

# La couleur d'une orange



**Une orange est-elle orange  
dans l'obscurité ?**

**Une orange a-t-elle une couleur  
quand on ne la regarde pas ?**

**La couleur d'une orange est-elle  
la même pour tout le monde ?**











Humain



Félin



<http://kidiscience.cafe-sciences.org/articles/vision-des-chats/>

## Daltonisme

<http://koalol.com/voient-gens-affectes-differents-types-daltonisme>



VISION NORMALE



DEUTÉRANOMALIE



PROTANOPIE



TRITANOPIE



~~Une orange est orange.~~

Une orange (mûre) est orange, lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche et observée par un humain trichromate...

~~Couleur = propriété~~

**Couleur = processus**

# La vision

## Controverses antiques

**Platon**



**Euclide**



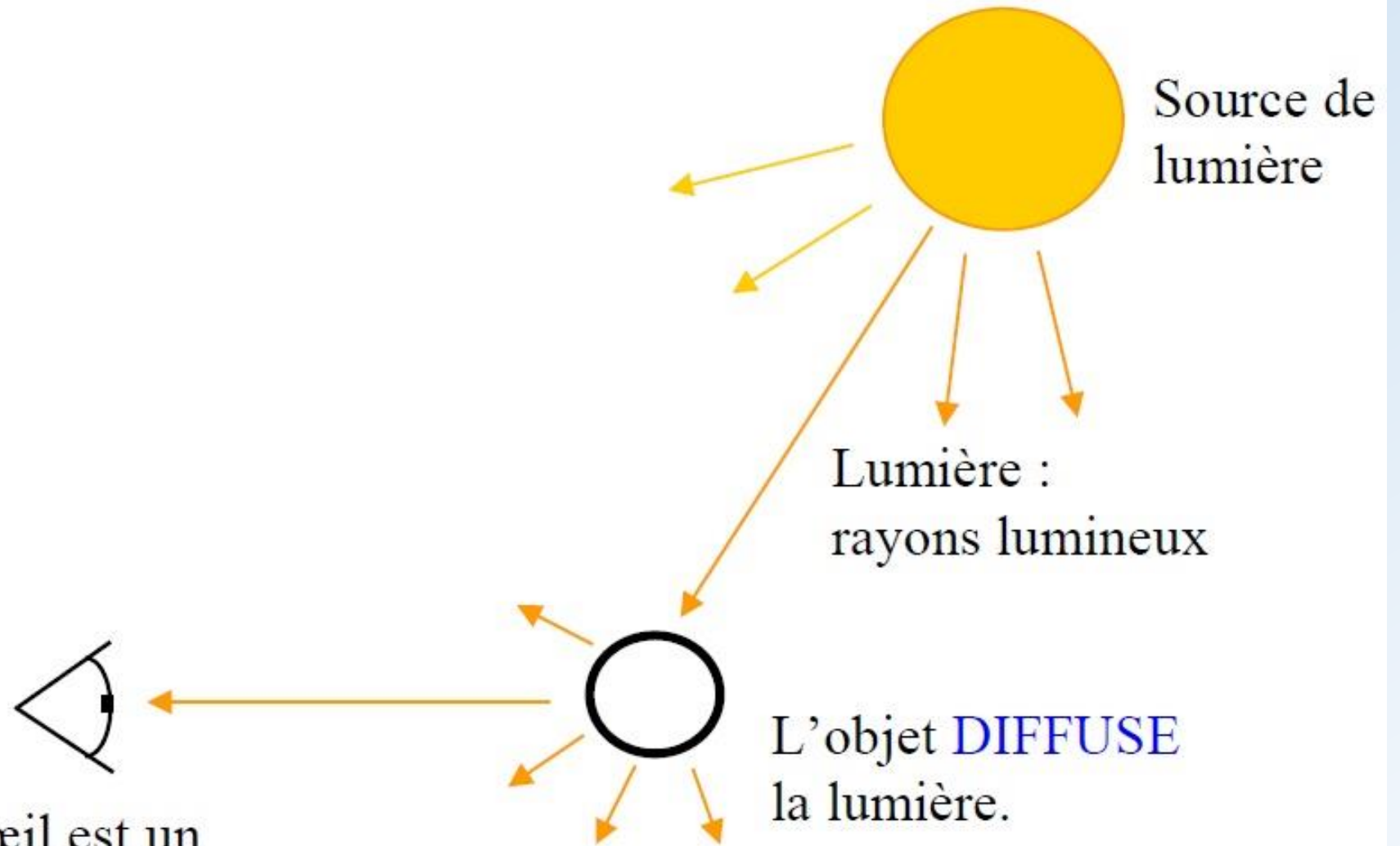
**Lucrece**



# La vision selon Alazen (965 – 1040)



L'œil est un  
**RECEPTEUR** de  
lumière.



# Nouvelles questions :

Qu'est ce que la lumière ?

Comment la lumière interagit-elle avec l'objet ?

Comment l'œil reçoit-il la lumière ?

Et le cerveau dans tout ça ?

# 1. Qu'est ce que la lumière ?

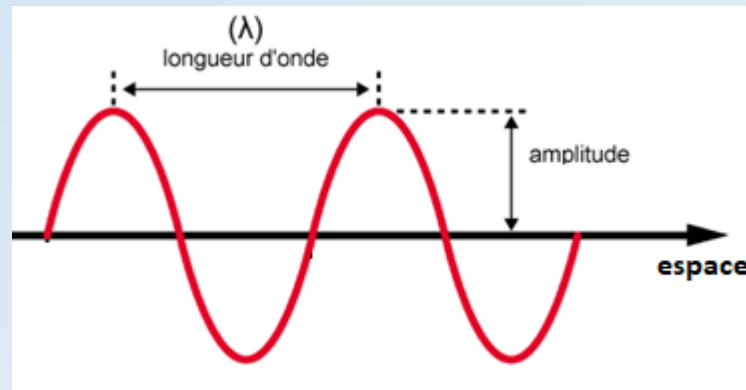
## 1.1. Deux modèles : onde et particule

Particule

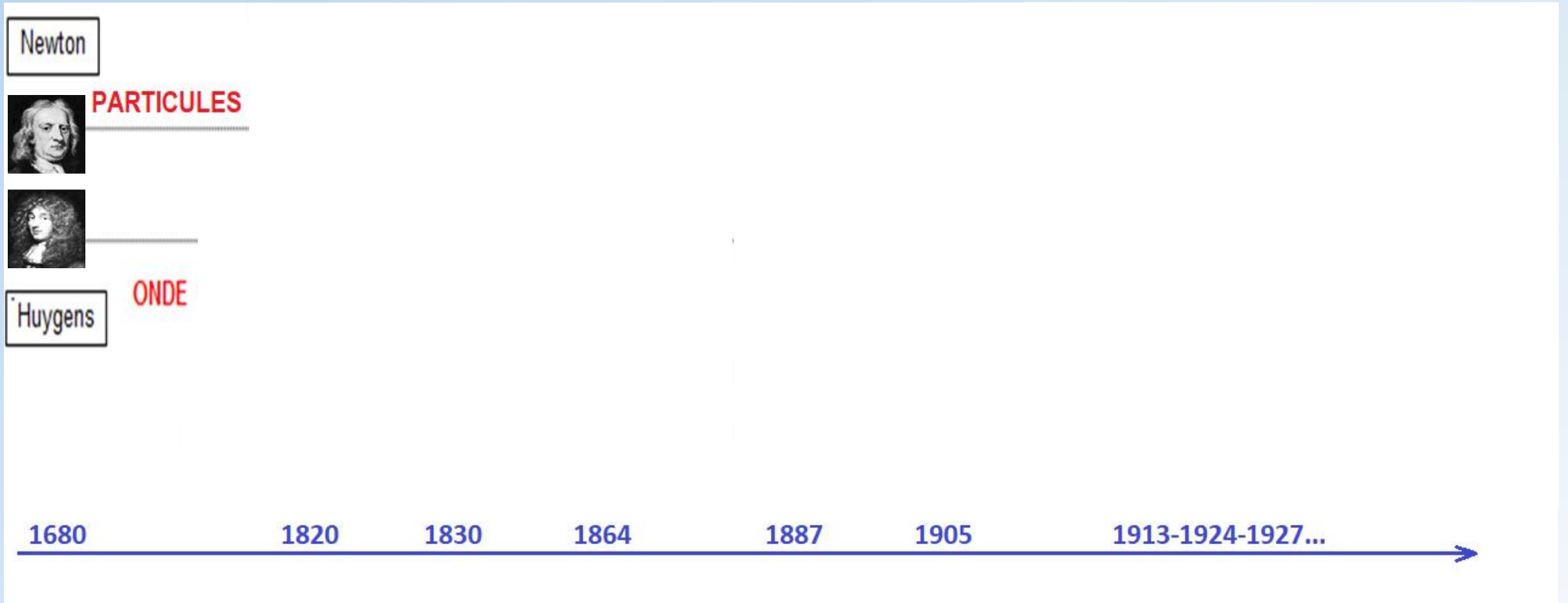


Deux modèles  
*mathématisables*

Onde



# Toute une histoire !



# Lumière = Onde + Photons

Lumière

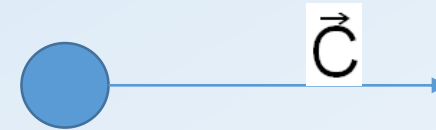
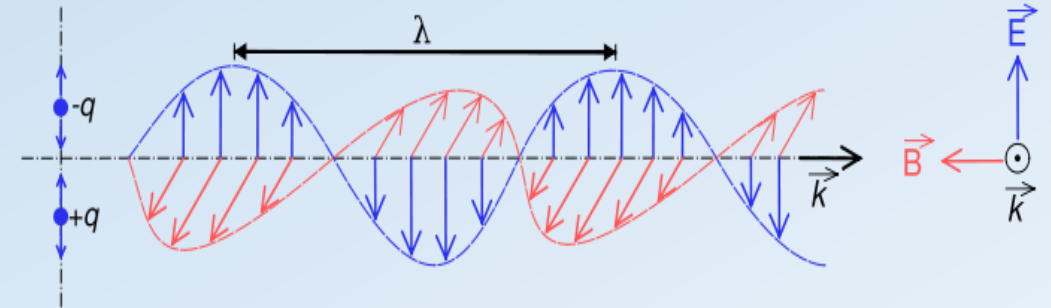
Onde électromagnétique :

$$\lambda = c \cdot T = c / \nu$$

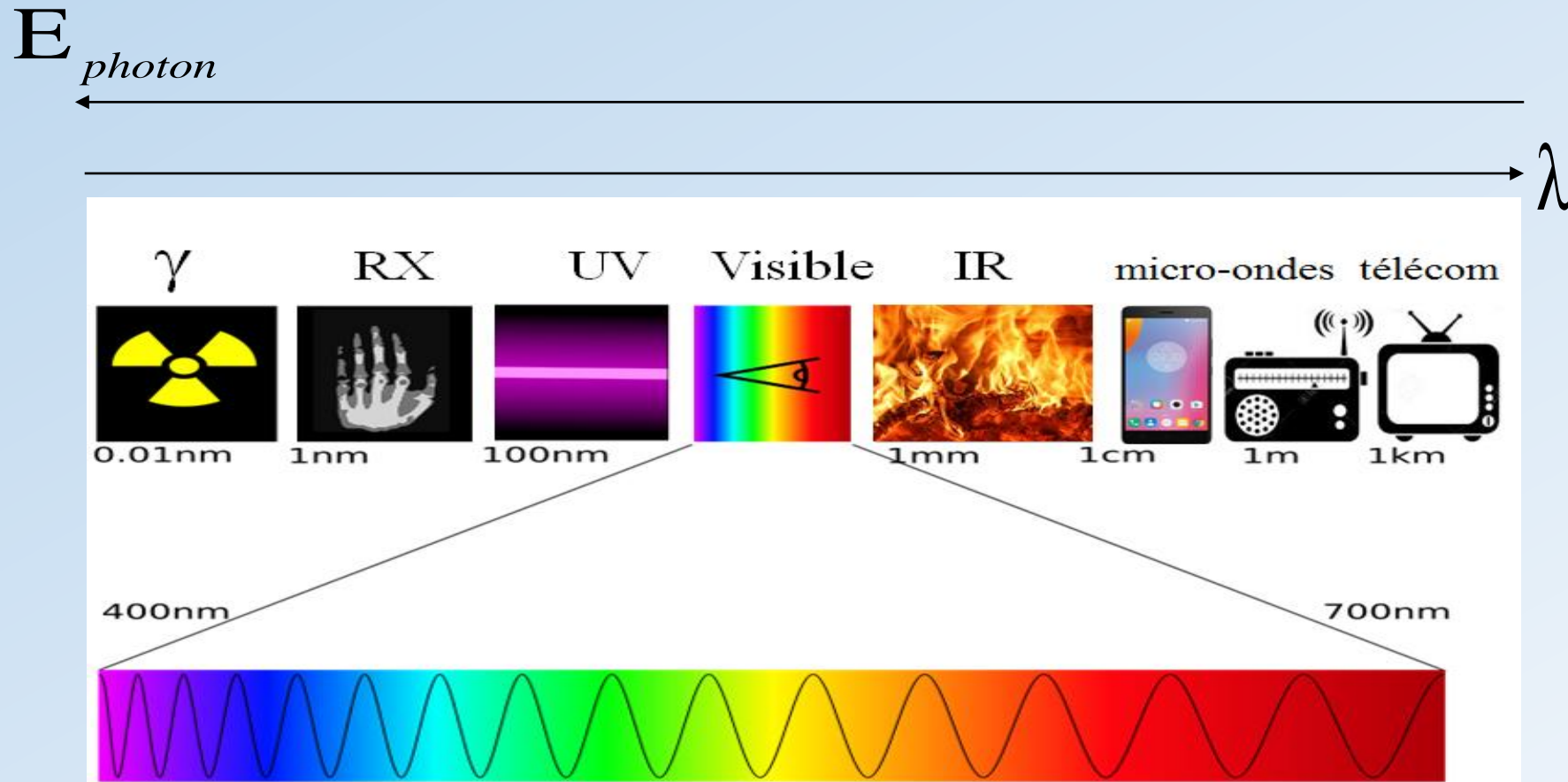
Photon « particule » :

$$m = 0 ; V = c$$

$$E = h c / \lambda$$



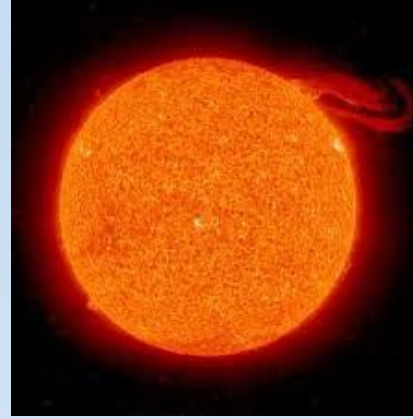
# L'ensemble des ondes électromagnétiques + photons associés



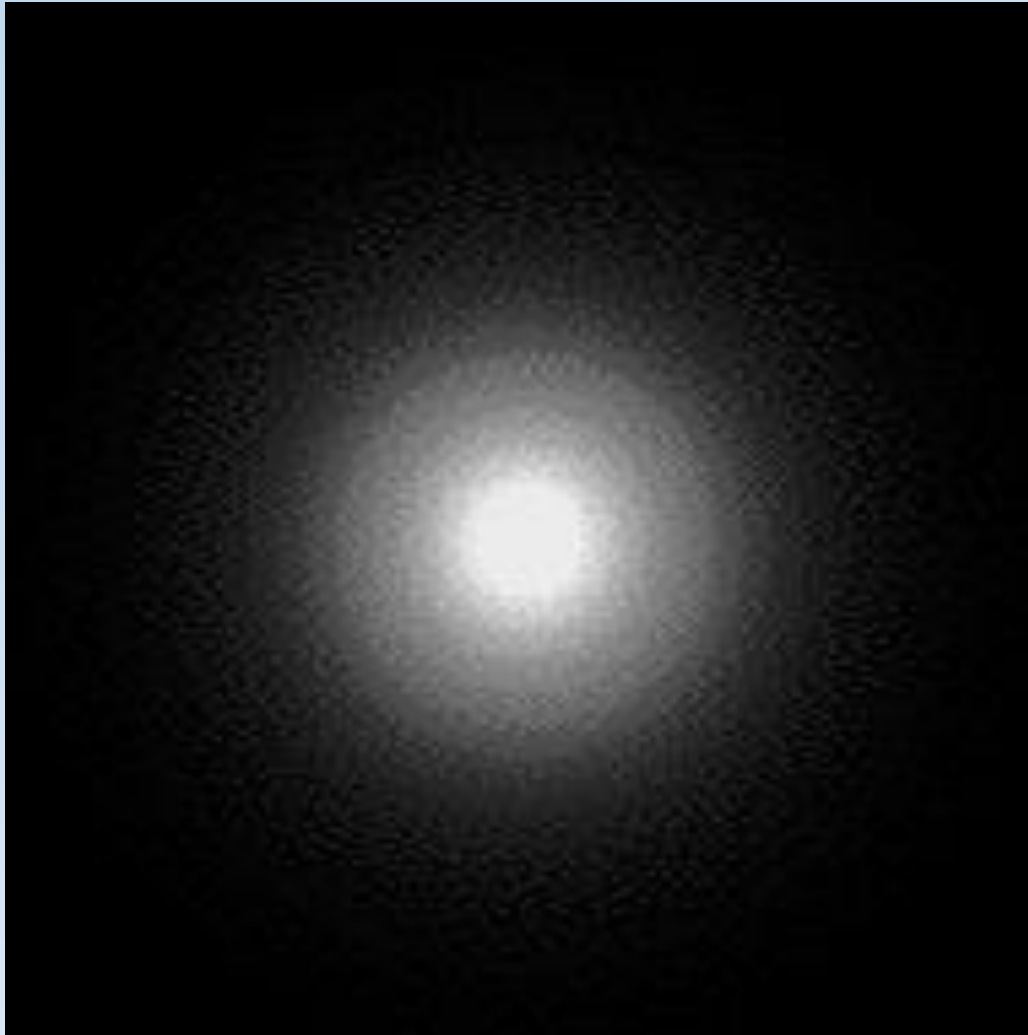
Lumière visible : modélisable par un spectre continu de lumières de longueurs d'onde et énergies de photon différentes.



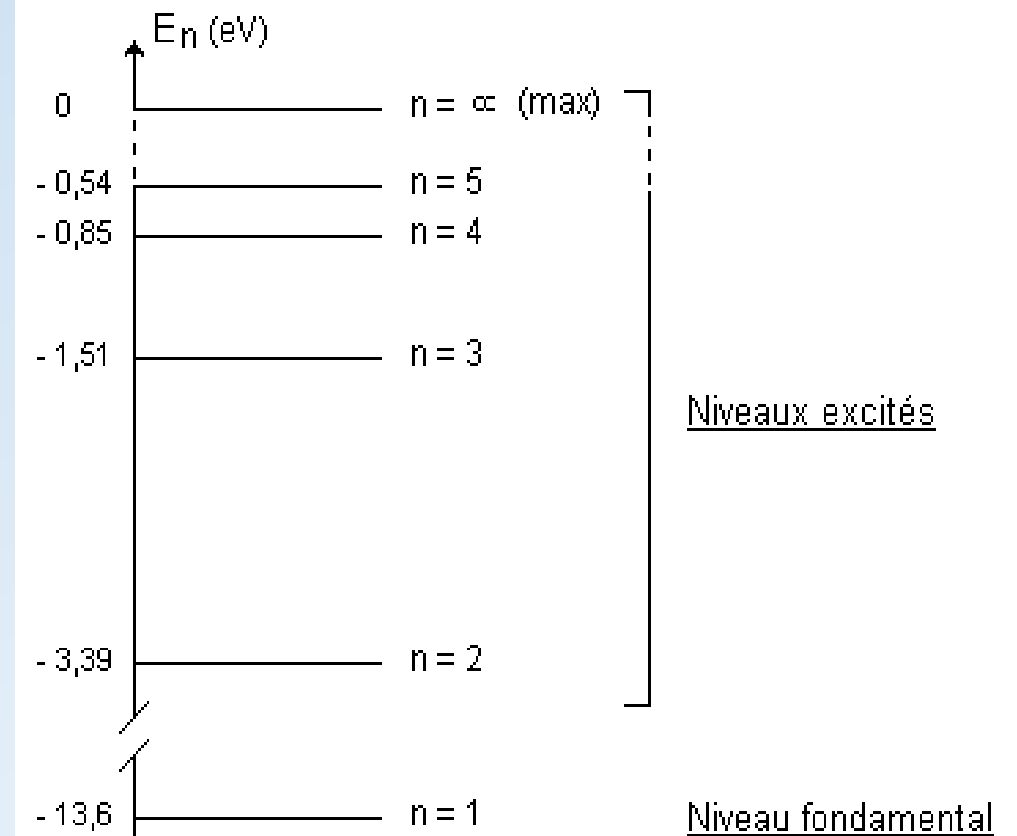
## 1.2. Sources de lumière



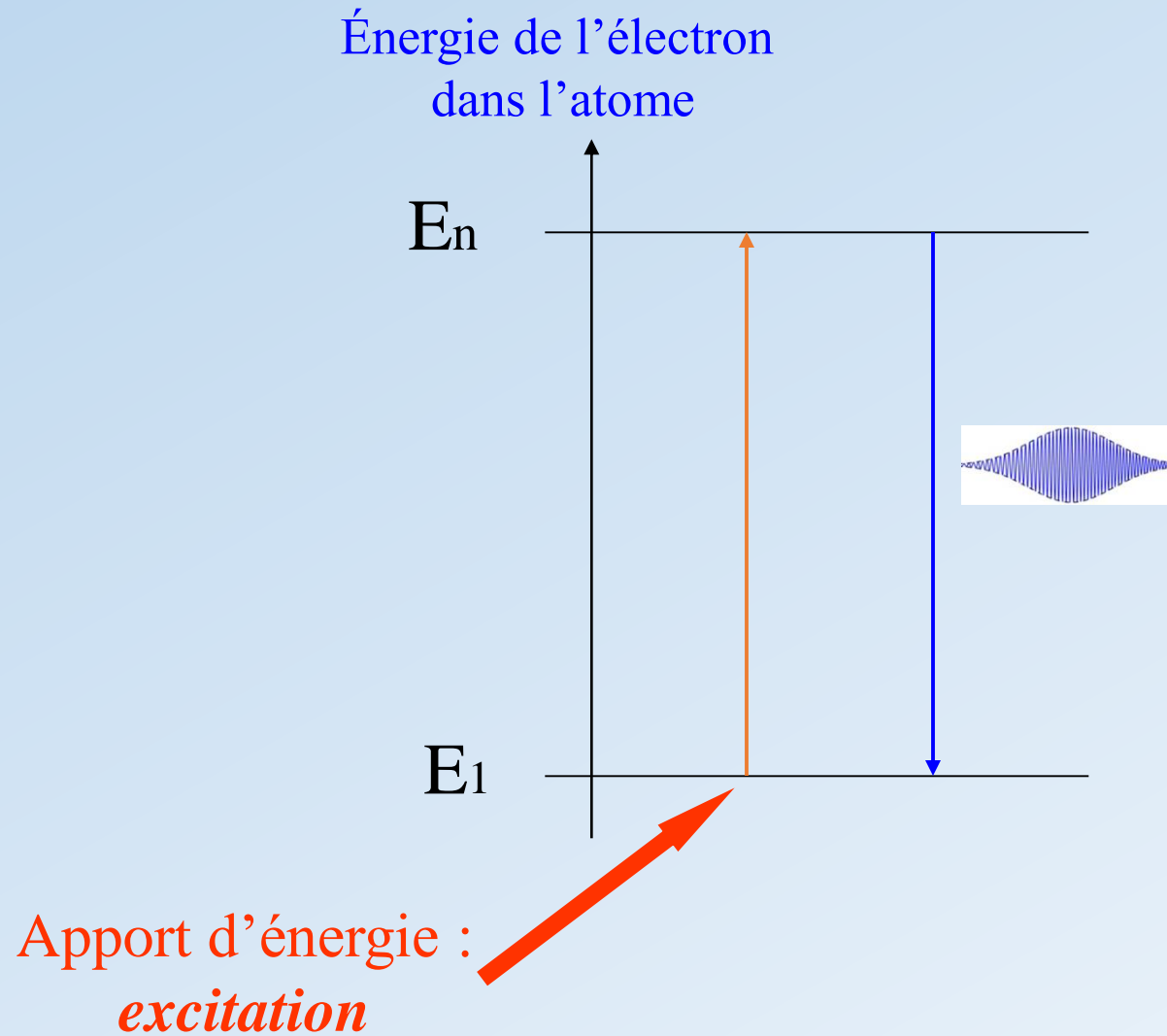
# Un exemple de mécanisme de production de lumière : une histoire d'électron



Niveau d'énergie de l'électron  
dans l'atome d'hydrogène



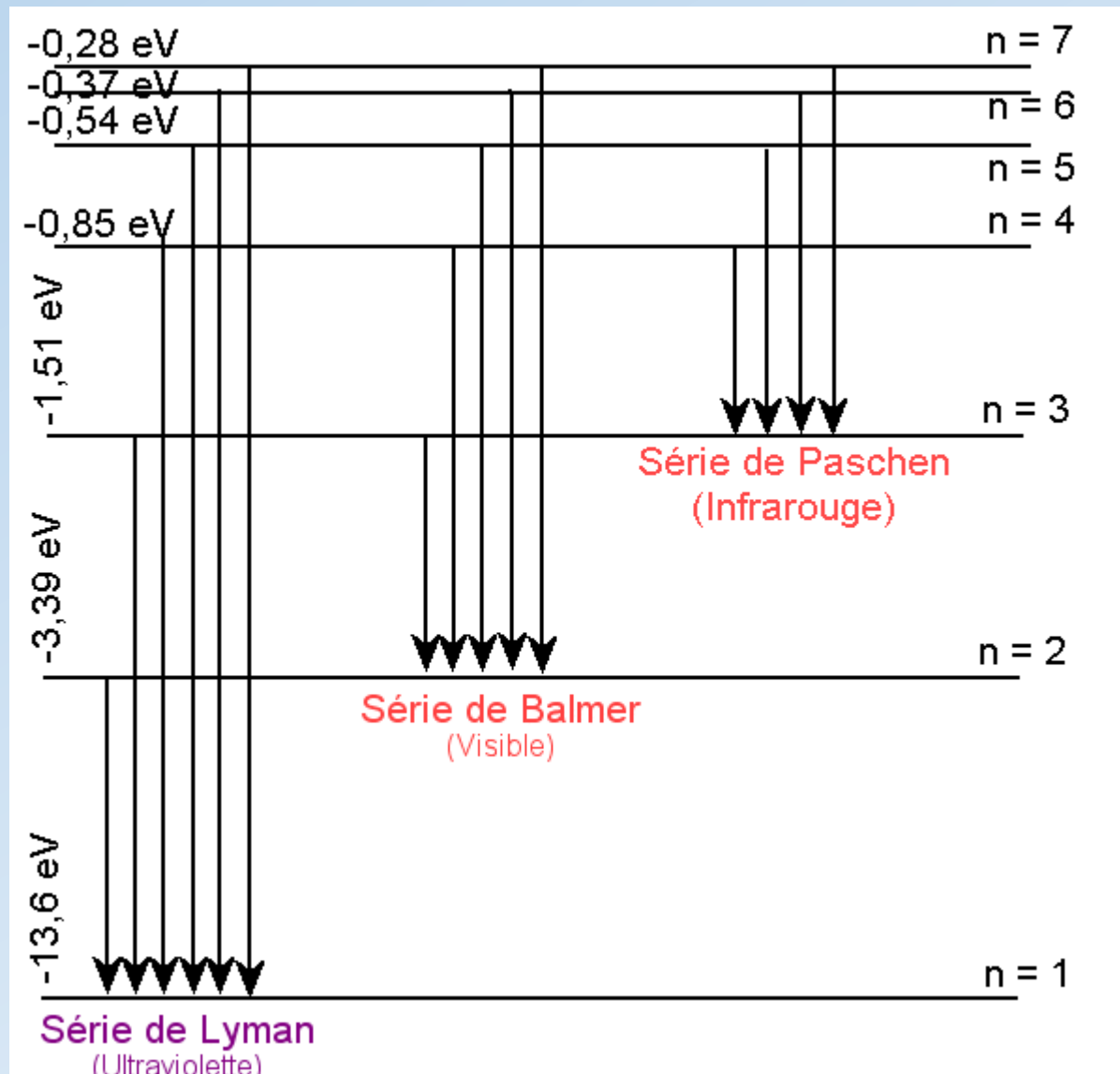
# LES TRANSITIONS ELECTRONIQUES



*Déexcitation :*  
émission d'un  
**photon**

L'énergie du photon,  
donc la **longueur**  
**d'onde de la lumière**,  
correspond à la  
**différence d'énergie**  
entre les deux  
niveaux.



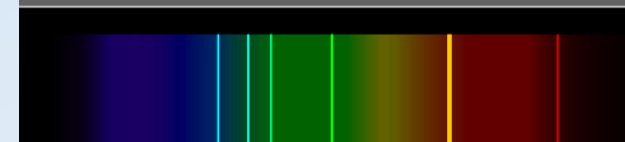


## Spectres de raies caractéristiques des atomes

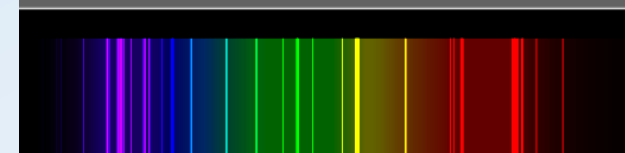
*Hydrogène*



*Carbone*

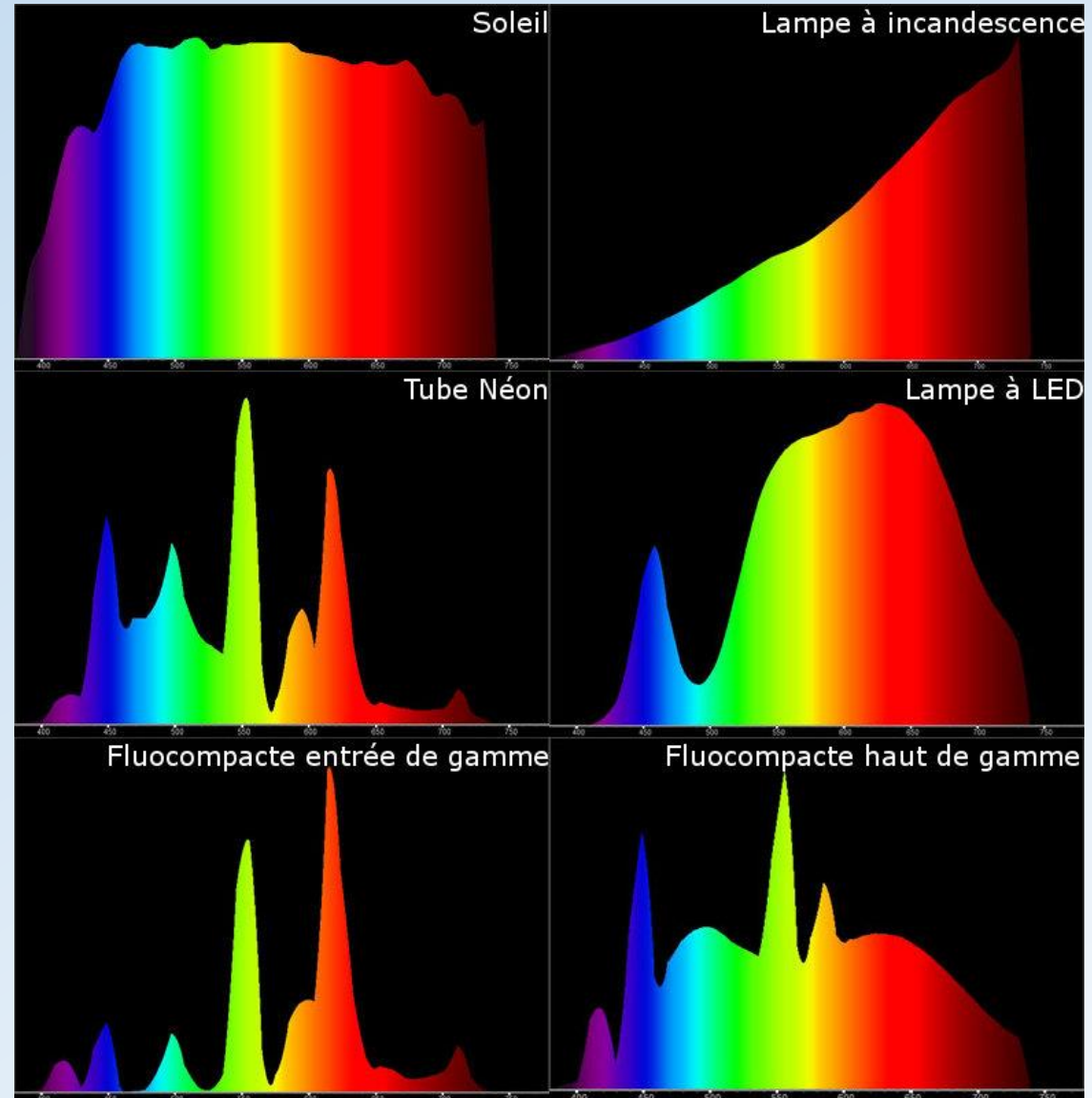
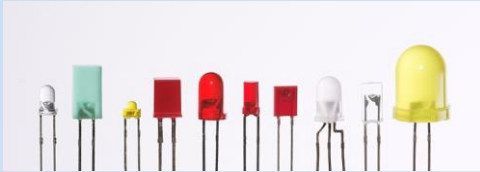


*Calcium*





## 1.3. Comparaisons



<https://sciencetonnante.wordpress.com/2010/12/30/sous-les-lumieres-blafardes-des-autoroutes/>

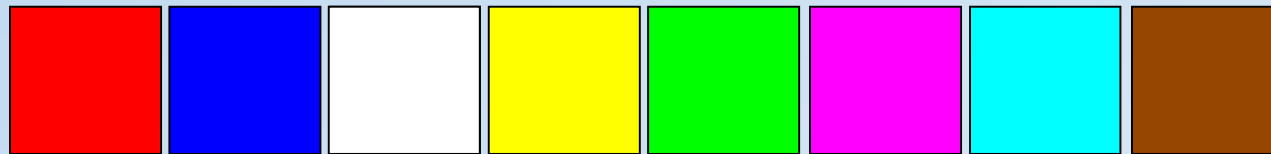
# 1.4. Les écrans : synthèse additive de lumières

## Pixel

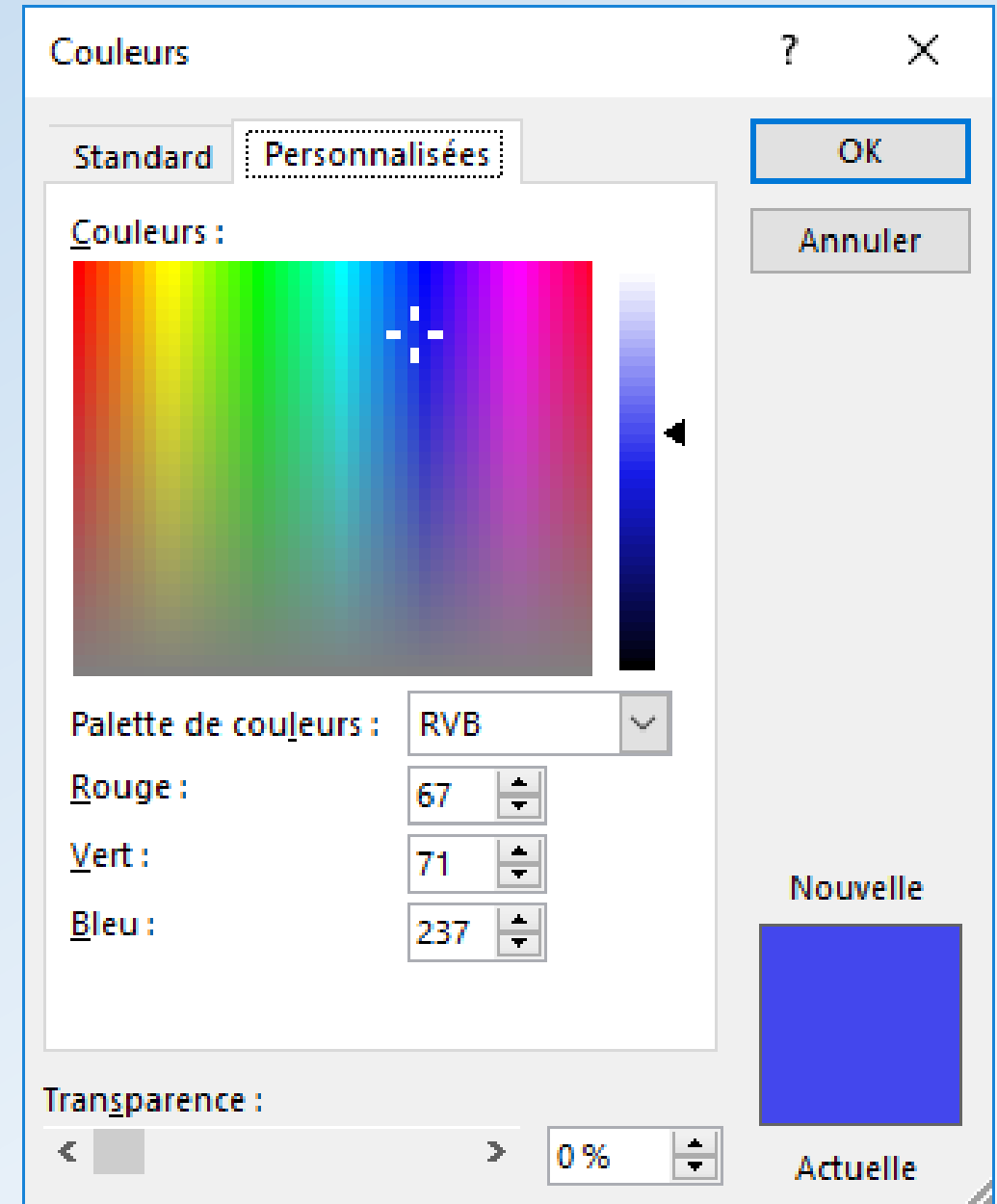
Une image est constituée d'un ensemble de carrés élémentaires, les **pixels** (*PICTure ELe ment*).



R V B donc 3 nombres :



|          |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>R</b> | 255 | 0   | 255 | 255 | 0   | 255 | 0   | 150 |
| <b>V</b> | 0   | 0   | 255 | 255 | 255 | 0   | 255 | 70  |
| <b>B</b> | 0   | 255 | 255 | 0   | 0   | 255 | 255 | 0   |





## 1 octet : 8 bit (0 / 1)

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

0

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

1

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

2

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

3

▪  
▪  
▪

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

255

Pour chaque pixel :  
3 octets

(3 x 8 = 24 bits)

un octet pour chaque  
lumière : R, V, B

Nombre de  
combinaisons :  
 $256 \times 256 \times 256$   
 $\approx 16,8 \times 10^6$

donc près de  
17 millions de  
nuances colorées.

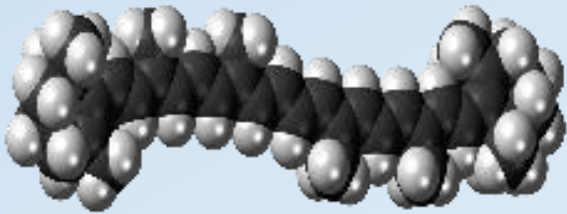
## 2. Interactions lumière – matière

### 2.1. Absorption lumineuse par les colorants

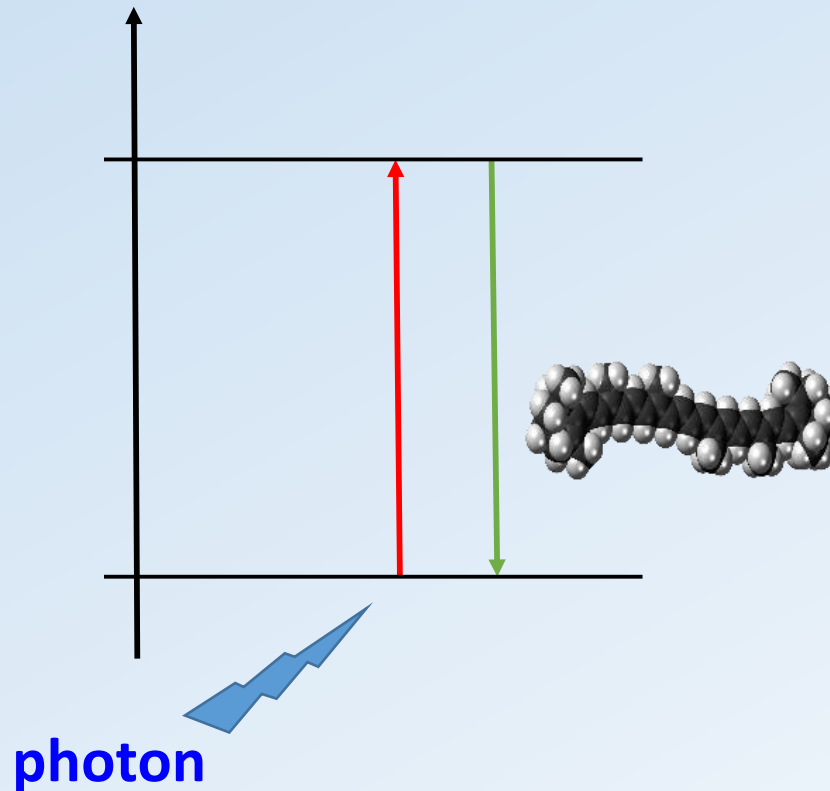


## 2.2. Mécanisme

L'absorption de la lumière concerne **les électrons** impliqués dans les liaisons entre atomes par exemple dans la molécule de carotène.

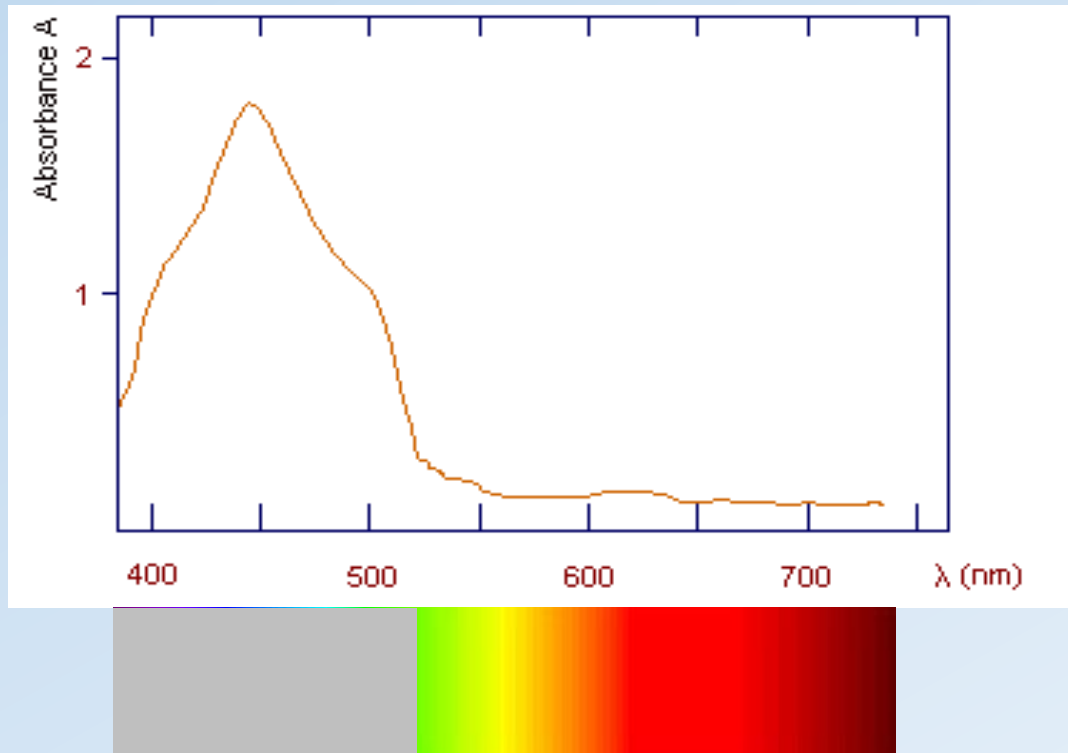


Niveaux d'énergie  
de l'électron  
impliqué

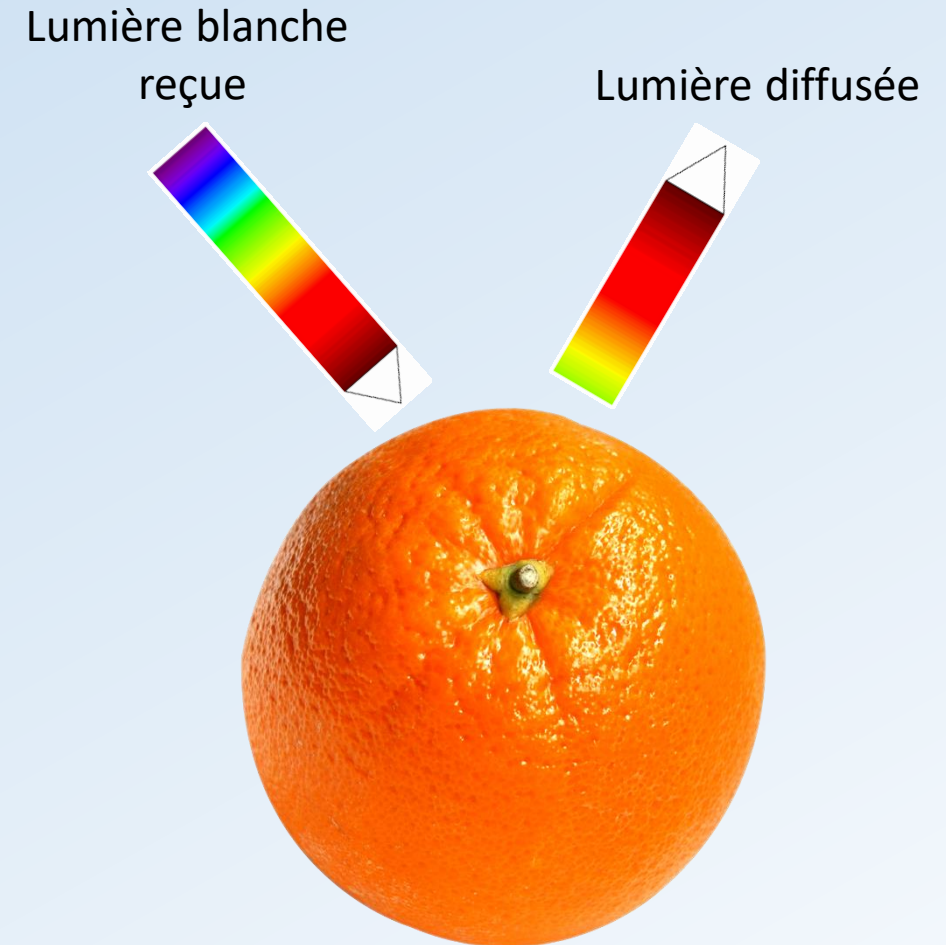


**Désexcitation non radiative :**  
perte d'énergie par choc  
avec les molécules voisines  
→ **agitation thermique**  
(ça chauffe)

## 2.3. Spectre d'absorbance : exemple du carotène... et couleur de l'orange

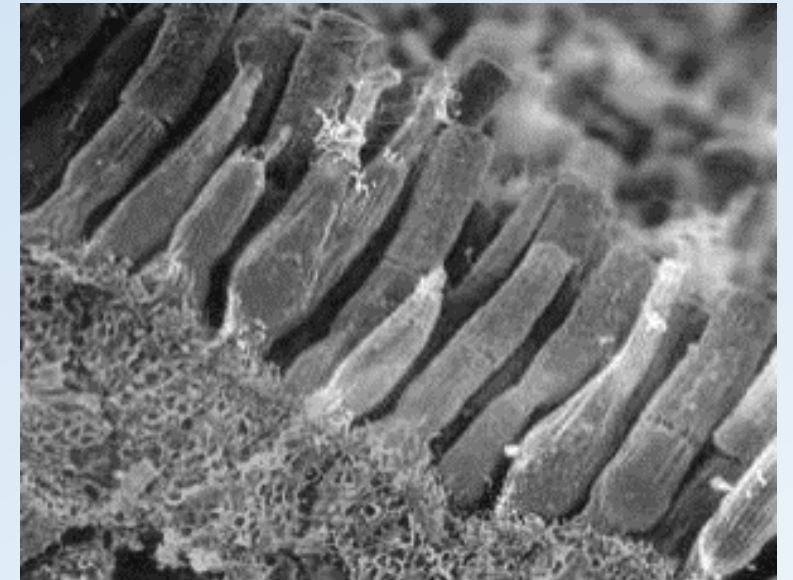
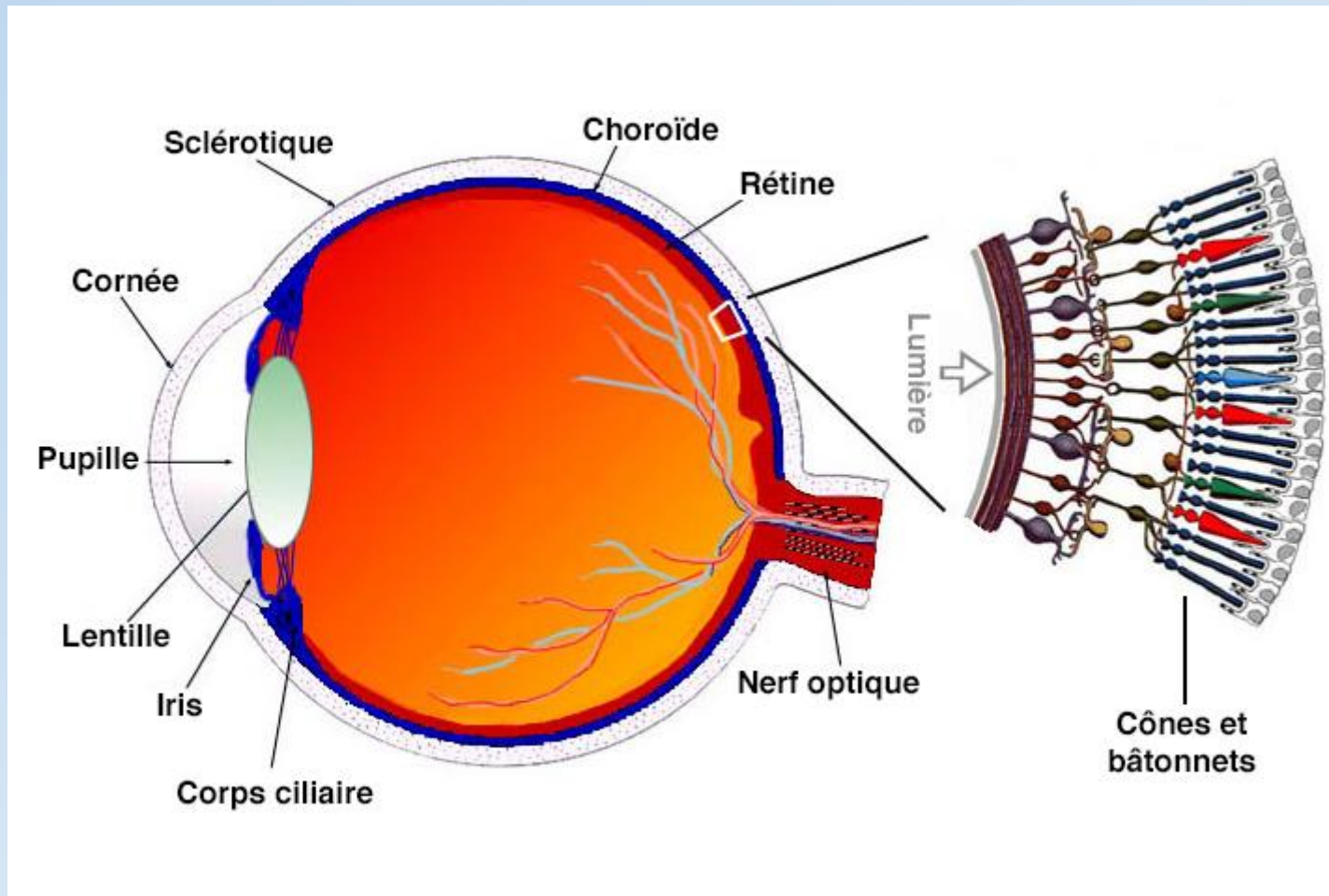


Couleur du carotène ?



# 3. L'œil, un capteur de lumière.

## 3.1. Rétine

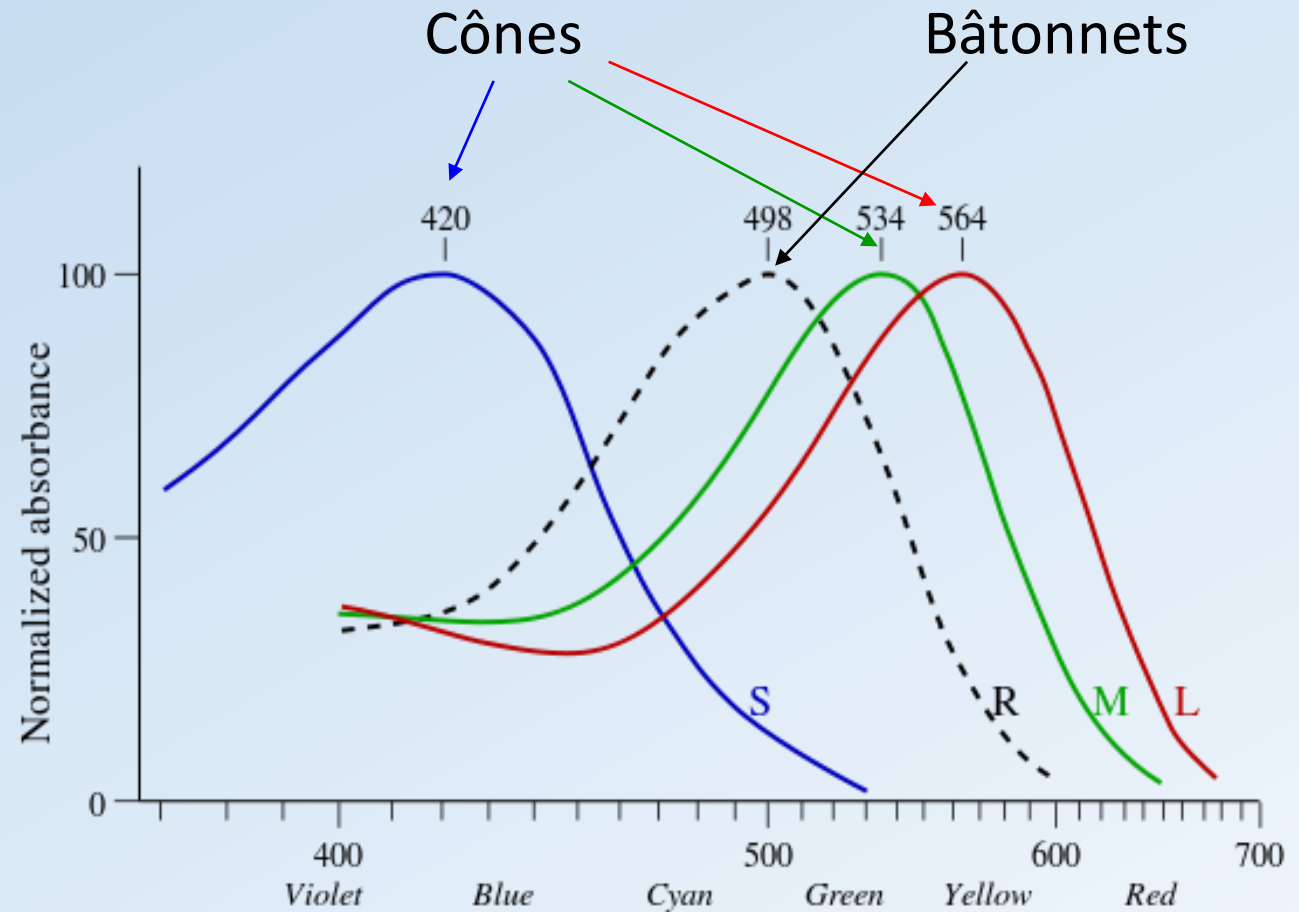


**les cônes et les bâtonnets** (microscopie électronique à balayage)

## 3.2.Trichromatisme

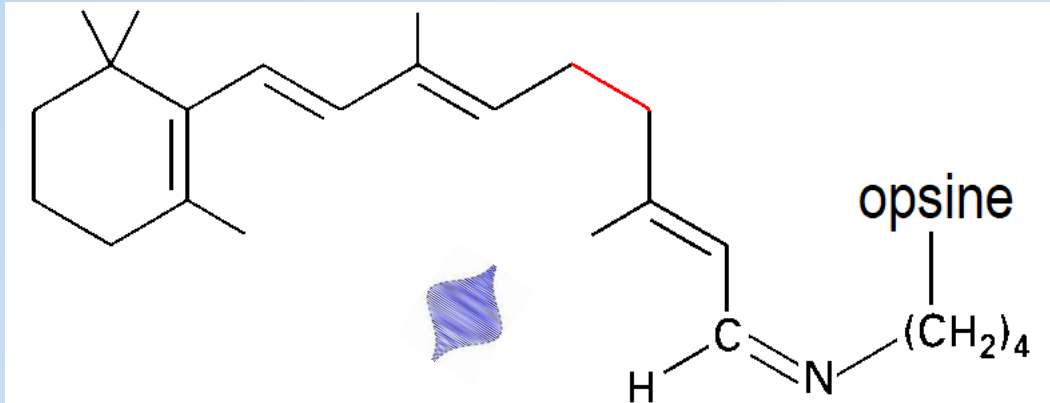
**Les cônes** permettent la vision des couleurs.

**3 types de cônes**, chacun étant sensible à un **domaine de longueur d'onde**.

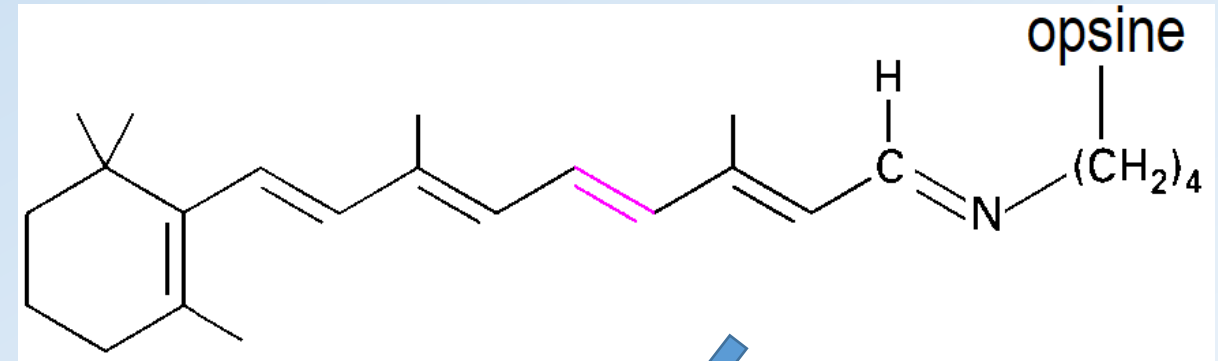
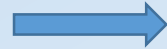


## Au niveau moléculaire

**rétinal + opsine (protéine) → iodopsine**



Absorption d'un photon



**Succession de  
processus biochimiques**

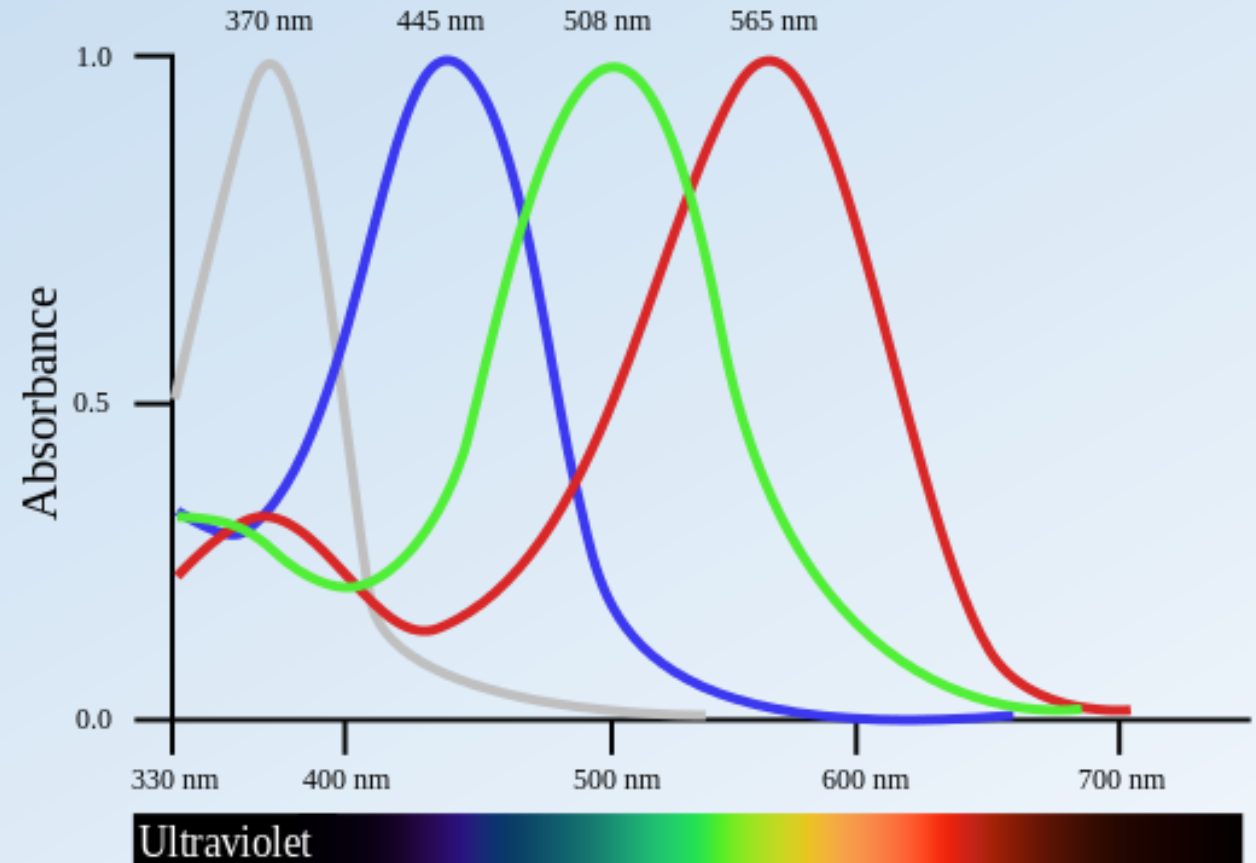


**Transmission d'influx  
nerveux au cerveau**

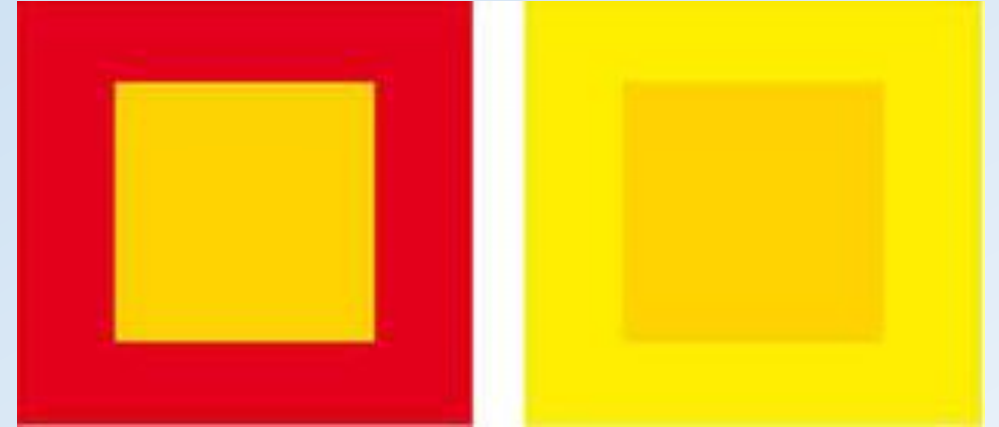
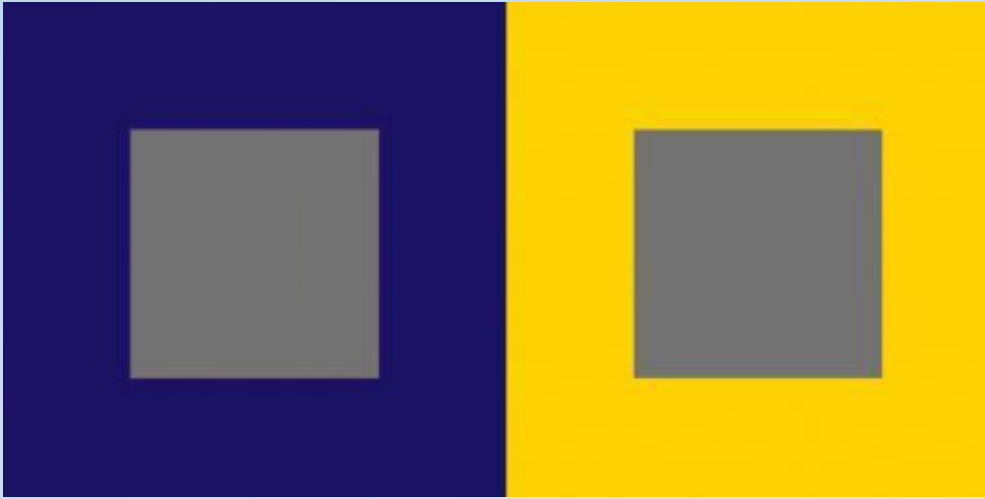




# Tétrachromatisme



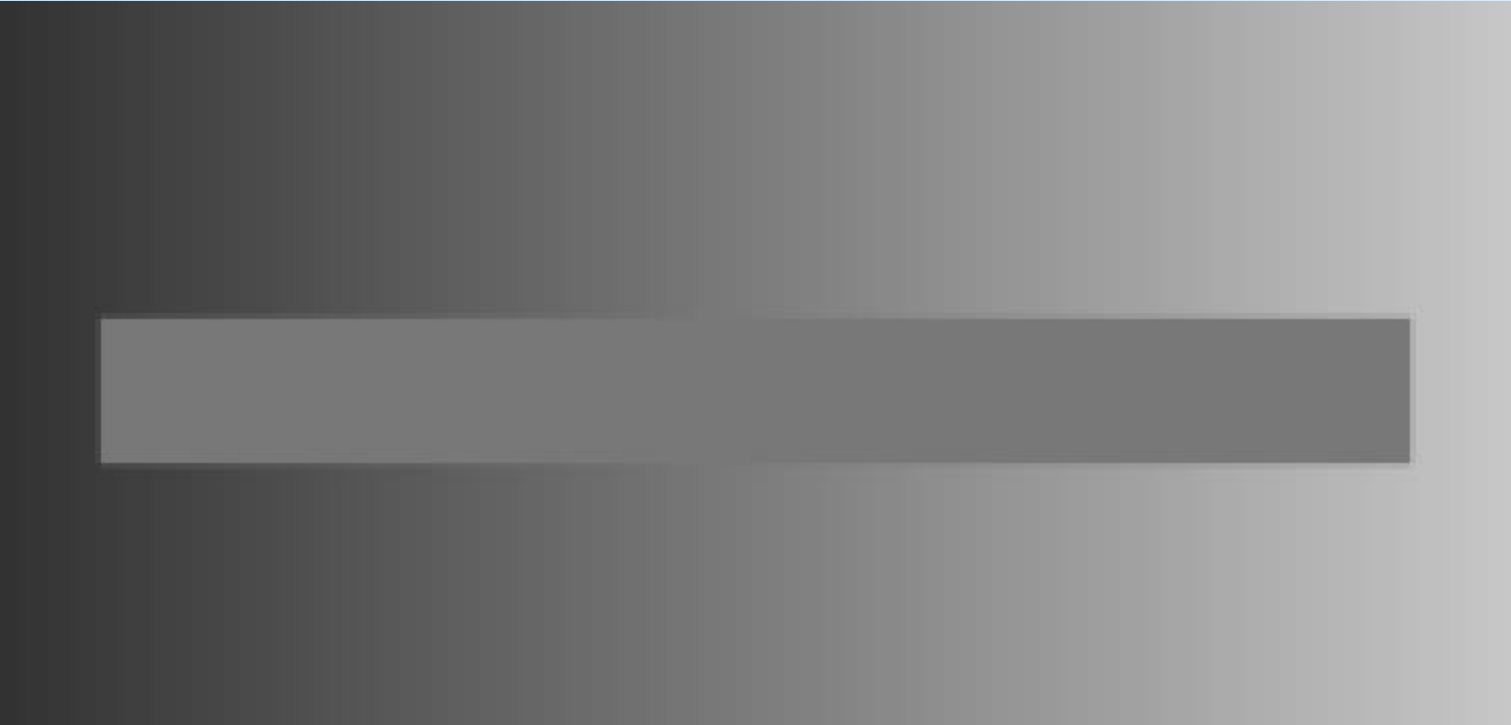
## 4. Et enfin les fantaisies cérébrales...

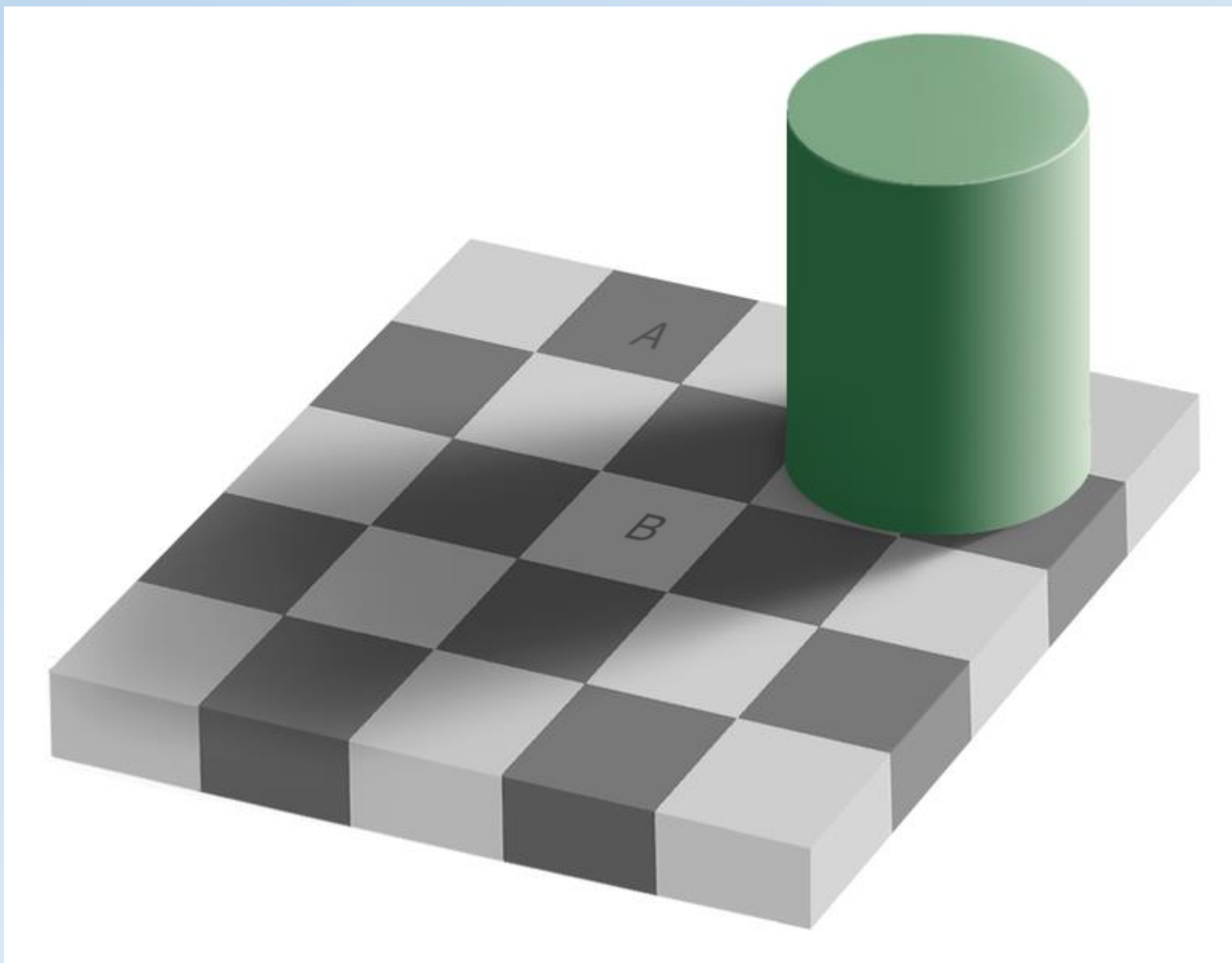


*"[...] dans le cas où l'œil voit en même temps deux couleurs qui se touchent, il les voit les plus dissemblables possibles". [...]*

*"C'est une modification qui se passe en nous".*

CHEVREUL – *De la loi du contraste simultané des couleurs* - 1839





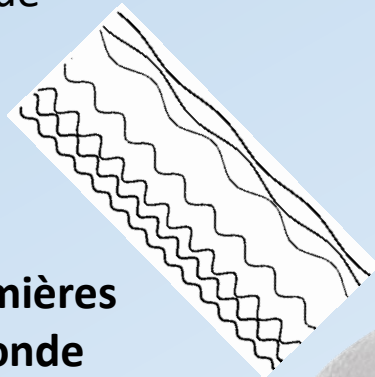
L'échiquier d'Adelson

**Une orange est-elle orange dans l'obscurité ?**

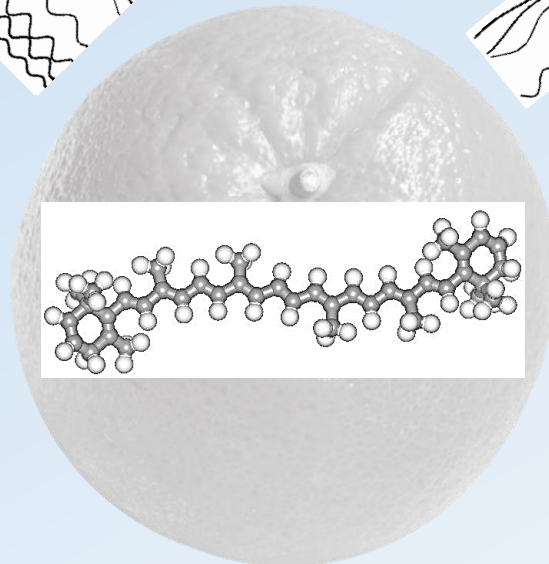
**Une orange a-t-elle une couleur  
quand on ne la regarde pas ?**

**La couleur d'une orange est-elle la  
même pour tout le monde ?**

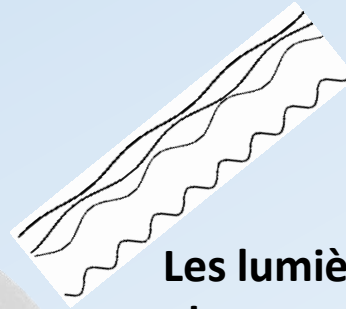
Lumière blanche  
reçue



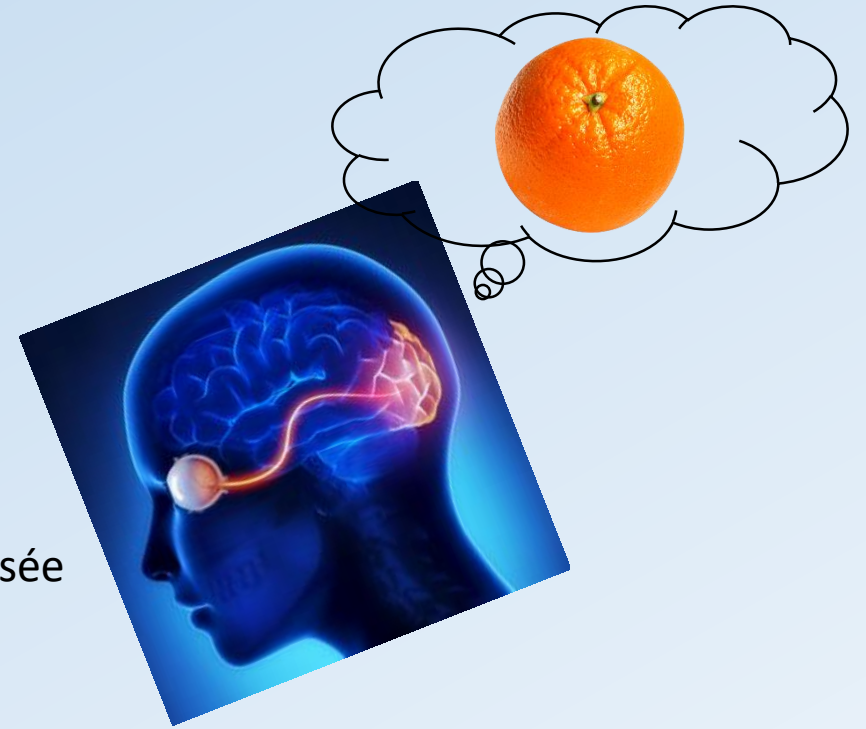
**Ensemble de lumières  
de longueurs d'onde  
(et énergies) différentes**



Lumière diffusée



**Les lumières de  
plus grande  
énergie ont été  
absorbées,  
les autres  
diffusées**



# La couleur d'une orange

