

# L'œil / Système sensoriel visuel.

## I\ Généralités/Définitions.

Un stimulus lumineux peut être défini par :

- sa brillance (intensité, éclat),
- sa couleur,
- sa taille (dimension),
- sa forme,
- une dimension de mouvement,
- sa profondeur.

Un stimulus efficace a sa longueur d'onde comprise entre 400 et 700nm (entre le violet et le rouge).

L'œil n'a pas la même sensibilité pour les différentes longueurs d'onde. Lors d'une expérience où un sujet compare des plages de couleurs différentes et de même intensité (au niveau physique), celui-ci doit faire varier leur intensité physique pour avoir la même intensité de sensibilité visuelle. La meilleure sensibilité de l'œil est de l'ordre de 550nm.

Pour des sujets adaptés à l'obscurité, il y a un décalage avec la première courbe et le maximum de sensibilité est atteint à 500nm.

→ Il y a une dualité dans le fonctionnement de notre vision (diurne et crépusculaire).

Le seuil de sensibilité absolue (quantité minimale d'énergie) donne la valeur la plus faible pour laquelle quelques photons suffisent à donner l'impression de lumière.

Cette sensibilité dépend tout de même de la zone de la rétine qui est stimulée et d'une précédente adaptation à l'obscurité.

### A\ Les seuils différentiels.

Pour un niveau de gris, on a 30 à 40 distinctions. On n'est pas forcément sensible à la valeur de l'absorption → impression de contraste.

→ Le système visuel nous renseigne plus sur la valeur relative que sur la valeur absolue.

### B\ Courbe d'absorption à l'obscurité.

Cette courbe est la mesure du seuil absolu.

Au début de l'expérience, le seuil est relativement élevé (→ mauvaise sensibilité du sujet) puis la sensibilité s'améliore progressivement.

La courbe présente un seuil de stabilisation.

Si l'on oblige le sujet à fixer la cible lumineuse, on a une adaptation médiocre. Si ce sujet ne fixe pas cette cible, on obtient alors une sensibilité maximale car le stimulus arrive en dehors du point fixé.

### C\ Le champ visuel.

Le champ visuel correspond à la zone de l'espace dans laquelle un stimulus est détectable pour un œil relativement fixe.

Pour un champ monoculaire, on a 90° de vision en temporal, 60° en nasal et 70° en haut et en bas.

La majeure partie du champ visuel global est binoculaire : sur 120°, on a une vision double qui permet la vision en 3D grâce à ce recouvrement des deux champs visuels.

Il existe une zone qui se révèle aveugle (la tache aveugle) : c'est une zone de la rétine sans récepteurs.

## D\ L'acuité visuelle ou discrimination spatiale.

L'acuité visuelle est la capacité à distinguer deux points rapprochés de l'espace. C'est le plus petit angle qui permette de distinguer deux objets rapprochés.

L'acuité est exprimée en degrés d'angle à cause de la bonne résolution.  $\alpha \approx 1'$  d'angle.

En fait, avec ces résultats, c'est que l'on est dans la zone la plus favorable de l'œil. Quand on ne fixe pas l'objet, l'acuité diminue fortement.

## E\ La discrimination temporelle.

Chez l'homme, la discrimination temporelle est relativement mauvaise : elle est comprise entre 4 et 5ms.

## F\ La vision des couleurs.

L'Homme est capable de distinguer 200 nuances colorées sur la base de la longueur d'onde.

En réalité, on en distingue beaucoup plus car ce que l'on voit ne correspond pas qu'à la longueur d'onde. On distingue aussi la saturation (degré de pureté), la brillance (intensité).

→ On voit à peu près 1.000.000 de nuances différentes.

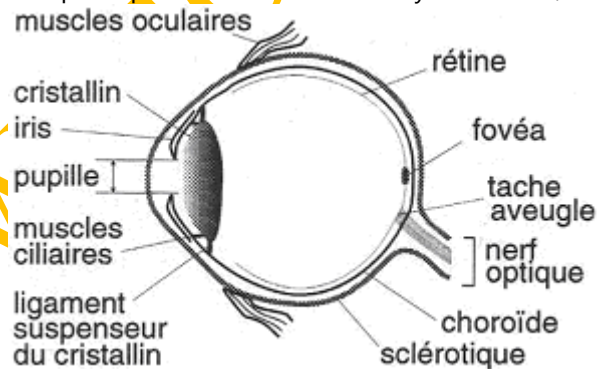
## G\ La vision de la profondeur.

On est capable de distinguer des objets en profondeur de  $\frac{1}{2}$  millimètre pour 1 mètre. À 10 mètres, on distingue 10 centimètres de profondeur.

La disparité rétinienne est la différence entre l'image de l'œil droit et celle de l'œil gauche qui donne deux images très légèrement différentes.

# II\ Description de l'organe de l'œil.

L'œil est une formation sphérique dont le diamètre moyen est de 2,5 centimètres.



## A\ La sclérotique.

La sclérotique est la partie dure, fibreuse qui donne sa forme à l'œil (le blanc). Elle est en continuité avec la gaine du nerf optique et même avec les méninges (la dure-mère).

Vers l'avant, cette sclérotique devient transparente et laisse passer la lumière : c'est la cornée. Cette dernière joue un rôle essentiel car c'est à ce niveau que les rayons lumineux subissent la réfraction maximale (phénomène qui permet de recevoir des images latérales).

Cette zone présente une richesse en muscles de l'œil (quatre nerfs crâniens contrôlent la motricité de l'œil).

## B\ La choroïde.

La choroïde est une couche intermédiaire riche en vaisseaux sanguins. Elle permet la synthèse de nombreux liquides de l'œil (rôle métabolique). Elle contient un grand nombre de cellules pigmentaires qui forment la chambre noire de l'œil pour éviter les reflets lumineux.

À l'avant de la choroïde, on trouve l'iris qui est un sphincter constitué de fibres musculaires circulaires. La contraction de ces fibres qui provoque la fermeture de la pupille est appelée « myosis ». On trouve aussi des muscles antagonistes (radiaires) pour l'ouverture de la pupille : c'est la « mydriase ». Ces deux systèmes sont commandés soit par le système orthosympathique (pour la mydriase) et par le système parasympathique (myosis).

L'ouverture et la fermeture de ce diaphragme sont régulées par voie réflexe.

Ces systèmes peuvent toutefois être liés à d'autres facteurs (à cause du système orthosympathique) que des stimuli visuels.

On trouve le cristallin (lentille optique convergente) qui peut subir des déformations. Ce cristallin possède un noyau dur avec autour, des fibres conjonctives enchevêtrées qui permettent une certaine souplesse.

Autour de ce cristallin se trouve un ligament suspenseur qui étire en permanence cette lentille (phénomène passif). Il y a aussi le mécanisme des muscles ciliaires qui permettent la déformation de l'arrière du cristallin et modifient ainsi son rayon de courbure. La « lentille » devient plus convergente : c'est l'accommodation.

Au repos, on a une vision nette à l'infini. L'accommodation, pour voir les objets proches, est un phénomène actif.

La presbytie entraîne une diminution de la souplesse du cristallin qui accommode alors moins bien.

La pupille est le noir de la chambre noire que l'on voit de l'extérieur.

## C\ La rétine.

La rétine correspond à la partie la plus interne qui est très fine. C'est une zone nerveuse, en fait, l'organe sensoriel de l'œil.

La sphère n'est pas la meilleure forme pour obtenir la meilleure image. Les images arrivant sur la partie centrale seront bonnes alors que celles qui arrivent sur les zones périphériques seront plus floues.

On trouve trois couches cellulaires sur cette rétine. La zone photosensible est au fond et la lumière doit donc venir traverser les couches supérieures. Cette zone comprend les cônes et les bâtonnets.

Au niveau de la fovéa (région de la rétine dans l'axe optique), la rétine est moins épaisse. Les deux premières couches sont déportées latéralement : la lumière arrive plus directement.

On a deux types de récepteurs répartis différemment sur la rétine. À 0°, on a donc la fovéa qui ne comporte que des cônes (en grand nombre) qui deviennent rares en s'éloignant vers la périphérie. Les bâtonnets sont beaucoup plus nombreux et sont répartis tout autour de la fovéa, sur toute la rétine périphérique (et particulièrement autour de la fovéa).

Il y a aussi une zone particulière où l'on ne trouve ni cônes ni bâtonnets : « la tâche aveugle ».

De l'intérieur de l'œil vers l'extérieur, on trouve :

- Les cellules ganglionnaires.
- Les neurones bipolaires.
- Les cônes et/ou les bâtonnets.

La transduction a lieu dans les cônes ou les bâtonnets ; l'information transite dans un neurone bipolaire et un potentiel d'action (ou une salve de potentiels d'action) naît dans une cellule ganglionnaire. Tous les axones convergent au niveau du point d'insertion du nerf optique et traversent la rétine.

→ C'est une « rétine inversée » car la lumière arrive dans un sens et l'information chemine en sens inverse. C'est une caractéristique des yeux de vertébrés alors que les yeux de mollusques ne sont pas inversés.

Au niveau de la fovéa, la lumière stimule un cône qui en relation avec un neurone bipolaire lui-même, relié à son neurone ganglionnaire : chaque cône a sa ligne de réponse.

Au niveau de la rétine périphérique, plusieurs (3 à 5) bâtonnets sont en relation avec un neurone bipolaire. Plusieurs (4 à 6) neurones bipolaires sont eux-mêmes en relation avec un neurone ganglionnaire. Un neurone ganglionnaire est donc représentatif d'une zone de la rétine.

On comprend donc mieux la discrimination : la fovéa a une discrimination parfaite : « point par point » alors que la rétine périphérique possède une définition par zone, par conséquent, une mauvaise résolution spatiale.

En vision crépusculaire, les cônes de la fovéa seront insuffisamment excités pour donner une information. Au contraire, la rétine périphérique répond à la faible lumière : les informations de plusieurs bâtonnets convergent vers un neurone bipolaire et plusieurs neurones bipolaires convergent sur un neurone ganglionnaire : on obtient donc, par sommation, un potentiel d'action.

→ La rétine périphérique est la zone la plus photosensible.

### III\ La transduction visuelle.

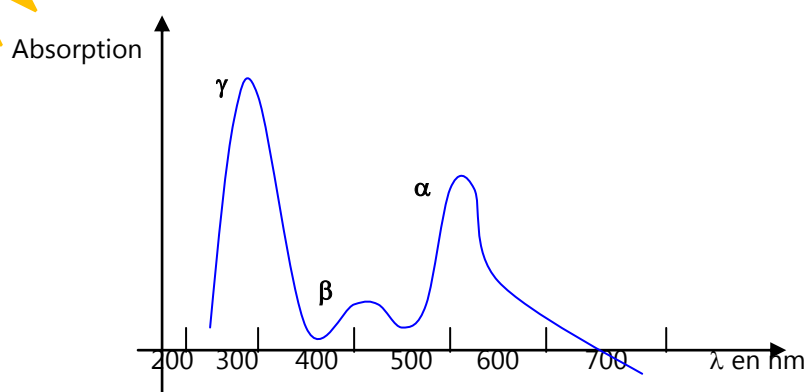
L'arrivée de la lumière dans la cellule visuelle entraîne une différence de potentiel en hyperpolarisation. On remarque la faiblesse du potentiel de repos relativement élevé (-35mV). En fait, la lumière ne fait qu'amener le potentiel membranaire de la cellule photosensible au niveau du potentiel de repos d'une cellule classique.

Dans les cônes et les bâtonnets, on note la présence de segments interne (vers le globe oculaire) et de segments externes, avec des replis membranaires où se trouvent des photopigments (absorbant la lumière).

Sur les cônes, les replis sont simples alors que sur les bâtonnets, les replis sont anastomosés.

Le photopigment le plus connu est la « rhodopsine ». C'est une molécule transmembranaire constituée d'une opsine et d'un groupement prosthétique : le rétinale (associé à l'opsine).

La rhodopsine absorbe les rayons lumineux selon des pics dont le plus important est situé dans les UV (à  $\lambda=300\text{nm}$ ). Les UV étant rares, le pic qui nous intéresse est donc le pic  $\alpha$  (entre 500 et 510nm) : c'est celui qui explique le maximum de sensibilité nocturne.

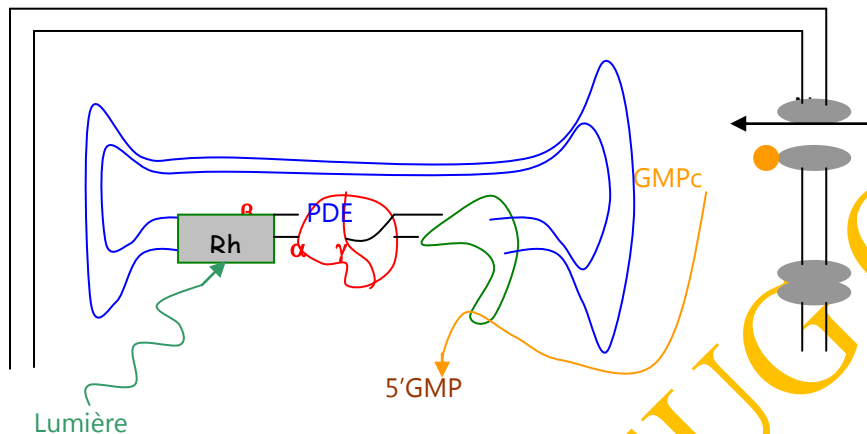


Quand la lumière arrive sur la rhodopsine, elle transforme ce pigment en méta rhodopsine et le rétinale passe de la forme 11cis à la forme trans. Il y a donc séparation en opsine/rétinal. Un recyclage est possible au bout de quarante-cinq minutes.

Au niveau du segment externe, les canaux sodium sont ouverts en permanence à l'obscurité. Seul le segment interne comporte des pompes à sodium (pompe Na/K), d'où l'existence de ce courant d'obscurité. → C'est ce courant qui entraîne un potentiel de repos plus élevé que dans les autres cellules.

La lumière va provoquer la fermeture des canaux sodium et donc, une hyper polarisation.

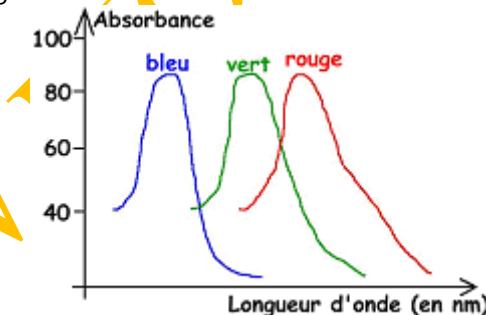
Ces canaux sodium sont soumis à la présence de GMPc (ils sont GMPc dépendants). Si la concentration en GMPc diminue, les canaux se ferment.



Il y a activation d'une protéine « g » (Transducine) après la coupure de la rhodopsine. Il y a alors activation d'une phosphodiésterase qui vient détruire le caractère cyclique du GMPc et donc fermer les canaux.

Au niveau fonctionnel, le mécanisme se déroule avec une certaine inertie : d'où la faible résolution temporelle de l'œil.

La rhodopsine est le pigment des bâtonnets.



Le spectre d'absorption des cônes (ci-dessus) nous montre qu'il existe trois types de pigments, donc trois cônes différents.

En réalité, seule la configuration de l'opsine diffère par rapport à la rhodopsine des bâtonnets, ce qui crée un décalage du spectre d'absorption. On peut voir qu'il y a un recouvrement du spectre par les différents cônes. Ils vont être plus ou moins stimulés pour leur propre pigment : c'est une vision trichromatique.

Il existe des cas où les sujets ne possèdent pas les trois types de cônes ; il peut manquer de un à trois types de cônes : c'est le daltonisme.

## IV\ Mécanismes d'adaptation à la lumière.

Les cellules photoréceptrices donnent en permanence un courant d'obscurité par des canaux Na-GMPc dépendant. C'est le taux de GMPc qui détermine l'ouverture de ces canaux. Cet aminoacide cyclique est synthétisé par la guanylate cyclase. Chaque fois que le sodium entre dans la cellule, du  $\text{Ca}^{2+}$  entre aussi ; le rapport est de 7 Na pour 1  $\text{Ca}^{2+}$ . C'est ce calcium qui va agir sur cette enzyme en l'empêchant de synthétiser du GMPc.

Si l'éclairement est très fort, tous les canaux se ferment (récepteurs saturés). Le calcium ne peut plus rentrer et sa concentration intracellulaire va diminuer. Il y a alors levée de l'inhibition de la guanylate cyclase qui reprend la synthèse de GMPc et provoque ainsi la réouverture des canaux.

→ Il y a alors dépolarisation puis adaptation au nouveau niveau d'éclairement.

Ce mécanisme est différent du mécanisme d'adaptation à l'obscurité : il est beaucoup plus rapide et n'a besoin que de quelques secondes.

Les cellules bipolaires sont en connexion avec les cellules photosensibles. On trouve deux nouveaux types cellulaires qui assurent les liaisons horizontales :

- Les cellules horizontales. Elles établissent des liaisons sur les synapses des neurones bipolaires et sensoriels.
- Les cellules amacrines. Elles établissent des liaisons sur les synapses des neurones bipolaires et ganglionnaires.

Si l'on plante une électrode dans une cellule bipolaire, on obtient deux types de réponses qui dépendent du type de cellules horizontales mises en jeu : dépolarisation ou hyperpolarisation. Attention, il n'y a pas de potentiel d'action dans ces cellules mais seulement des variations de potentiel.

On a pu montrer que ces cellules répondent à l'action d'un neurotransmetteur spécial : le glutamate. Celui-ci est émis à l'obscurité. Quand on stimule la rétine, la quantité de glutamate émis dans la synapse va diminuer.

Le neurone bipolaire se dépolarise à la lumière, donc, quand il y a moins de glutamate : → Le glutamate va hyperpolariser cette cellule. Au niveau de la synapse, on trouve des canaux GMPc dépendants.

Pour les cellules bipolaires hyperpolarisantes :

- A la lumière, elles sont dépolarisées par le glutamate.
- À l'obscurité, elles sont hyperpolarisées.

## V\ Les champs récepteurs.

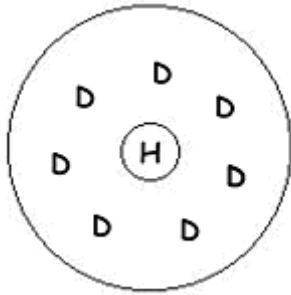
### A\ Champ récepteur au niveau des cellules bipolaires.

En fait, ce que l'on observe est un « champ récepteur ». On recherche, par un spot lumineux fin, la zone de l'espace où la présence du stimulus modifie la réponse de la cellule (dépolarisation ou hyperpolarisation).

On obtient, au niveau des cellules bipolaires, des champs récepteurs circulaires de quelques degrés (1 à 4). La réponse va être différente si ce spot se trouve au centre ou à la périphérie du champ. Par exemple, on peut avoir une dépolarisation quand le centre est stimulé et une hyperpolarisation quand c'est la périphérie qui l'est.

La réponse antagoniste est une inhibition latérale exercée par les cellules horizontales.

Pour une cellule bipolaire hyperpolarisante :



Quand on stimule dans l'axe, on obtient une hyperpolarisation.

Quand on stimule la périphérie, on obtient une dépolarisation.

On obtient des différences selon le lieu d'enregistrement de la rétine :

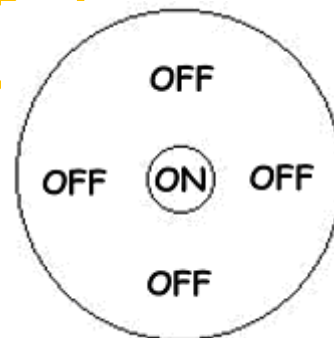
- Sur la fovéa : La partie centrale du champ récepteur est très petite (1 minute d'angle)
- Sur la périphérie : Il va y avoir sommation spatiale et la partie centrale du champ va être de plusieurs degrés.

Sur ces cellules, la conduction est purement électrique, car les cellules sont de petite taille.

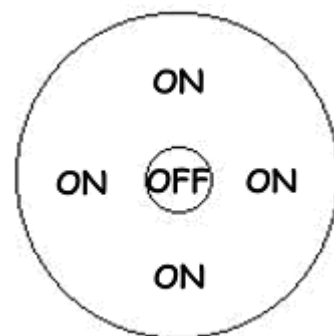
## B\ Champ récepteur au niveau des cellules ganglionnaires.

Au niveau de ces cellules, on trouve aussi une zone circulaire mais aussi, l'apparition de potentiels d'actions. On observe les mêmes types de champs mais ils sont nommés différemment.

Les « centres ON » : Pour des cellules ganglionnaires liées à des cellules bipolaires dépolarisantes. Pour une stimulation dans la région ON, il y a apparition d'un potentiel d'action ou augmentation de la fréquence de potentiels d'action. Si la zone périphérique est stimulée, il y aura inhibition du potentiel d'action ou diminution de la fréquence des potentiels d'action.

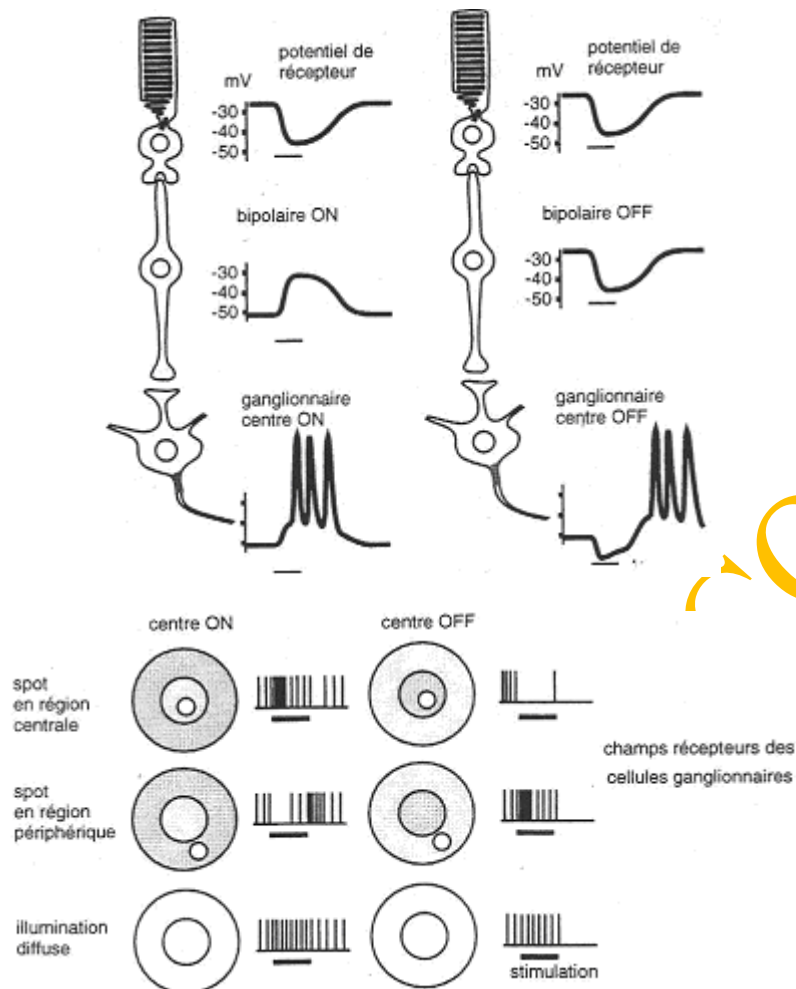


Les « centres OFF » : Pour des cellules ganglionnaires liées à des cellules bipolaires dépolarisantes. La stimulation du centre de la zone va inhiber les potentiels d'action ou faire chuter leur fréquence. La stimulation de la zone périphérique permettra l'apparition de potentiels d'action ou l'augmentation de leur fréquence.



Là aussi, pour la taille de la partie centrale, il y a une différence entre la zone fovéale (1 minute d'angle) et la zone périphérique (5 à 6 degrés).

La zone synaptique entre une cellule sensorielle, une cellule bipolaire et une cellule horizontale est appelée « une triade ». Il se manifestera l'influence de la cellule centrale et des cellules latérales antagonistes.



Pour un centre ON, quand le spot est en région centrale, il va déclencher l'accroissement de la fréquence des potentiels d'action.

Lorsque ce spot est en région périphérique, il va y avoir inhibition de la réponse (disparition totale [éclairage de toute la périphérie] ou partielle des potentiels d'action).

Quand le spot occupe toute la région centrale, la fréquence des potentiels d'action va être fortement augmentée (maximum).

Lors d'une illumination diffuse, il n'y a pas d'effet notable.

Pour les centres OFF, c'est la même chose que pour le centre ON mais inversée. Lorsque tout le champ est recouvert par la lumière, il n'y a aucune réponse.

## C\ La classification des cellules ganglionnaires.

Chez les primates, on peut réaliser une classification des cellules ganglionnaires. On trouve :

### 1\ Les cellules P.

Ce sont de petites cellules, nombreuses (80% des cellules ganglionnaires), situées au niveau de la fovéa. Elles possèdent une arborisation dendritique très importante. L'antagonisme entre le centre du champ et la périphérie est très marqué.

### 2\ Les cellules M.



Ces cellules sont de très grandes dimensions avec peu d'arborisation dendritique mais très étendues. On les trouve au niveau de la rétine périphérique. Leur champ récepteur est plus large. L'antagonisme entre le centre et la périphérie est moins marqué. Elles ont une bonne sensibilité au mouvement.

→ Elles interviennent dans la vision peu précise.

### 3\ Les cellules W.

Ce sont des cellules de très petite taille qui répondent beaucoup au mouvement. Elles ont une réponse très « ON/OFF » : elles répondent à l'allumage et à l'extinction.

→ Elles ont un rôle dans la régulation de la motricité de l'œil.

## VI\ L'organisation des voies afférentes.

Le premier relais des nerfs visuels se fait au niveau des corps genouillés latéraux. C'est un relais pour les cellules P et M.

Toutefois, le cheminement sera différent selon l'origine des neurones ganglionnaires.

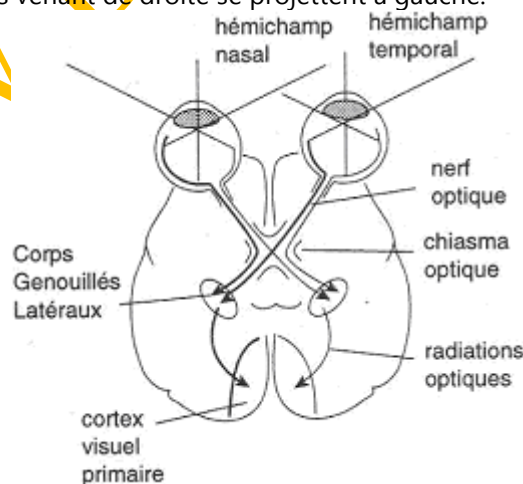
### A\ Les corps genouillés latéraux.

Le champ visuel est divisé en deux parties, droite et gauche. Pour la vision de l'hémichamp droit :

- Au niveau de l'œil droit, les stimuli qui touchent sur la rétine nasale arrivent après le croisement sur les corps genouillés latéraux gauches.
- Au niveau de l'œil gauche, les stimuli touchant la rétine temporale arrivent après le chiasma optique sur les corps genouillés latéraux gauche.

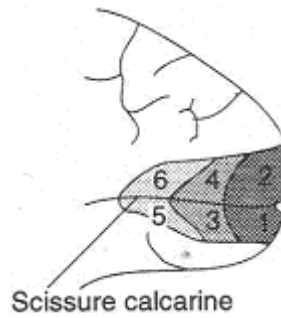
Toutes les informations venant de gauche (pas de l'œil gauche mais de la partie gauche de la vision) se projettent à droite.

Toutes les informations venant de droite se projettent à gauche.



### B\ Le cortex visuel primaire.

Après les corps genouillés latéraux, les informations se projettent sur le cortex visuel primaire (Aire 17) qui se situe autour de la scissure calcarine.



Les informations fovéales (venant d'une très petite zone) se projettent sur une large zone du cortex visuel : ce sont les informations les mieux traitées.

Les tubercules quadrijumeaux antérieurs (ou colliculus supérieurs) reçoivent les informations provenant des cellules W et de quelques cellules M. Ces voies sont le point de départ de voies de réflexes moteurs : accommodation, régulation du diamètre de la pupille.

Selon l'origine spatiale du stimulus, différentes zones de la rétine sont stimulées : on aura alors des projections différentes au niveau des relais et du cortex visuel.

## C\ Organisation au niveau des relais.

### 1\ Les corps genouillés latéraux.

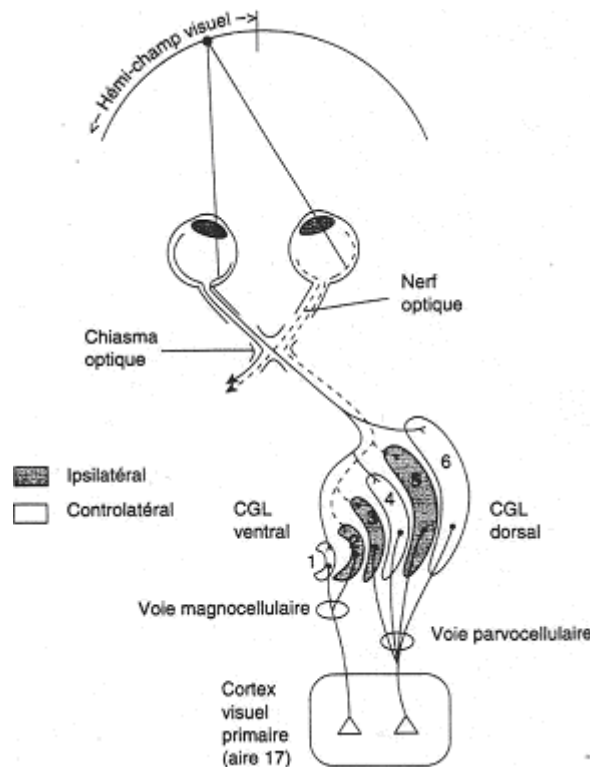
On peut analyser des champs récepteurs au niveau des corps genouillés latéraux. Ils sont très comparables à ceux des cellules ganglionnaires : circulaires, concentriques, centre ON ou OFF avec une accentuation de l'antagonisme entre le centre et la périphérie du champ.

Les corps genouillés latéraux font partie du thalamus qui est une zone de triage des informations sensorielles, en relation étroite avec le cortex cérébral.

Dans les corps genouillés latéraux, 80% des fibres viennent du cortex et seules 20% des fibres proviennent des afférences visuelles (rétines).

La projection des fibres n'est pas aléatoire : les parties latérales sont plus volumineuses que les parties centrales.

Ces corps genouillés sont constitués de six couches successives.



Les zones latérales reçoivent les informations provenant des cellules P, de la fovéa (zones 3, 4, 5, 6) alors que les zones 1 et 2 reçoivent les informations de la rétine périphérique, cellules M.

Les informations de la rétine nasale se projettent sur les couches 1, 4, 6. Les informations de la rétine temporale se projettent sur les couches 2, 3, 5.

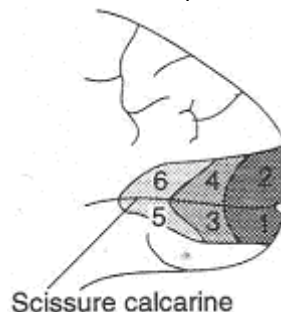
Par une coloration au désoxyglucose – (radioactif) qui se fixe dans les tissus les plus actifs – lorsque l'on stimule un œil (l'autre étant masqué), on révèle ensuite les zones actives qui confirment la disposition des projections sur les couches des corps genouillés latéraux.

## 2\ Le cortex cérébral.

Deux faisceaux partent des corps genouillés latéraux vers le cortex :

- Le faisceau P : Parvocellulaire, qui transporte l'information fovéale.
- Le faisceau M : Magnocellulaire, qui transporte l'information périphérique.

Ces deux faisceaux se projettent dans des zones précises du cortex.

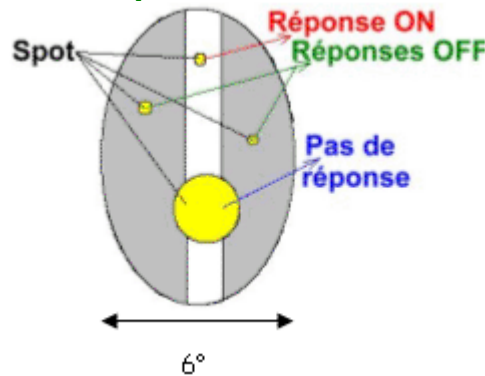


Le cortex a six couches successives en profondeur. Les fibres venant des corps genouillés latéraux arrivent dans la couche 4. Le premier relais est ici dans la couche 4. Les neurones qui arrivent sont des neurones visuels à champ récepteur circulaire, concentrique avec antagonisme, à centre ON ou OFF.

Si l'on enregistre les autres couches de ce cortex, on trouve des nouveaux neurones avec un nouveau type de champ récepteur. On peut réaliser une classification des différents champs (classification de Hubel et Wiesel) :

- Cellules simples.
- Cellules complexes.
- Cellules hypercomplexes.

### $\alpha$ Les cellules simples.



Ces cellules ont un champ récepteur allongé, un peu plus étendu que ceux de la rétine. Il n'est pas concentrique ; il y a antagonisme entre la partie longitudinale et les parties latérales.

On retrouve ces champs en stimulant l'œil droit ou l'œil gauche → la réponse est binoculaire, mais un œil répond plus fort que l'autre (→ c'est la dominance oculaire). Cette dominance sert à l'adaptation à la réception d'informations orientées dans l'espace : le stimulus optimal est allongé.

→ Ces cellules sont des détecteurs d'orientation spatiale du stimulus.

Remarque : dans le cortex, on a des cellules pour détecter toutes les orientations possibles de la stimulation.

On passe de champs récepteurs circulaires à un champ plus grand par la sommation de cellules dirigées dans une certaine direction : vers la cellule simple qui intègre ces informations. Plusieurs centaines de cellules de la couche 4 vont vers une cellule simple.

### $\beta$ Les cellules complexes.

Ces cellules sont toujours à champ récepteur étendu. Elles répondent à une orientation du stimulus : différence entre blanc/noir → max. et noir/blanc → min.

Elles répondent aussi à la position de la limite noir/blanc. La réponse est maximale au 2/3 du champ.

Finalement, elles répondent aussi à une notion de mouvement. La réponse est maximale quand l'angle se déplace au milieu du champ (→ réponse hyper complexe).

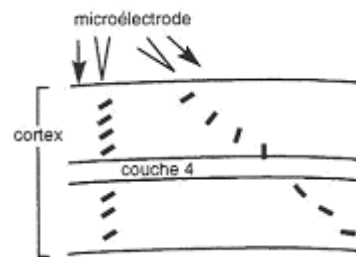
→ Le niveau de spécialisation des cellules complexes est plus complexe (!) que celui des cellules simples. Elles permettent un traitement séquentiel de l'information. Il existe toutefois une limite à ce traitement.

À côté de ce traitement de l'information visuelle, il en existe un en parallèle qui a été démontré par l'étude des cellules simples.

Les détecteurs ne sont pas répartis aléatoirement dans le cortex.

Si une électrode est enfoncée perpendiculairement à la surface du cortex, on enregistre successivement les cellules simples qui répondent à l'orientation ( $\approx 45^\circ$ ) → il y a une orientation par zone.

Si l'électrode est enfoncée à 45°, on rencontre des cellules à orientation légèrement différente les unes des autres (2 à 2).

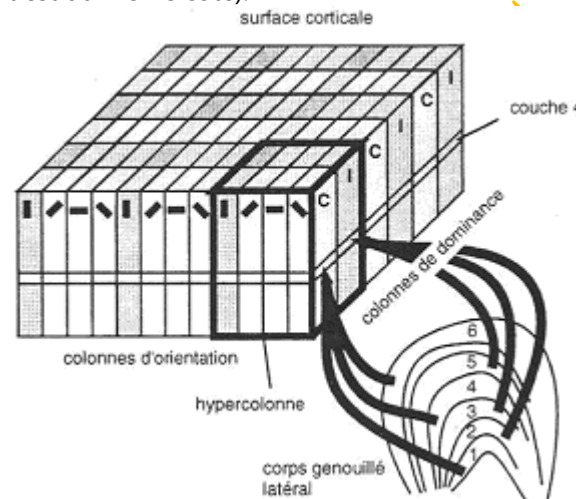


Il existe donc des colonnes d'orientation. Tout le cortex visuel présente cette architecture.

Par coloration au désoxyglucose, on peut montrer qu'il existe des zones répondant à l'axe de la stimulation : on a une mosaïque de répartition des cellules simples sous la surface du cortex.

Les cellules simples ont un champ récepteur « binoculaire ». Il y a toujours un œil dominant par rapport à l'autre → c'est la dominance oculaire. La coloration montre une mosaïque représentant l'œil dans la participation de la réponse des cellules simples.

→ On peut décomposer la totalité du cortex en modules représentant les différentes directions de l'espace en codant pour les dominances contralatérales (l'œil dominant est de l'autre côté) ou ipsilatérales (l'œil dominant est du même côté).



Dans un bloc, on trouve toutes les directions de l'espace avec une réponse pour l'œil contralatéral et une pour l'ipsilatéral : c'est une unité fonctionnelle : **l'hypercolonne**. Cette hypercolonne est une zone corticale de 1mm<sup>2</sup> regroupant les cellules simples répondant à toutes les directions de l'espace et à l'origine de la stimulation (œil contralatéral ou ipsilatéral).

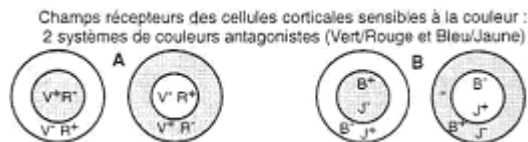
D'une colonne d'orientation à sa voisine, il y a une dizaine de degrés d'écart (de 10° et 10°). La largeur de la colonne varie entre 30 et 100µm. La dominance oculaire est de 500µm. Une hypercolonne regroupe à peu près 50 000 cellules simples.

Selon le nombre d'hypercolonnes stimulées, on a la dimension de l'objet (en fonction de son orientation).

Au-delà des aires primaires, il y a d'autres traitements par les aires secondaires ou associatives : elles ont un rôle dans la localisation de la stimulation visuelle et dans le traitement du mouvement.

Le traitement est différent selon l'origine des informations (voie magnocellulaire ou parvocellulaire). L'information parvocellulaire (fovéale) subit un traitement pour la couleur. Il existe des cellules qui répondent différemment dans l'hypercolonne, réparties en deux régions chacune.

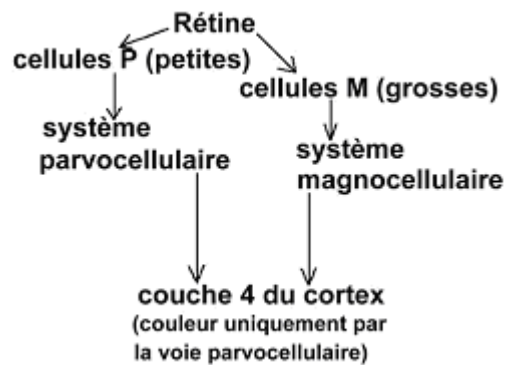
Au centre de chaque demi-hypercolonne, il y a une tâche (blob) où il y a les cellules répondant à la couleur. Les champs récepteurs sont circulaires, concentriques et à antagonisme qui correspond à couleur de stimulation (+ → ON et - → OFF).



Le jaune est vu par une réponse intermédiaire vert/rouge.

→ On a une simplicité de ces  $2 \times 2$  types de cellules dans le cortex.

## VII\ Bilan.



Au final, on a deux grandes voies dans le cortex primaire :

- La voie pariétale : elle transmet les informations du système somesthésique (mouvements, ...) pour participer à la formation de la vision stéréoscopique.
- La voie d'origine parvocellulaire : elle passe dans la région ventrale, permet la vision des formes (reconnaissance) et finit par participer à la vision stéréoscopique.