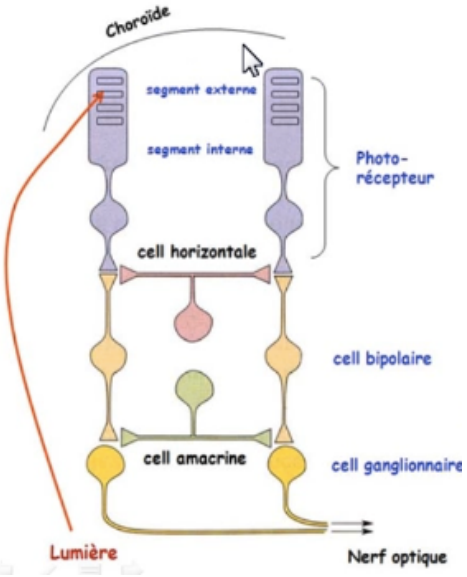
EIA Neuro
Neurophysio 11

VISION

1. *Comment prenons-nous connaissance visuellement de ce qui arrive dans le monde ?*
2. *Autre façon de poser la question : comment le système nerveux construit-il pour nous le monde tel qu'il nous apparait visuellement*
3. *Applications physiopathologiques : comment comprendre les troubles de la vision qu'on observe en pathologie*

I – Photorécepteurs

A- Architecture de la rétine



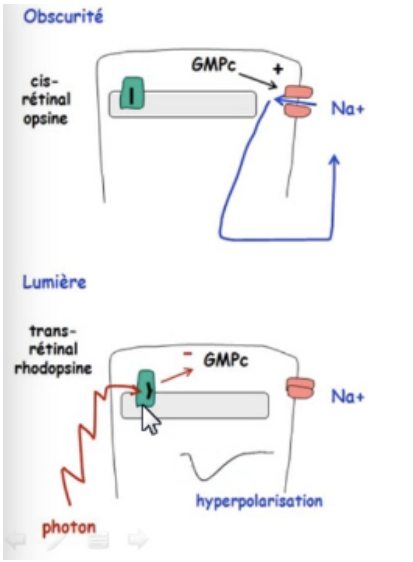
- **10 couches rétiniennes**
  - **Photorécepteurs :** 6millions de cônes et 120 millions de bâtonnets
  - **Transmission verticale :** photorécepteurs-cellules polaires-cellules ganglionnaires-nerf optique
  - **Intégration horizontale**

  Dans la couche plexiforme externe : **cellule horizontale**

  Dans la couche plexiforme interne : **cellules amacrines**
- Les photorécepteurs ne sont pas situés à la surface de la rétine mais en profondeur (la lumière doit traverser toutes les couches pour y parvenir)

Présence de **photopigments** dans les disques des segments externes. Les **pigments photosensibles :** formé d'un dérivé de la vitamine A **(le rétinal)** et d'une protéine (**l'opsine)**

B- Fonctionnement des bâtonnets et des cônes



Fonctionnement des bâtonnets

- Dans l'obscurité :
  - **Segment externe** : production de **GMPc** qui ouvre les **canaux NA+** membranaires = **dépol permanente** de la mb
  - **Segment interne :** sortie du Na+ par la pompe **NA+/K+ ATPase = cycle**
- A la lumière : cascade d'événements :
  - Un **photon** transforme le **cis-rétinal en trans-rétinal** = modif stérique qui induit un changement de la forme de **l'opsine en rhodospine**
  - Activation d'une **proteine G** (transducine) puis d'une **photodiestérase** : inactive le GMPc
  - **Fermeture des canaux Na+** = **hyperpolarisation** : potentiel de récepteur = **transduction** : transformation d'un signal lumineux en signal électrique

    Avec phénomène d'**amplification** : 1 photon inactive 150 millions de molécule de GMPc

Fonctionnement des cônes

- Idem sauf trois types de pigments
  - **Rétinal + photopsines** avec un max de sensibilité pour longueur d'ondes différentes
  - **Spécialisation** des cônes pour un pigment « bleu » « vert » « rouge »
  - Une lumière de longueur d'onde donnée entraine une activité + ou – important des 3 types de cônes
- **Théorie trichromatique** : toute couleur perçue peut se réduire à une combinaison de 3 couleurs, codage de l'infinité des couleurs par 3 types de cônes en fonction du niveau d'activation

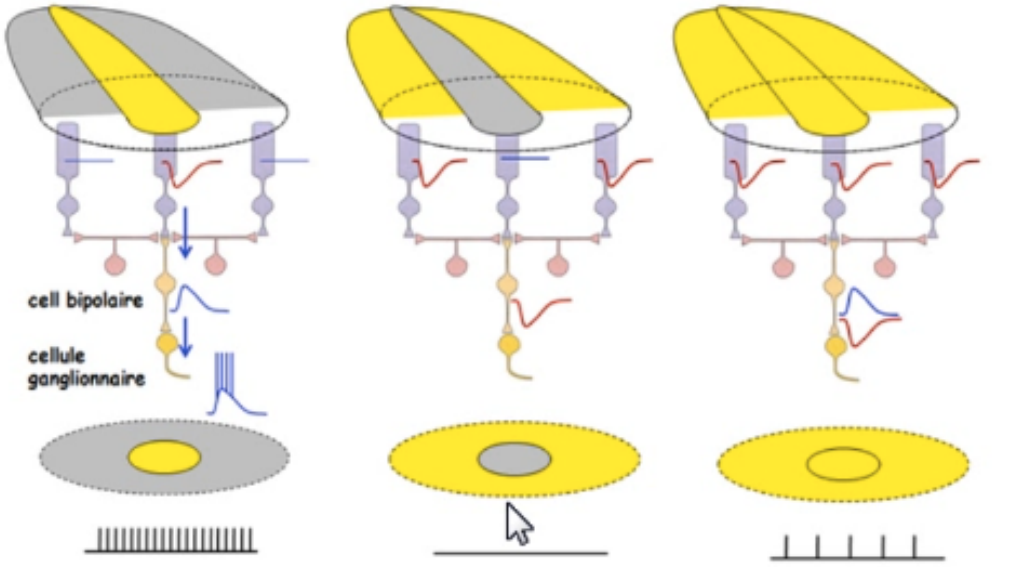
C- Intégration rétinienne

- 2 régions avec différence d'organisation neuronale
- **Vision photopique – scotopique**
  - Seuil batonnets < seuil cônes

FOVEA	PERIPHERIE
QUE cônes	Batonnets ++
pas de convergence : 1 cellule bipolaire – 1 cellule ganglionnaire	**grande convergence** : 1 cellulue ganglionnaire – 100 à 300 photoR
grande discrimination spaciale, acuité visuelle +++	grande sensibilité : décharge d'une cellule ganglionnaire si 1 ou 2 photons
Photopique = diurne : intensité lumineuse importante > seuil des cônes : vision des couleurs + bonne acuité visuelle	Scotopique = nocturne : intensité lumineuse < seuil des cônes : vision par les bâtonnets = en noir et blanc + faible acuité visuelle

Intégration par les cellules bipolaires et les cellules ganglionnaires

	Cellules bipolaires	**Cellules ganglionnaires**
Champ Récepteur	Limité, circulaire, concentrique Au centre : proj. De 1 ou plusieurs photoR A la periph : connexions latérales par cellules horizontales avec un effet inhibition latérale	Plus grand Convergence de cellules bipolaires + connexions par cellules amacrines
Réaction au stim	**Centre ON** → Dépolarisaiton si la lumière centrale **Pourtour OFF** → lumière périph entraine inhibition de la cellule bipolaire **Les deux ensembles** → inhibition périphérique entraine transmission moindre	Génèse de PA
Transmission	A la cellule ganglionnaire et nerf optique	Fibre nerf optique
	Il existe des cablages inverses : bipolaire centre OFF et pourtour ON Effet : analyse du contraste local	

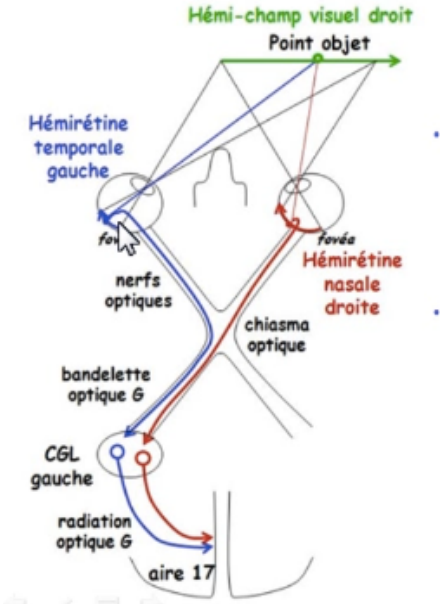


= Analyse de contraste local : détecte point blanc sur fond noir

II – Voies visuelles

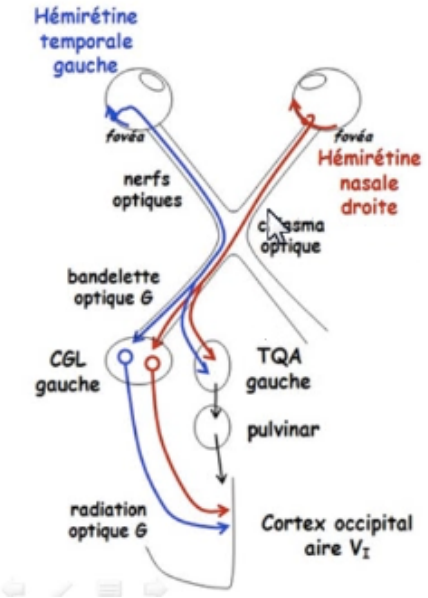
A- Croisement des voies visuelles

- **Champs visuel binoculaire :** 1 point de l'espace correspond à deux points homologues sur les rétines (1 sur chaque)
lié à la migration des yeux en position frontale chez l'homme
Sauf pour un croissant monoculaire vu seulement par l'hémi-rétine nasale homolatérale.
- **Croisement au chiasma optique** pour les fibres nasales mais pas pour les fibres temporales : les fibres de la fovéa croisent à 50%
résultat : les images d'un hémi-champs visuel se retrouvent en double du coté contro, mais vues de deux endroits différents et donc un peu décalées à cause des différences de profondeur, relief perçues.



B- Voie géniculo-corticale

- Relais dans le **corps genouillé latéral**, partie du thalamus organisé en plusieurs couches recevant alternativement des projections de l'hémirétine ipsi et controlatérale.
- Projection géniculo-corticales sur **l'aire visuelle primaire**
Anatomiquement, aire 17 à la face interne du lobe occipital de part et d'autre de la **scissure calcarine**
→**controlatérale** a l'hémi-champs visuel d'origine.
A chaque point objet correspondent 2 colonnes voisines (1 pour chaque rétine)
2 copies intercalées du même hémichamps visuel



C- Deux relais, deux voies

- **Voie principale géniculo-corticale :** fait relais dans le corps genouillé latéral
- **Voie rétinotectale** : concerne 10% des fibres ganglionnaires

Relais dans le t**ectum** (toit) du mésencéphale **: tubercule quadrijumeau antérieur ou colliculus supérieur**
Puis projection vers **les motoneurones des yeux et de la tête** pour mouvements coordonnées d'**orientation** du regard amenant l'image de la cible sur la fovea
+ projection sur le **pulvinar** et de là, sur **l'aire V et les aires visuelles secondaire = voie de la vision ambiante** qui donne le rapport des objets dans l'espace.

III – Organisation fonctionnelle du cortex visuel primaire

A- Rétinotopie

- **Conservation des voisinages** : 2 régions rétiniennes voisines sont représentée par 2 régions voisines de la carte corticale + continuité : reproduction du monde en 2D
- **Rangement autour de la scissure calcarine** :
  - fovea à l'arrière
  - périphérie de la rétine en avant
  - partie sup du CV au dessous
  - partie inf au dessus
- **Phénomène d'agrandissement :** la surface corticale affectée à une région de la rétine est **proportionnelle à la densité de cellules ganglionnaires** dans cette région

Fovea (1 cell gg par cone) est surreprésentée : champ récepteur des neurones corticaux très étroit : discrimination spatiale maximale, grande acuité visuelle

B- Bandes de dominance oculaire

- **Corps genouillé latéral** : 6 couches avec dominance oculaire
  - 1,4,6 : hémirétine nasale controlatérale
  - 2,3,5 : hémirétine temporale homolatérale
- **Aire visuelle primaire** : bandes de dominance oculaire : surtout dans la couche 4 : point d'arrivée principal des projections du corps géniculé latéral
- **Signification des termes en colonnes**
  - **Hypercolonne** : région du cortex V1 liée à une région de l'espace objet de l'hémi champs visuel controlatéral
    Chacune est subdivisée en **2 colonnes de dominance oculaire** = intro d'une 3ème dimension

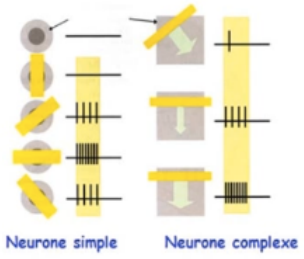
- **Colonnes corticales**

A une région donnée de la rétine correspond une hypercolonne du cortex primaire = une petite région corticale et tous les neurones des couches sous-jacente

- **Organisation en cartes corticales :** une carte pour chaque modalité sensorielle

chaque carte : 2 dimensions X,Y codant la position dans l'espace
Subdivison de chaque région de la carte selon des sous modalité :

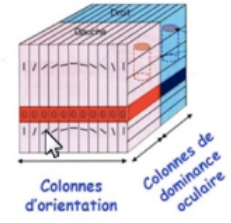
- 3e dim : origine oculaire
- 4e dim : orientation du stimulus visuel



C- Colonnes d'orientation

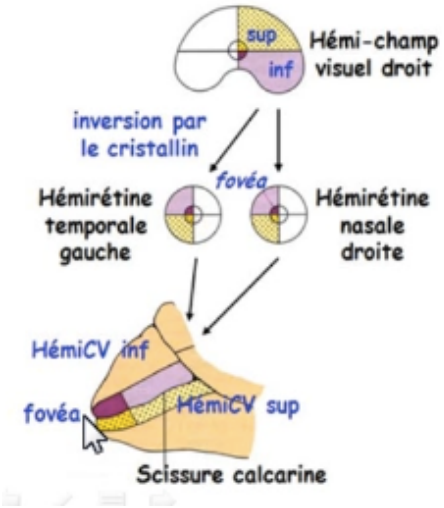
- **Colonnes d'orientation :** il existe des cellules codant pour cheque direction (cellule voisine : code pour une autre orientation)

Répartition en **colonnes d'orientations** qui croisent avec les colonnes de dominance oculaire au sein du cube lié à une région donnée du champ visuel = **4e variable** codée sur la carte corticale 2D



- **Champs récepteur des cellules corticales**
  - Simple : réponse max pour une position et une orientation précise de la stimulation lumineuse dans le champ
  - Complexe : idem mais réponse max si déplacement latéral de la stimulation lumineuse dans le champ
  - Hypercomplexe (aires secondaires) : idem mais réponse max si la stimulation a une longueur spécifique

IV – Intégration visuelle plus poussée



A- Deux systèmes d'analyse

- **Projection vers les aires secondaire avec convergence croissante** : simple, complexe, hypercomplexe
  - **Système dorsal (pariétal)** =
    aire V5 ou temporale moyenne→ aire pariétales → préfrontale motrice
    Rôle analyse des **déplacements d'objets** dans le champ visuel +
    contrôle de l'action et déclenchement de mouvement
  - **Système ventral** = aire V4 **reconnaissance des orientations** et de la couleur + cortex inféro temporal associatif puis préfrontales motrices :
    perception et reconnaissance des formes

B- Rôle fonctionnel des aires visuelles

- Aire visuelle primaire

- Stimulation : hallucination visuelle élémentaire éclairs, couleurs..
- Lésion : hémianopsie latérale homonyme mais réaction d'orientation de la tête et des yeux aux stimulations lumineuses

- **Aire secondaire et associative**

- Stimulation : formes géométriques simple ou hallucinations visuelle complexe (rôle d'interprétation)
- Lésion : troubles de la perception et de la reco des formes, parfois de façon très spécifique + trouble des commandes motrices a point de départ visuel