

# Le Système Visuel

→ cours Neurophysiologie

Pauline Neveu, PhD

docteur en biologie

# Plan

1-La lumière

2-Anatomie de l'œil

3-L'œil un appareil photographique

4-La rétine

5-Les voies visuelles

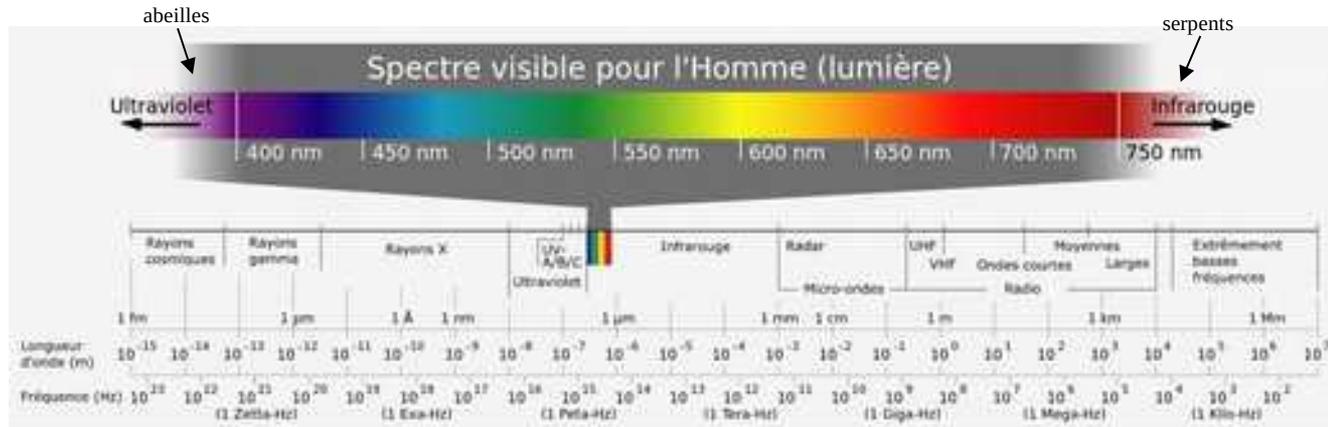
# 1-La lumière

- onde électromagnétique
- composée de paquets/quanta d'énergie: photons
- différentes fréquences d'oscillation des photons;  
différentes longueurs d'onde

# 1-La lumière

## Spectre visible de l'énergie électromagnétique

Humain: 380nm-780nm



Sharayanan, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

augmentation longueur d'onde

diminution énergie

images d'une fleur

lumière visible ultraviolets infrarouges



Dave Kennard, CC BY-SA 3.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

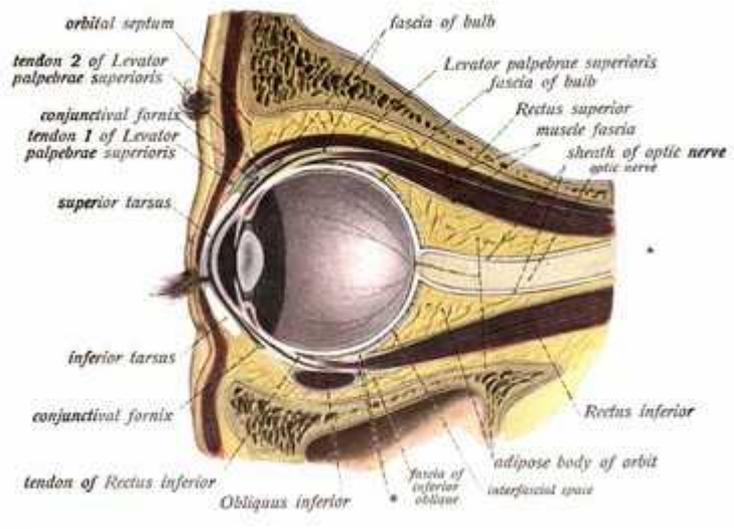
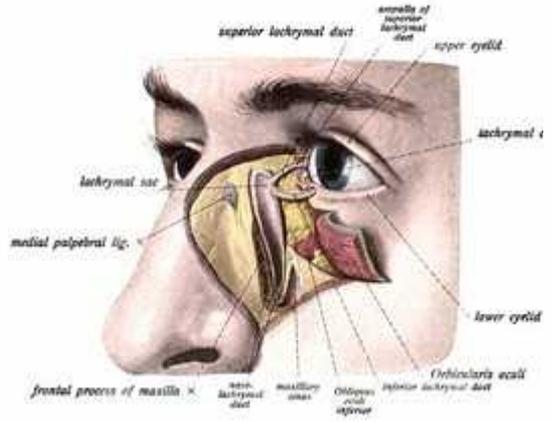
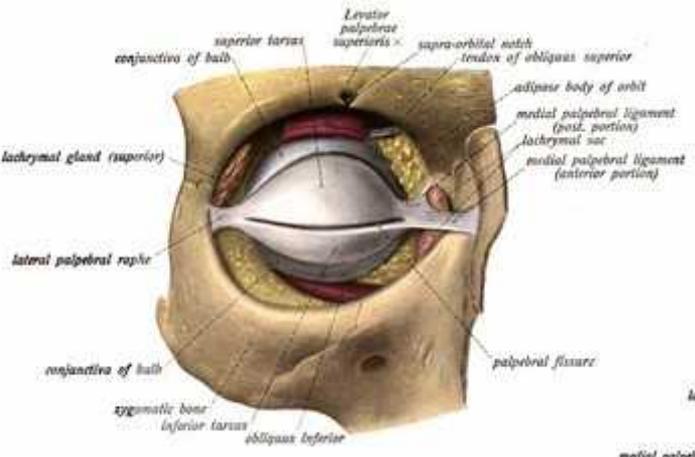
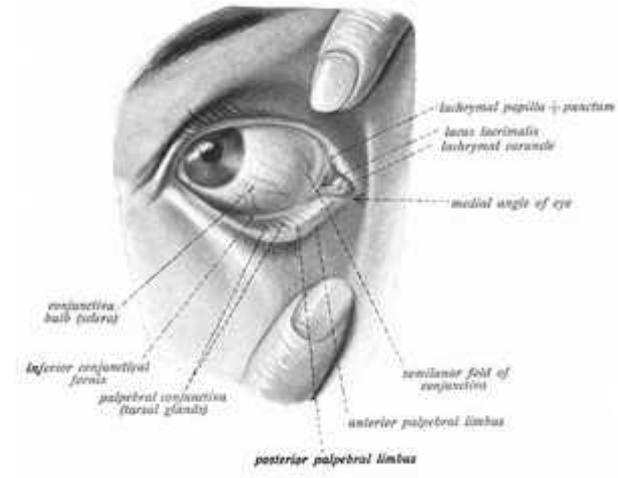
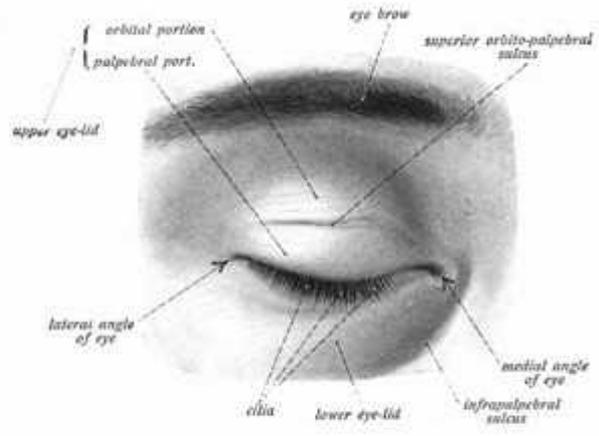
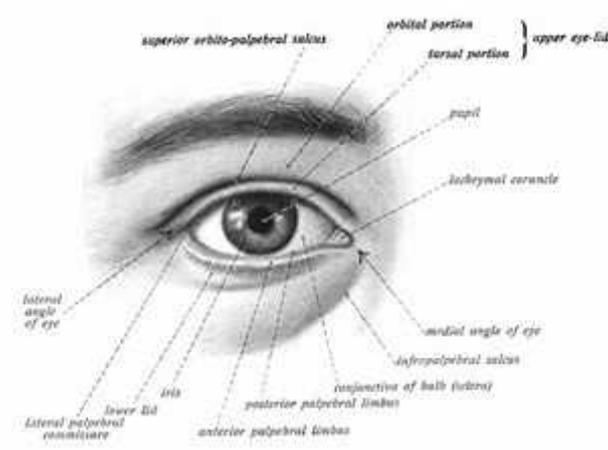
image de chiens en infrarouges  
en fausses couleurs



Zaereth, CC BY-SA 3.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

# 2-Anatomie de l'œil

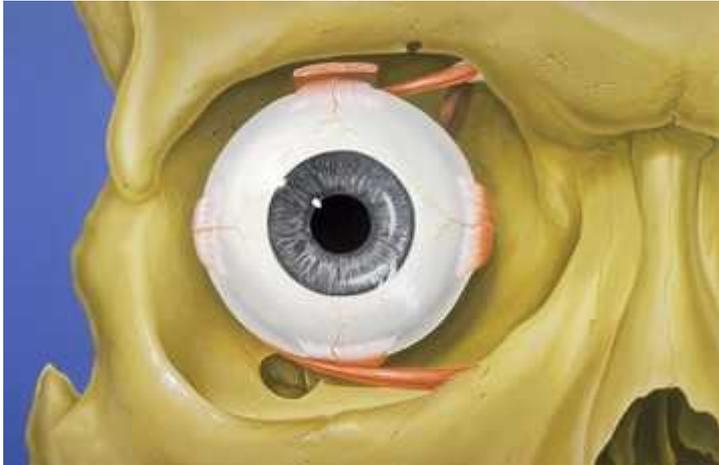
Dr. Johannes Sobotta, Public domain, via Wikimedia Commons



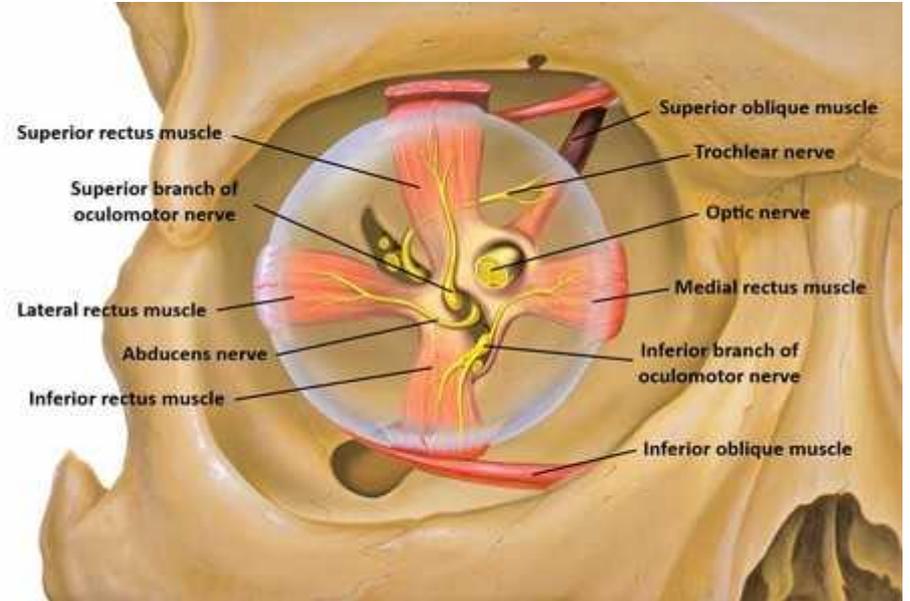


# 2-Anatomie de l'oeil

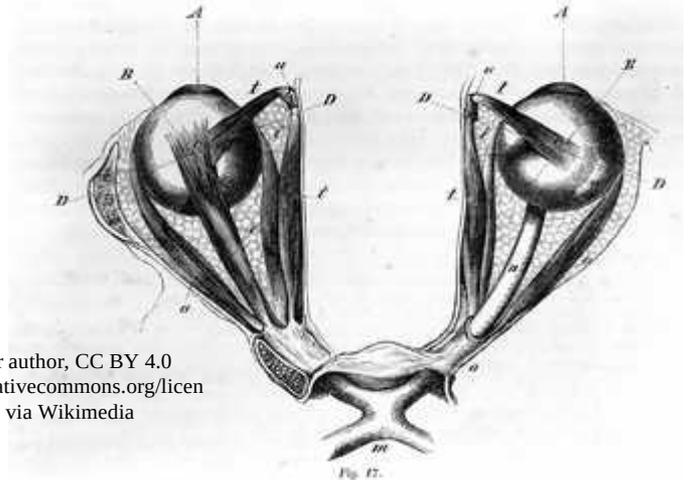
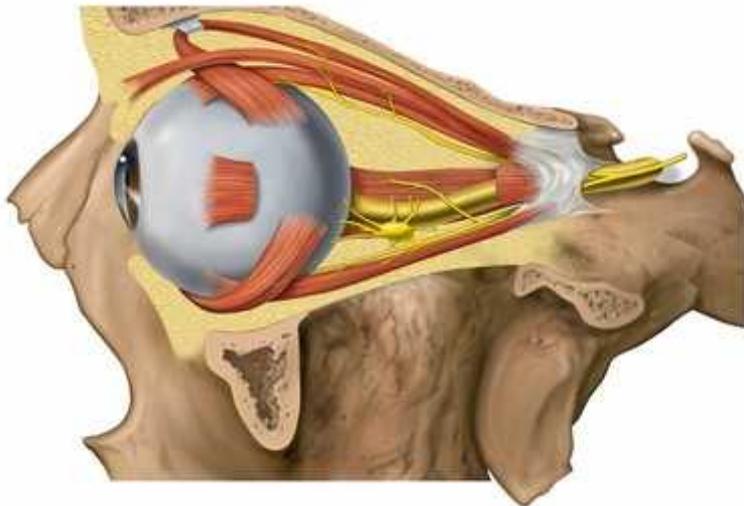
6 muscles par globe oculaire → mouvements d'orientation du regard



Patrick J. Lynch, medical illustrator, CC BY 2.5  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>>, via Wikimedia Commons



File:Eye orbit anterior.jpg: Patrick J. Lynch, medical illustratorderivative work: Shyhedgehuginlabcoat, CC BY 2.5  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>>, via Wikimedia Commons



See page for author, CC BY 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# 3- L'œil un appareil photographique

L'œil est à la fois:

- pellicule photographique → rétine  
(compartiment postérieur de l'œil)
- boîtier photographique → globe oculaire  
(compartiment antérieur de l'œil)

# 3- L'œil un appareil photographique

## 3.1-La pellicule photographique: la rétine

La rétine « transforme » la lumière en activité nerveuse

→ Transduction sensorielle

Elle ne peut le faire sans le boîtier photographique qu'est le globe oculaire!

# 3- L'œil un appareil photographique

## 3.2-Le boîtier photographique: le globe oculaire

Capture de la bonne quantité de lumière + profondeur champ

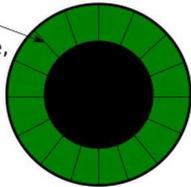
→ diaphragme: iris et sa pupille

dilatée : mydriase (orthosympathique)

♥ muscle dilatateur de la pupille/de l'iris

orthosympathique

Noradrénaline,  
Adrénaline



petite profondeur  
de champ

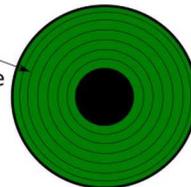
fir0002 flagstaffotos [at] gmail.com Canon 20D +  
Tamron 28-75mm f/2.8, GFDL 1.2  
<<http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/fdl-1.2.html>>, via Wikimedia Commons

resserrée: myosis (parasymphatique)

⚡ muscle sphincter de la pupille/de l'iris

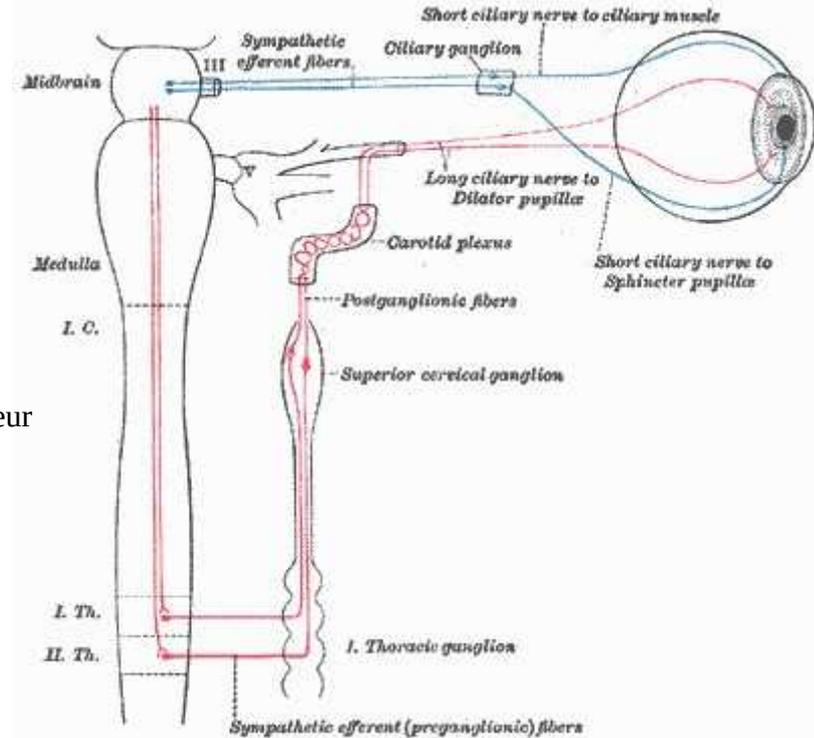
parasymphatique

Acétylcholine



grande profondeur  
de champ

fir0002 flagstaffotos [at] gmail.com Canon 20D +  
Tamron 28-75mm f/2.8, GFDL 1.2  
<<http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/fdl-1.2.html>>, via Wikimedia Commons



Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

*anisocorie*



# 3- L'œil un appareil photographique

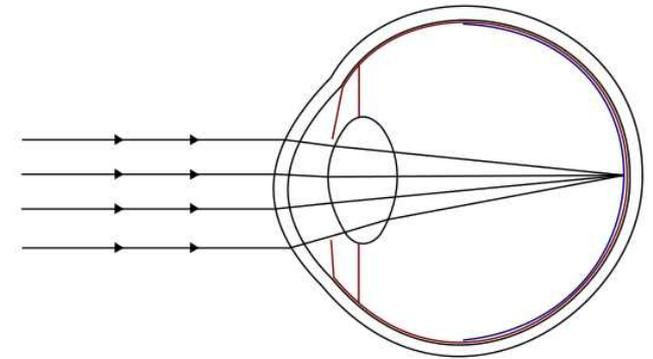
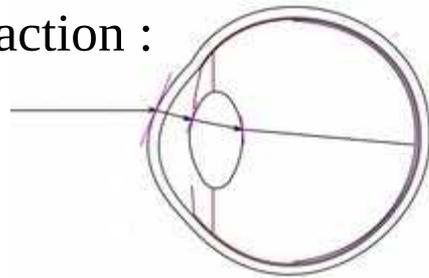
## 3.2-Le boîtier photographique: le globe oculaire

Focalisation de l'image sur la pellicule qu'est la rétine

→ Deux lentilles:

- cornée à la courbure fixe
- cristallin à la courbure variable

En fait : 3 plans de réfraction :

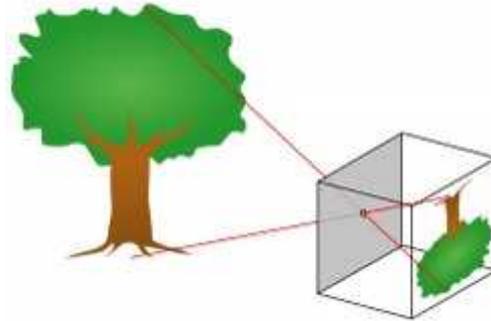


# 3- L'œil un appareil photographique

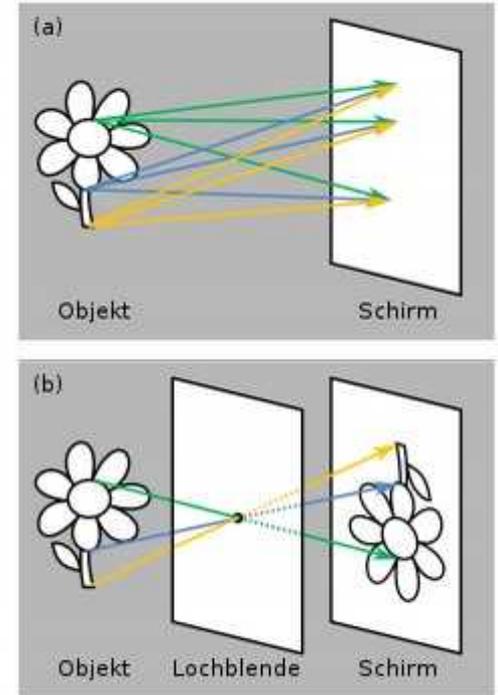
## 3.2-Le boîtier photographique: le globe oculaire

L'image qui se forme est inversée

camera obscura →



en>User:DrBob (original); en>User:Pbroks13 (redraw),  
Public domain, via Wikimedia Commons



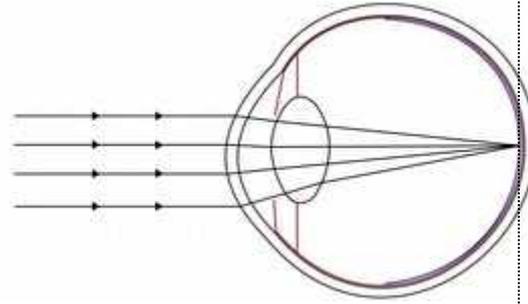
MikeRun, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

→ ce n'est pas un problème pour le cerveau  
qui crée le monde extérieur!

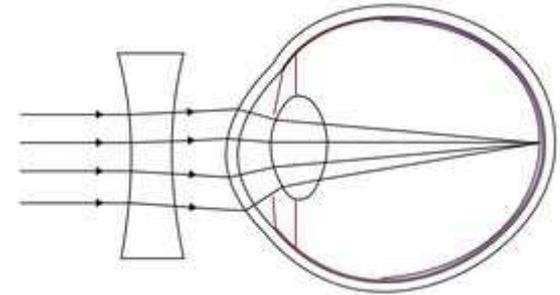
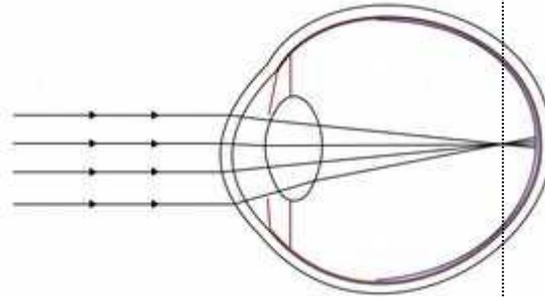
# 3- L'œil un appareil photographique

## 3.3-Vision trouble: les amétropies

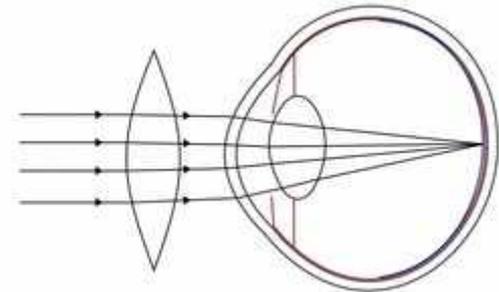
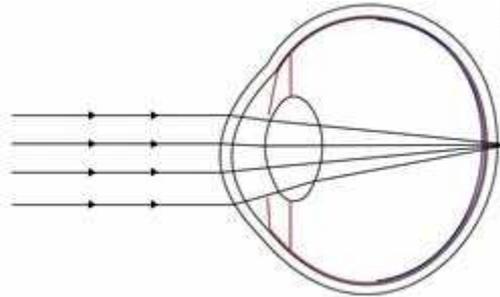
Œil normal  
(emmétrope):



Œil myope:



Œil hypermétrope:

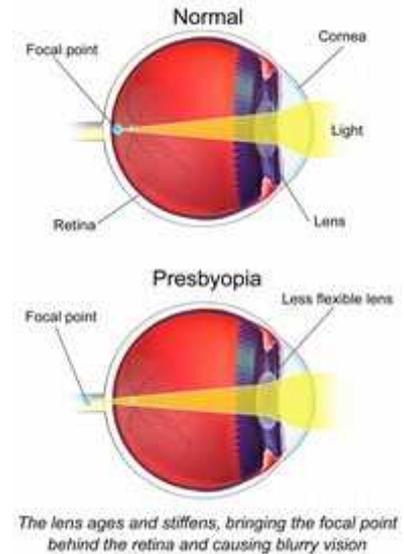
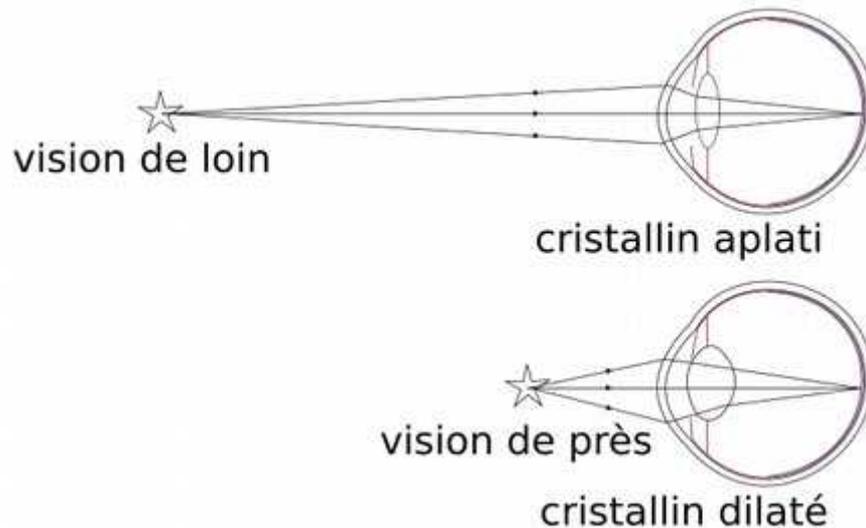


# 3- L'œil un appareil photographique

## 3.3-Vision trouble: les amétropies

Astigmatisme: cornée ou cristallin torique (ballon de rugby au lieu foot)

Presbytie: perte d'élasticité du cristallin qui peut de moins en moins modifier sa courbure et donc accommoder



BruceBlaus, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# 3- L'œil un appareil photographique

## 3.4-Vision 3D

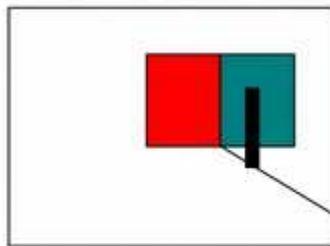


stéréoscope

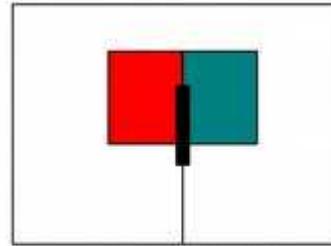
OyundariZorigbaatar, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Deux yeux:

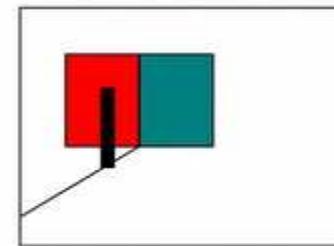
- vision simultanée
  - position différente des deux yeux: disparité binoculaire
- images différentes d'un même objet que le cerveau analyse pour estimer une profondeur



vue de l'oeil gauche



vue finale  
(après intégration  
par système nerveux)

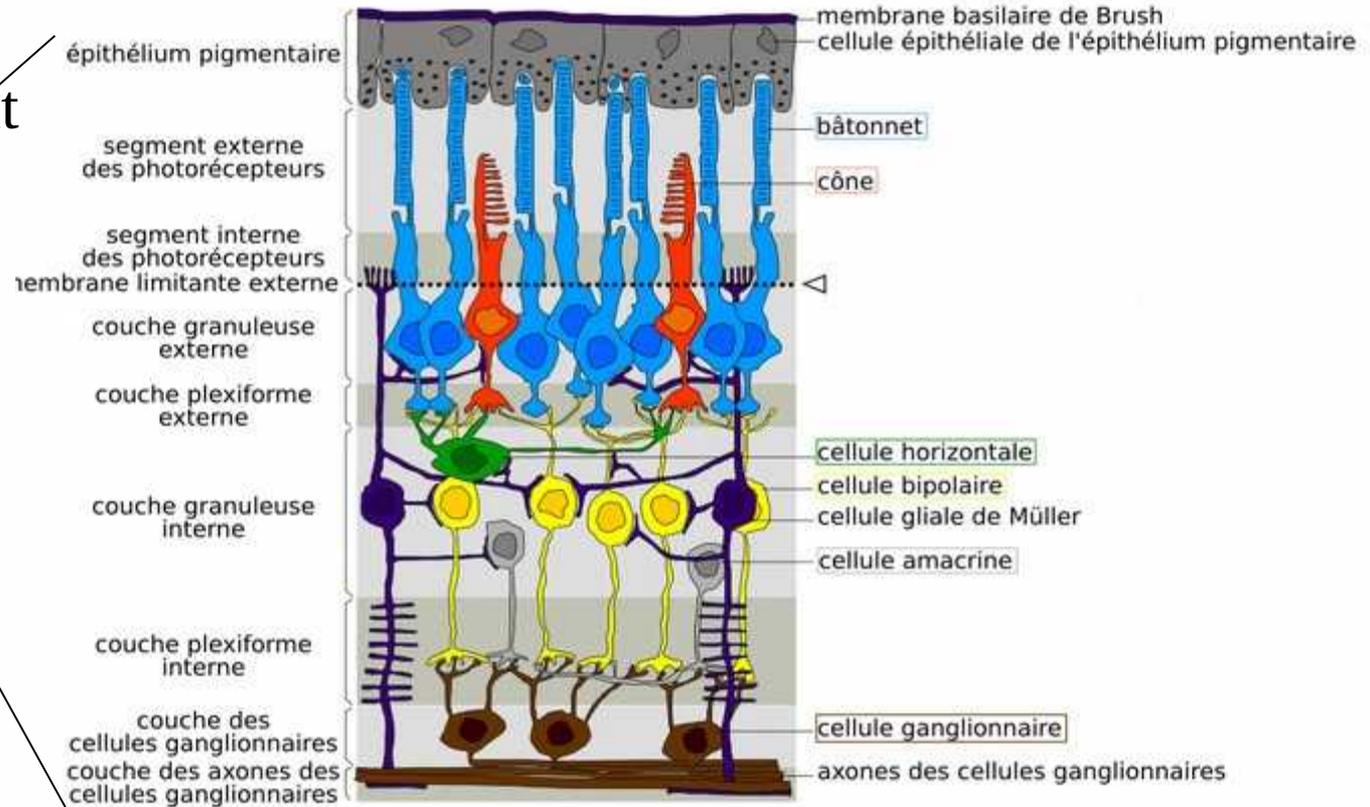
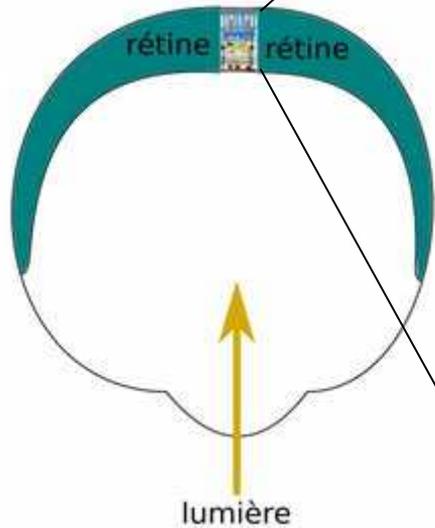


vue de l'oeil droit

# 4-La rétine

## 4.1-La rétine: une construction 'à l'envers'

- la rétine renferme de nombreux neurones largement connectés



d'après Peter Hartmann at de.wikipedia, edited by Marc Gabriel SchmidCreating SVG version by ЮКараи, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

-la lumière n'atteint les photorécepteurs qu'après avoir traversé les différentes couches de neurones

# 4-La rétine

## 4.1-La rétine: une construction 'à l'envers'

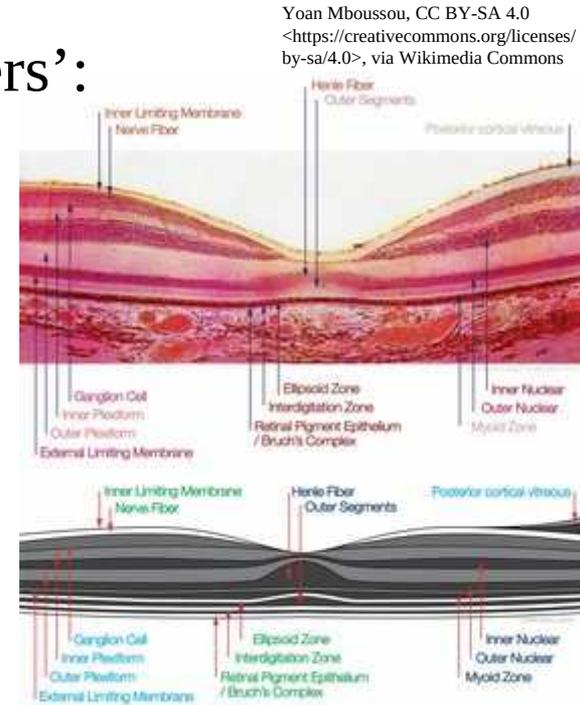
Deux problèmes liés à cette construction 'à l'envers':

-crée une distorsion de la lumière (tissus interposés entre la source de lumière et les photorécepteurs)

→ problème atténué au niveau de la fovéa (moins de tissus ; 1.5mm de diamètre) (+rôle cellules gliales de Müller)



Zyxwv99, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>  
via Wikimedia Commons

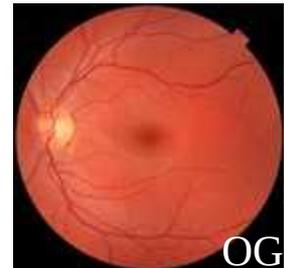
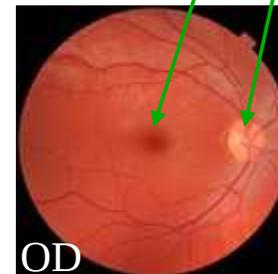


Yoan Mboussou, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

-pour sortir, les axones 'percent' la rétine

→ il existe donc une zone de la rétine sans photorécepteur, une zone aveugle que l'on appelle le disque optique qui est à l'origine de la « tache aveugle »

macula & fovéa  
disque optique



Mikael Häggström. When using this image in external works, it may be cited as: Häggström, Mikael (2014). "Medical gallery of Mikael Häggström 2014". WikiJournal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.008. ISSN 2002-4436. Public Domain.orBy Mikael Häggström, used with permission., CC0, via Wikimedia Commons

# 4-La rétine

## 4.1-La rétine: une construction ‘à l’envers’

Notion de rétine fovéale et de rétine périphérique :

-rétine fovéale : la fovéa

→ zone de meilleure acuité visuelle (vision précise):

-les fibres du nerf optique la contournent

-grande densité de cellules photoréceptrices aux  
petits champs récepteurs : cônes

-autour de la fovéa : rétine périphérique

→ zone de faible acuité visuelle (vision environnement):

-autres cellules photoréceptrices aux  
grands champs récepteurs : bâtonnets

# 4-La rétine

## 4.1-La rétine: une construction 'à l'envers'

### Le disque optique et la tache aveugle

→ mise en évidence, faites le dessin suivant :



œil gauche fermé, fixer la croix avec l'œil droit

éloigner ou rapprocher plus ou moins le dessin

le rond disparaît quand son image se forme sur le disque optique où il n'y a pas de photorécepteurs

# 4-La rétine

## 4.1-La rétine: une construction 'à l'envers'

### Le disque optique et la tache aveugle

→ autre expérience avec ce nouveau dessin :



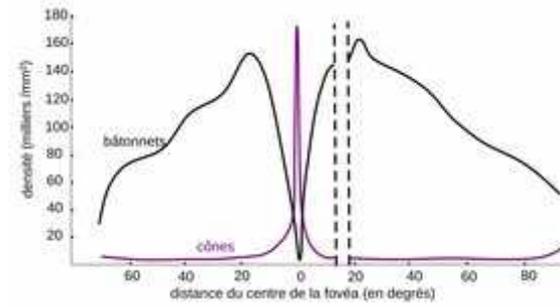
Malgré la tache aveugle, il n'y a pas de trou dans le champ visuel:

- le cerveau compense à partir de l'image de l'autre œil
- le cerveau compense à partir du contexte environnant

# 4-La rétine

## 4.2-Les photorécepteurs

Pancrat, CC BY-SA 3.0  
 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via  
 Wikimedia Commons



### Les bâtonnets

### Les cônes

Longs et cylindriques

Courts et coniques

100 millions

4/6 millions

Sensibilité élevée: vision nocturne  
 (vision scotopique)

Sensibilité faible: vision diurne  
 (vision photopique)

Niveaux de gris (rhodopsine (R))

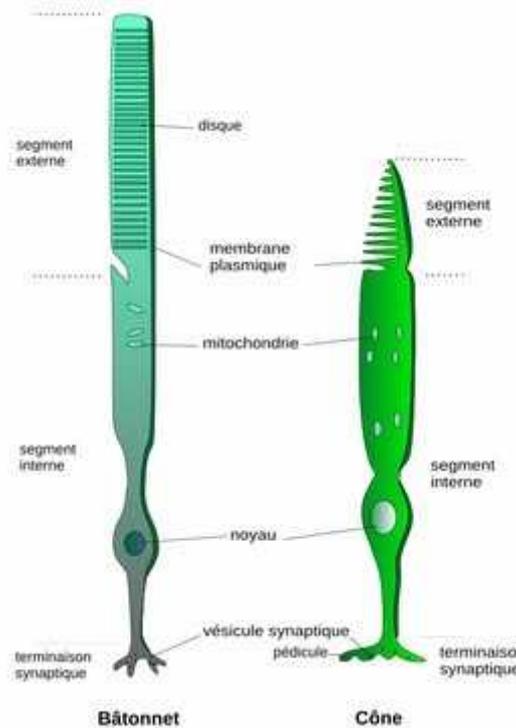
Couleurs (3 iodopsines (S,M,L))

Vision « périphérique »

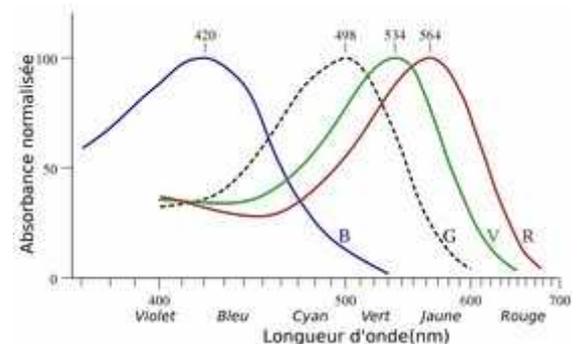
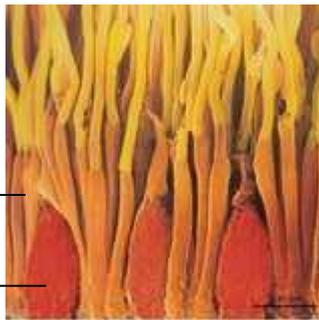
Vision « fovéale »

Faible acuité (champ récepteur grand)

Grande acuité (champ récepteur petit)



d'après Pancrat, CC BY-SA 3.0  
 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons



Maxim Razin, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

bâtonnet

cône

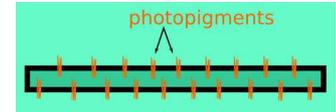
# 4-La rétine

## 4.2-Les photorécepteurs

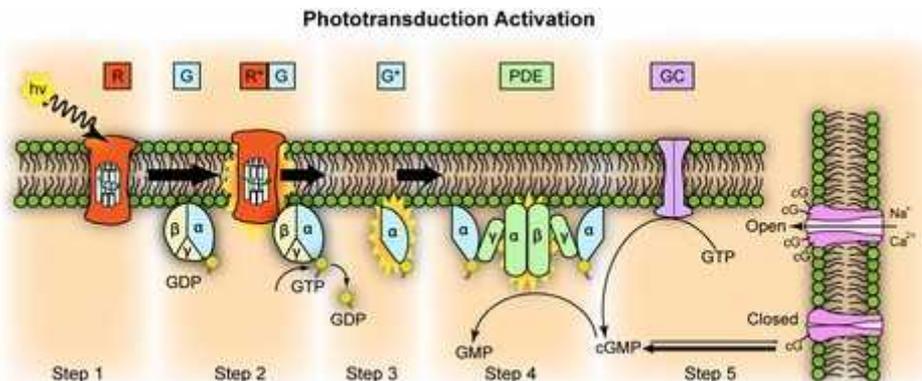
### Transformation de la lumière en message nerveux: la transduction



- dans les photorécepteurs se trouvent des piles de disques
- dans les membranes des disques se trouvent des photopigments



- les photopigments (rhodopsine dans les bâtonnets, iodopsines ou photopsines dans les cônes) captent les photons et changent de forme
- le changement de forme entraîne une cascade de réactions aboutissant à la fermeture de canaux ioniques au  $\text{Na}^+$
- les mouvements d'ions changent, le photorécepteur qui était dépolarisé (-40mV) à l'obscurité s'hyperpolarise (-70/-80mV) en présence de lumière



# 4-La rétine

## 4.2-Les photorécepteurs

À l'obscurité :

→ dépolarisation : -40mV

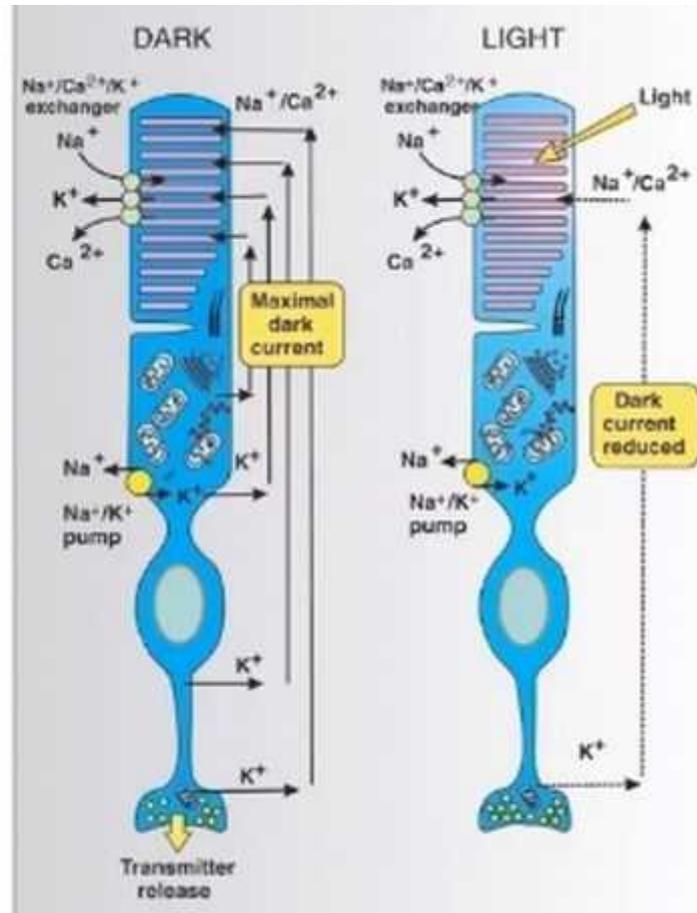
→ « courant d'obscurité »

→ libération neurotransmetteur (glutamate)

À la lumière :

→ hyperpolarisation : -70/-80mV

→ diminution libération neurotransmetteur (glutamate)



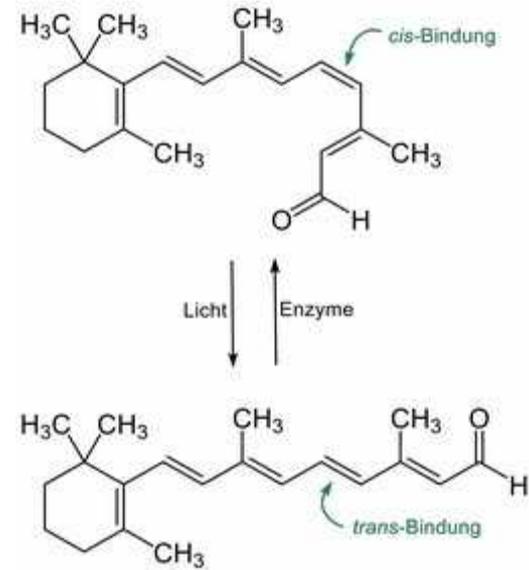
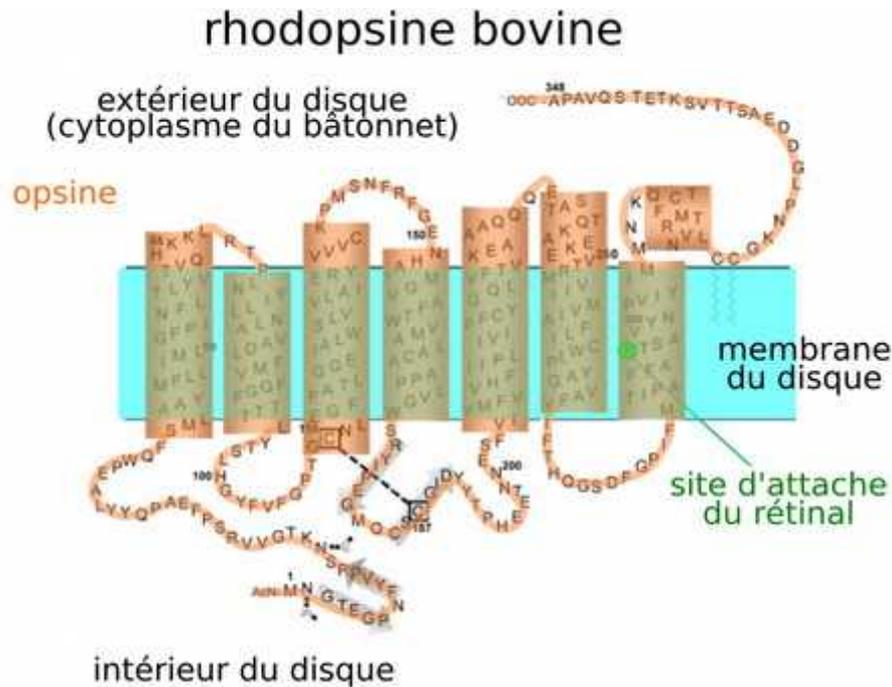
# 4-La rétine

## 4.2-Les photorécepteurs

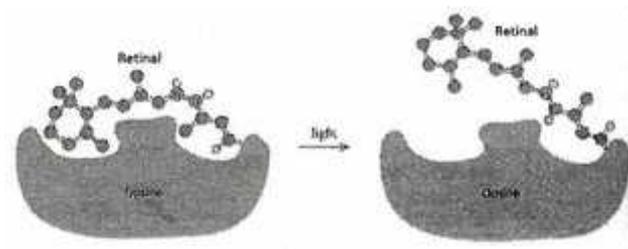
Photopigment (récepteur des photons)  
= opsine (protéine) + rétinol (chromophore)

rhodopsine dans les bâtonnets  
iodopsines ou photopsines dans les cônes

rétinal issu vitamine A (aliments de couleur orange)



JaCzo, Public domain, via Wikimedia Commons



Pradana Aumars (talk · contribs), CC0, via Wikimedia Commons

d'après A. J. Rader, Gülsüm Anderson, Basak Isin, H. Gobind Khorana, Ivet Bahar, and Judith Klein-Seetharaman, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Pirately\_transparent\_backgroun  
d.svg: User:Zzyzx11derivative  
work: • Hamelin [ de  
Guettelet ] • 16:47, 23 March  
2010 (UTC), CC BY-SA 3.0  
<<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via  
Wikimedia Commons

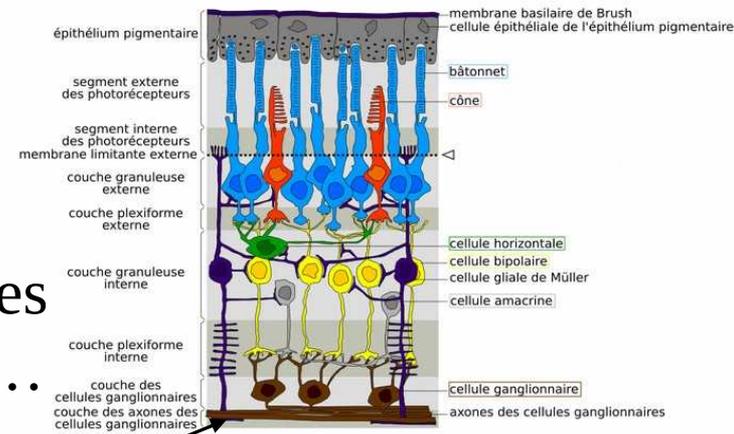


Adaptation visuelle à l'obscurité plus lente (temps accumulation de la rhodopsine dans les bâtonnets) que l'adaptation à la lumière (dégradation photopigment)

# 5-Les voies visuelles

## 5.1-Projections du champ visuel

Les photorécepteurs font synapses avec des neurones qui font synapses avec d'autres...



d'après Peter Hartmann at de.wikipedia, edited by Marc Gabriel SchmidCreating SVG version by Юкатан, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

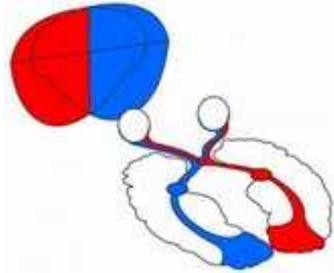
→ ce sont les axones des cellules dites « ganglionnaires » qui quittent la rétine

Les axones des cellules ganglionnaires forment le nerf optique:

- les deux nerfs optiques se rencontrent et forment le chiasma optique
- certains axones croisent le plan de symétrie du corps au niveau du chiasma
  - champ visuel droit est perçu par l'hémisphère cérébral gauche
  - champ visuel gauche est perçu par l'hémisphère cérébral droit

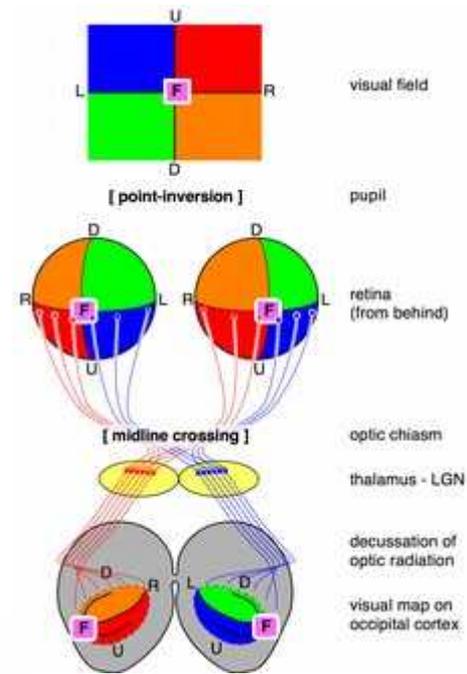
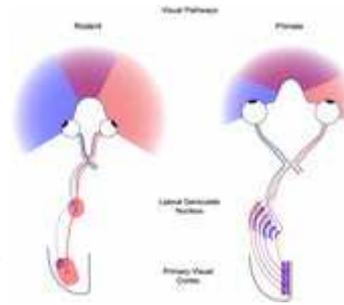
# 5-Les voies visuelles

## 5.1-Projections du champ visuel



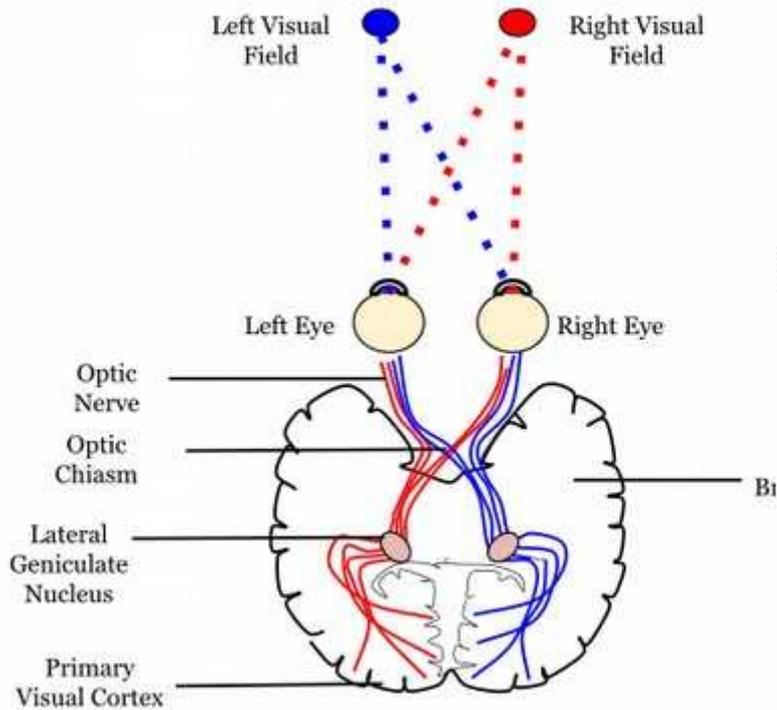
voies visuelles

Priebe NJ and McGee AW, CC BY 4.0  
 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons

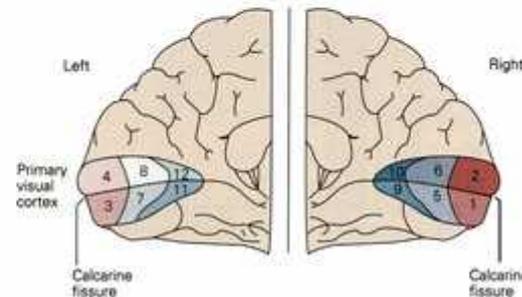
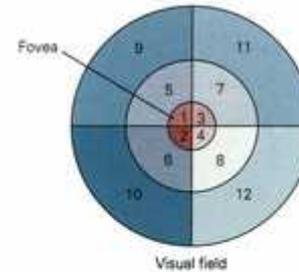


Marc de Lussanet, CC BY-SA 4.0  
 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Rétinotopie : fovéa sur-représentée



Retinotopic Organization

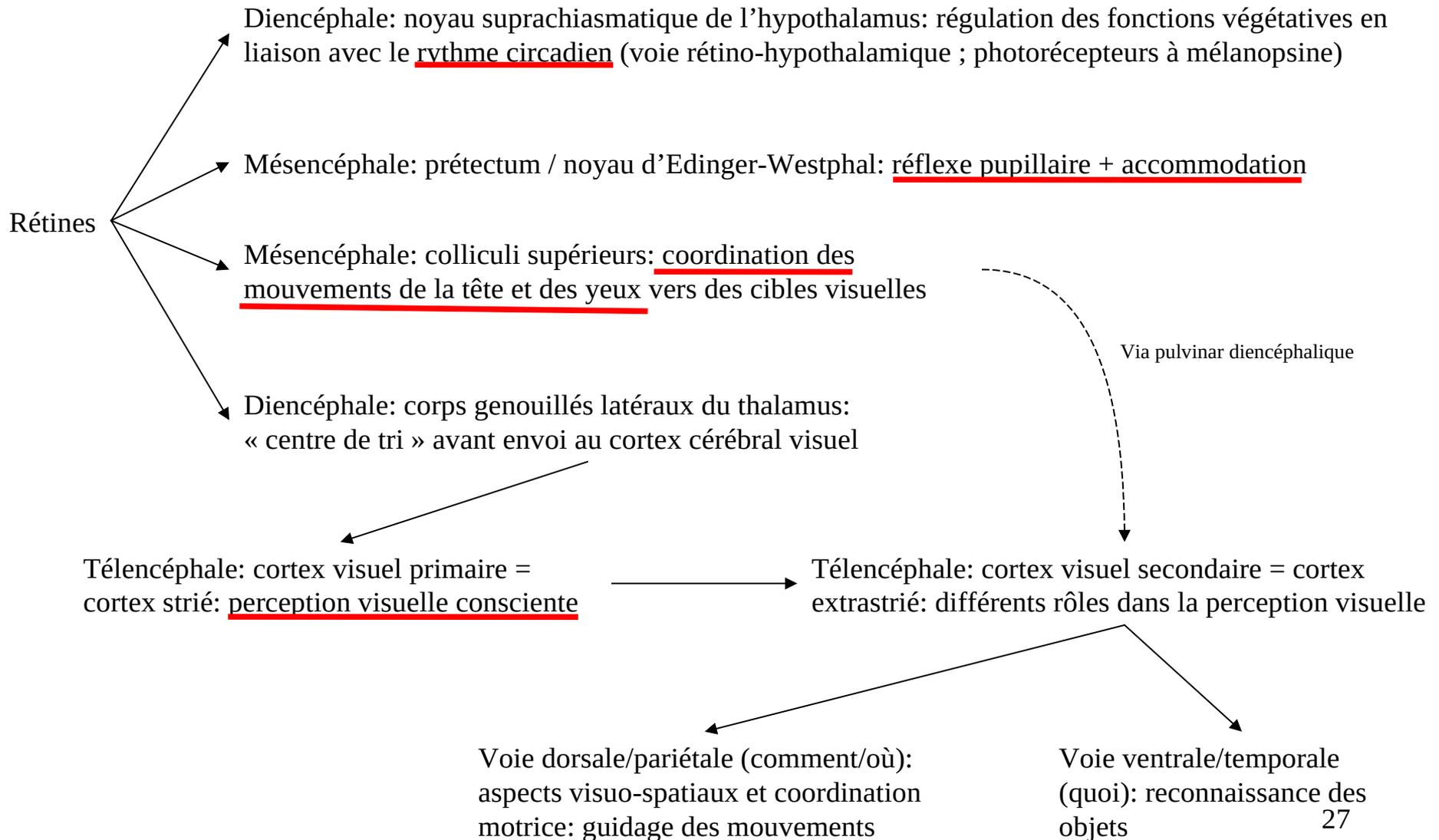


Jaygandhi786, CC BY-SA 4.0  
 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Mads00, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# 5-Les voies visuelles

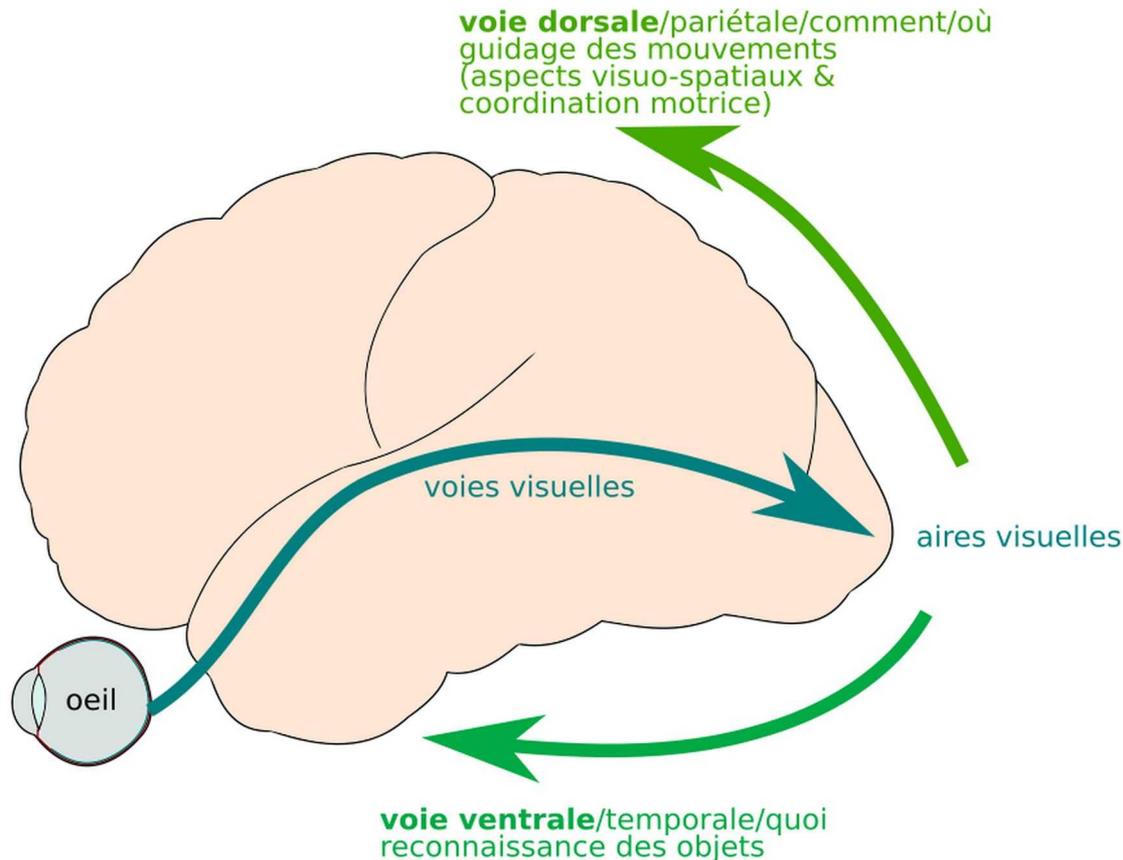
## 5.2-Projections sous corticales et corticales



# 5-Les voies visuelles

## 5.2-Projections sous corticales et corticales

Cortex visuel primaire ou cortex strié ou aire V1 ou aire 17 de Brodmann  
→ différentes aires ; différents traitements ; différentes projections

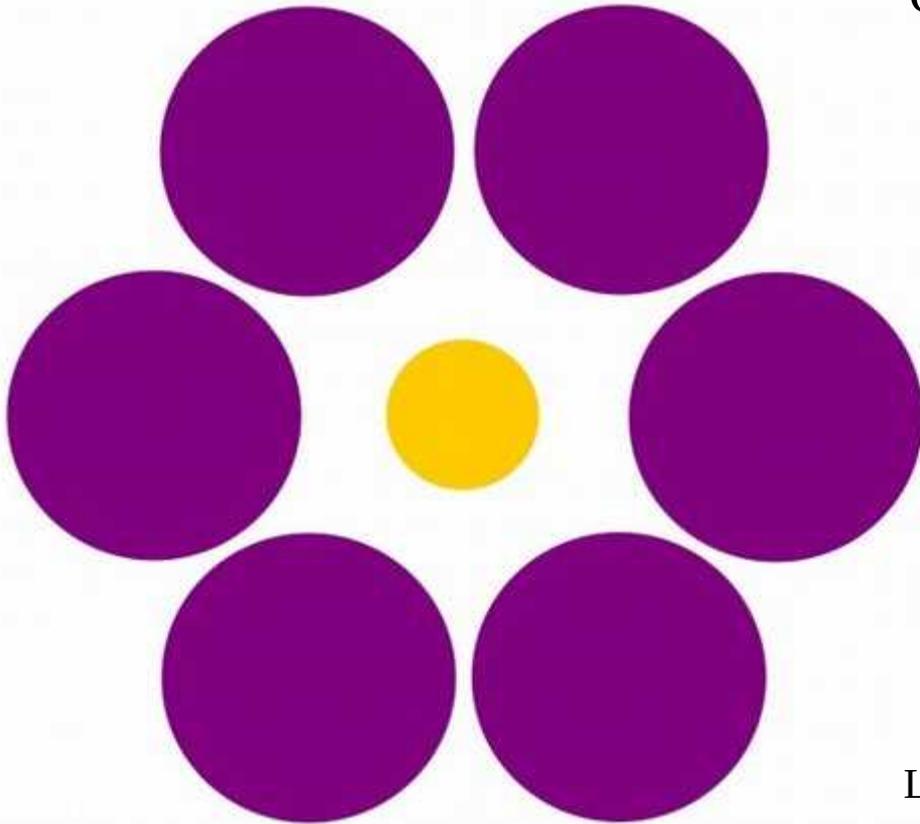


# 5-Les voies visuelles

## 5.2-Projections sous corticales et corticales

### Illusion d'Ebbinghaus/Titchener:

Quel est le plus grand disque jaune?



L'écartement entre le pouce et l'index, préparatoire à la saisie du disque jaune, reflète la taille réelle du disque et non sa taille perçue consciemment