

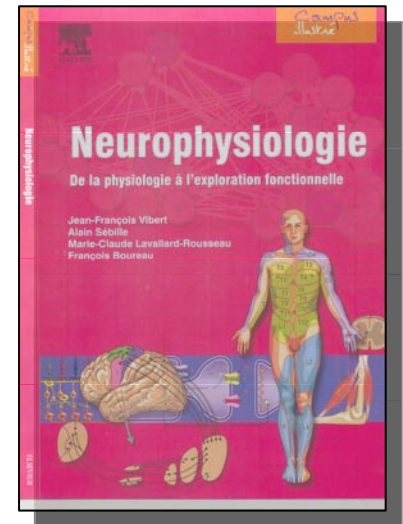
# Vision 1

## La rétine

**Dr Jean-François Vibert**

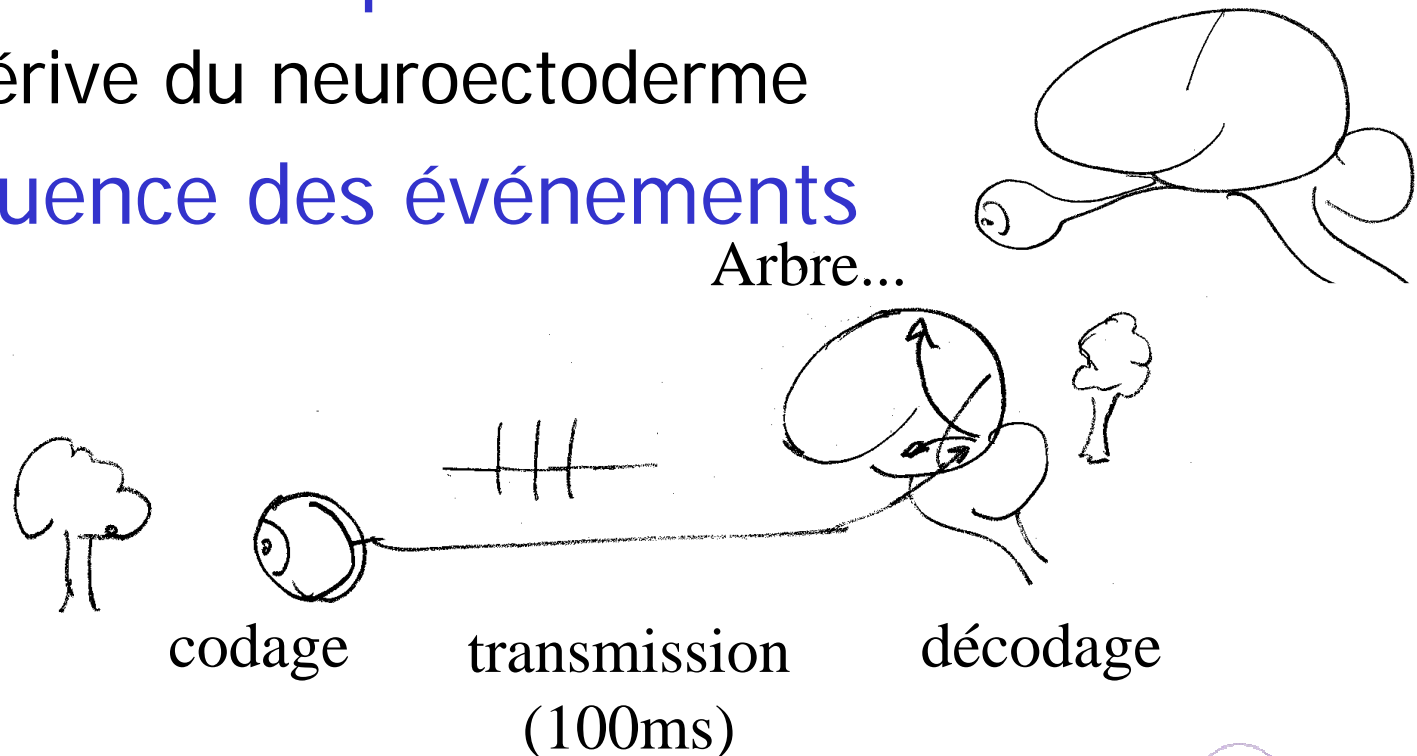
Département de Physiologie

Faculté de Médecine P&M Curie, site Saint-Antoine



# Introduction

- ▶ L 'œil est un prolongement du cerveau
- ▶ La rétine fait partie du SNC
  - ▶ dérive du neuroectoderme
- ▶ Séquence des événements



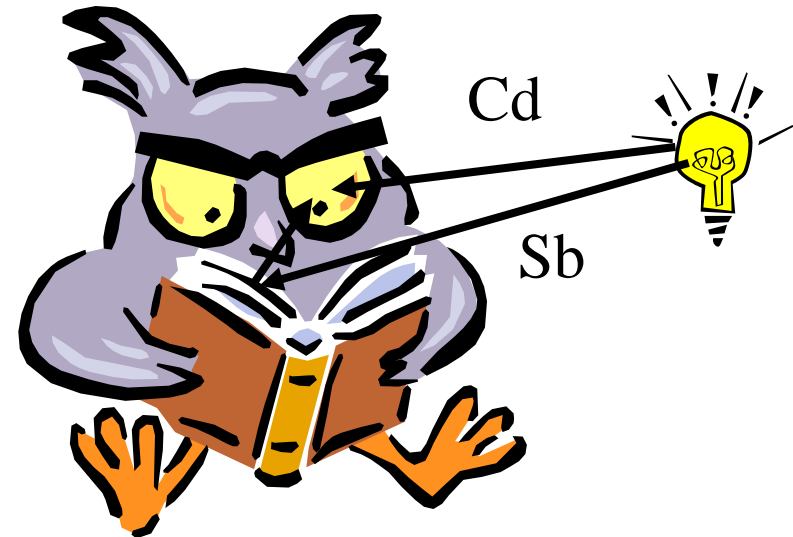
# Le stimulus

## ▶ Rayonnement

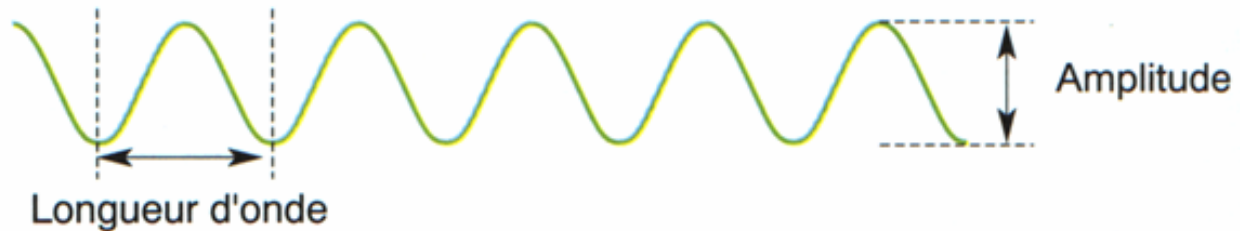
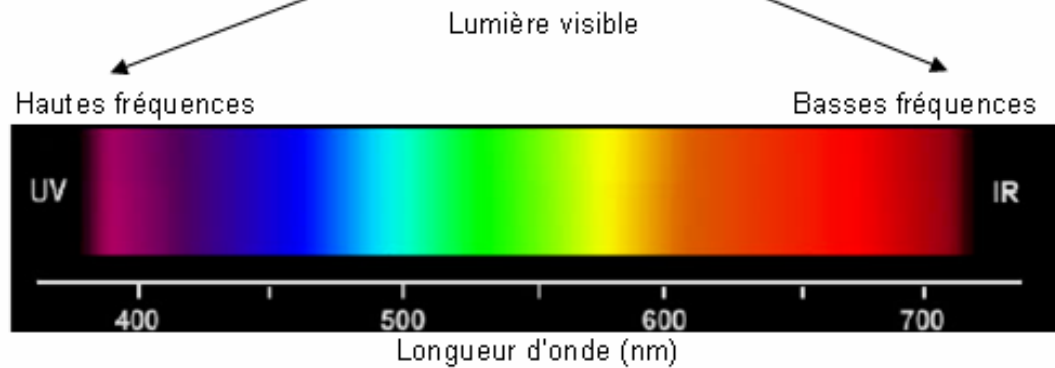
- ▶ direct Candela (Cd)
  - ▶ luminance
- ▶ indirect Stilb (Sb, Cd/cm<sup>2</sup>)
  - ▶ radiance

## ▶ Les déterminants

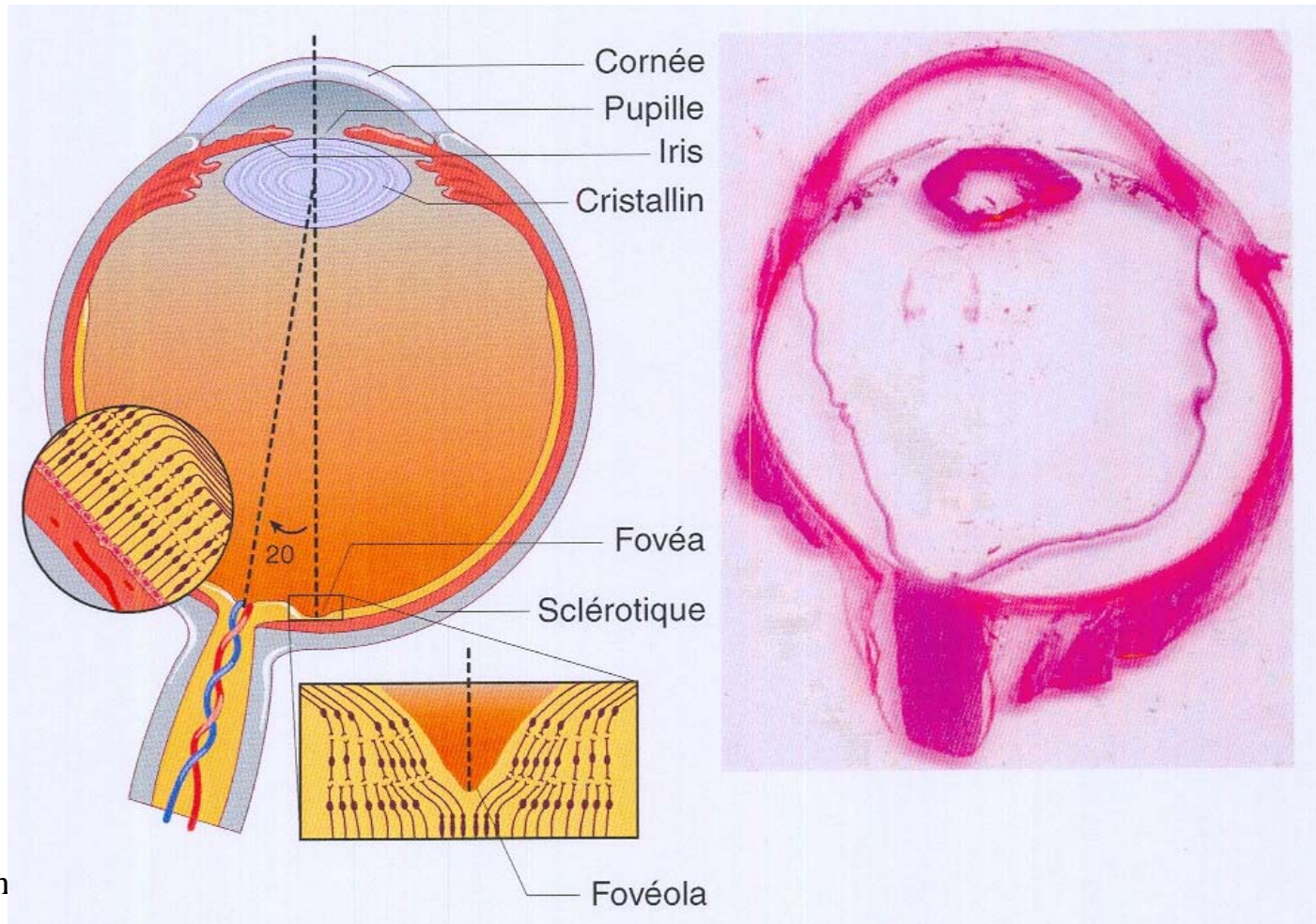
- ▶ nombre de photons
  - ▶ intensité lumineuse
- ▶ longueur d'onde (composition spectrale)
  - ▶ couleur



# Le stimulus

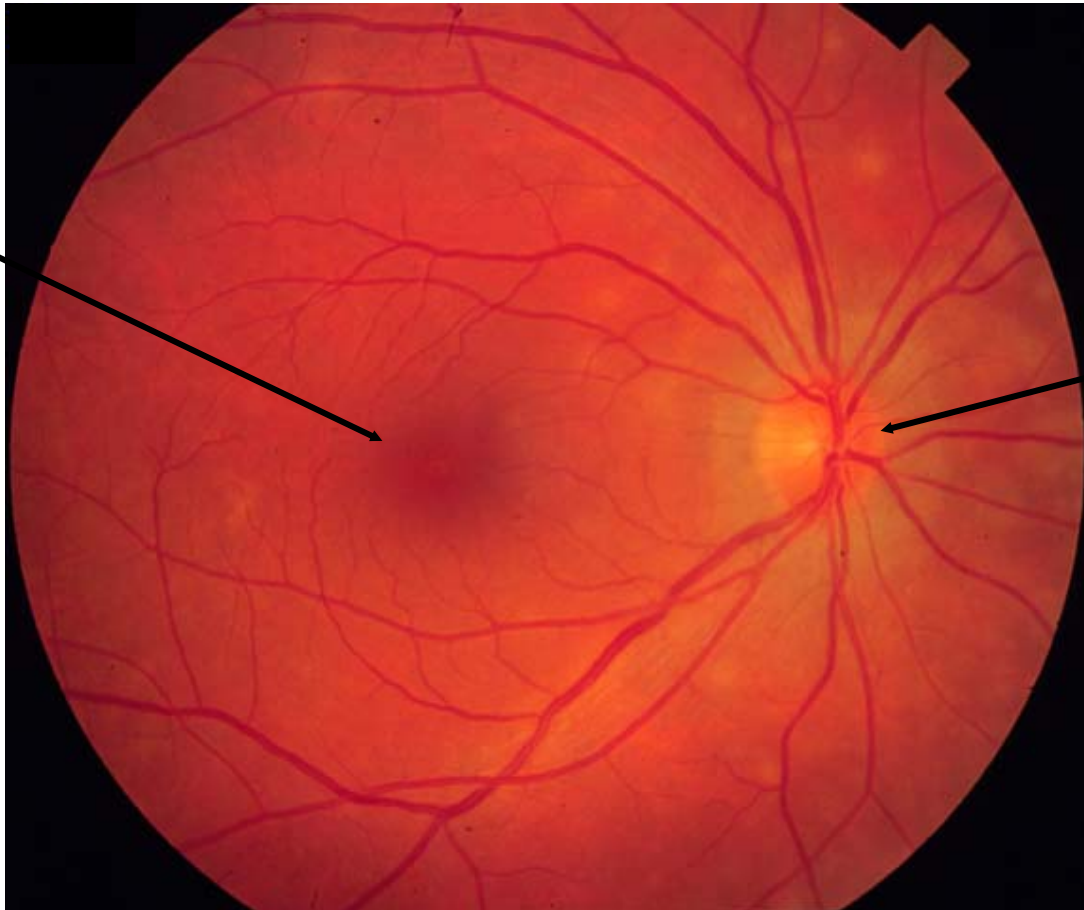


# Trajet de la lumière et l'oeil



# Fond d'oeil

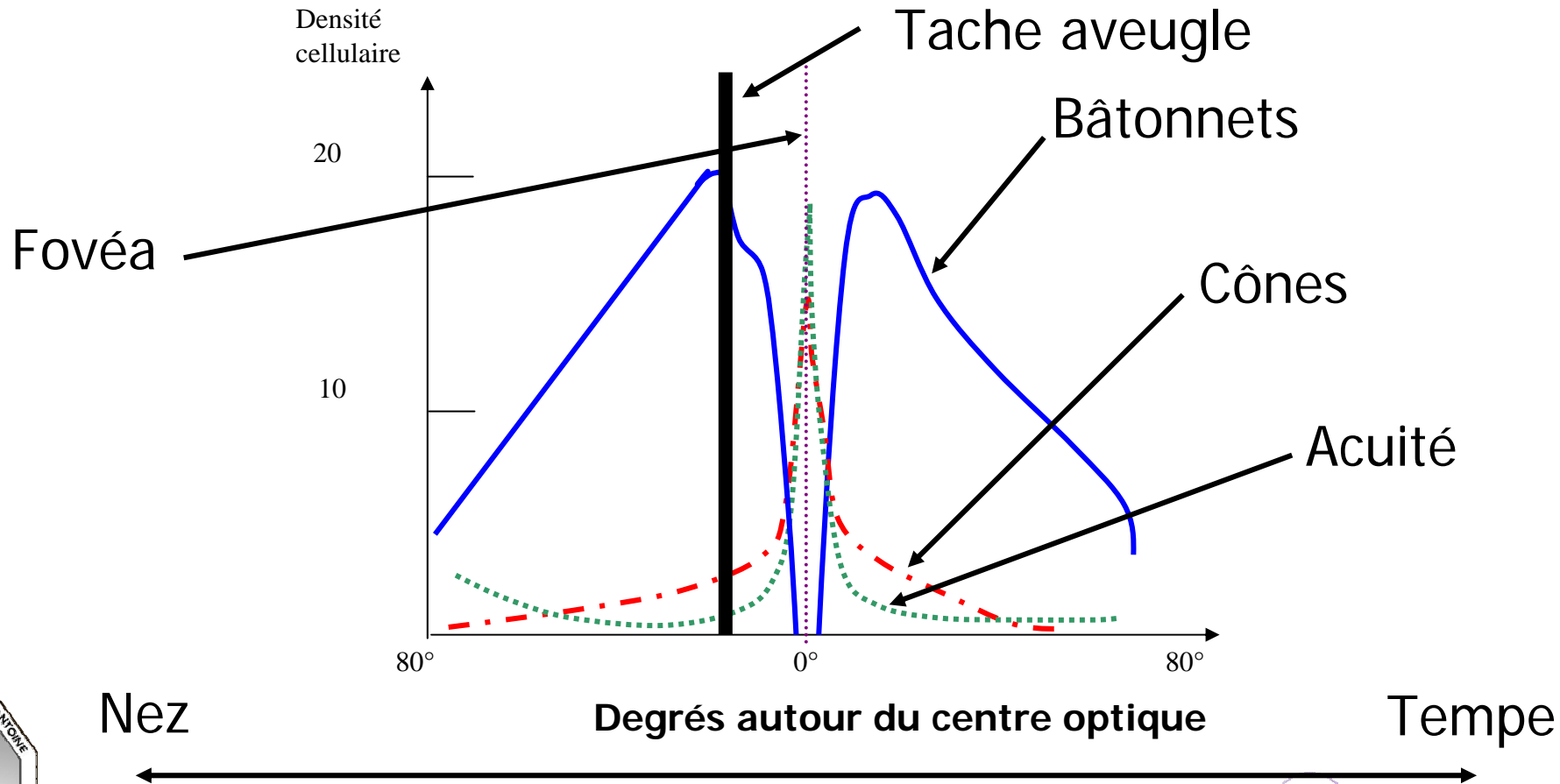
Macula



Disque optique  
ou  
tache aveugle



# Densité des récepteurs



# Les cellules de la rétine

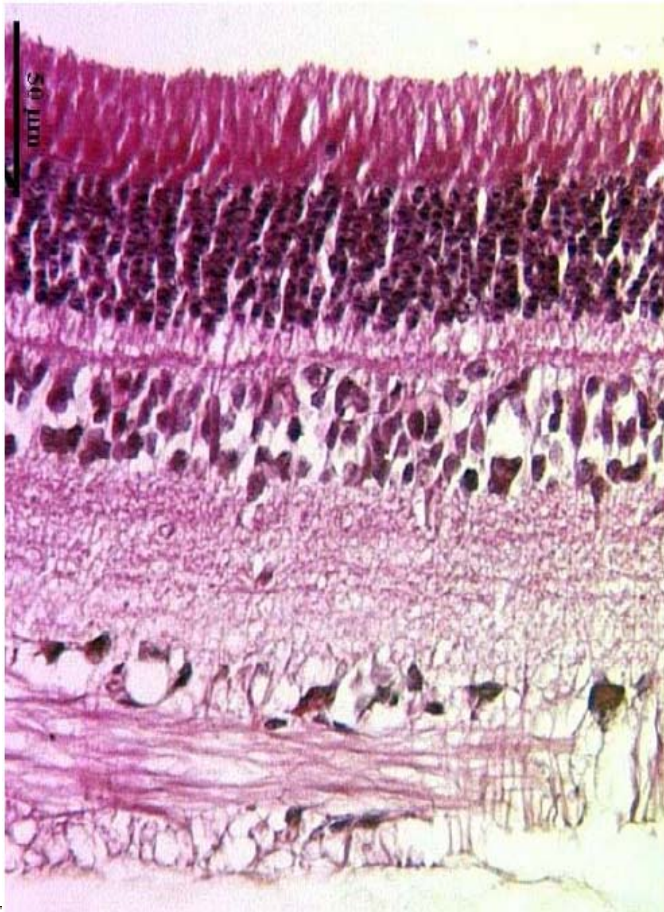


Photo-récepteurs

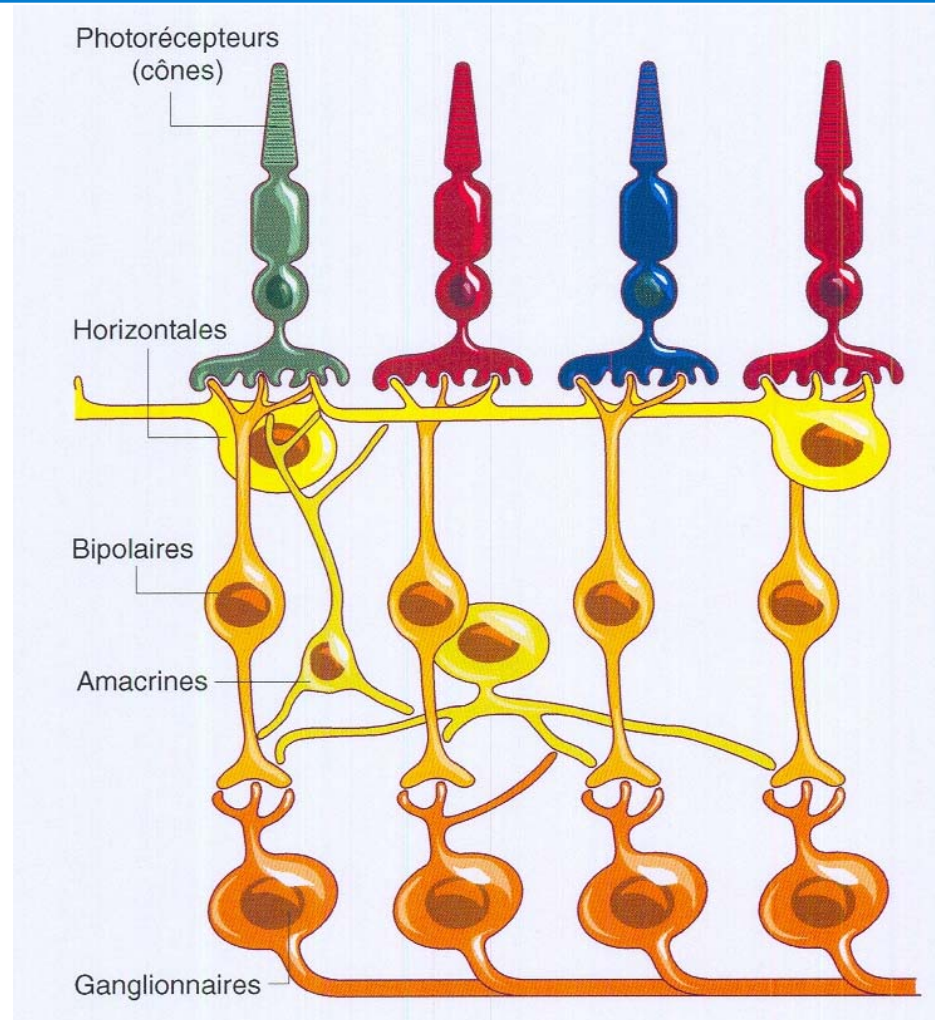
Plexiforme externe

Bipolaires

Plexiforme interne

Ganglionnaires

Nerf optique



Photorécepteurs (cônes)

Horizontales

Bipolaires

Amacrines

Ganglionnaires



LUMIERE

Neurophysiologie EIA Neuro-psychiatrie

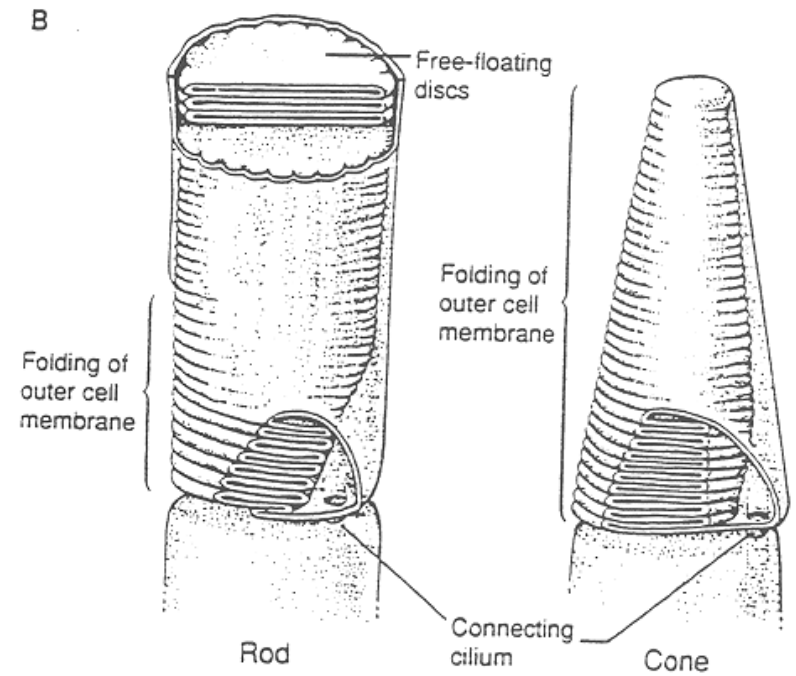
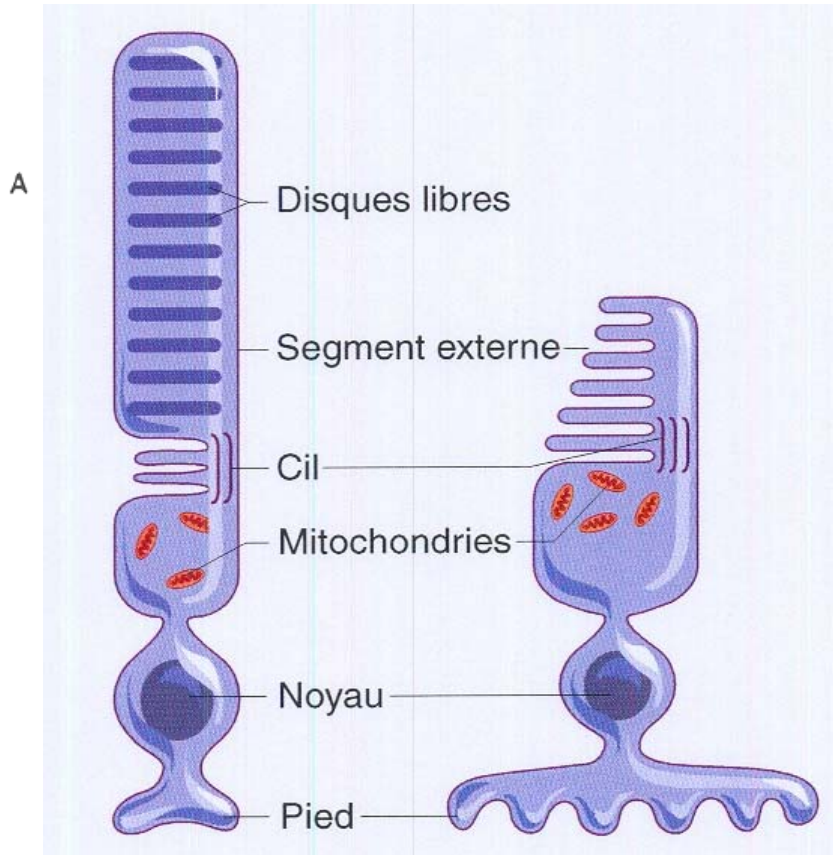
Vision 1 (21/03/2006)

8

UNIVERSITE DIEBRE & MARIE CUBIE LA SCIENCE A PARIS



# Photorécepteurs



**Bâtonnets  
scotopique**

**Cônes  
photopique**

**Bâtonnets**

**Cônes**

Neurophysiologie EIA Neuro-psychiatrie

Vision 1 (27/03/2006)

9



# Photopigments

**Bâtonnets :** Rhodopsine

bleu-vert :

400-700 nm (500)

**Cônes :** Iodopsine

bleue :

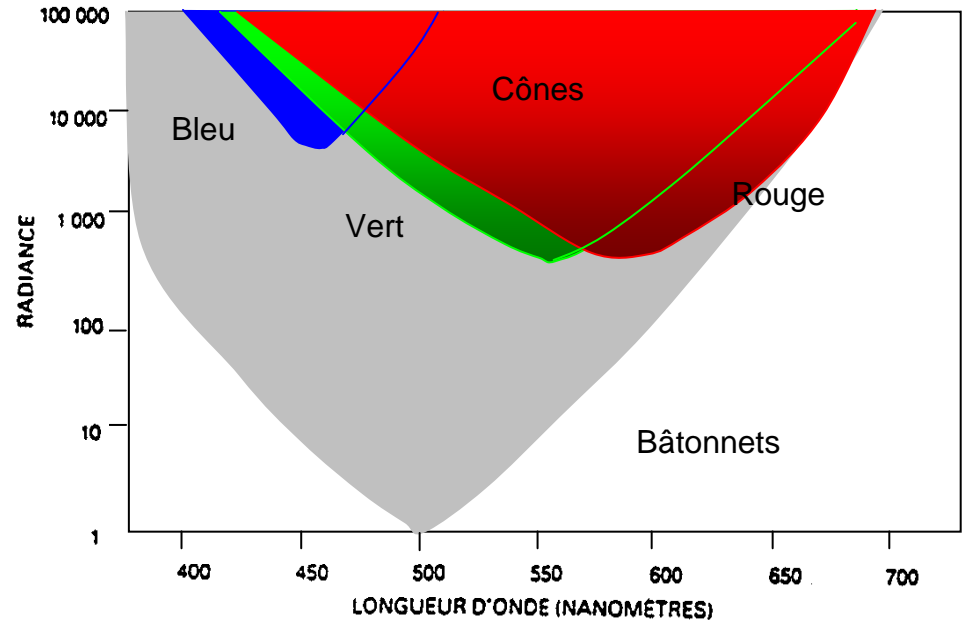
400-500 nm (470)

verte :

450-650 nm (570)

rouge :

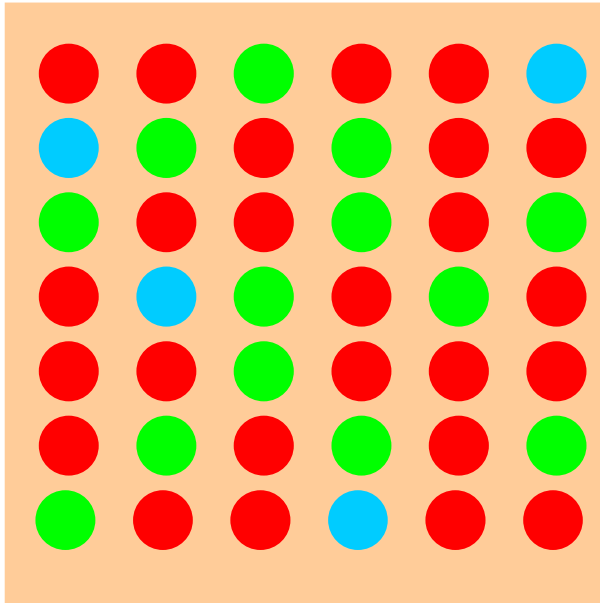
470-750 nm (600)



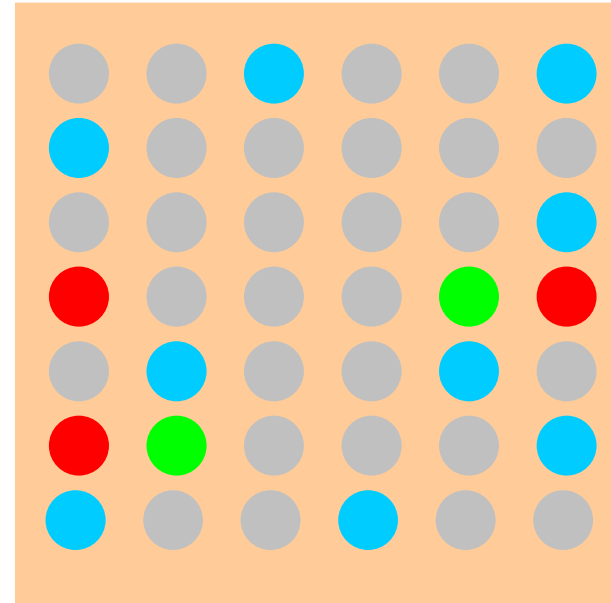
Seuils de réponse



# Répartition des photorécepteurs



Fovéa

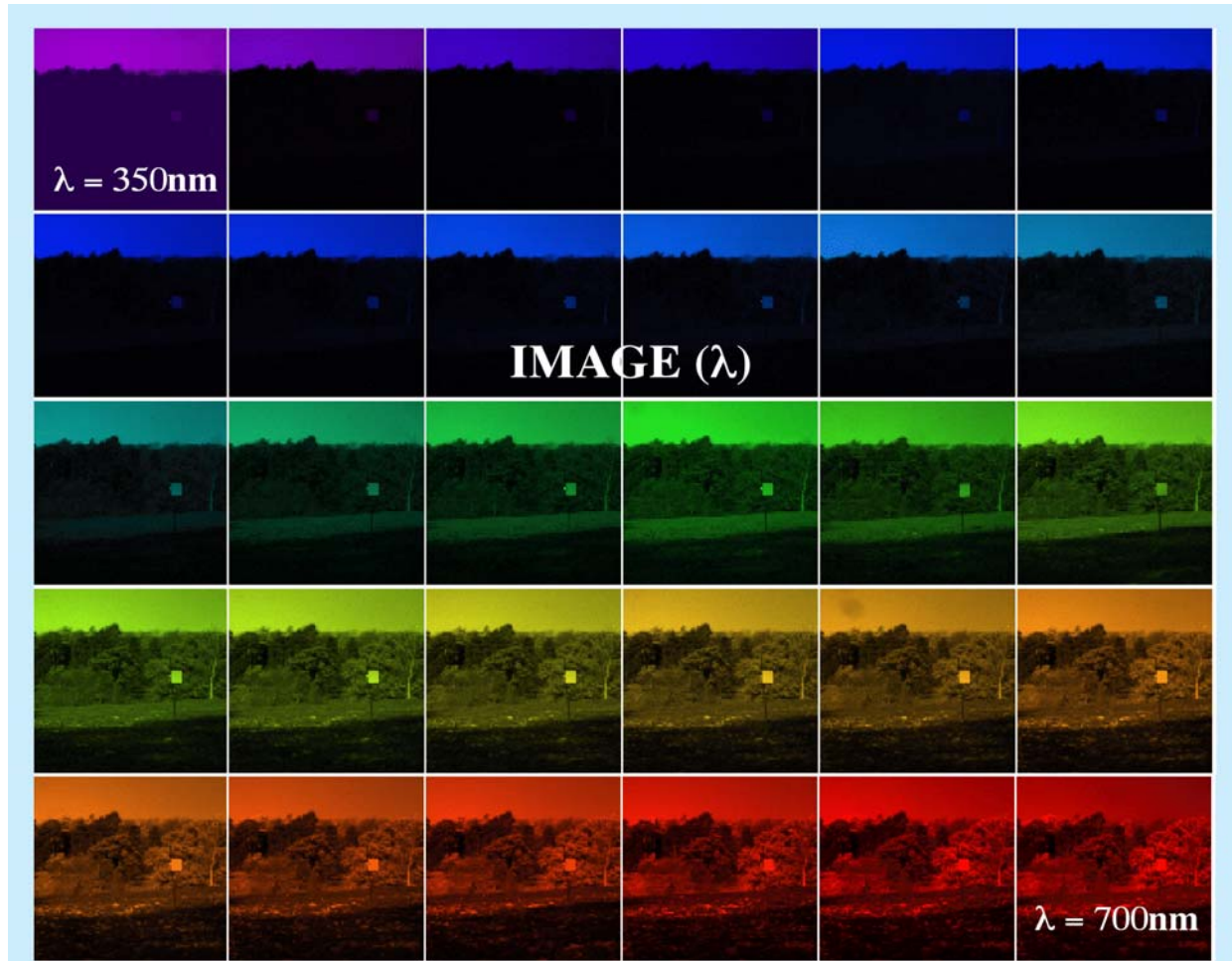


Rétine périphérique

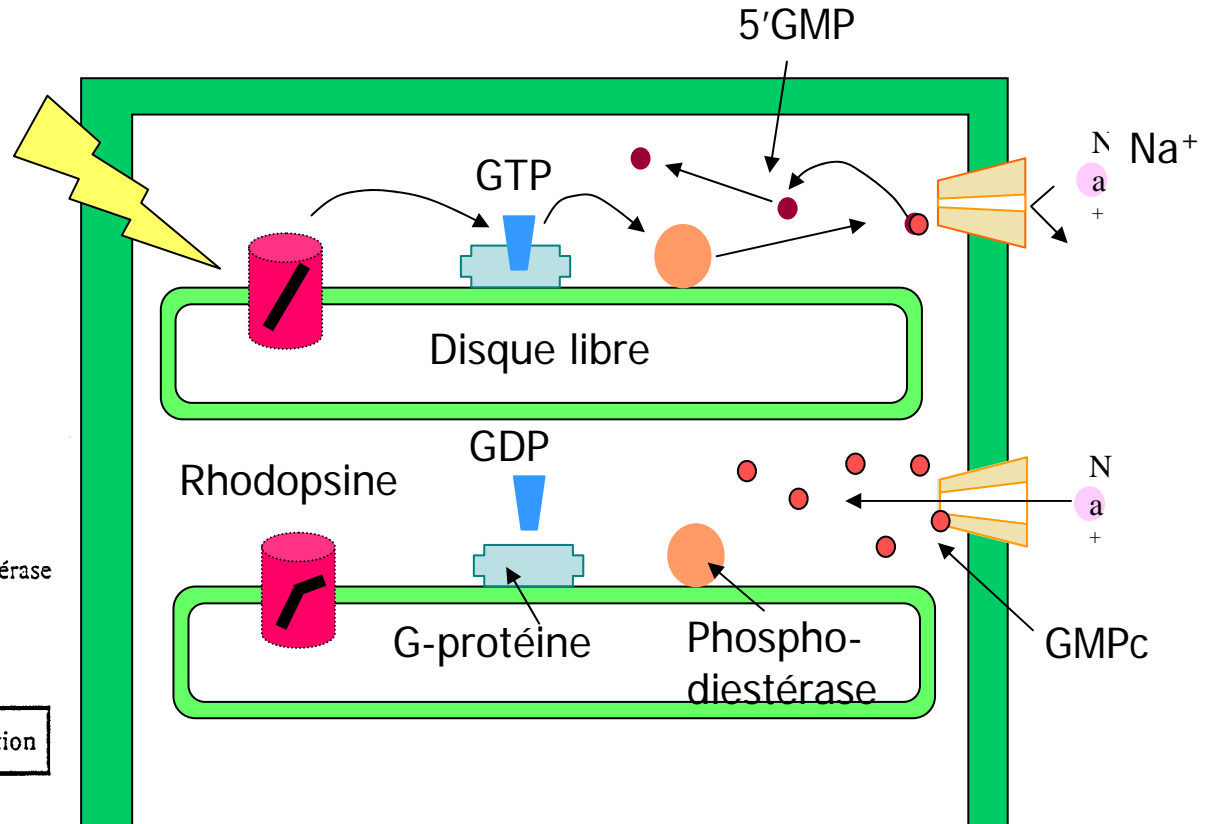
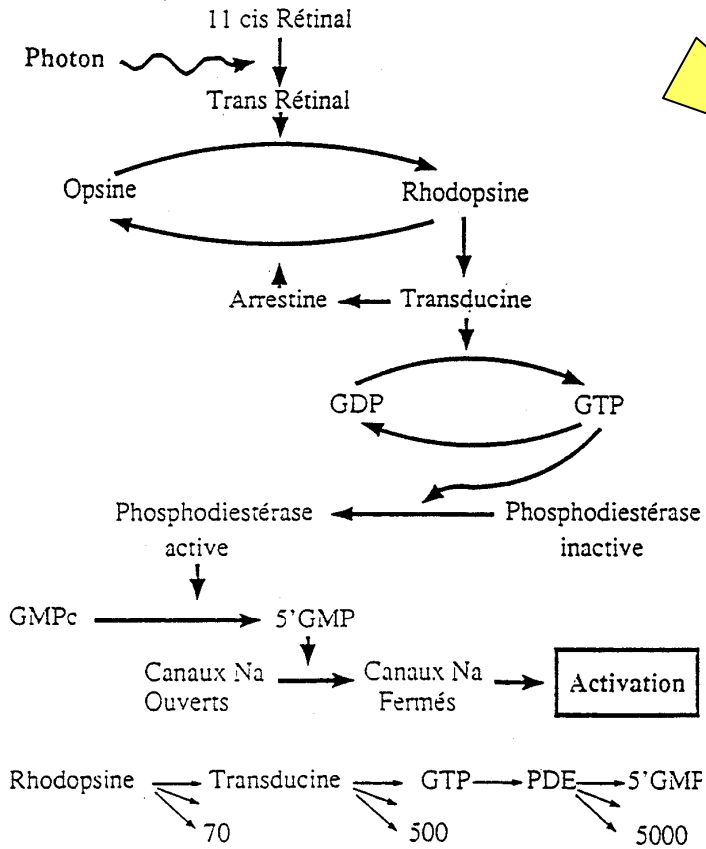
- ▶ C'est dans le rouge et le vert que les détails sont perçus
  - ▶ Du fait de leur plus grande densité dans la fovéa



# Vision des détails



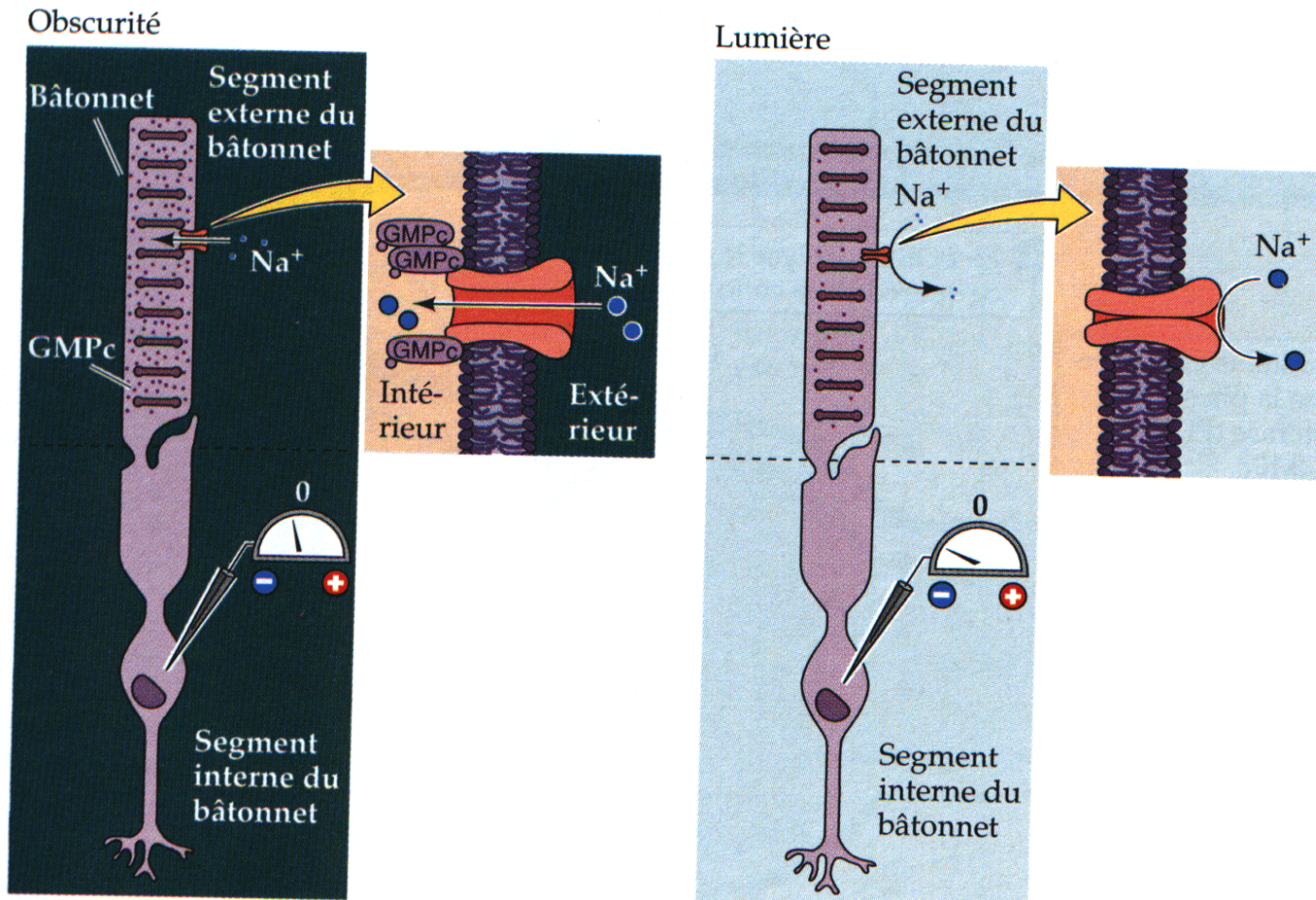
# Photochimie



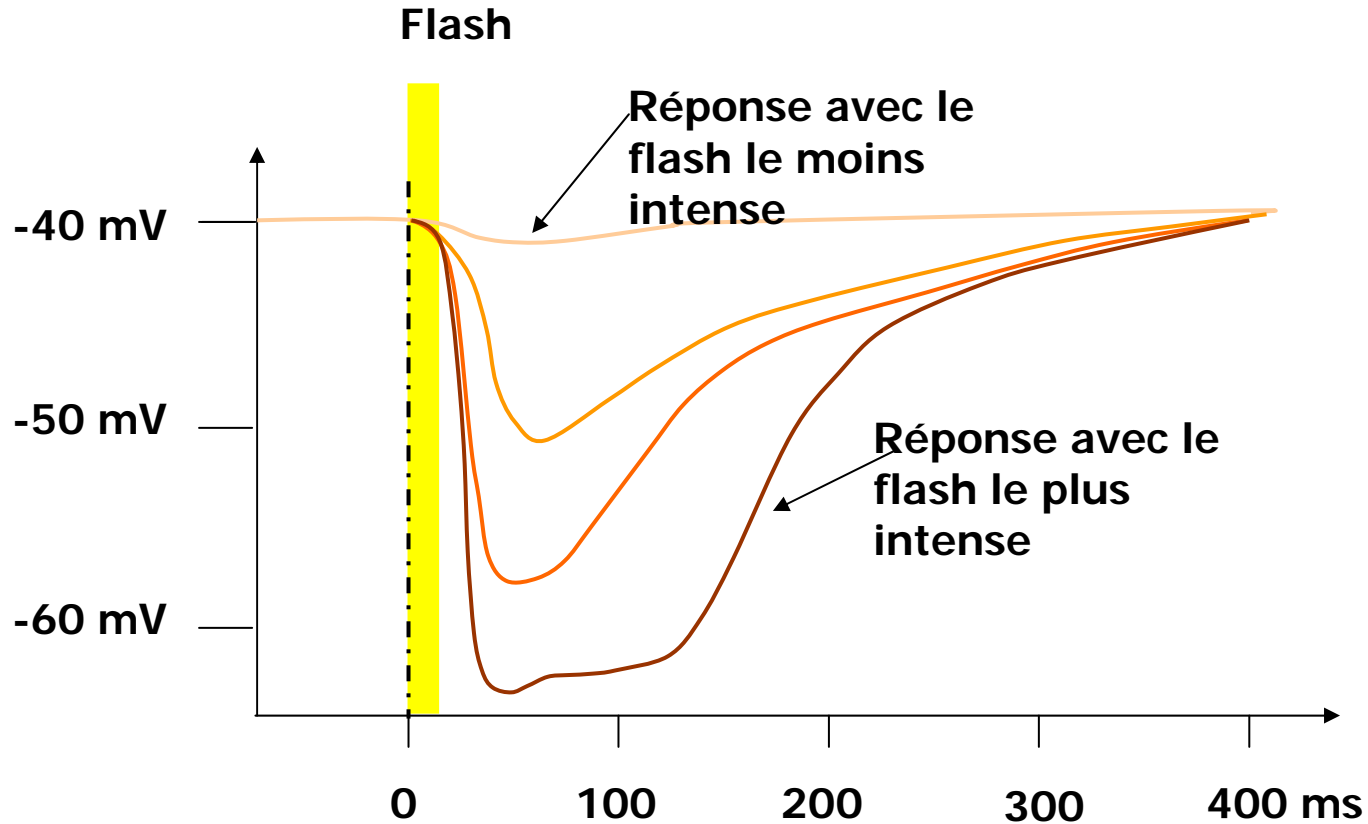
1 Photon donne 140.000.000 5'GMP



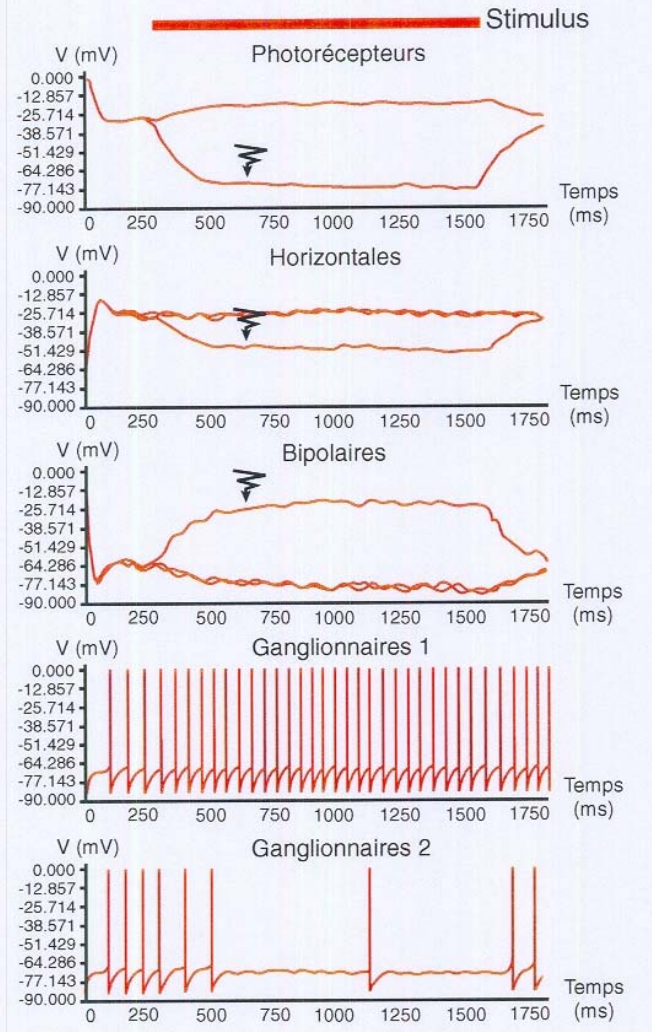
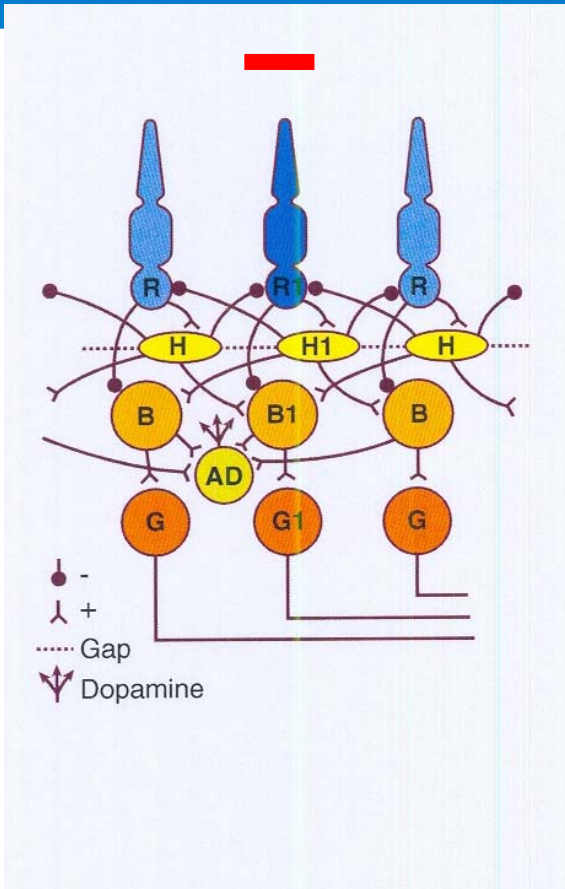
# Réponse à la lumière



# Réponse à la lumière



# Réponse des cellules



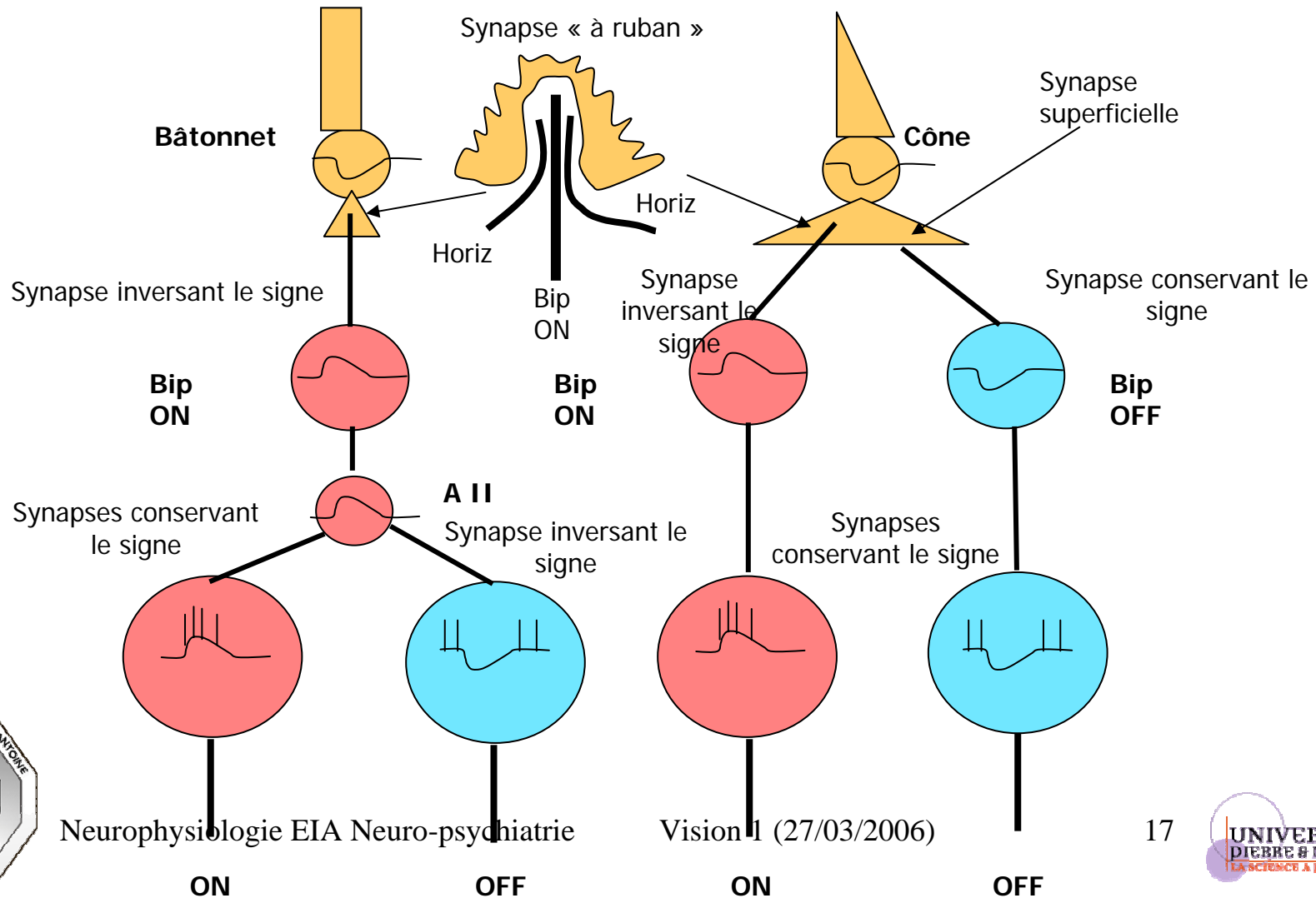
Voie ON



Net



# Voies ON et OFF



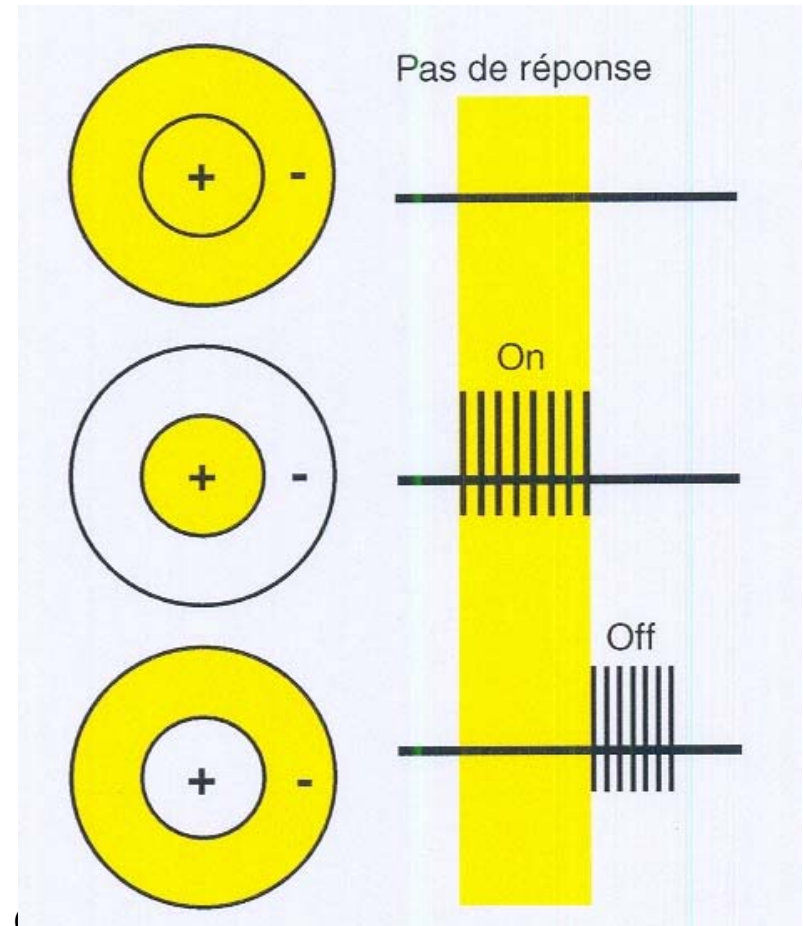
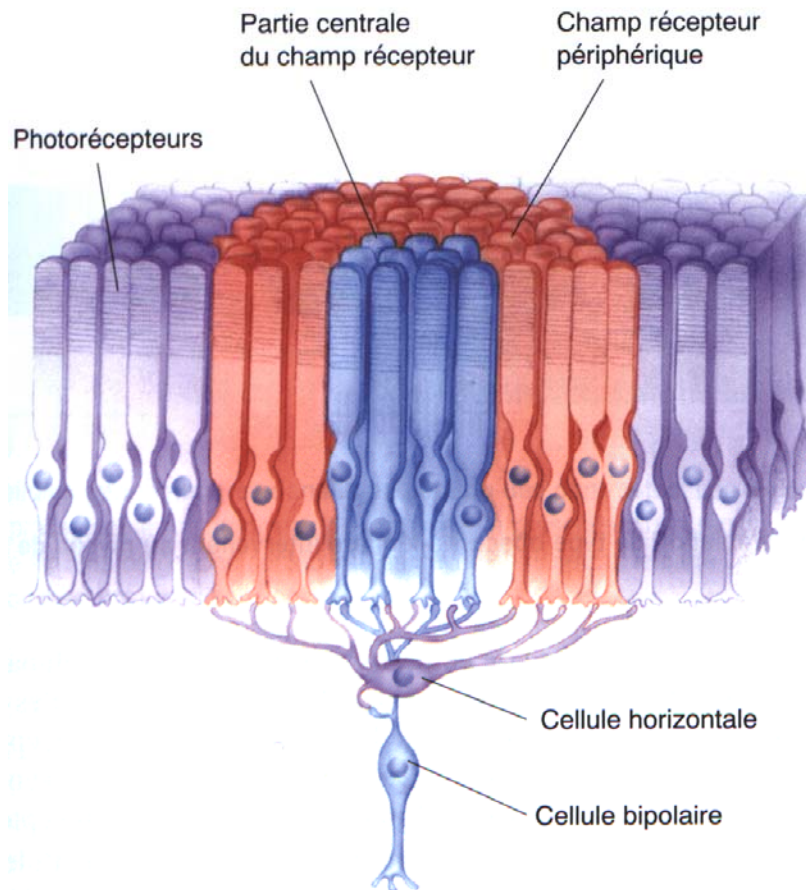
# Cellules ganglionnaires

- Trois types de cellules ganglionnaires

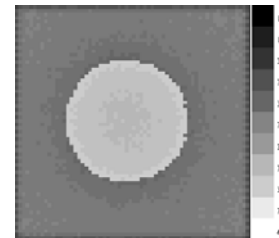
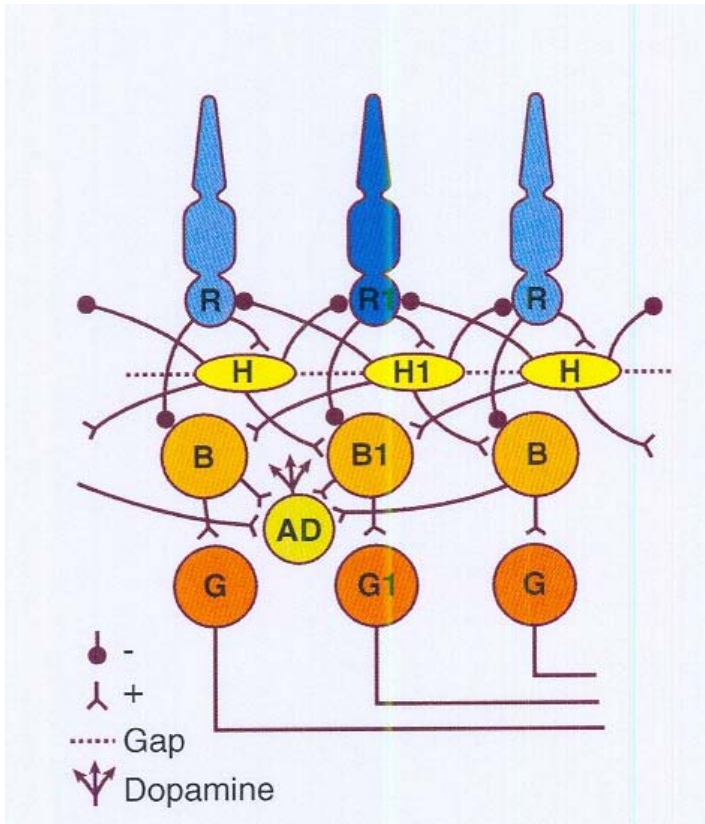
Type	Cellule	Arbre	Projection	Vision
W	petite	large	TQA	ambiante, regard
X	moyenne	petit	CGL	fine
Y	grosse	large	CGL	grossière



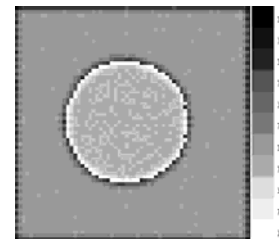
# Centre pourtour



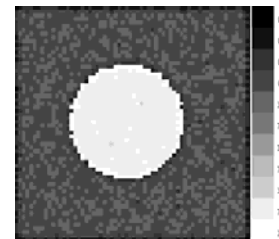
# Amacrines et horizontales



Sans dopamine  
 $G_{\text{gap}} = 10^{-6} \text{ S}$



Sans dopamine  
 $G_{\text{gap}} = 10^{-10} \text{ S}$



Avec dopamine  
 $G_{\text{gap}} = 10^{-7} \text{ S}$

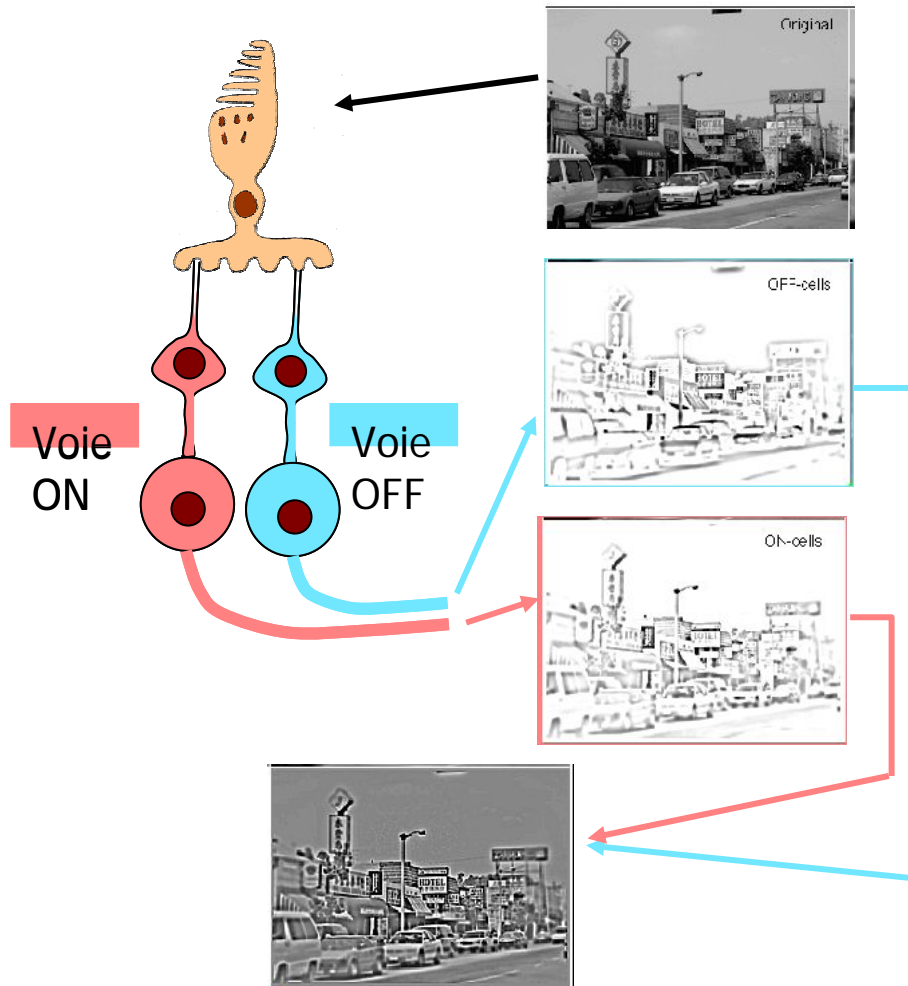


# Cellules amacrines

<i>type</i>	<i>arbre dendritique</i>	<i>Transmetteur</i>	<i>rôle</i>
<i>A1</i>	<i>large, très dense</i>	<i>Ach</i>	<i>détection du mouvement</i>
<i>All</i>	<i>petit, dense</i>	<i>Ach</i>	<i>vision à faible luminance</i>
<i>D</i>	<i>très large, lâche</i>	<i>Dopamine</i>	<i>module l'excitabilité générale</i>



# Ce que voient les cellules



# Bâtonnets et cônes

## Bâtonnets

Achromatique : un pigment  
Rhodopsine  
Beaucoup de photopigment  
Réponse lente  
Grande amplification  
(1 seul photon)  
Grande sensibilité  
Réponse saturante  
Voies rétiniennes  
très convergentes  
Faible acuité  
Non directionnel

## Cônes

Chromatique : trois pigments  
Iodopsine (B, V, R)  
Peu de photopigment  
Réponse rapide  
Faible amplification  
  
Faible sensibilité  
Réponse non saturante  
Voies rétiniennes  
peu convergentes  
Grande acuité  
Directionnel



# Adaptation

- ▶ Si on passe d'une zone claire à une zone sombre
  - ▶ il faut du temps avant de pouvoir distinguer les objets
    - ▶ L'**adaptation** est cette modification de sensibilité à la lumière.
- ▶ On distingue deux types d'**adaptation**
  - ▶ elles présentent des constantes de temps différentes
    - ▶ selon les mécanismes mis en jeu.
  - ▶ L'exposition prolongée à la lumière épuise les réserves
    - ▶ de 11cis rétinale,
      - ▶ L'**adaptation photochimique** se fait en 1h
        - ▶ resynthèse de transrétinal
      - ▶ de transmetteur.
    - ▶ L'**adaptation nerveuse** se fait en quelques minutes
      - ▶ recaptage de glutamate





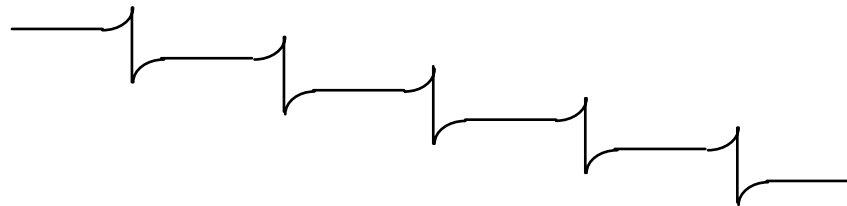
# Illusions d'optique

## Les bandes de Mach

**Stimulation**



**Perception**



# Illusions d'optique

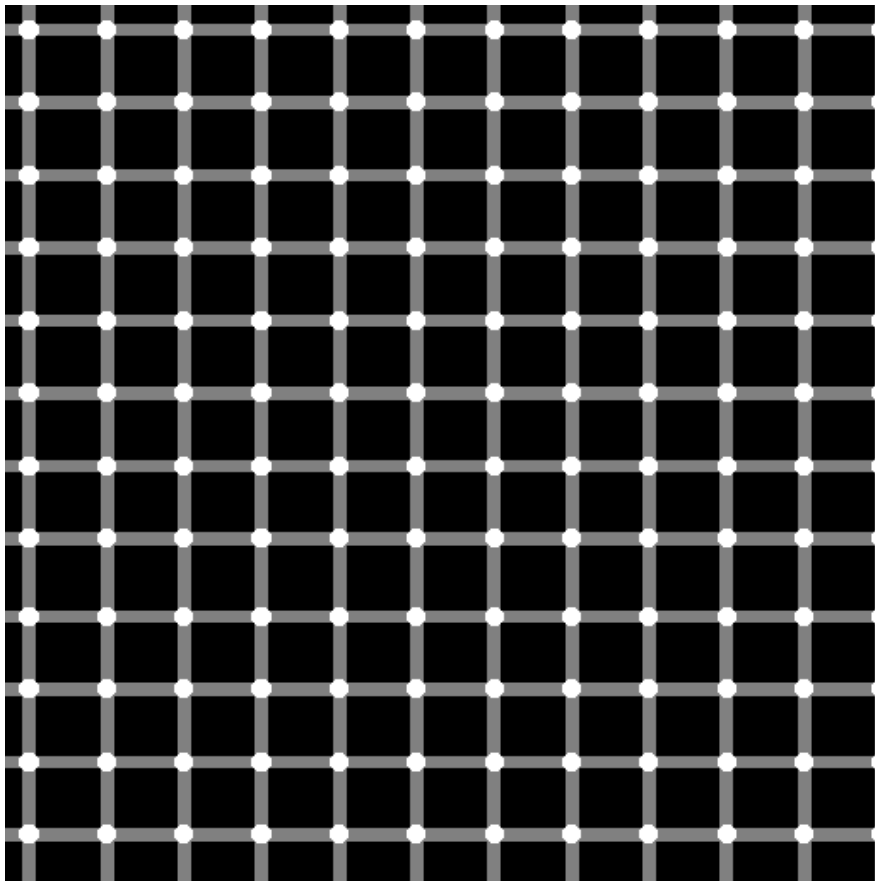
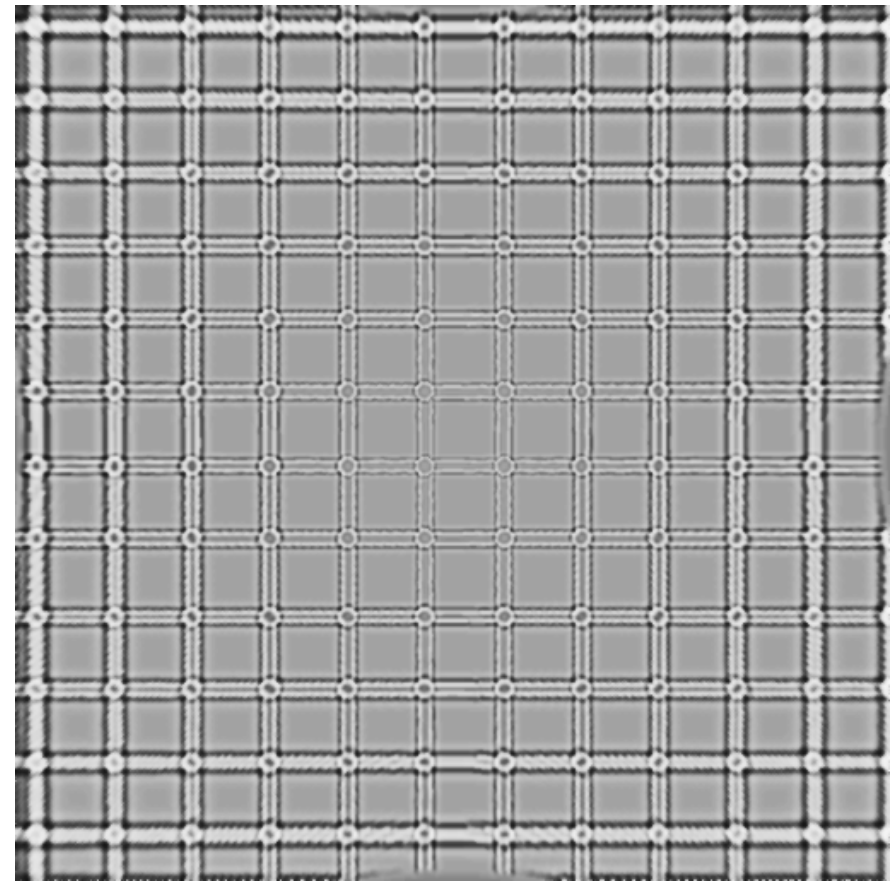


Image montrée



Sortie d'un modèle de rétine



# Les particularités de la rétine

- ▶ La rétine a des caractéristiques inhabituelles :
  - ▶ les photorécepteurs sont normalement excités à l'obscurité (canaux Na ouverts),
  - ▶ le stimulus lumineux module l'hyperpolarisation.
- ▶ La synapse récepteur/bipolaire n'a pas de seuil
  - ▶ libère son transmetteur en permanence.
    - ▶ Cette libération est modulable par les cellules horizontales.
- ▶ L'information est transmise sans spike.
- ▶ L'information est prétraînée
  - ▶ par les cellules amacrines et horizontales.



# Prétraitement rétinien de l'information

## ◻ Différences régionales:

### ▶ rétine périphérique

- ▶ Vision Nocturne

- ▶ Détection des déplacements d'objets dans le champ visuel

### ▶ rétine centrale

- ▶ Vision diurne

- ▶ Détails fins



# Prétraitement rétinien de l'information

---

## ▶ Des cellules ganglionnaires (centre-pourtour)

- ▶ qui ignorent ce qui est uniforme,
  - ▶ détectent les discontinuités
    - ▶ spatiales (différences de luminance)
    - ▶ temporelles (objets en mouvement)

## ▶ Un précodage de l'information

- ▶ détection des figures
- ▶ filtrage spatial
  - ▶ simple chez le mammifère
    - ▶ traitement de la complexité déporté au niveau cortical
  - ▶ complexe chez le batracien qui est peu corticalisé



# Explorations fonctionnelles

## ▶ Electro-oculographie (EOG)

- ▶ L'**électro-oculographie** consiste à mesurer l'évolution du potentiel de repos de la rétine en fonction des conditions d'éclairement (obscurité et éblouissement).
- ▶ L'**EOG** étudie la fonction de l'épithélium pigmentaire et de l'article externe des photorécepteurs.
  - ▶ Sa principale indication chez l'enfant et le jeune adulte est le diagnostic de la maladie de Best (dystrophie maculaire génétique bilatérale, ou dystrophie vitelliforme juvénile, qui entraîne une baisse tardive de la vision).
    - ▶ Il est rarement réalisable de façon fiable avant l'âge de 6 ans.



# Explorations fonctionnelles

## ▶ Electro-oculographie (EOG)

- ▶ L'**EOG** nécessite la pose de 4 petites électrodes aux bords externe et interne de chaque oeil.
  - ▶ L'enregistrement consiste à recueillir les réponses obtenues par un mouvement de va-et-vient des yeux entre 2 repères lumineux rouges. Lorsque le patient effectue des mouvements oculaires horizontaux, la différence de potentiel varie proportionnellement au potentiel de repos et à l'amplitude des mouvements. Si les mouvements sont d'amplitude constante, les variations d'amplitude des signaux sont directement proportionnelles à celles du potentiel de repos.
  - ▶ La bonne réalisation de l'examen suppose donc la coopération du sujet, l'intégrité des fonctions oculomotrices et l'intégrité de la fixation.
- ▶ Chez un sujet normal, l'amplitude des signaux enregistrés se modifie lors du passage de l'obscurité à la lumière.



# Explorations fonctionnelles

## ▶ Electro-rétinographie (ERG)

- ▶ L'**électro-rétinographie** étudie la réponse électrique de la rétine à une stimulation lumineuse et peut fournir un test objectif et quantitatif de la fonction des couches externes de rétine.
- ▶ L'**ERG** est une technique d'enregistrement qui permet d'enregistrer le potentiel existant entre la cornée et le pôle postérieur de l'oeil.
  - ▶ Elle est indispensable pour diagnostiquer une rétinopathie quand l'atteinte de la fonction visuelle est mal expliquée
- ▶ L'enregistrement de l'ERG est réalisé sur un œil dont les pupilles sont dilatées ce qui permet d'obtenir un éclairage uniforme de la rétine.
- ▶ Les stimulations lumineuses se font dans une coupole permettant une illumination rétinienne en champ total.





# Explorations fonctionnelles

## Electro-rétinographie (ERG) suite

- ▶ On pose des électrodes cornéennes avec un collyre anesthésique afin d'améliorer le confort.
- ▶ Le patient est allongé dans un fauteuil dans une pièce semi-obscur.
- ▶ Les deux yeux sont stimulés en même temps grâce à un flash qui génère des éclairs intenses de couleurs différentes (successivement blanc, bleu et rouge).
- ▶ Deux déflexions sont enregistrées; une onde négative, l'**onde a**, attribuée à l'activité de l'article externe des photorécepteurs et une onde positive, l'**onde b**, qui prend son origine dans les couches internes de la rétine.
- ▶ L'**ERG** est actuellement essentiellement utilisé dans la surveillance des atteintes de l'épithélium pigmentaire (rétinite pigmentaire) par les antipaludéens de synthèse (Plaquenil).

