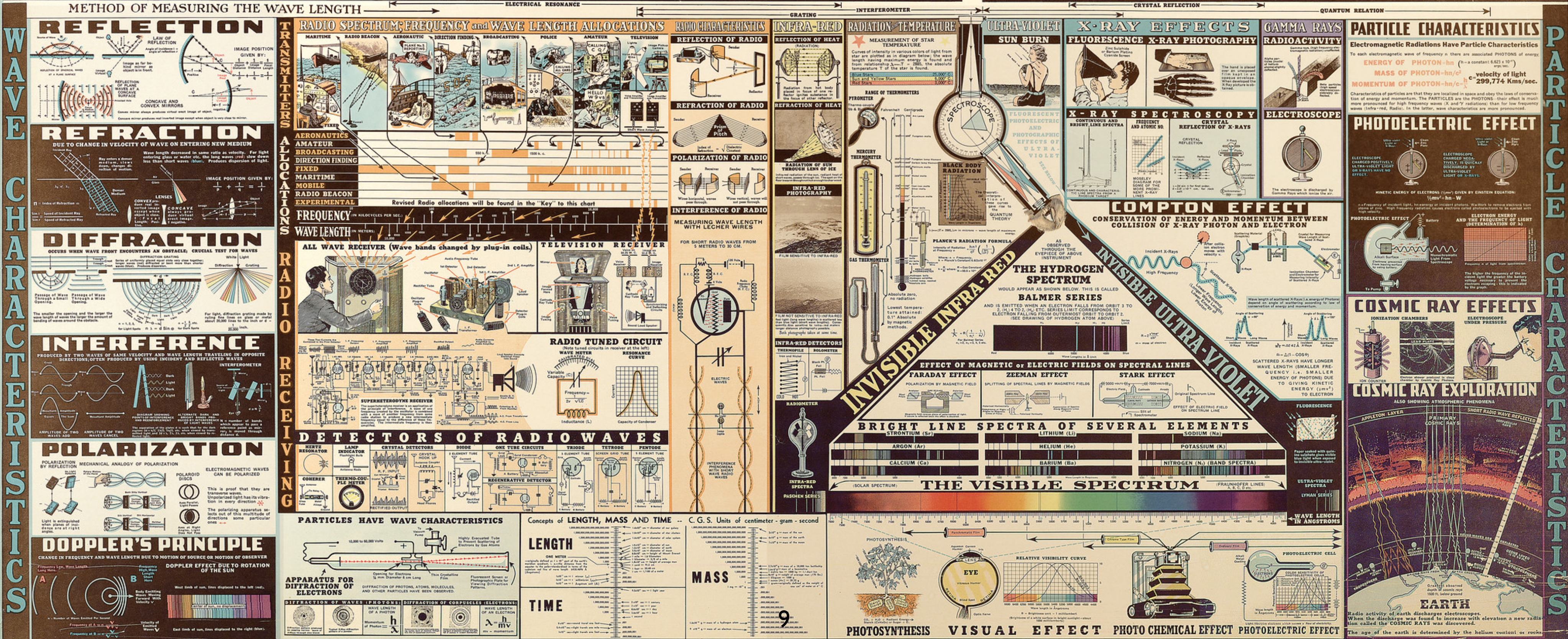
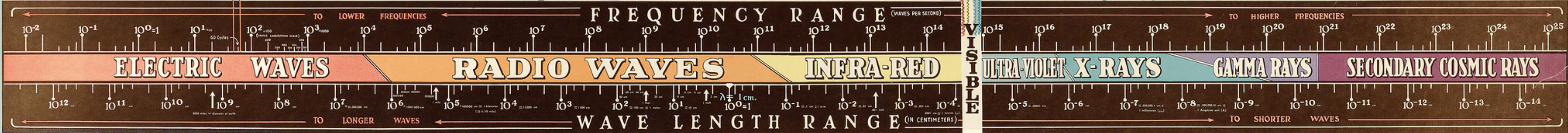
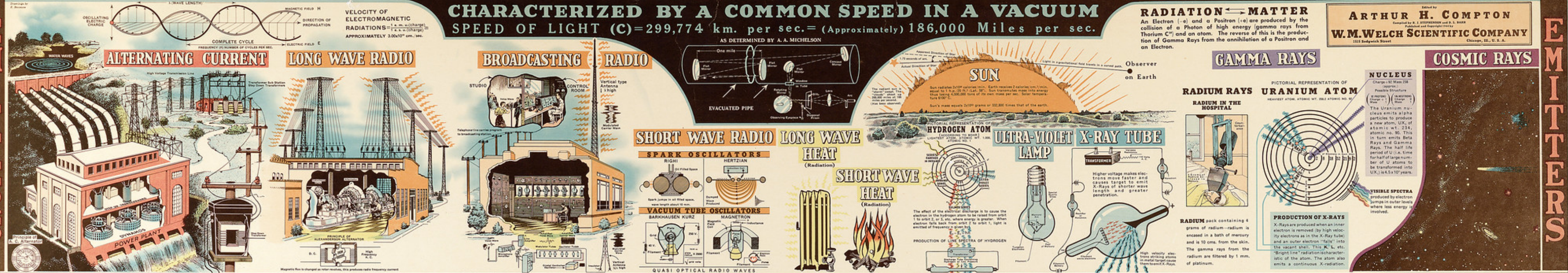
CHART OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS

ENERGY = PLANCK'S CONSTANT X FREQUENCY
 $E = h (6.623 \times 10^{-27}) \times n$

CHARACTERIZED BY A COMMON SPEED IN A VACUUM
SPEED OF LIGHT (C) = 299,774 km. per sec. = (Approximately) 186,000 Miles per sec.

EMITTERS

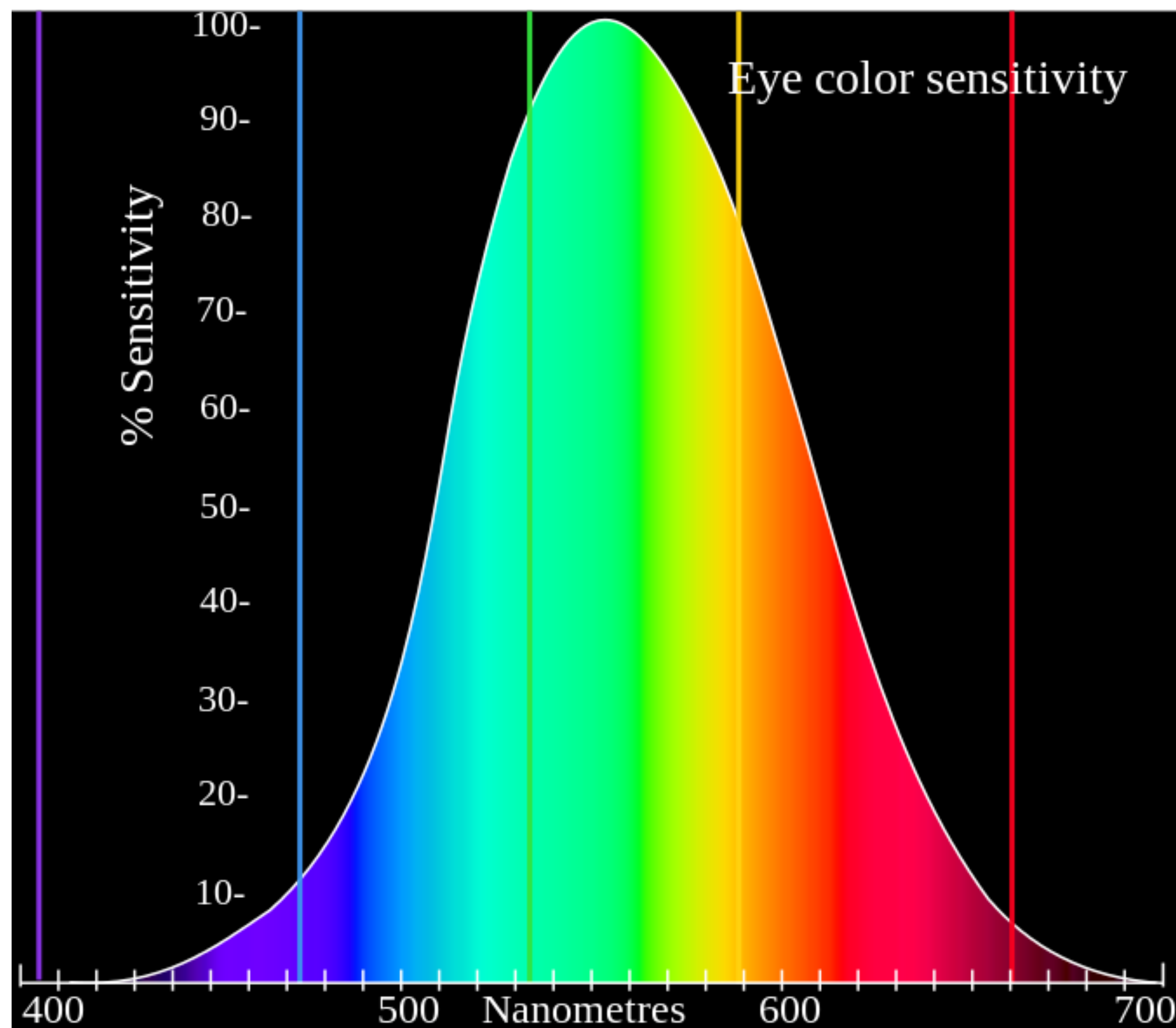
EMITTERS



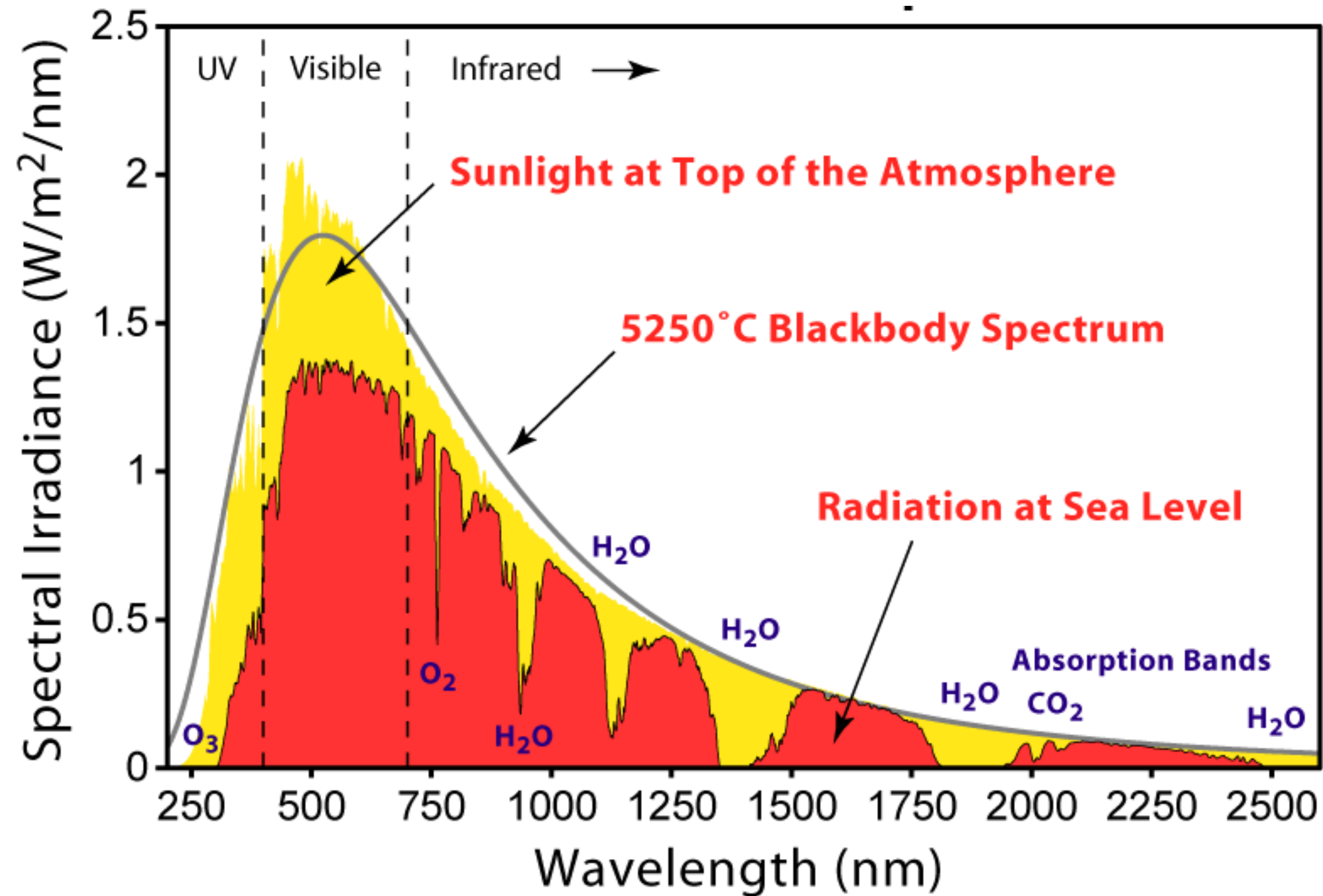
WAVE CHARACTERISTICS

PARTICLE CHARACTERISTICS

Sensibilité des yeux

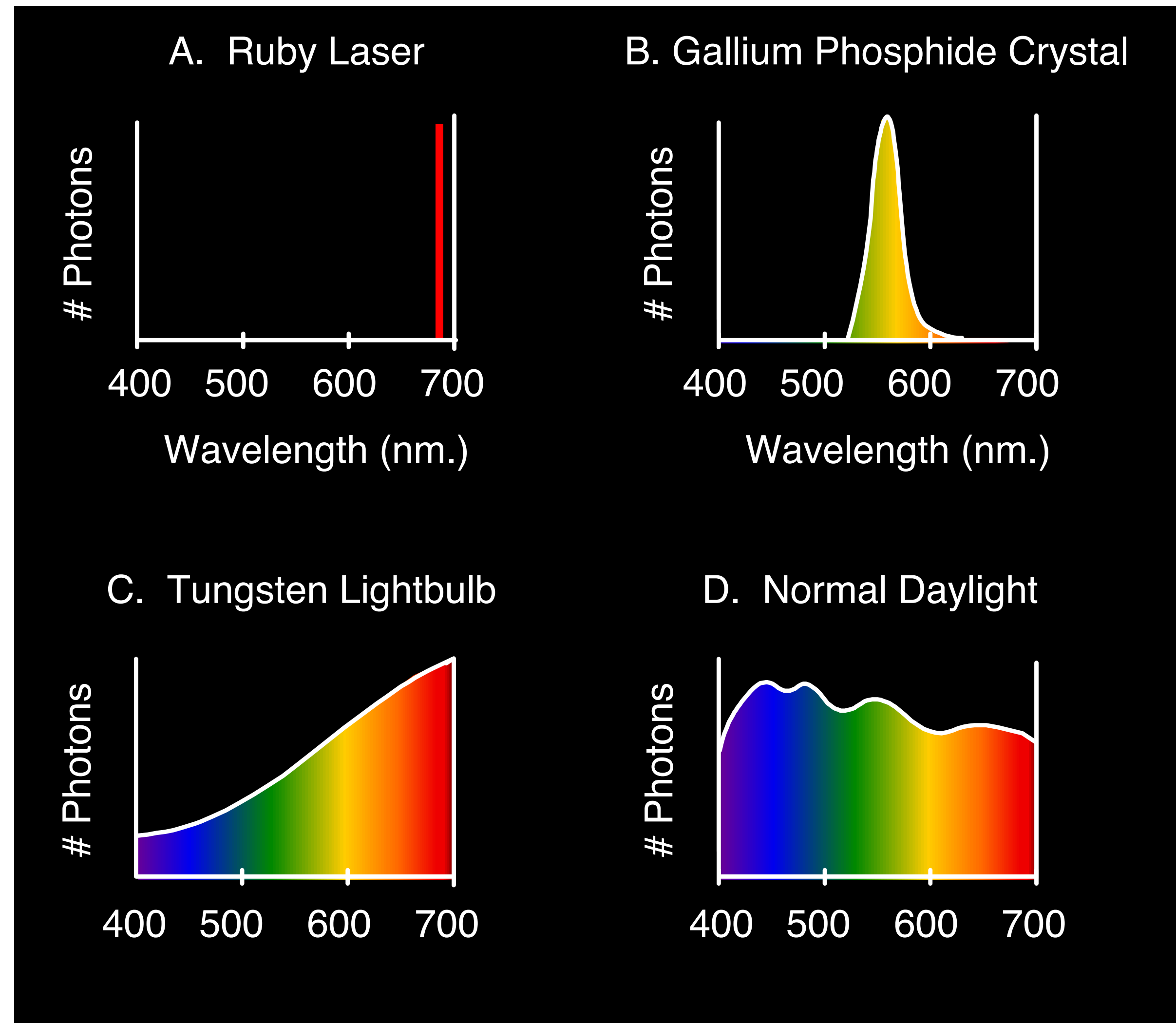


Lumière visible



La physique de la lumière

Quelques exemples de sources lumineuses



La physique de la lumière



Rouge



Jaune

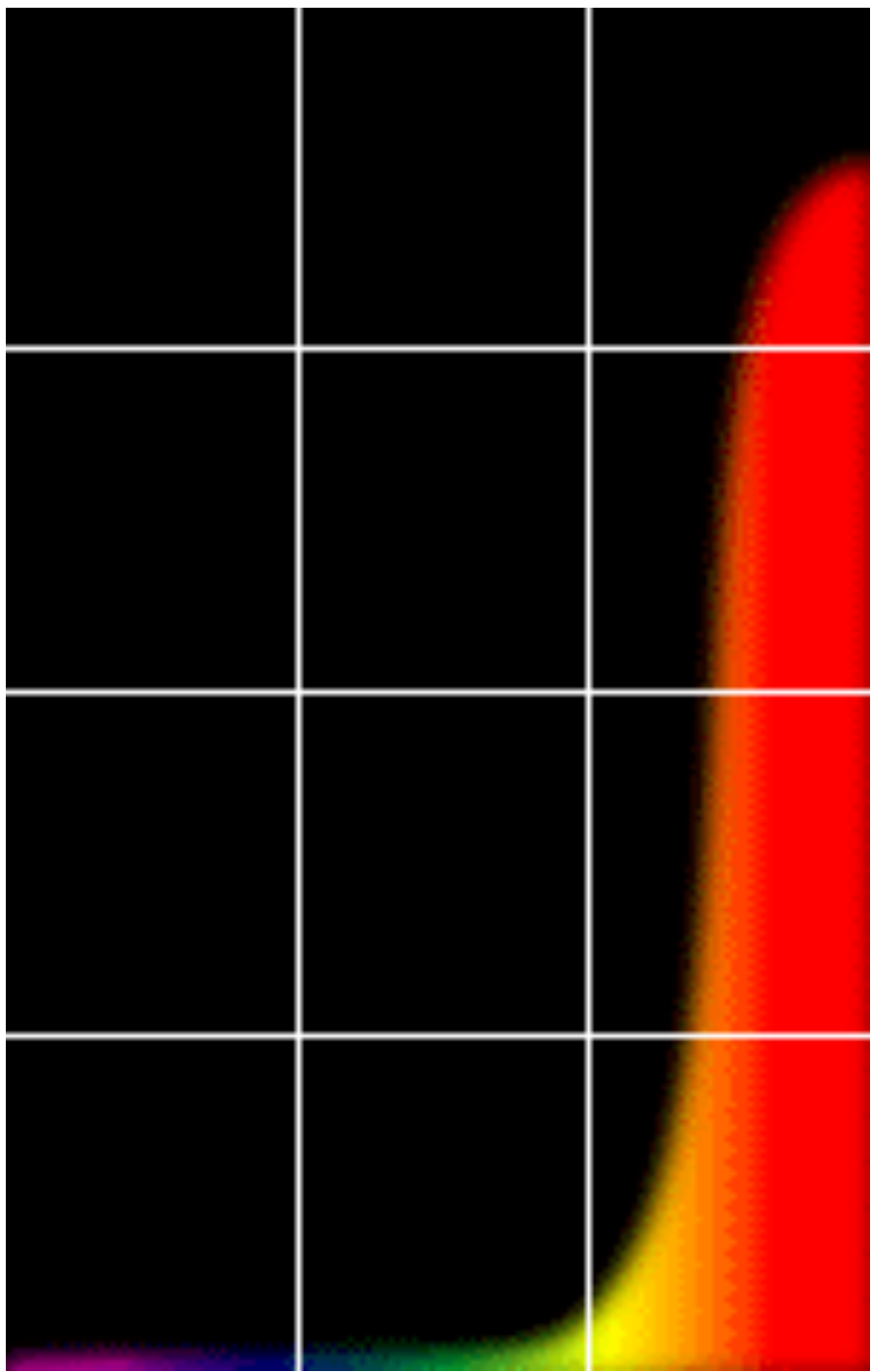


Bleu

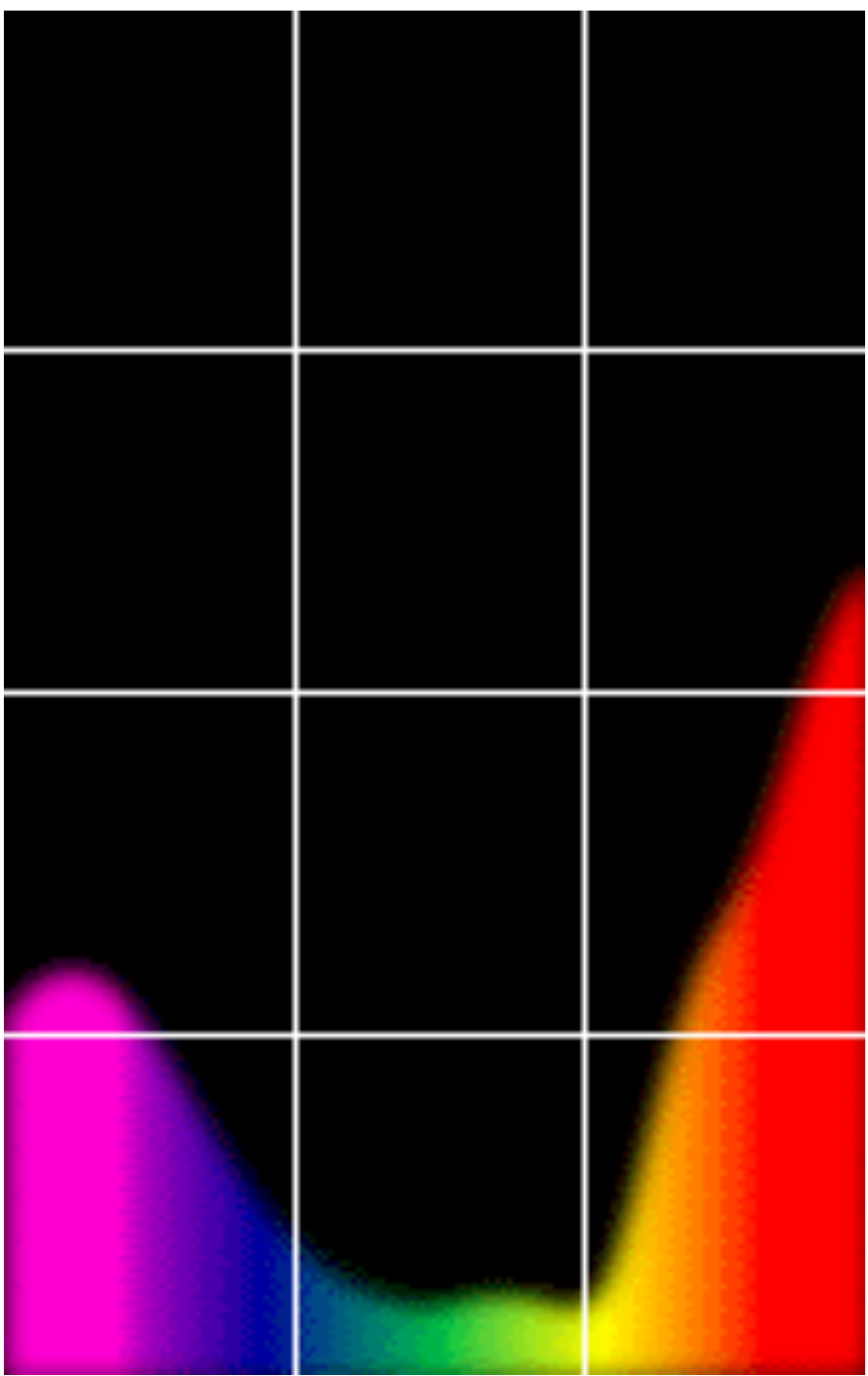
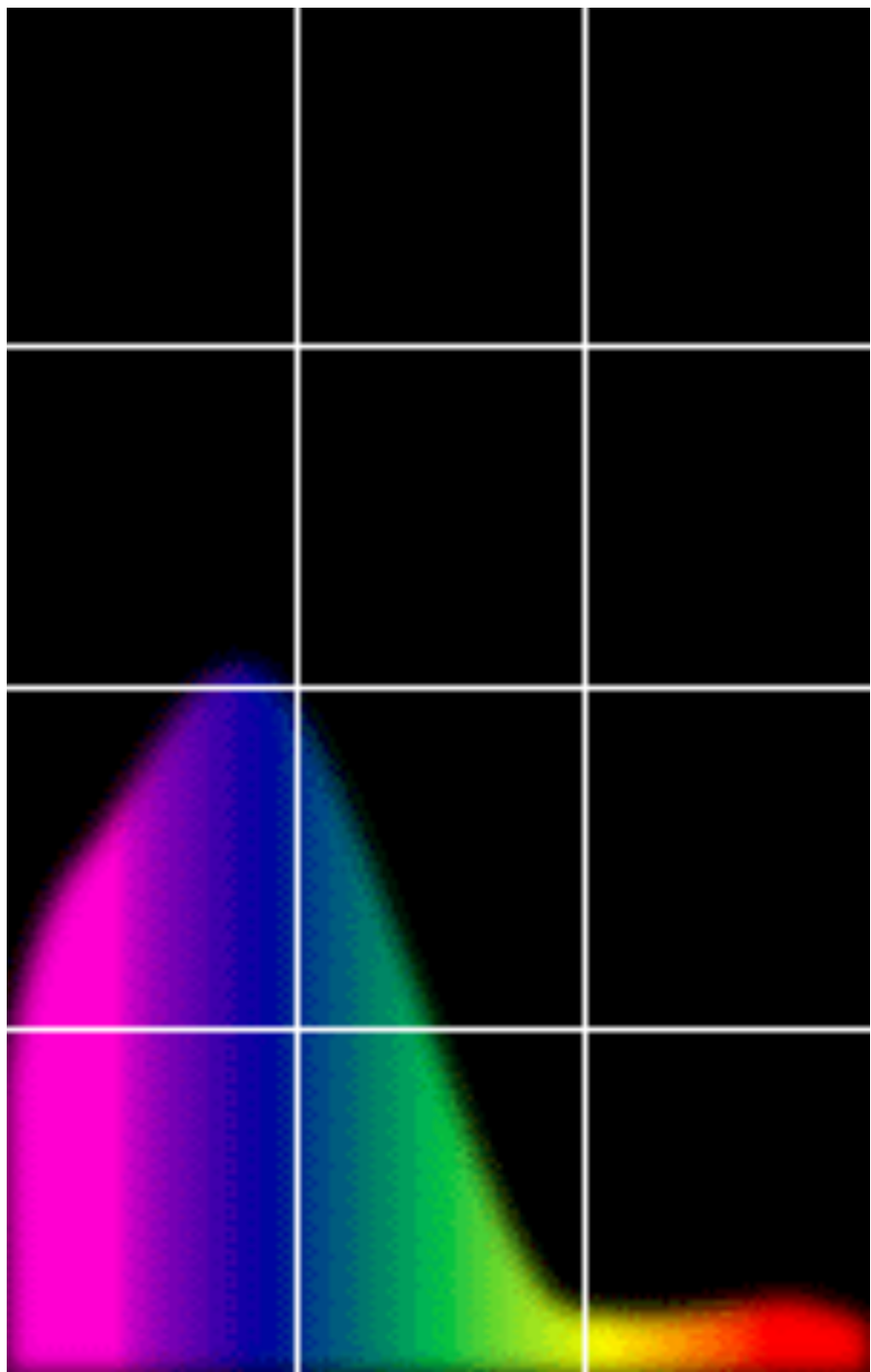
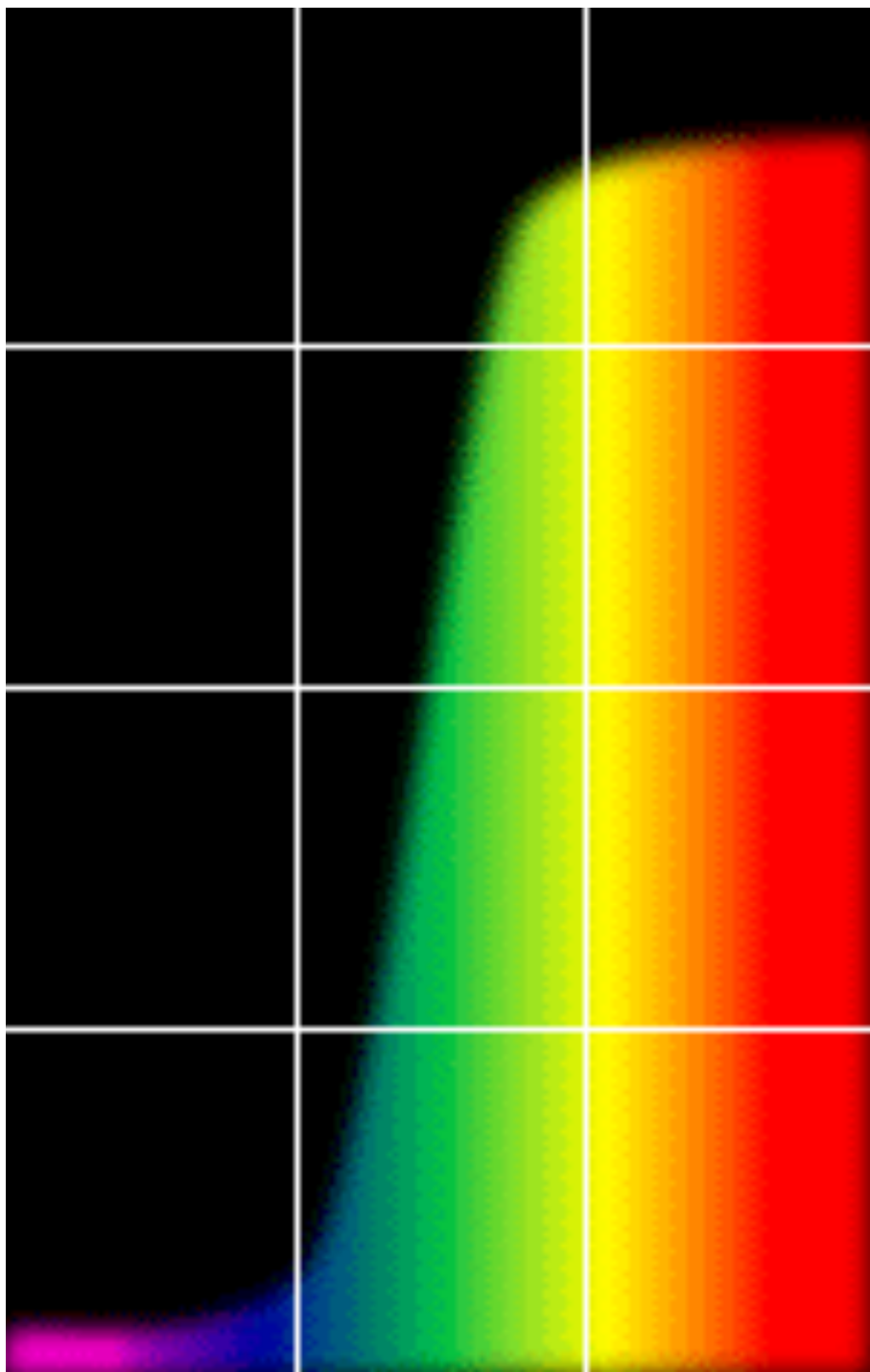


Mauve

% de photons réfléchis

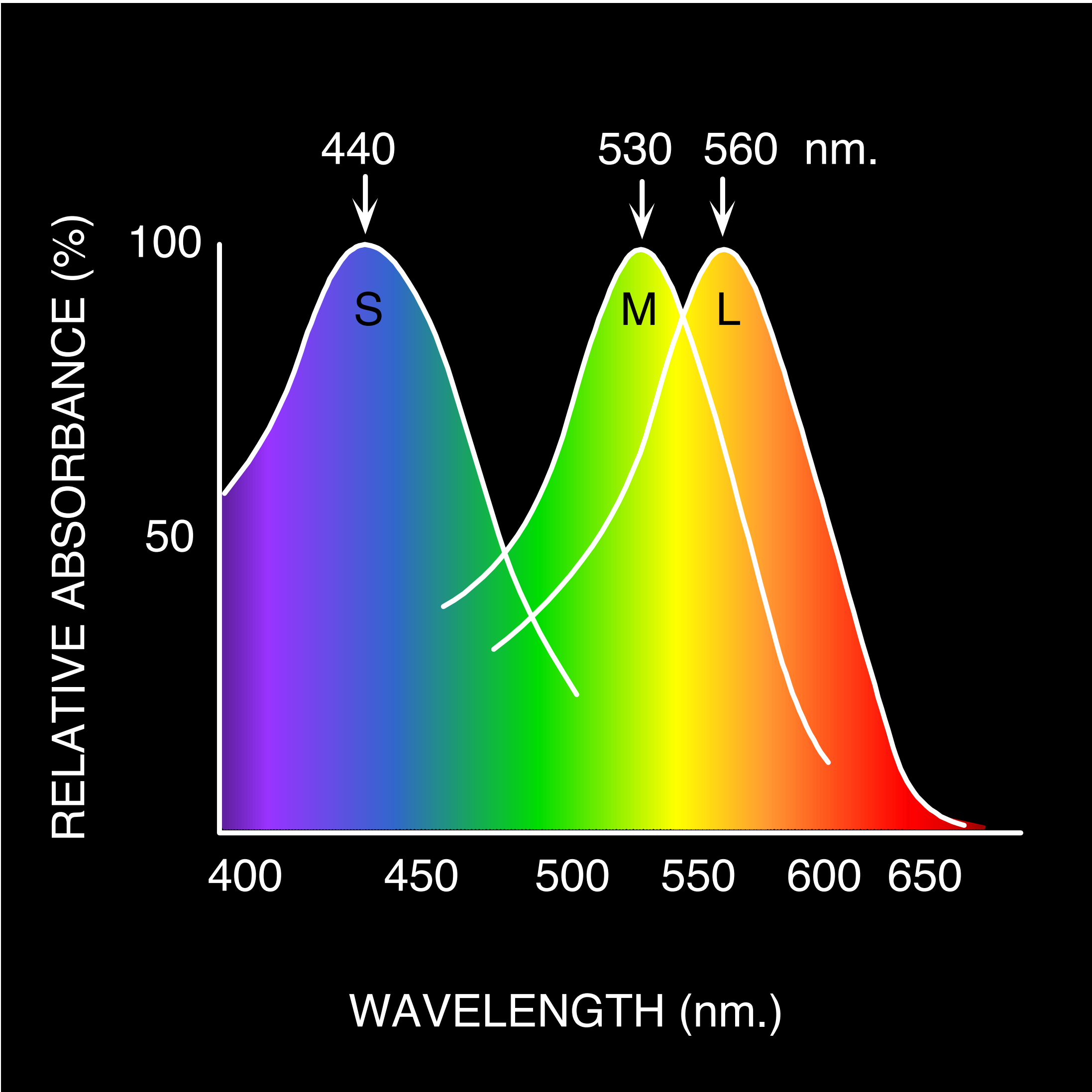


Longueur d'onde (nm)

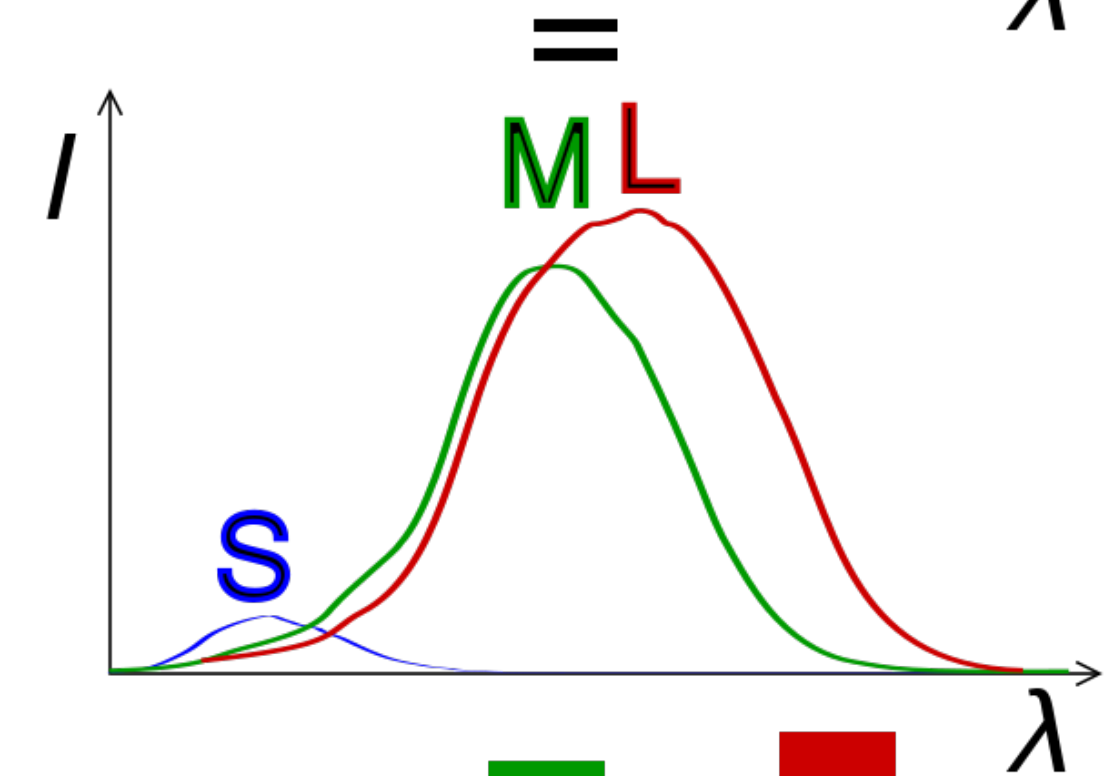
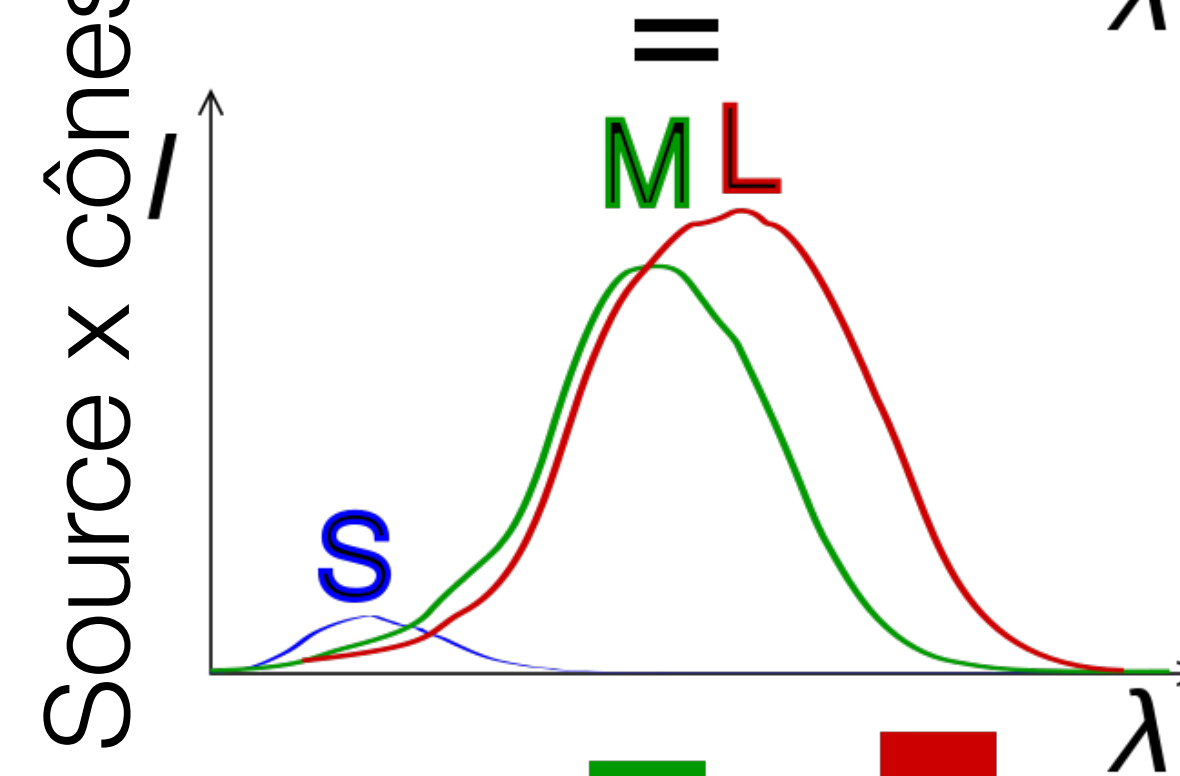
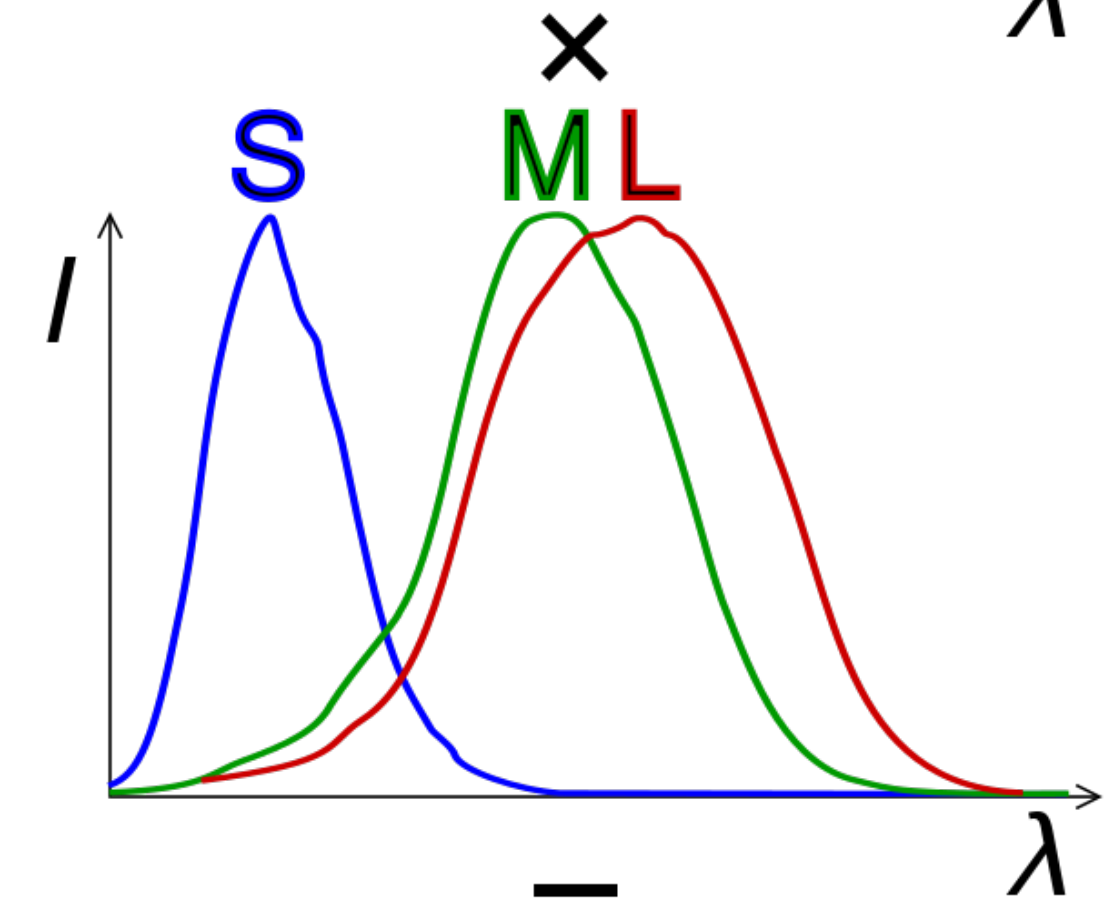
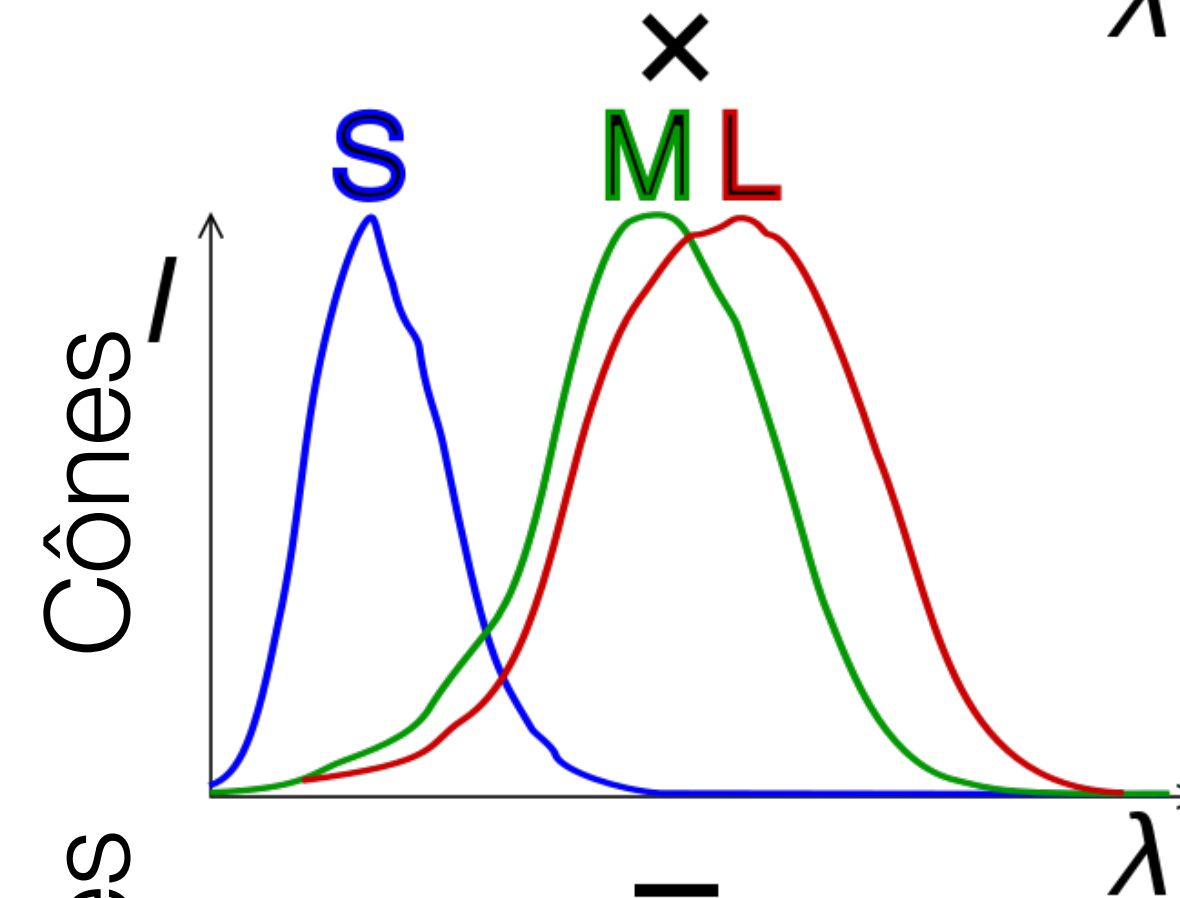
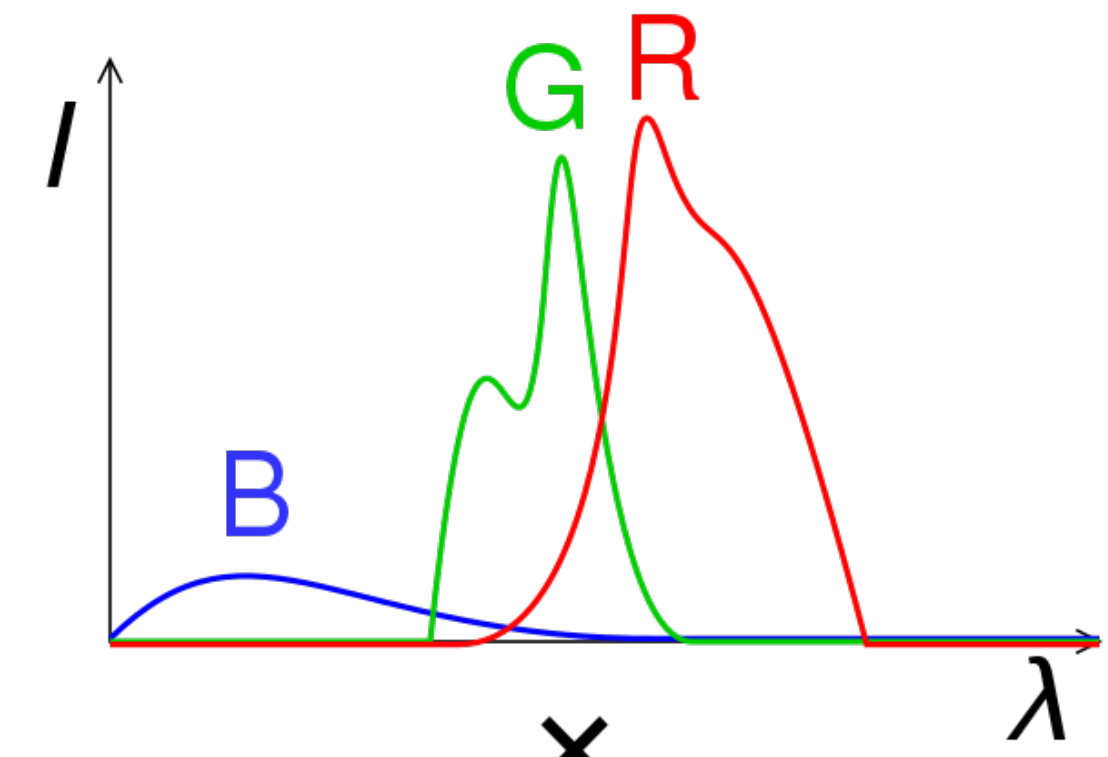
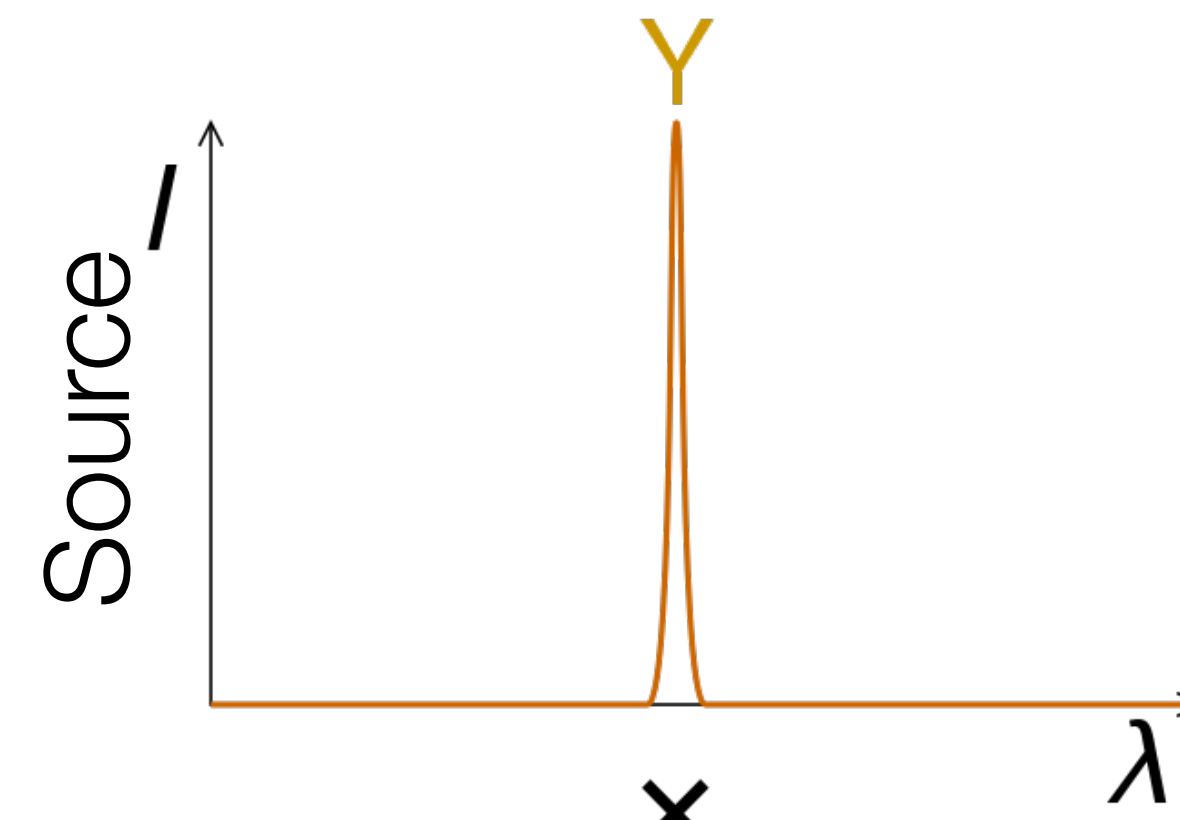
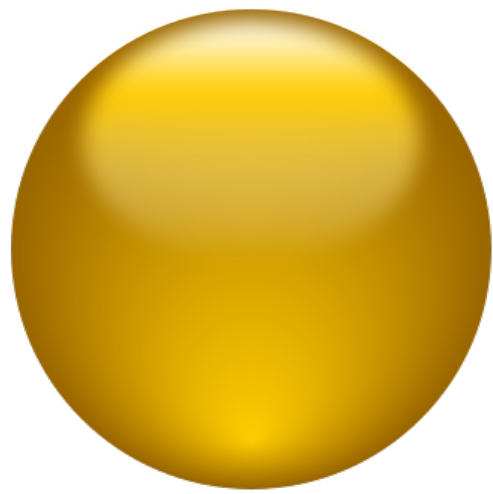


Vision en couleur

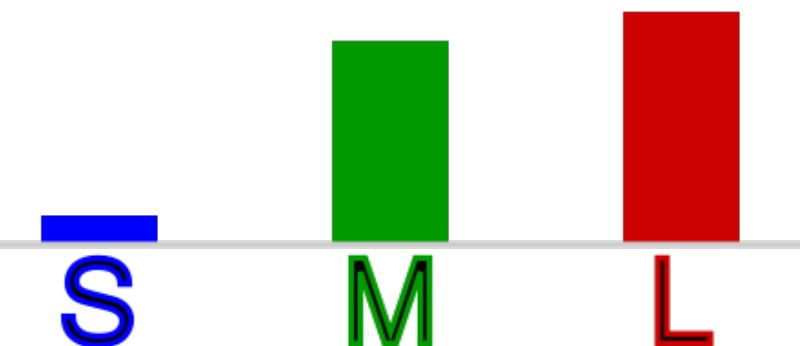
Trois sortes de cônes



Réponse des cônes

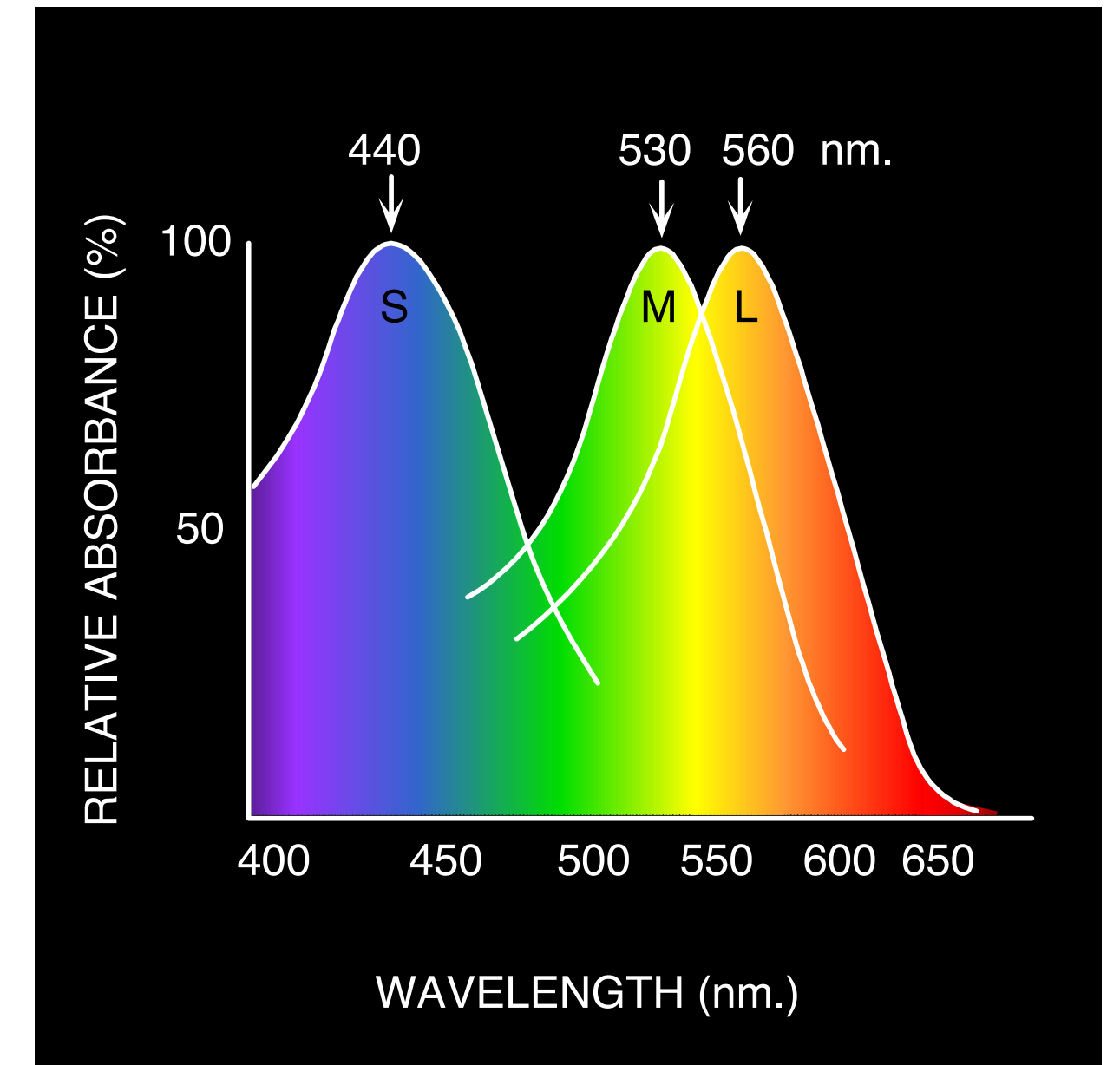


Résultat « perçu »

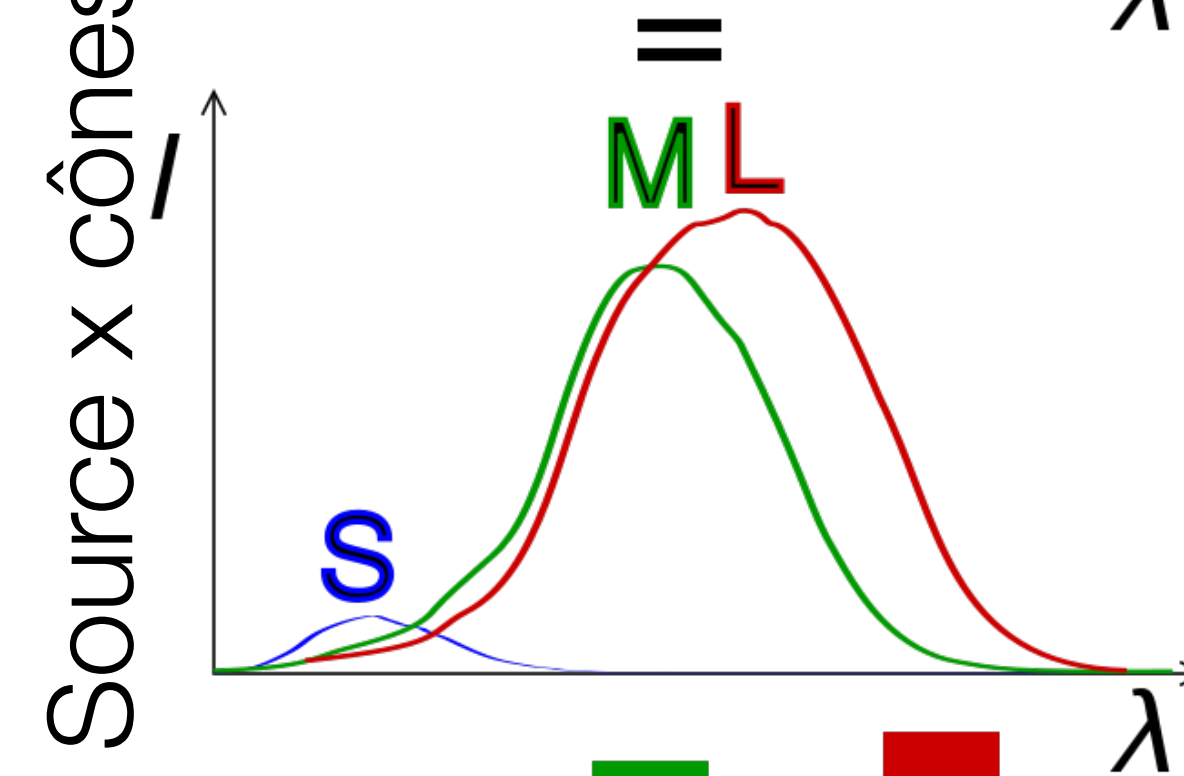
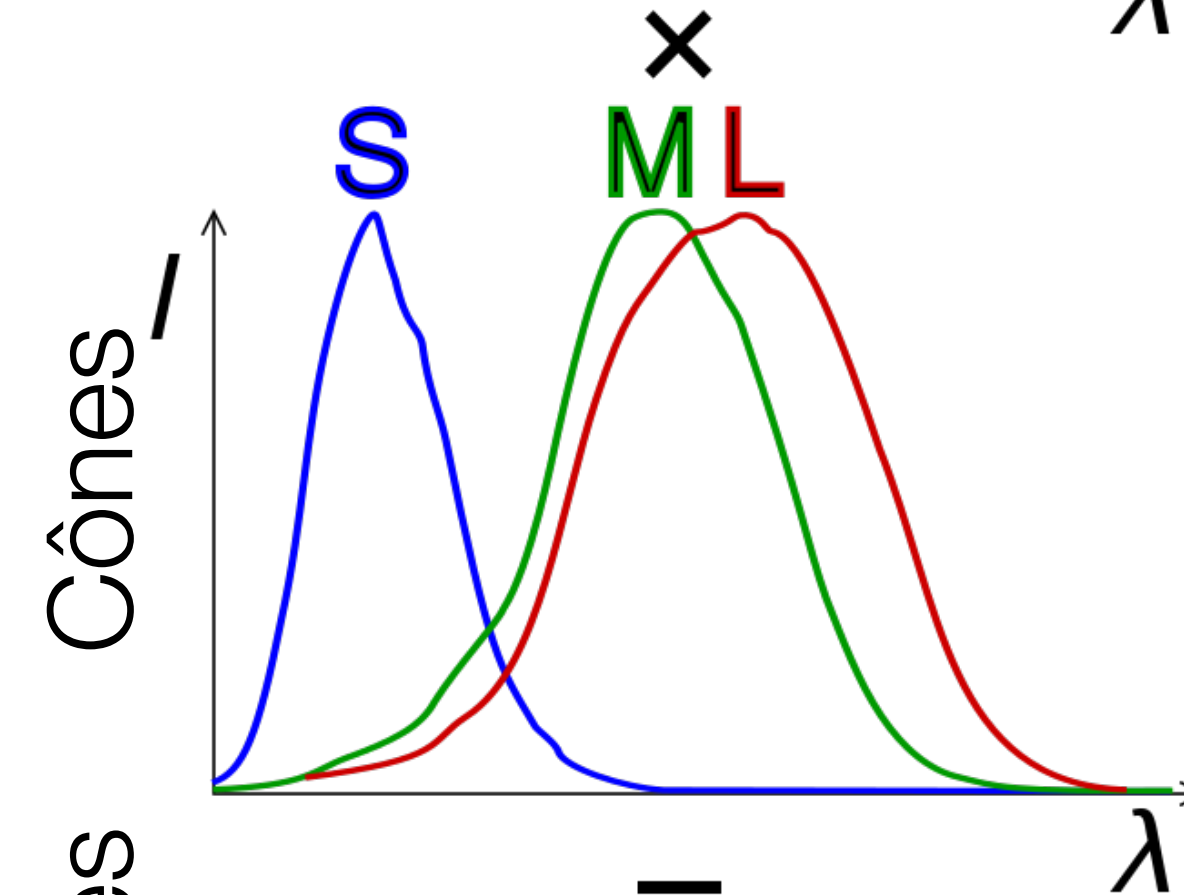
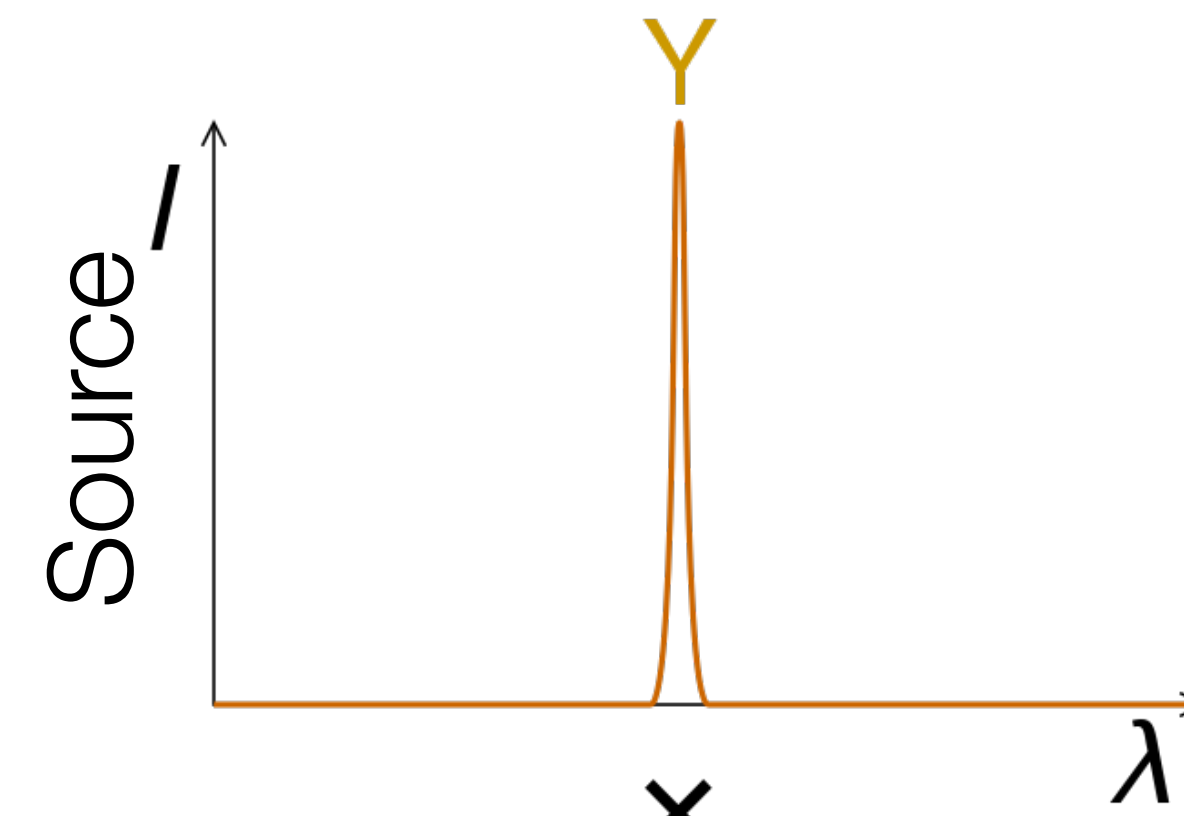
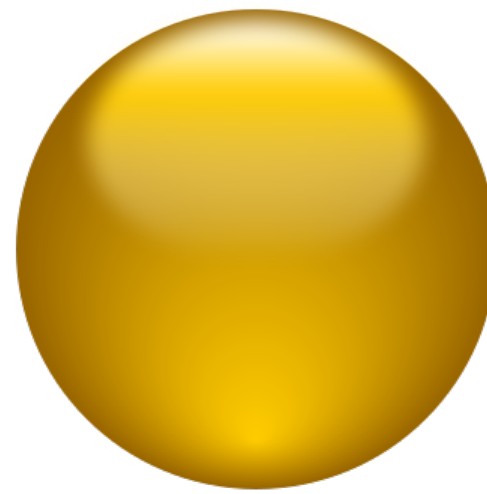


Faits amusants

- “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)



Réponse des cônes

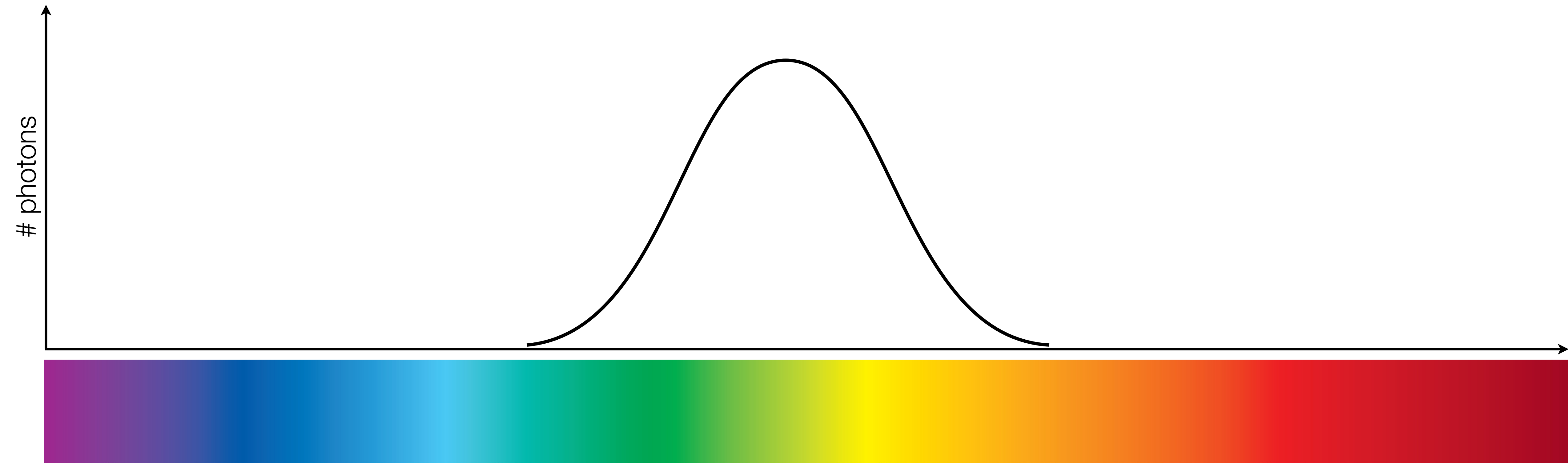


Résultat « perçu »



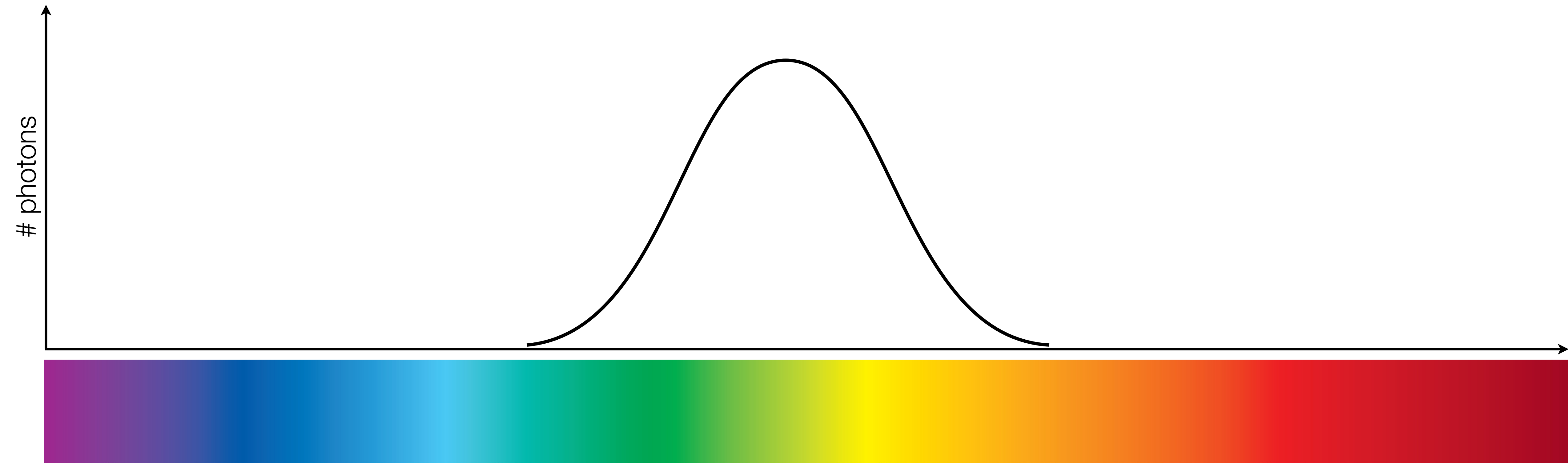
De la physique à la perception

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



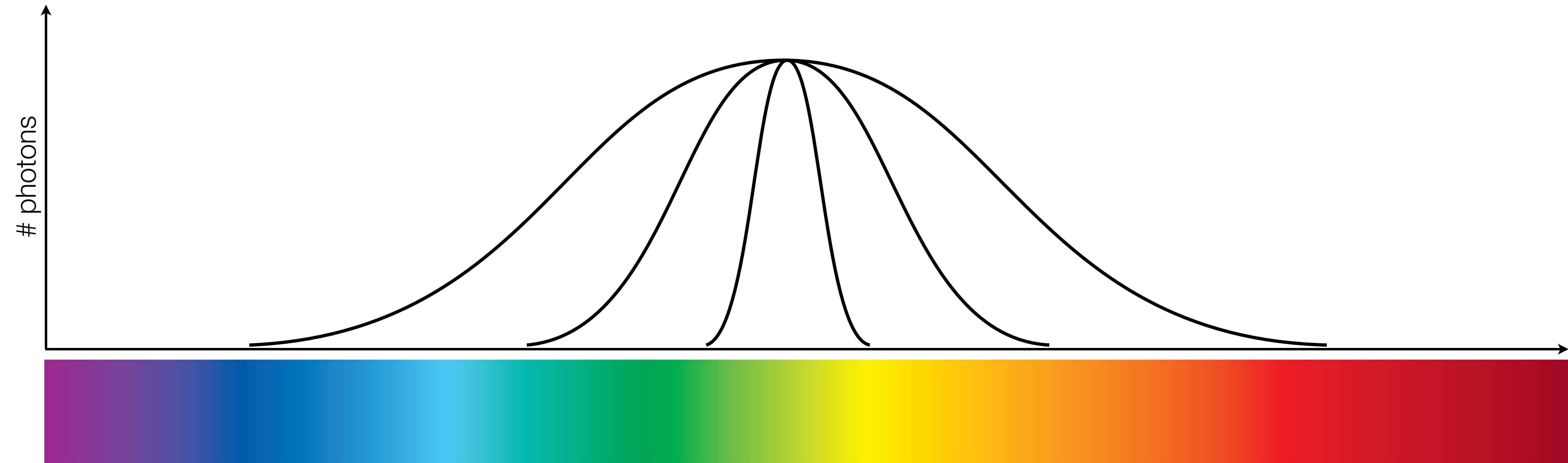
De la physique à la perception

- 3 paramètres :
 - moyenne = **teinte** de la couleur



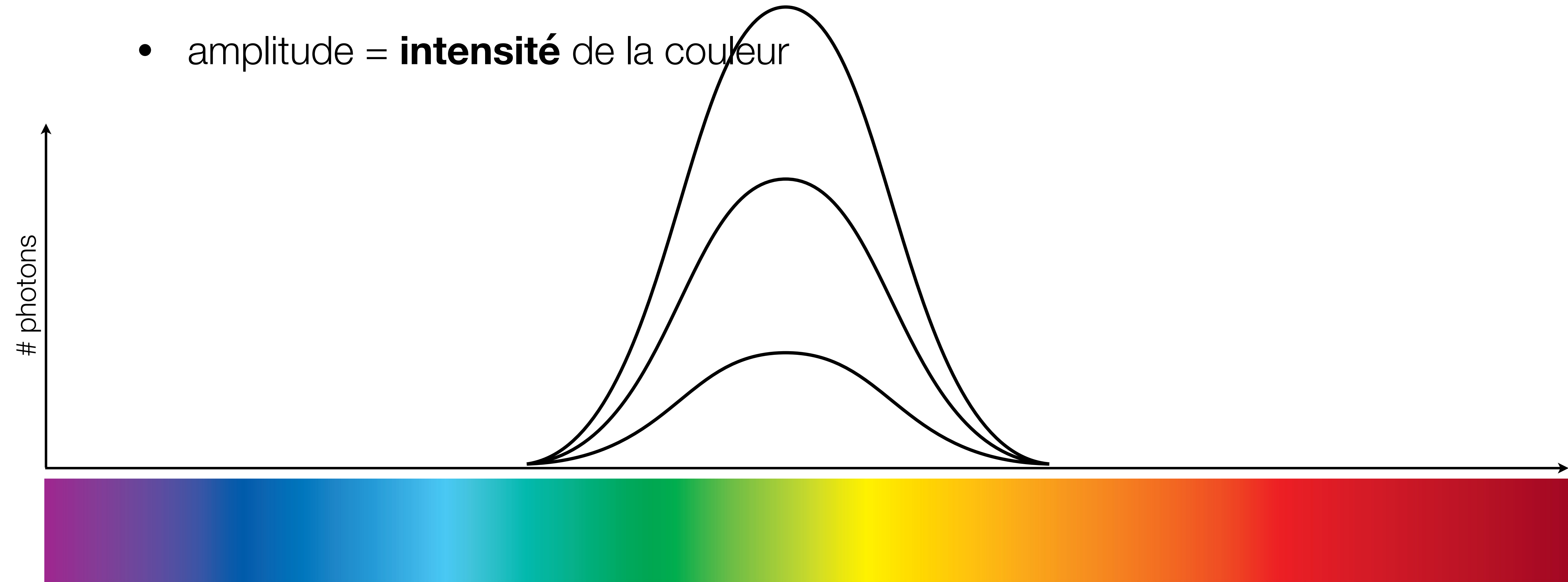
De la physique à la perception

- 3 paramètres :
 - variance = **saturation** de la couleur (pureté)



De la physique à la perception

- 3 paramètres :
 - amplitude = **intensité** de la couleur



La métaphore du photomètre

Vrai ou faux?

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

Vrai ou faux?

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

Vrai ou faux?

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

FAUX : nos yeux **s'adaptent**
aux conditions ambiantes!
C'est ce que l'on appelle la **constance de couleur**.



Constance de couleur

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



Filtre bleu 60%



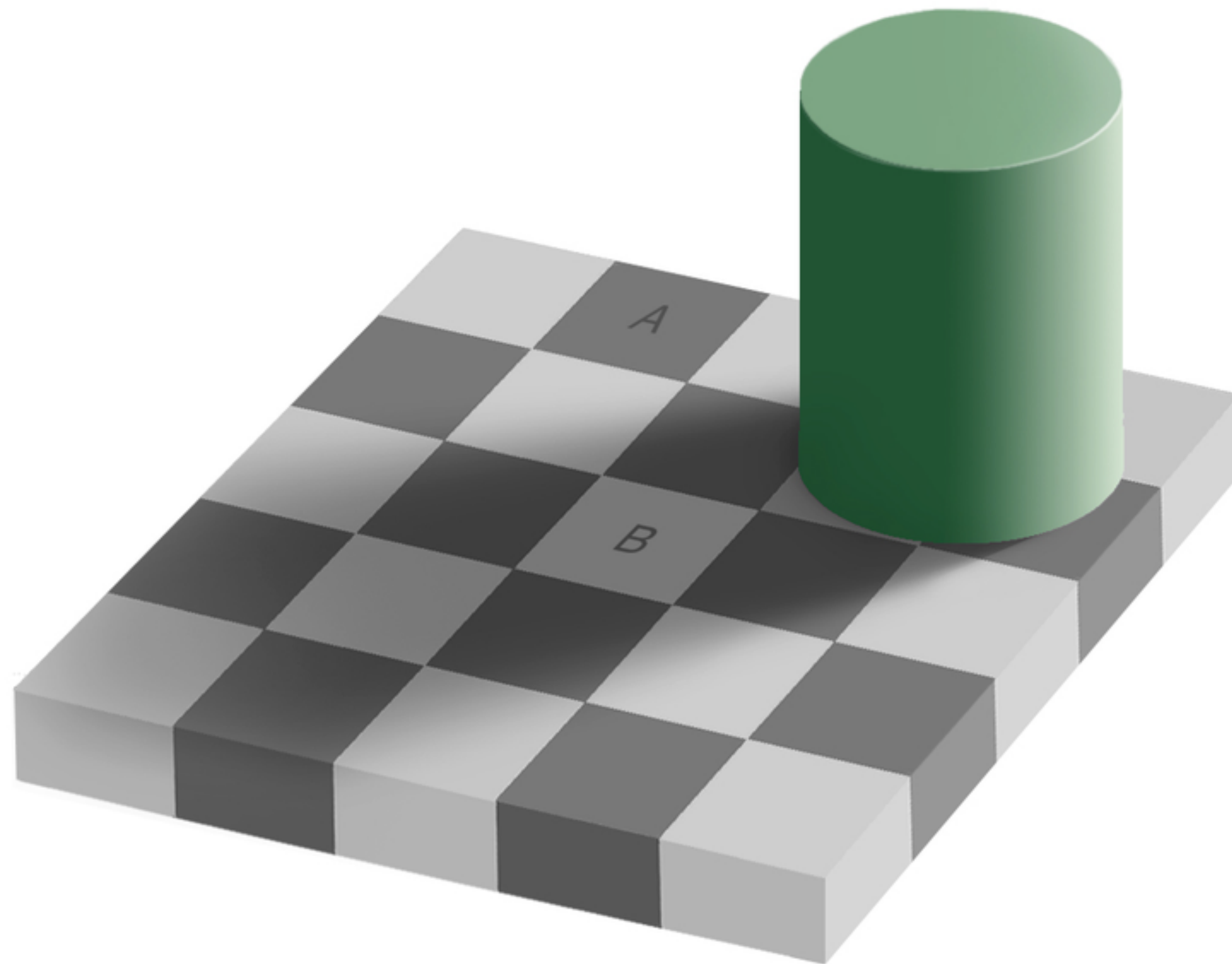
Inversion

Constance de couleur

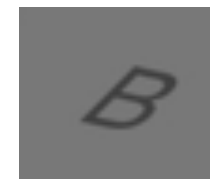
La capacité que notre système visuel a de percevoir la couleur des surfaces « peu importe » les variations dans les conditions d'éclairage



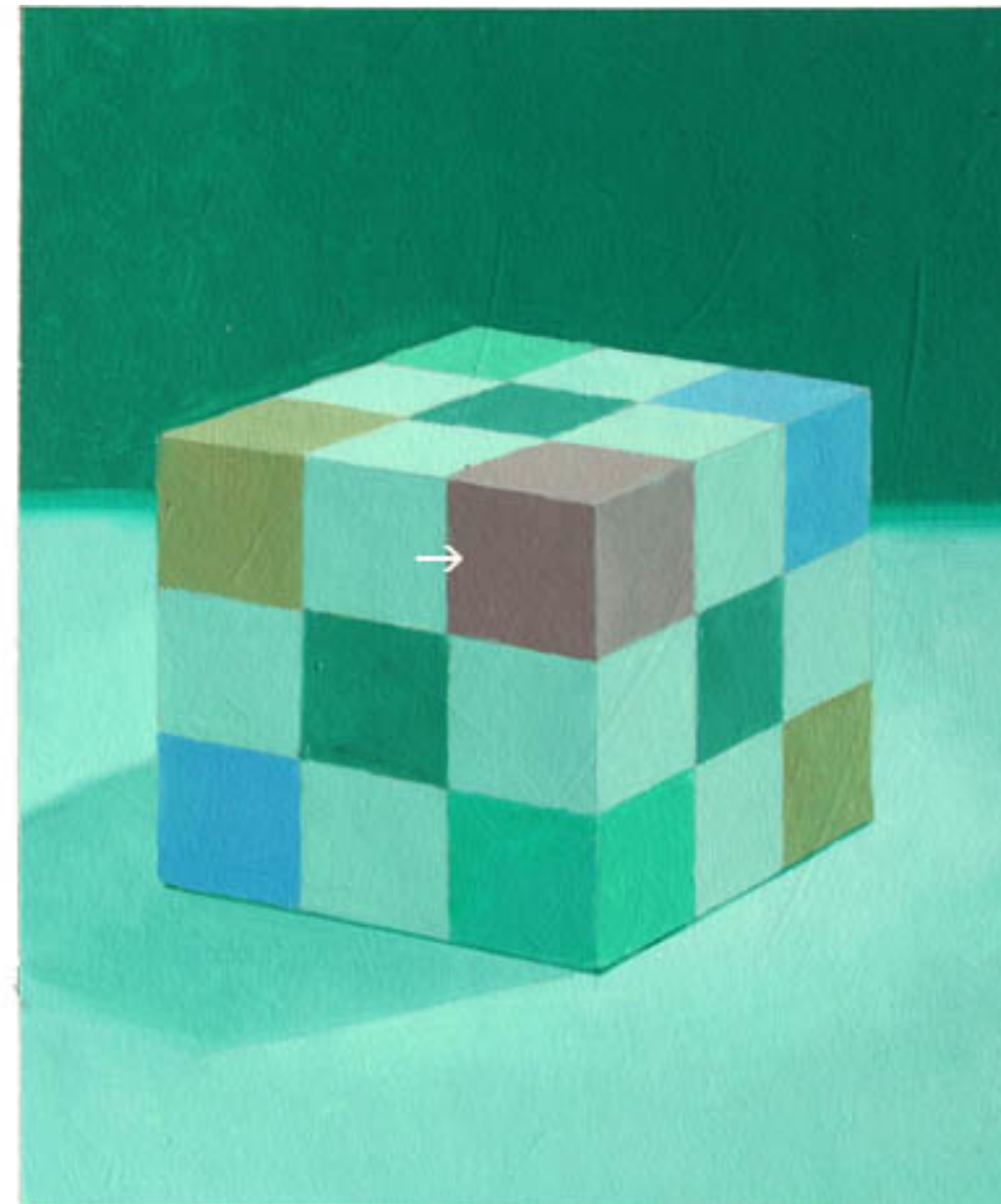
Constance d'intensité



Constance d'intensité

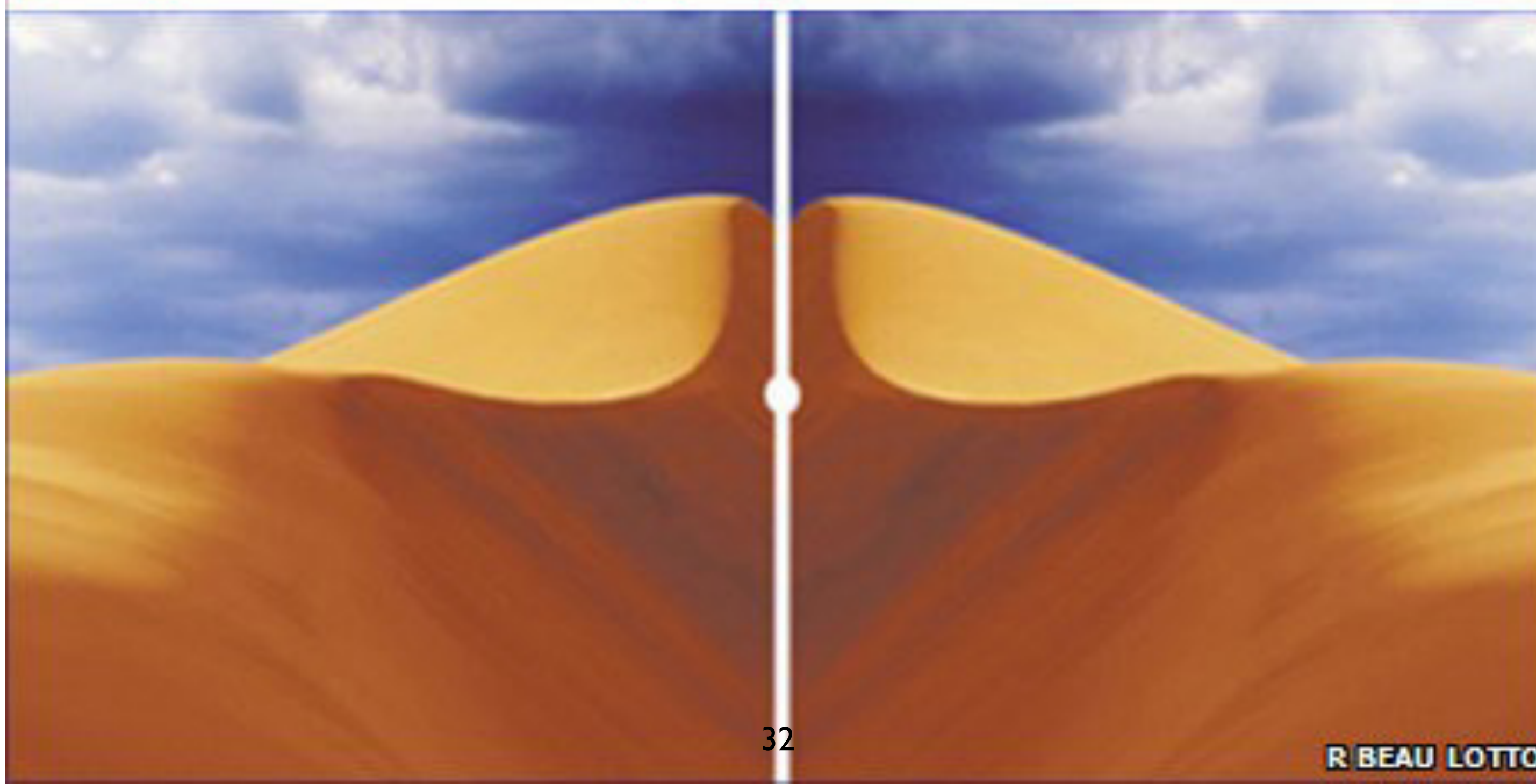
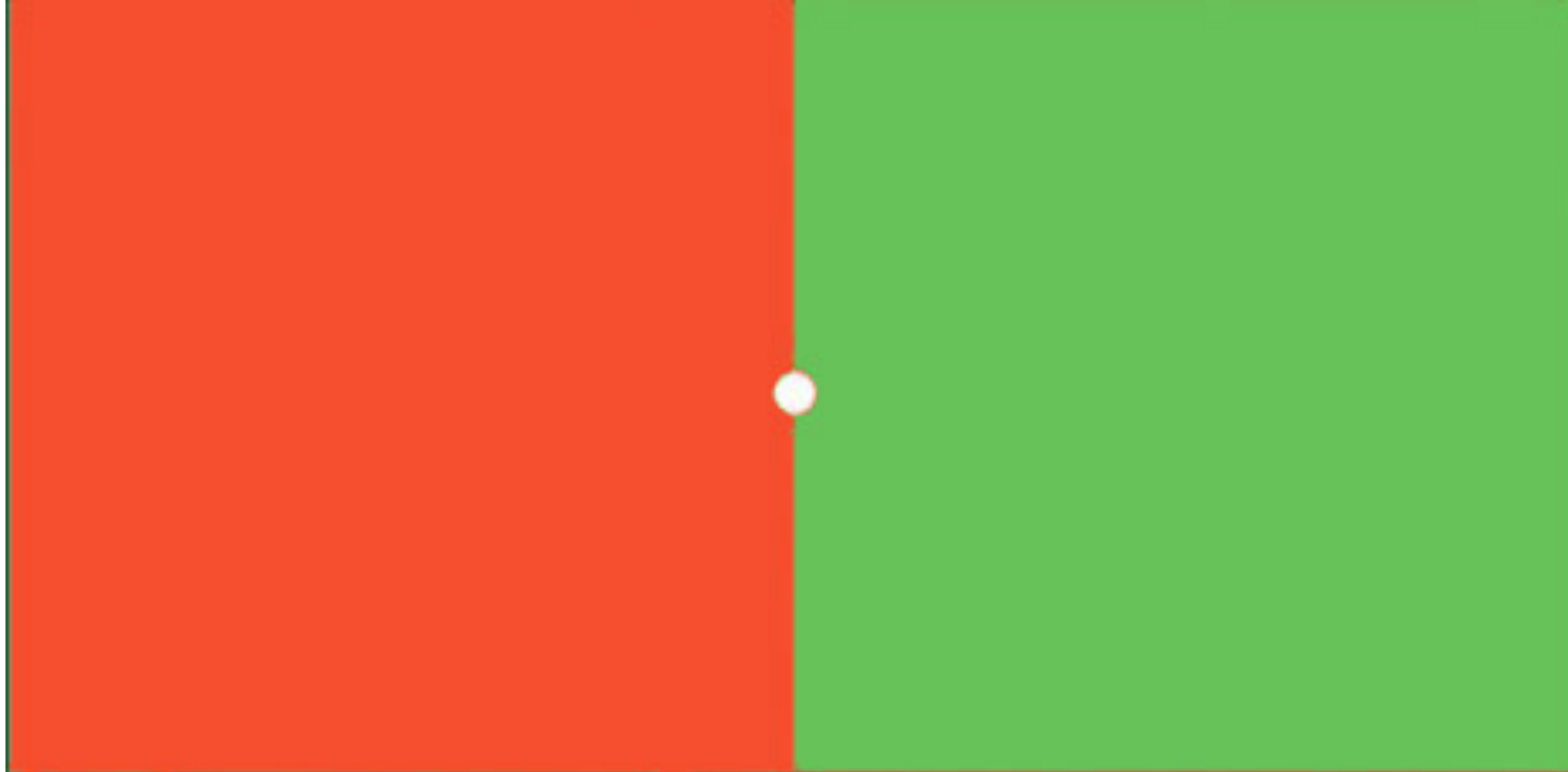


Constance de couleur



Constance de couleur





« The Dress » (2015)

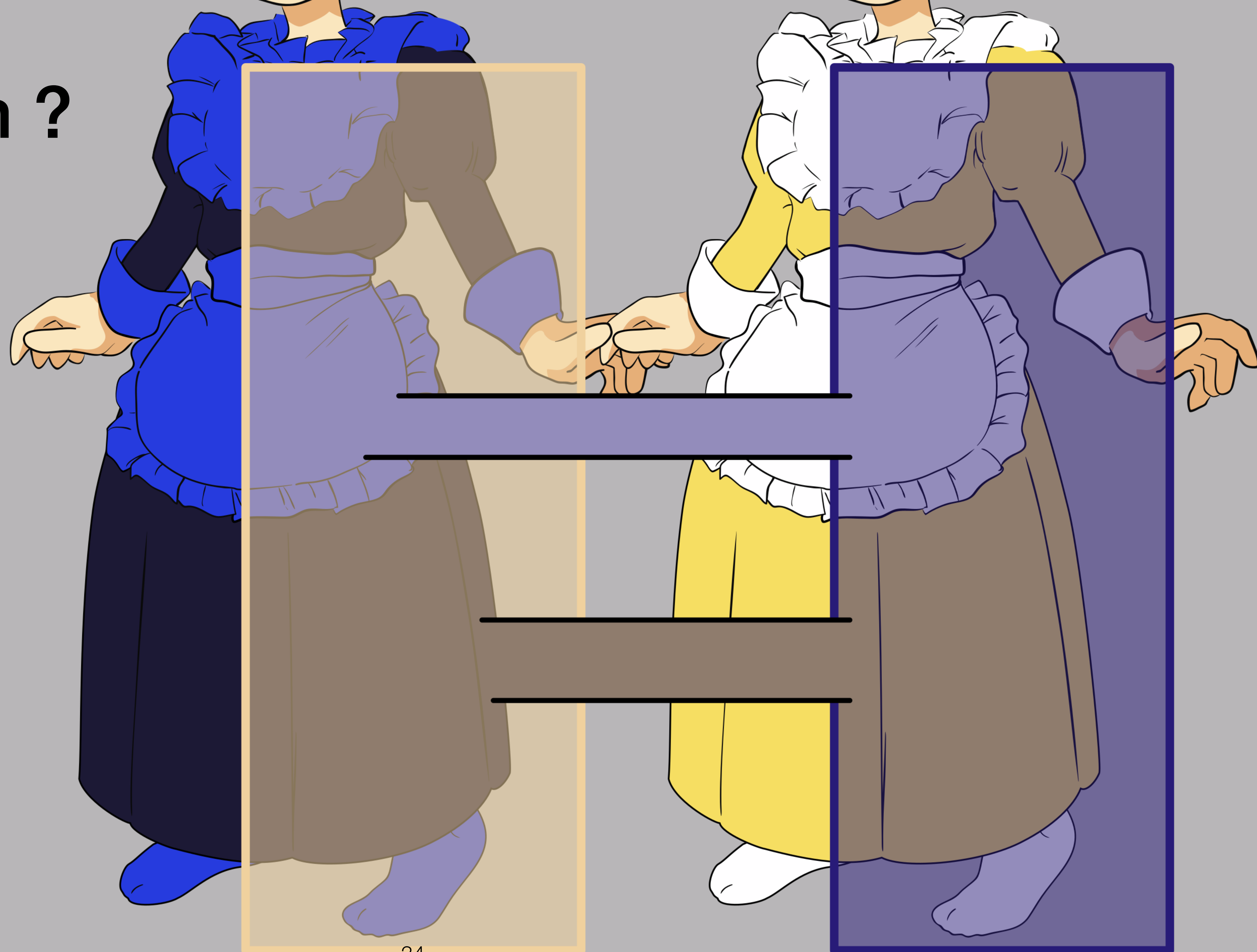
#whiteandgold ou #blackandblue ?

#THE DRESS
NOW BACK IN STOCK

DEBATE NOW ▶



Explication ?



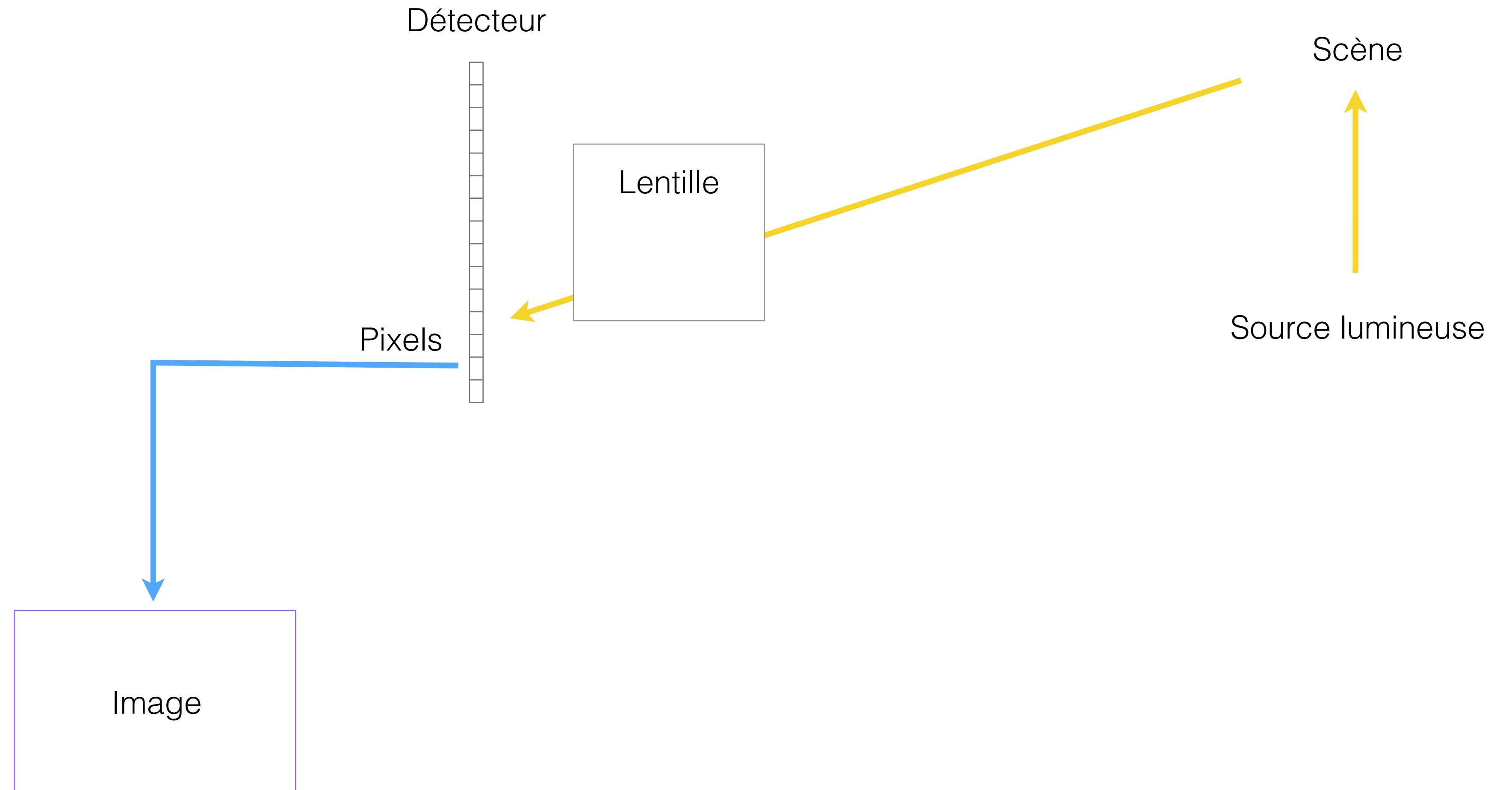
La couleur

- Une couleur n'est pas une propriété d'un objet, c'est un mot que l'on associe à une **perception**
- Je vous recommande de consulter l'excellent tutoriel de Michael S. Brown (prof. à York) si vous voulez en apprendre plus
- https://www.eecs.yorku.ca/~mbrown/ICCV19_Tutorial_MSBrown.pdf

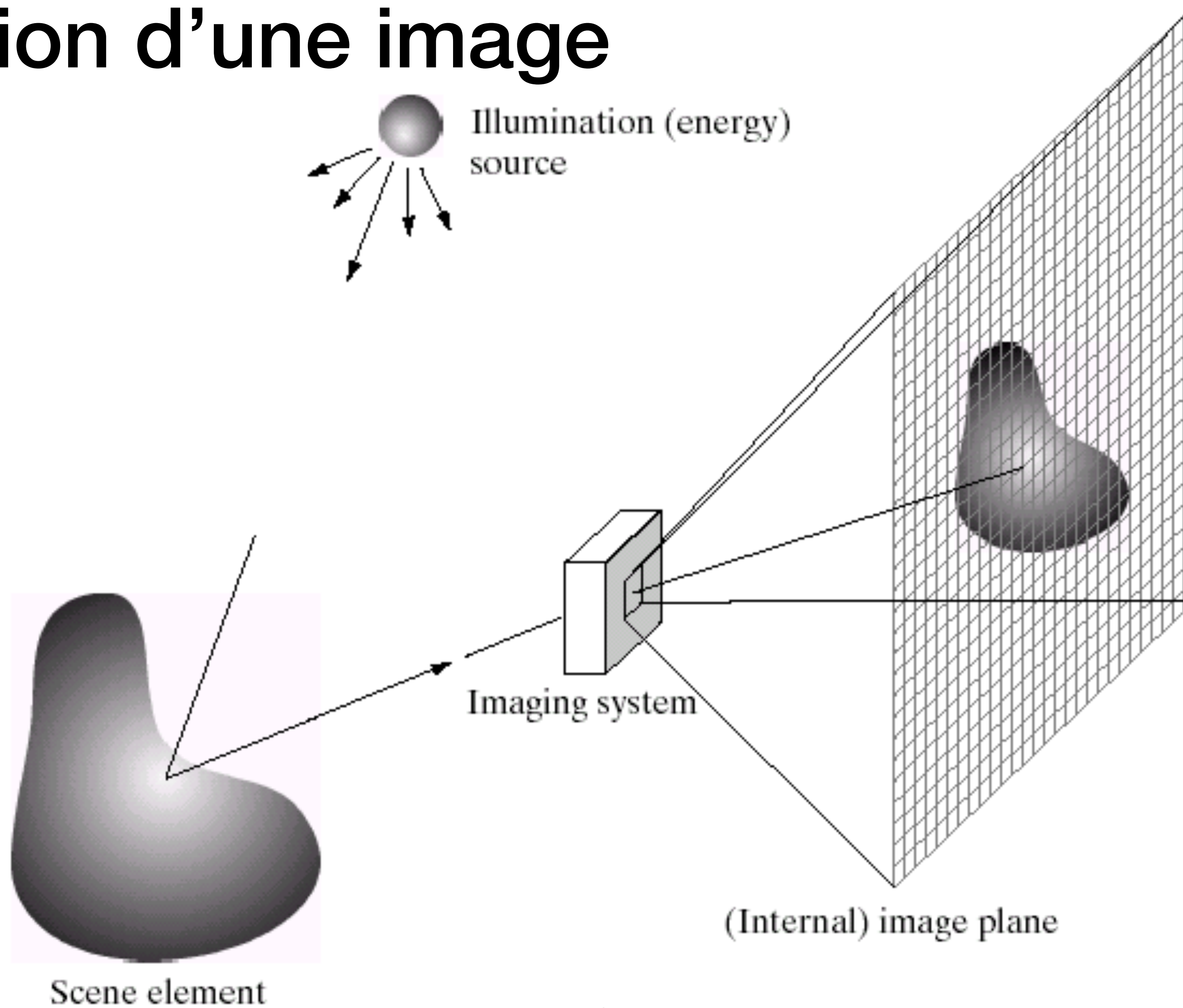
Dans une caméra...

Imite l'oeil humain

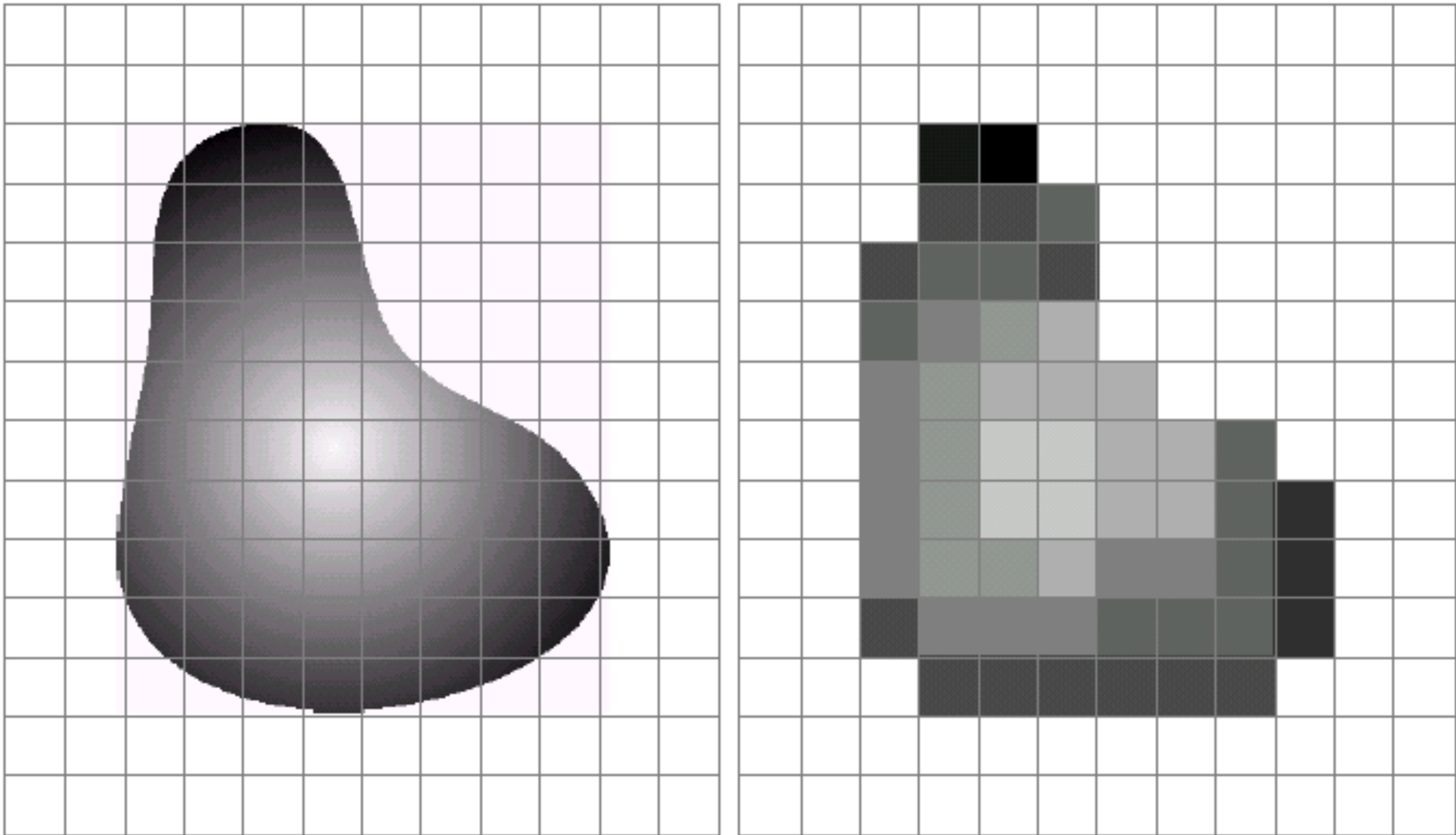
un seul point de vue
un seul instant
profondeur de champ fixe
illumination fixe
monde statique



Formation d'une image



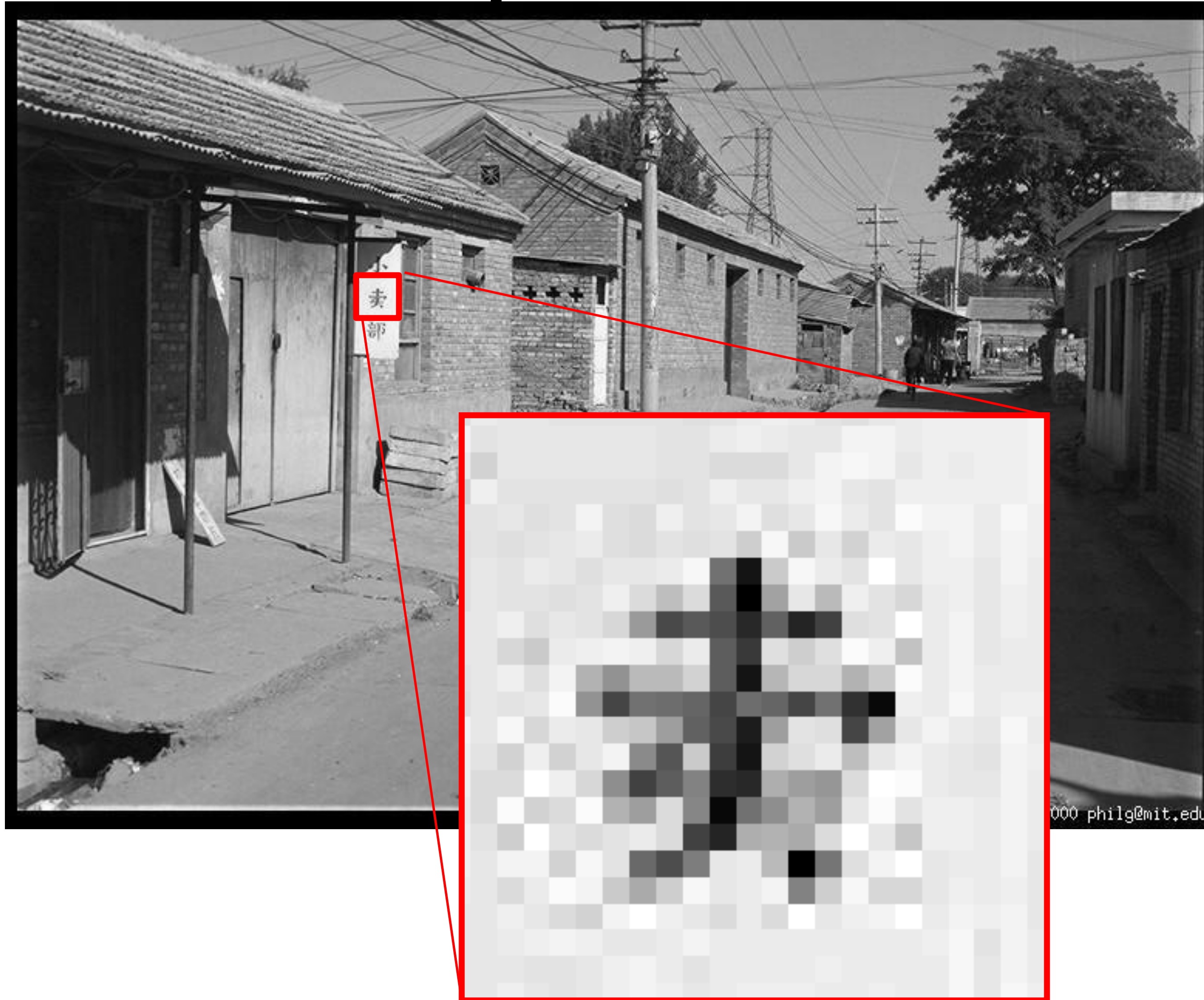
Plan de capteurs



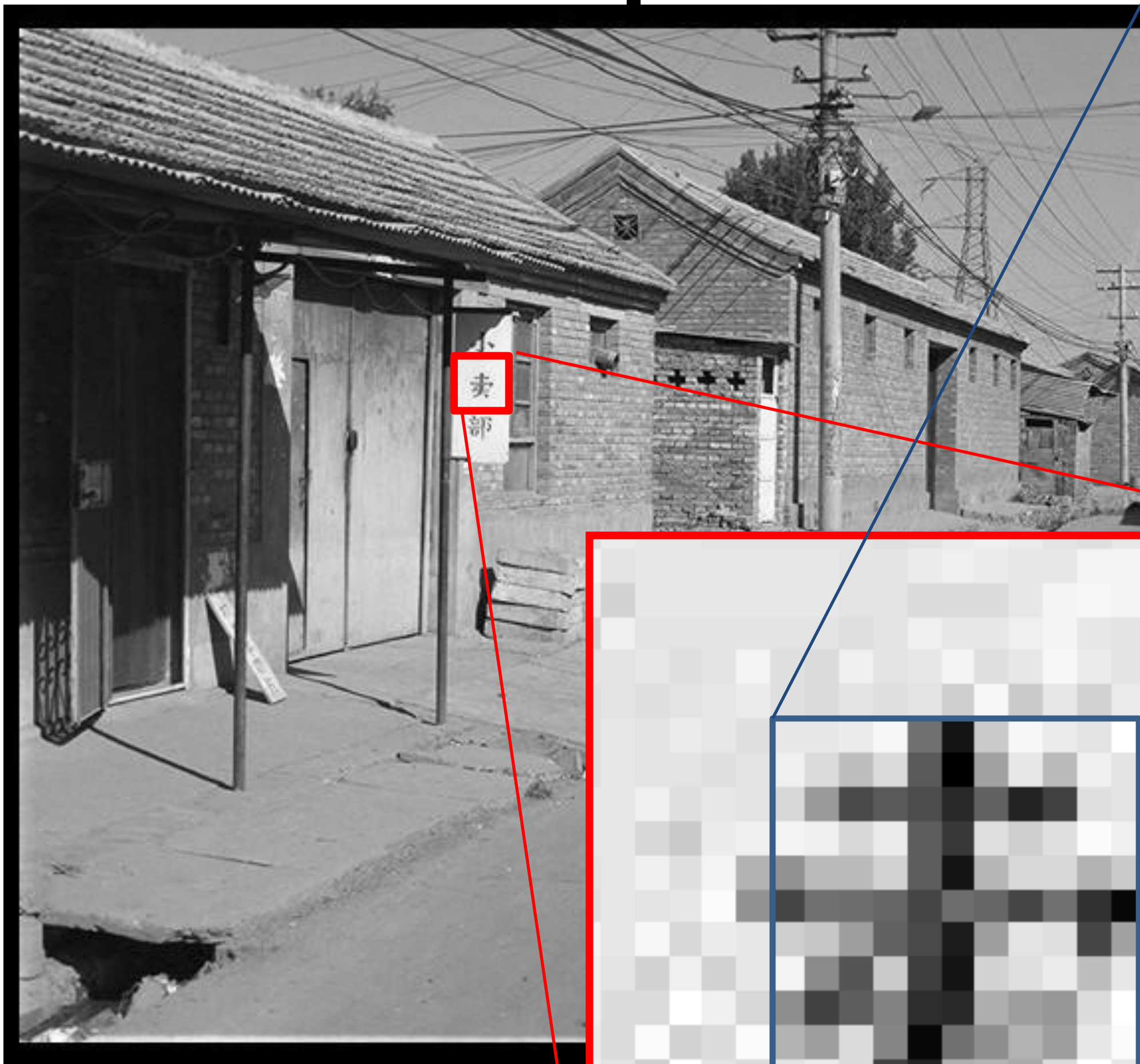
Une matrice de pixels



Une matrice de pixels



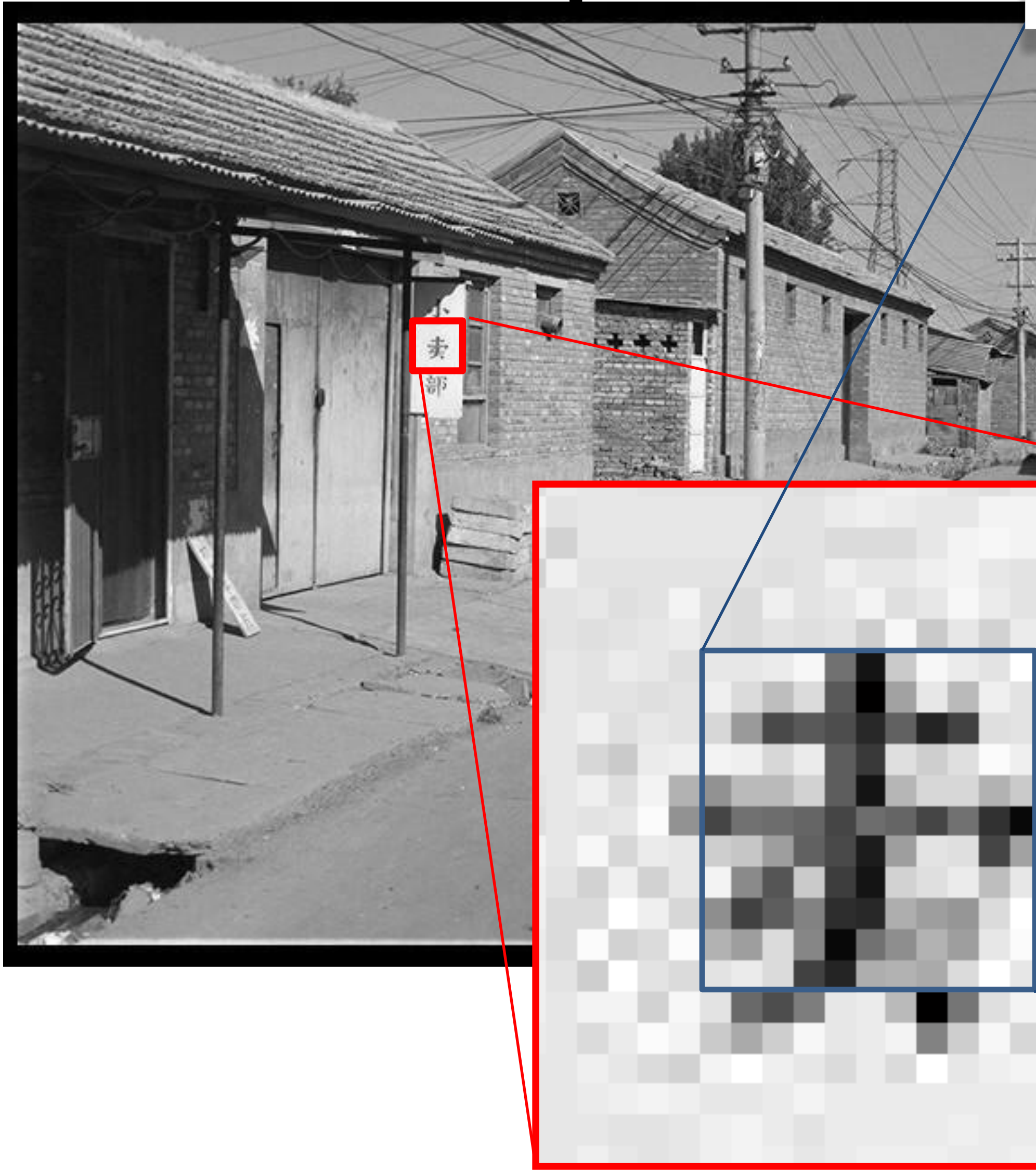
Une matrice de pixels



236	238	241	248	159	95	218	248	238	236	253
243	228	210	228	143	79	192	236	207	243	233
228	184	131	141	131	108	146	105	125	233	236
246	243	225	241	143	118	233	223	230	248	243
182	207	207	223	146	95	205	225	228	202	218
125	159	154	148	128	154	148	128	156	115	84
220	215	189	148	131	100	187	236	233	125	189
246	172	138	218	123	95	225	230	241	210	238
177	125	143	169	110	108	197	187	182	230	253
202	187	230	172	84	156	177	202	187	238	248
233	241	228	125	105	200	200	197	228	253	238

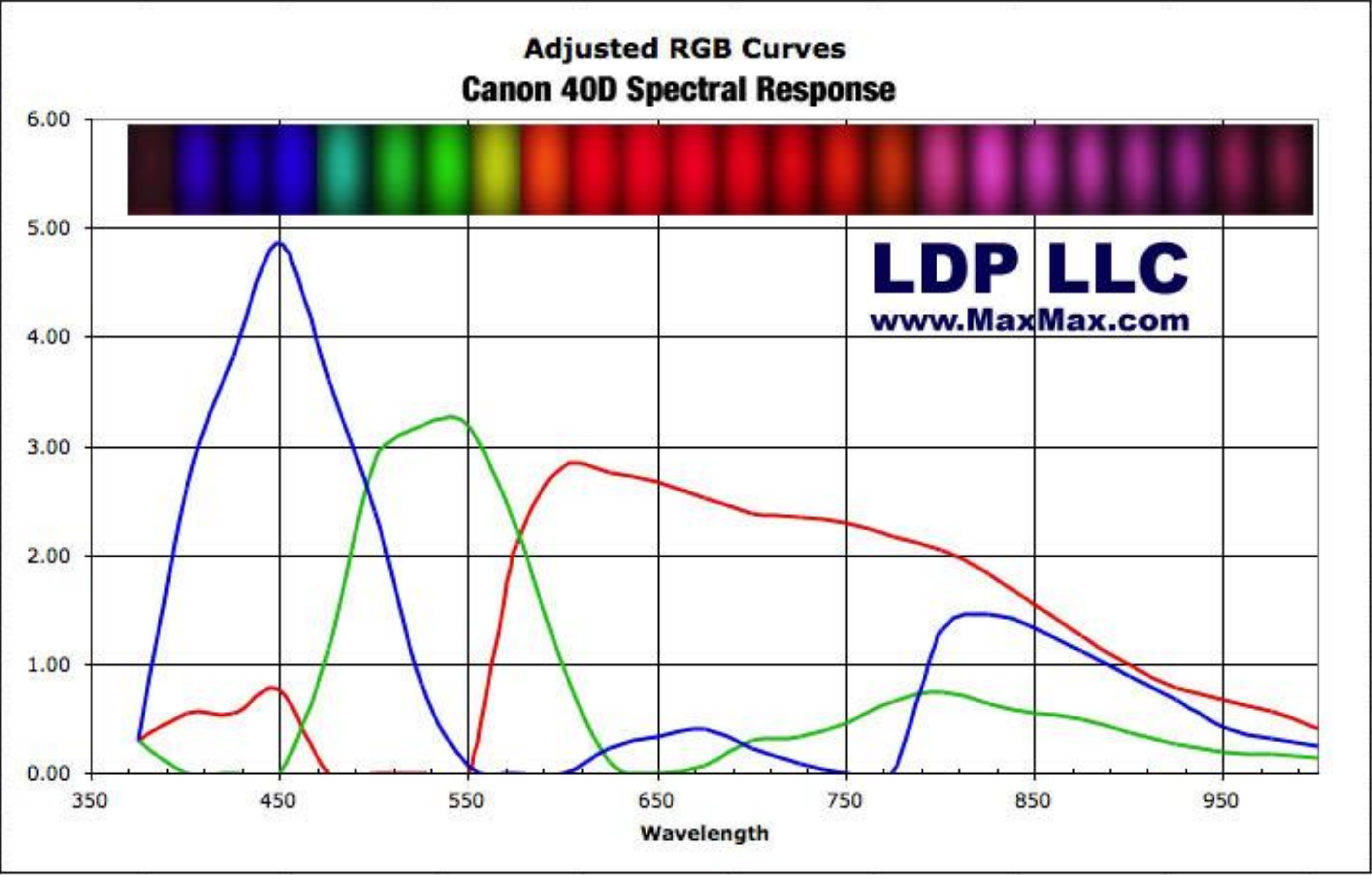
Une matrice de pixels

Chaque pixel est mesuré indépendamment des autres
Pas de constance d'intensité!



230	238	241	248	159	95	218	248	238	230	233
243	228	210	228	143	79	192	236	207	243	233
228	184	131	141	131	108	146	105	125	233	236
246	243	225	241	143	118	233	223	230	248	243
182	207	207	223	146	95	205	225	228	202	218
125	159	154	148	128	154	148	128	156	115	84
220	215	189	148	131	100	187	236	233	125	189
246	172	138	218	123	95	225	230	241	210	238
177	125	143	169	110	108	197	187	182	230	253
202	187	230	172	84	156	177	202	187	238	248
233	241	228	125	105	200	200	197	228	253	238

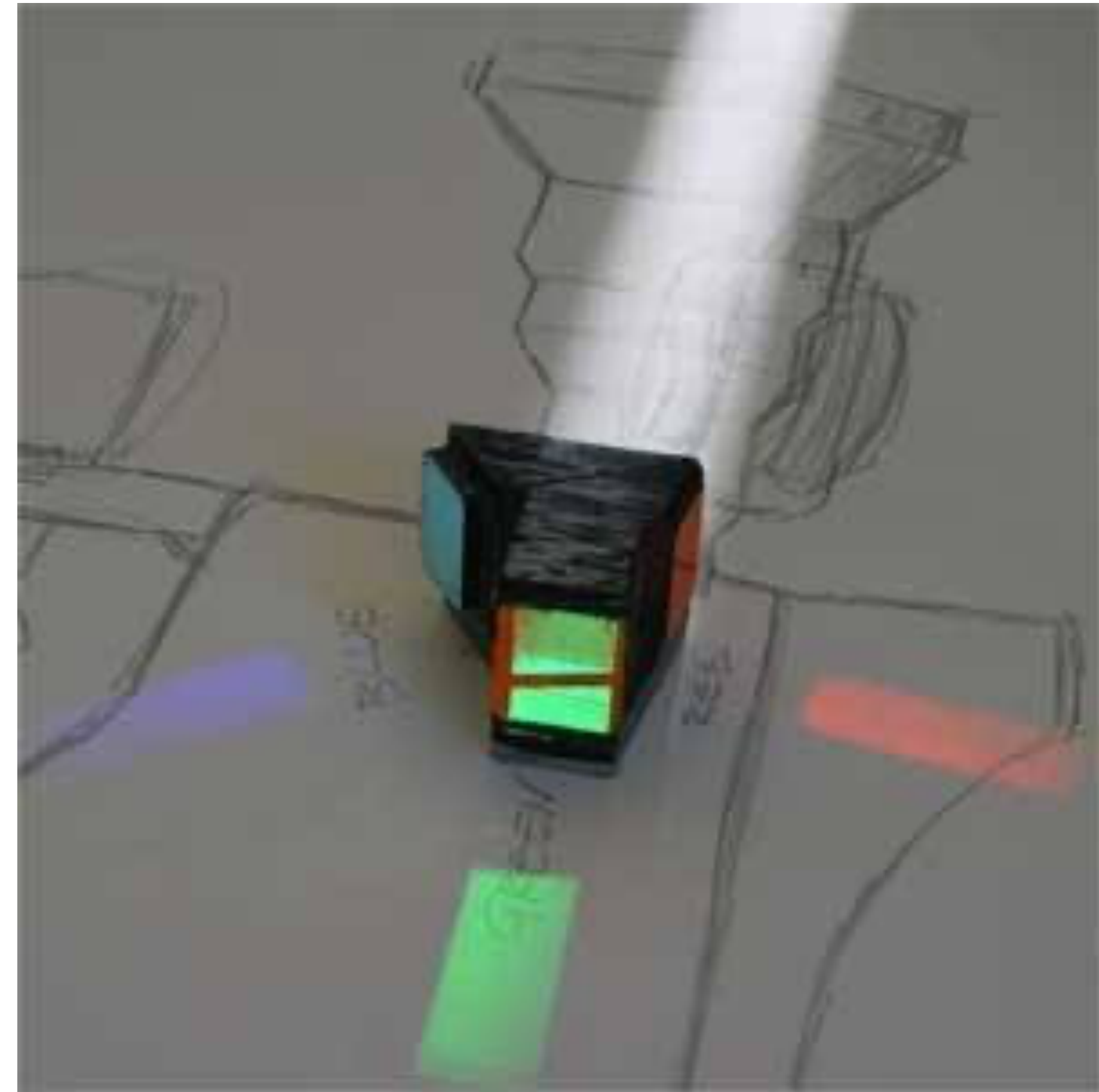
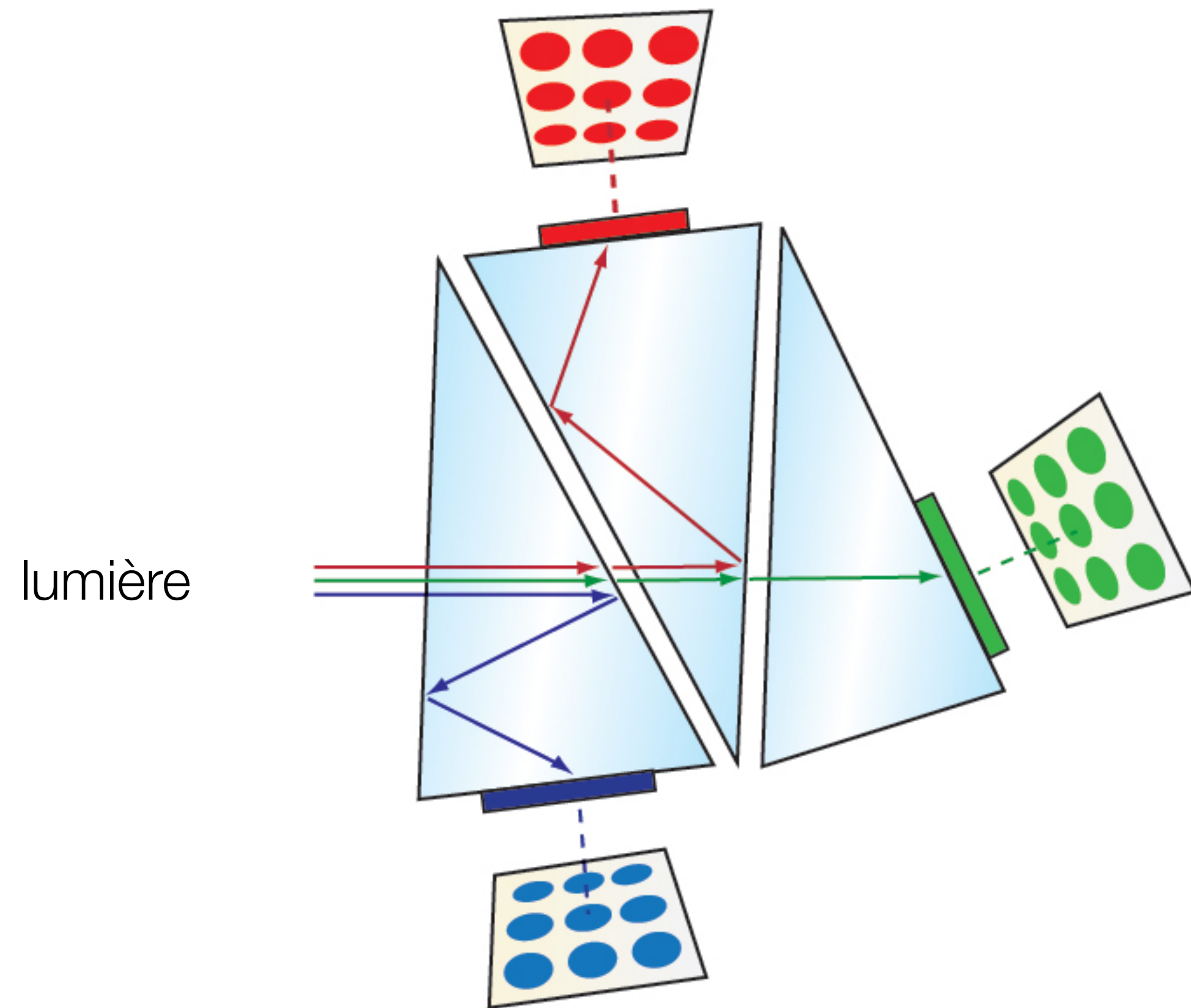
Couleur dans les caméras?



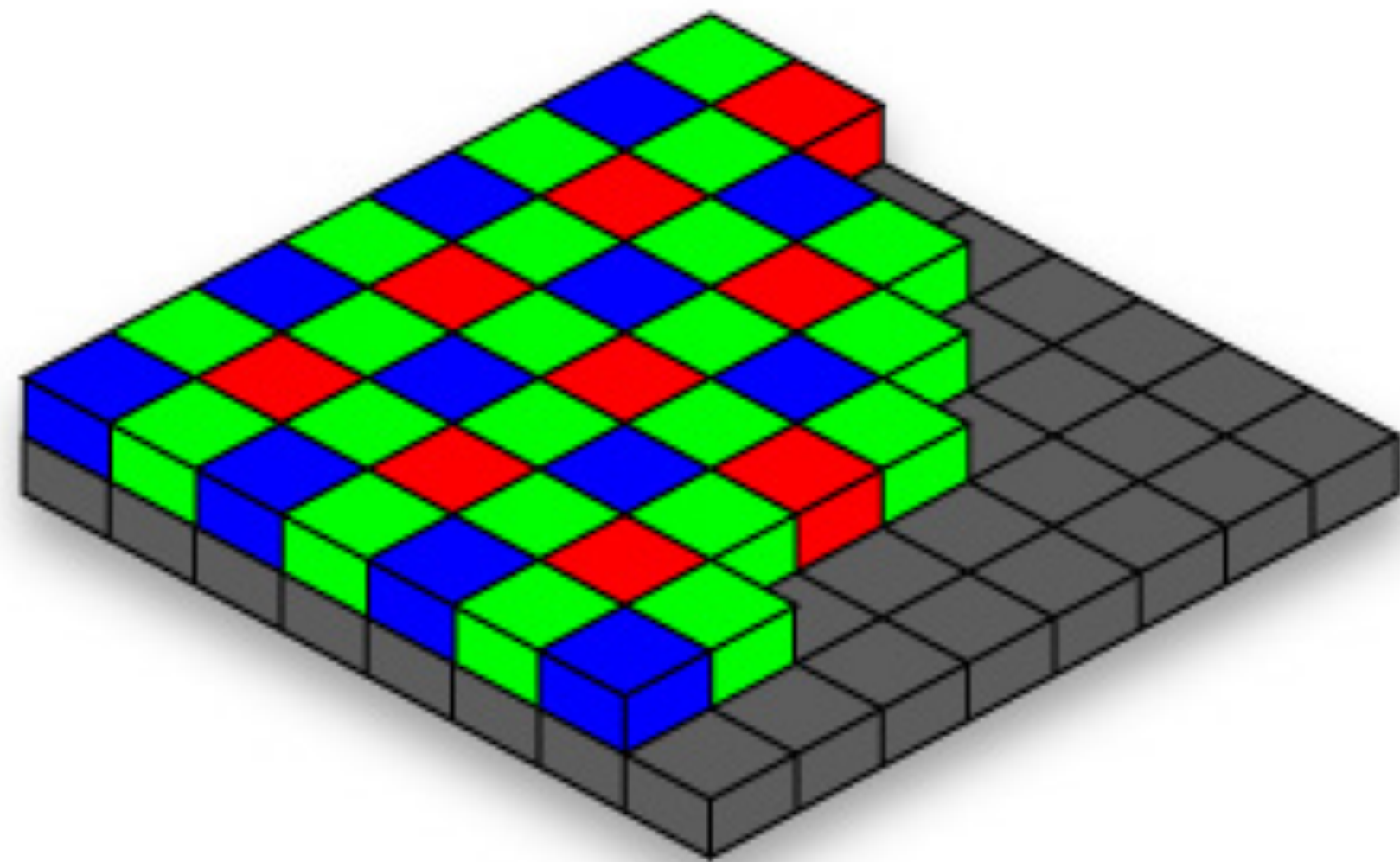
Caméra Canon 40D



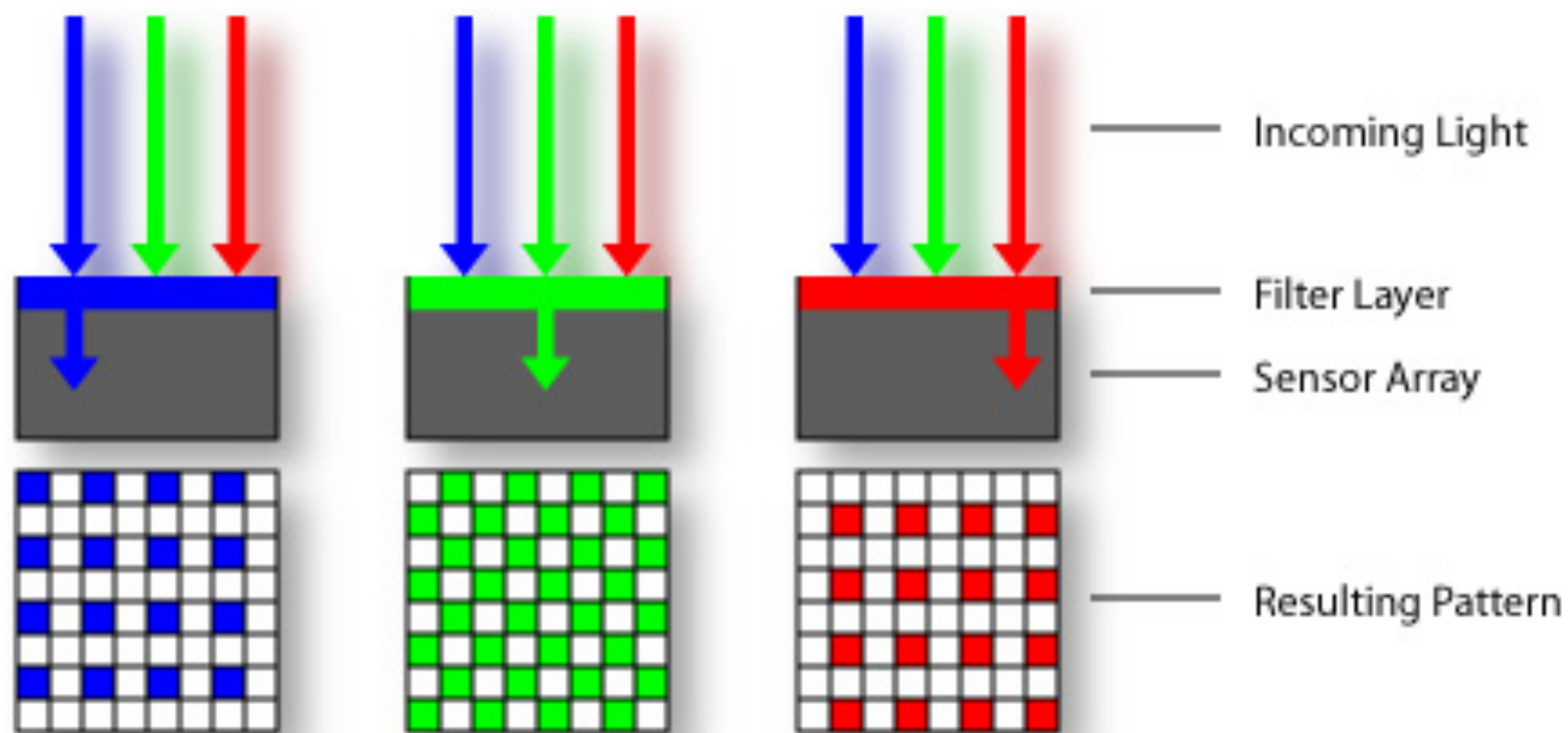
Couleur dans les caméras?



Couleur dans les caméras

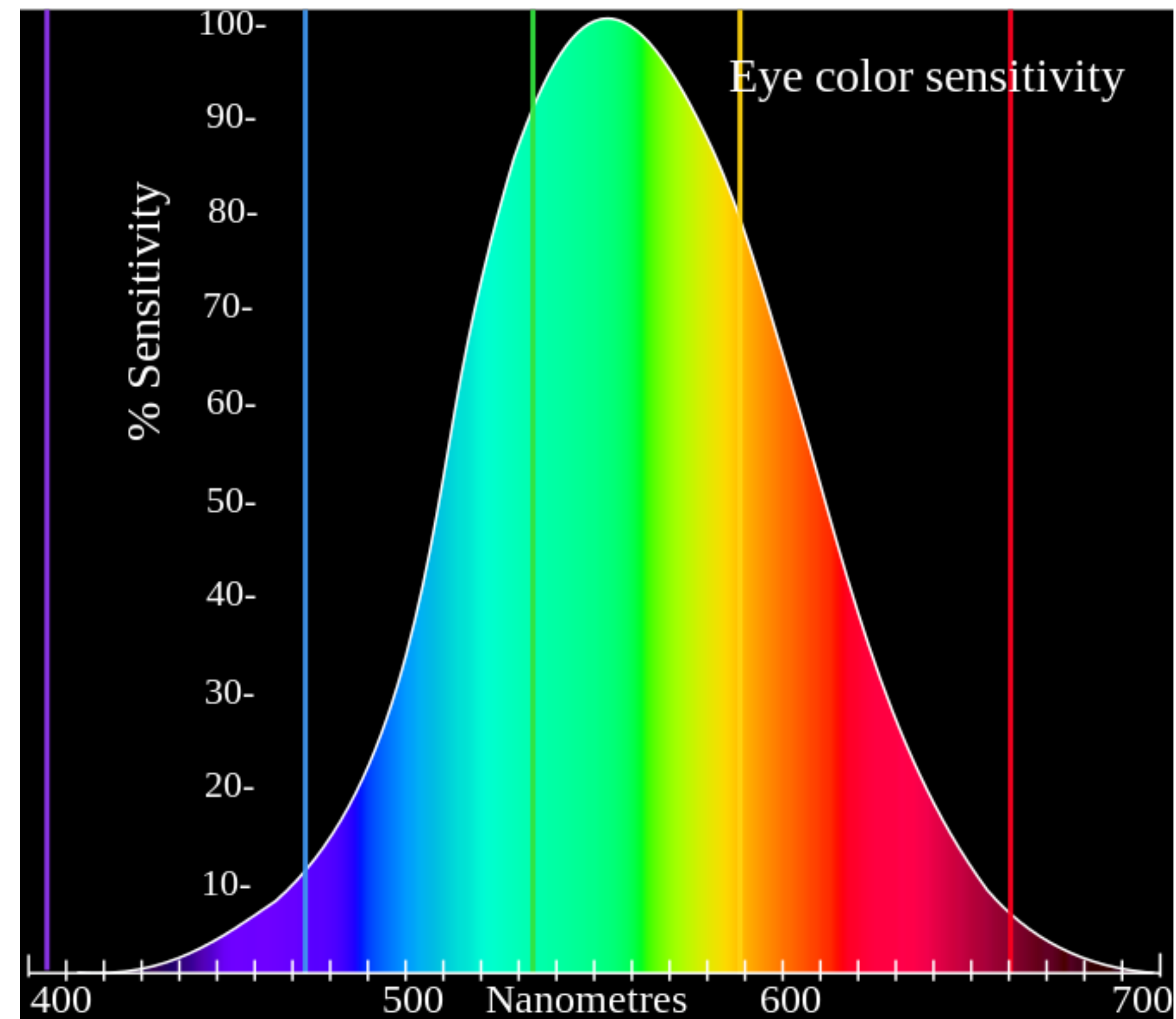


Pourquoi y a-t-il plus de vert?



Couleur dans les caméras

Pourquoi y a-t-il plus de vert?



Filtre de Bayer

Scène



Image capturée par votre caméra



Filtre de Bayer

S... r votre caméra

1

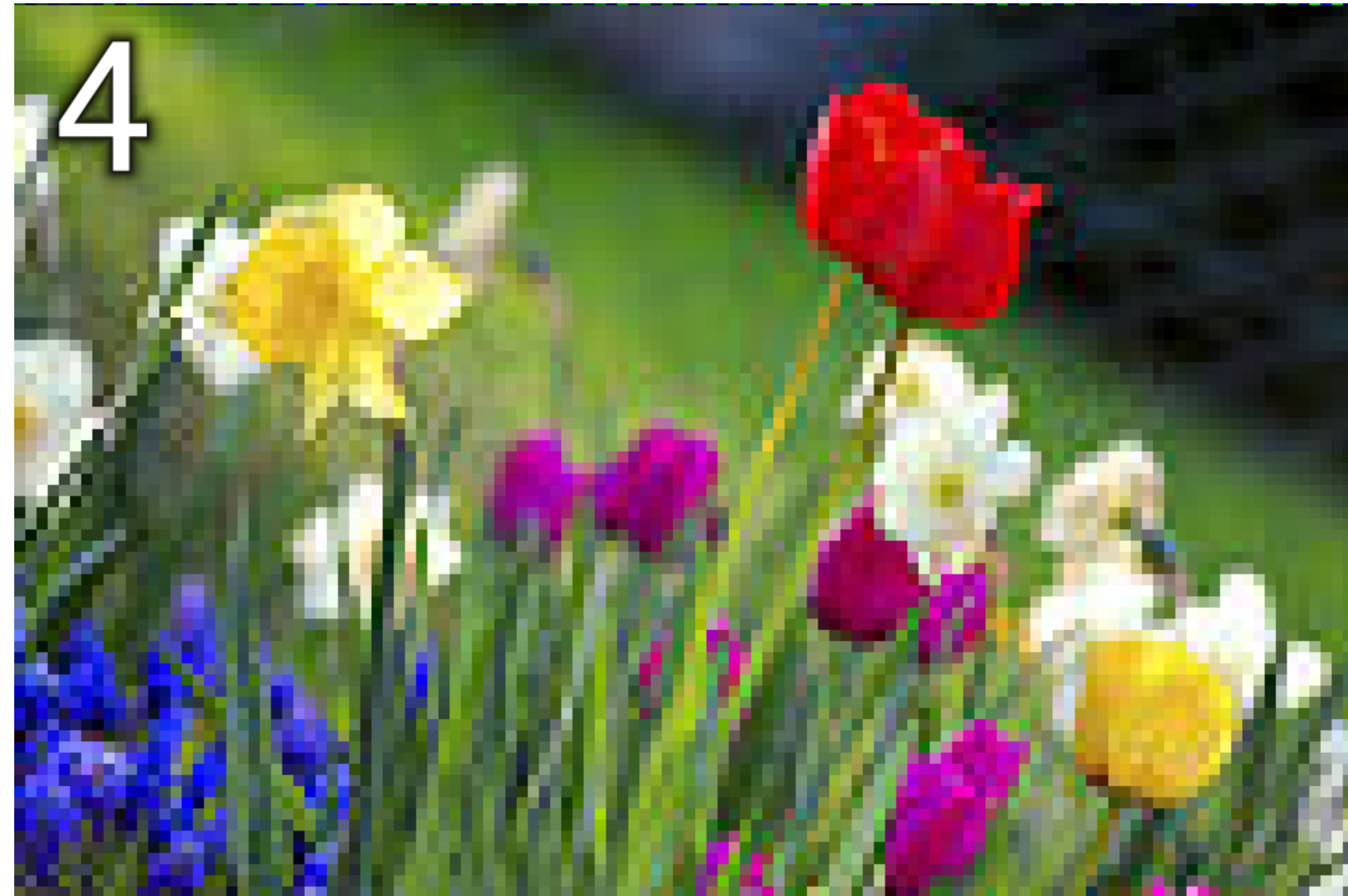


Filtre de Bayer

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?

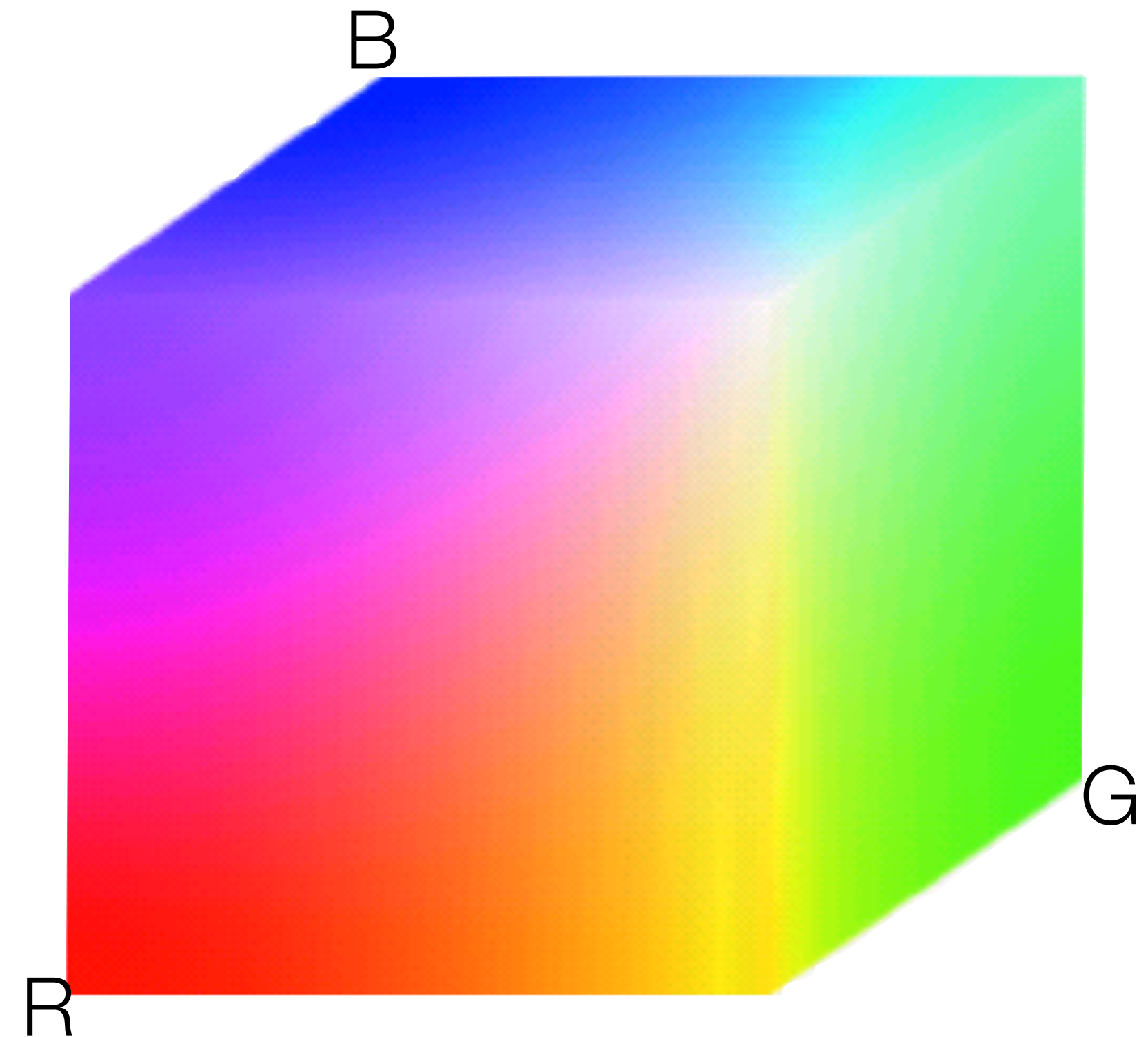
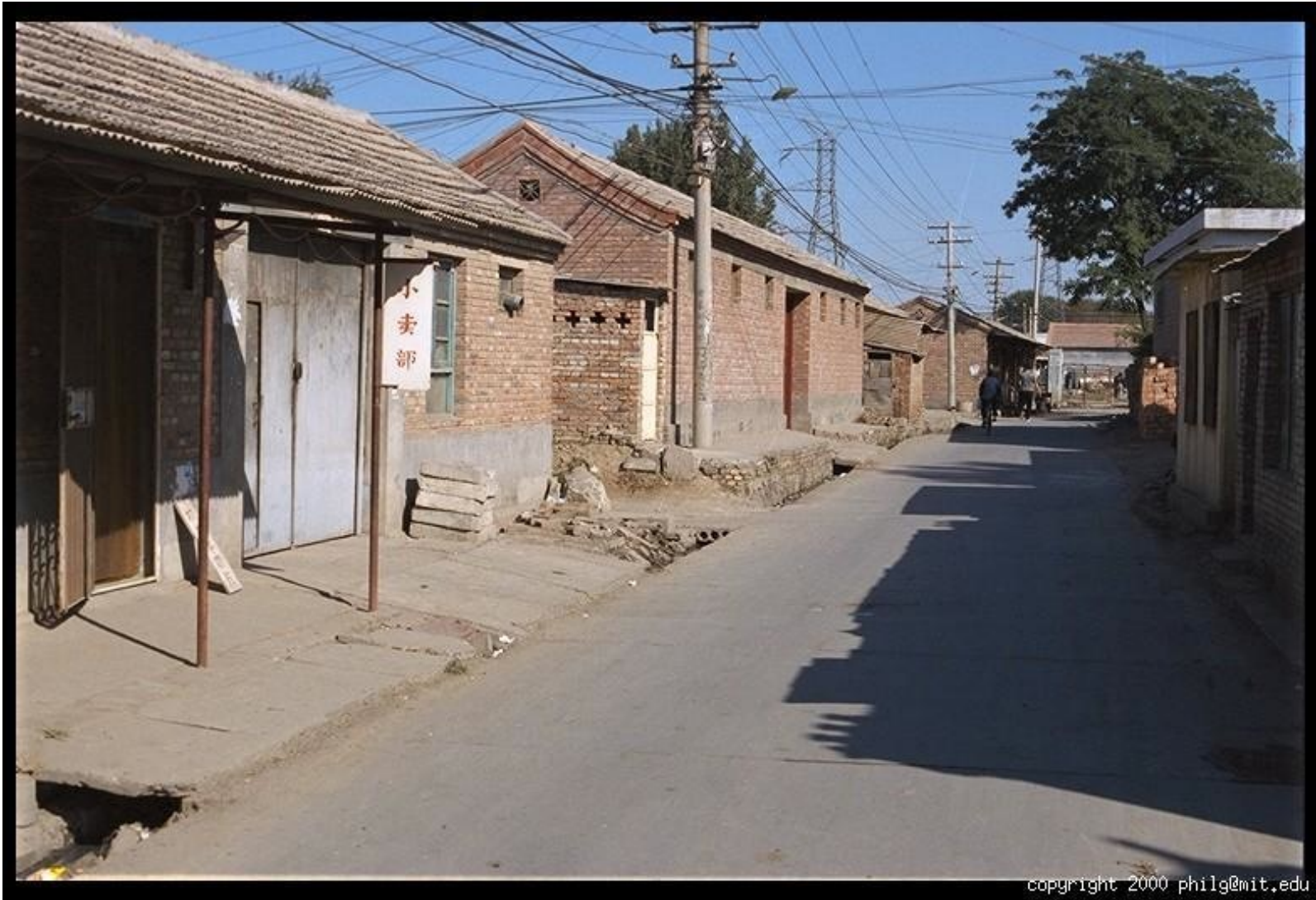


Image couleur



R



G



B