

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 apparaît 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

- **Photorecepteurs** : 6 millions de cônes et 120 millions de bâtonnets
- **Transmission verticale** : photorecepteurs-cellules polaires-cellules ganglionnaires-nerf optique
- **Intégration horizontale**

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

Dans la couche plexiforme interne : **cellules amacrines**

- Les photorecepteurs 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 rétinol**) 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 :

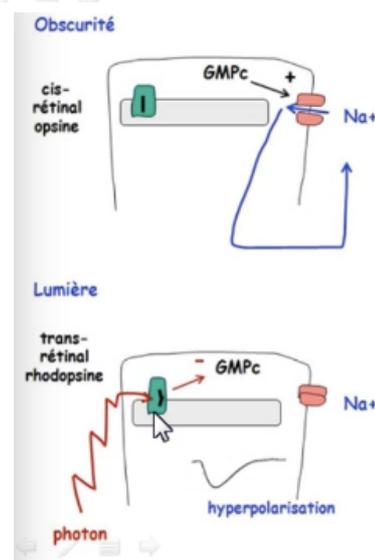
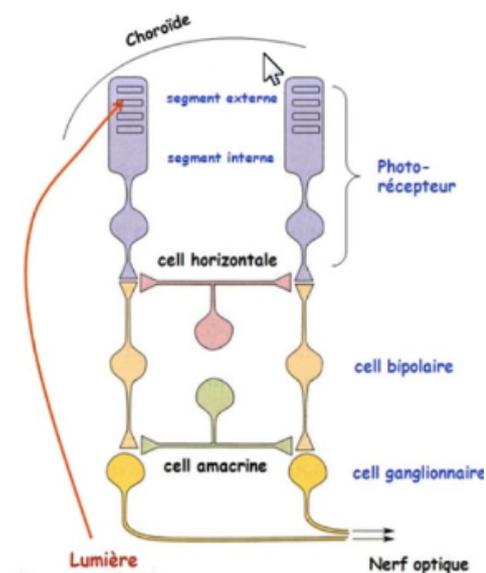
- Un **photon** transforme le **cis-rétinal en trans-rétinal** = modif stérique qui induit un changement de la forme de **l'opsine en rhodopsine**
- Activation d'une **protéine G** (transducine) puis d'une **photodiesterase** : inactive le GMPC
- **Fermeture des canaux Na⁺** = **hyperpolarisation** : 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 entraîne 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 cellule ganglionnaire – 100 à 300 photoR
grande discrimination spatiale, acuité visuelle +++	grande sensibilité : décharge d'une cellule ganglionnaire si 1 ou 2 photons
<u>Photopique</u> = diurne : intensité lumineuse importante > seuil des cônes : vision des couleurs + bonne acuité visuelle	<u>Scotopique</u> = 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 <u>Au centre</u> : proj. De 1 ou plusieurs photoR <u>A la periph</u> : 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 entraîne inhibition de la cellule bipolaire Les deux ensembles → inhibition périphérique entraîne 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	

C- Deux relais, deux voies

- **Voie principale géniculocorticale** : fait relais dans le corps genouillé latéral

- **Voie rétinotectale** : concerne 10% des fibres ganglionnaires

Relais dans le **tectum** (toit) du mésencéphale : **tubercule quadrijumeau antérieur ou colliculus supérieur**

Puis projection vers **les motoneurones des yeux et de la tête** pour mouvements coordonnés 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 secondaires** = **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 rétinienne 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 3^{ème} 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 :

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

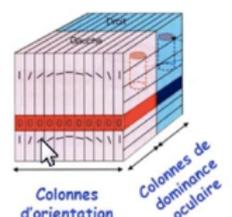
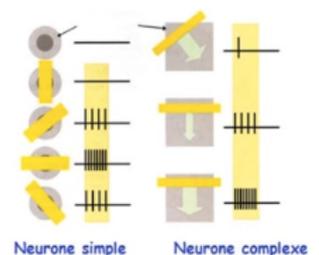
C- Colonnes d'orientation

- **Colonnes d'orientation** : il existe des cellules codant pour chaque 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 = **4^e 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 secondaires avec convergence croissante** : simple, complexe, hypercomplexe

- **Système dorsal (pariétal)** =
aire V5 ou temporale moyenne → aires 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 à point de départ visuel

