FACULTE DE MEDECINE D'ORAN

DEUXIEME ANNEE MEDECINE – PHYSIOLOGIE

SERVICE DE NEUROPHYSIOLOGIE ET D'EXPLORATION FONCTIONNELLE DU SYSTEME NERVEUX

Dr F. SENOUCI

L'ŒIL ET LA PHYSIOLOGIE DE LA VISION

I-INTRODUCTION :

Le système visuel de l'homme et l'un des systèmes les plus développés ; il est extraordinaire par la quantité et la qualité des informations qu'il nous fournit sur le monde.

Un rapide coup d'œil suffit pour connaitre la position, la taille, la forme, la couleur et la texture des objets, soit qu'ils sont en place ou en déplacement (leur direction et leur vitesse relative).

Le stimulus de l'œil est la **lumière**,

Les récepteurs de cette lumière sont les **photorécepteurs de la rétine** qui est un tissu neuronal qui recouvre le fond de l'œil.

L'œil peut voir dans la plus faible lumière des étoiles, la nuit (**vision scotopique**), à la plus éclatante lumière du jour (**vision photopique**).

Et comme dans tous les systèmes neurosensoriels conscients, le traitement de l'information passe par trois étapes :

- Acquisition et transduction du signal physique (dans cette modalité sensorielle, c'est la lumière), après plusieurs opérations rétiniennes, en signal électrique, PA ; seul reconnu par le système nerveux,
- Transmission, traitement et codage de ce signal électrique ;
- Projection sur l'aire corticale correspondante, et perception de l'information.

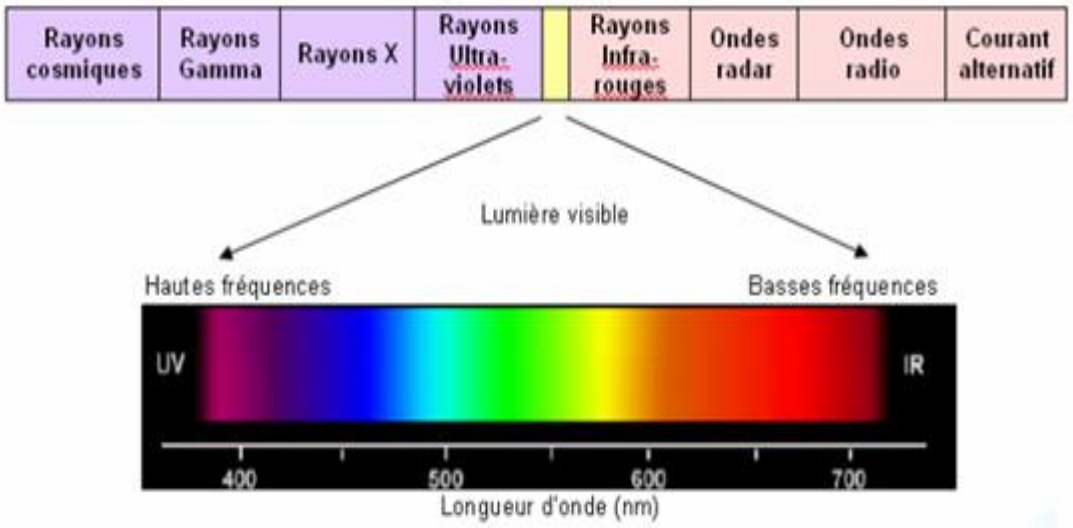
II-CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DE LA LUMIERE :

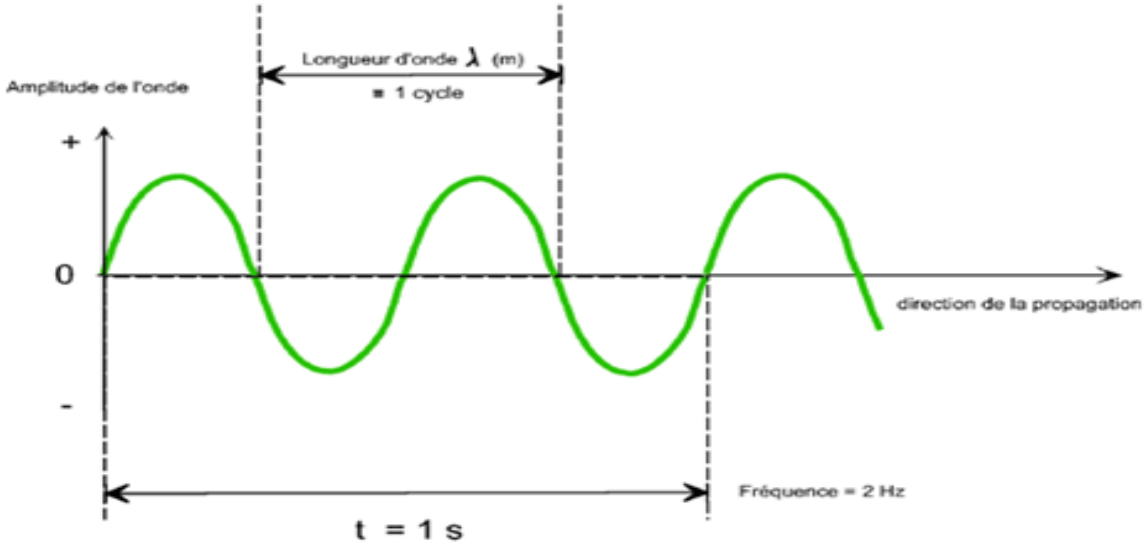
Ce que l'on appelle **(lumière)** est la partie du rayonnement électromagnétique que perçoit l'œil humain, elle est comprise entre des longueurs d'ondes allant de **380 nm** à **780 nm**.

Alors la lumière est une partie extrêmement étroite du rayonnement électromagnétique dans lequel nous baignons, elle se déplace dans le vide à une vitesse de 300 000 km/s.

C'est est une **onde électromagnétique** caractérisée par :

- La longueur d'onde λ : c'est la distance séparant deux points de l'onde dans le même état vibratoire,
- La période T : c'est le temps mis par l'onde pour se retrouver dans le même état vibratoire,
- La fréquence F : c'est l'inverse de la période (F=1/T), elle s'exprime en Hertz (Hz) ou cycles/s,
- L'amplitude : c'est l'écart maximum de l'onde.





La partie visible du spectre électromagnétique montre qu'à une **longueur d'onde** correspond une **couleur**, et les **7couleurs** de l'arc en ciel définies par Newton peuvent être retrouvées facilement.

La lumière est constituée de grains d'énergie ou **photons**.

Le nombre de photons correspond à **l'intensité lumineuse**.

Le rayonnement **direct** est **la luminance** mesurée en Candela (Cd).

Le rayonnement **indirect** est **la radiance** mesurée en Cd/cm2 ou Stilb.

C'est ces photons qui interagissent avec la matière ou les objets qu'ils rencontrent ; et servent donc de **support à une information visuel** ou à une **image**.

Une image a deux aspects :

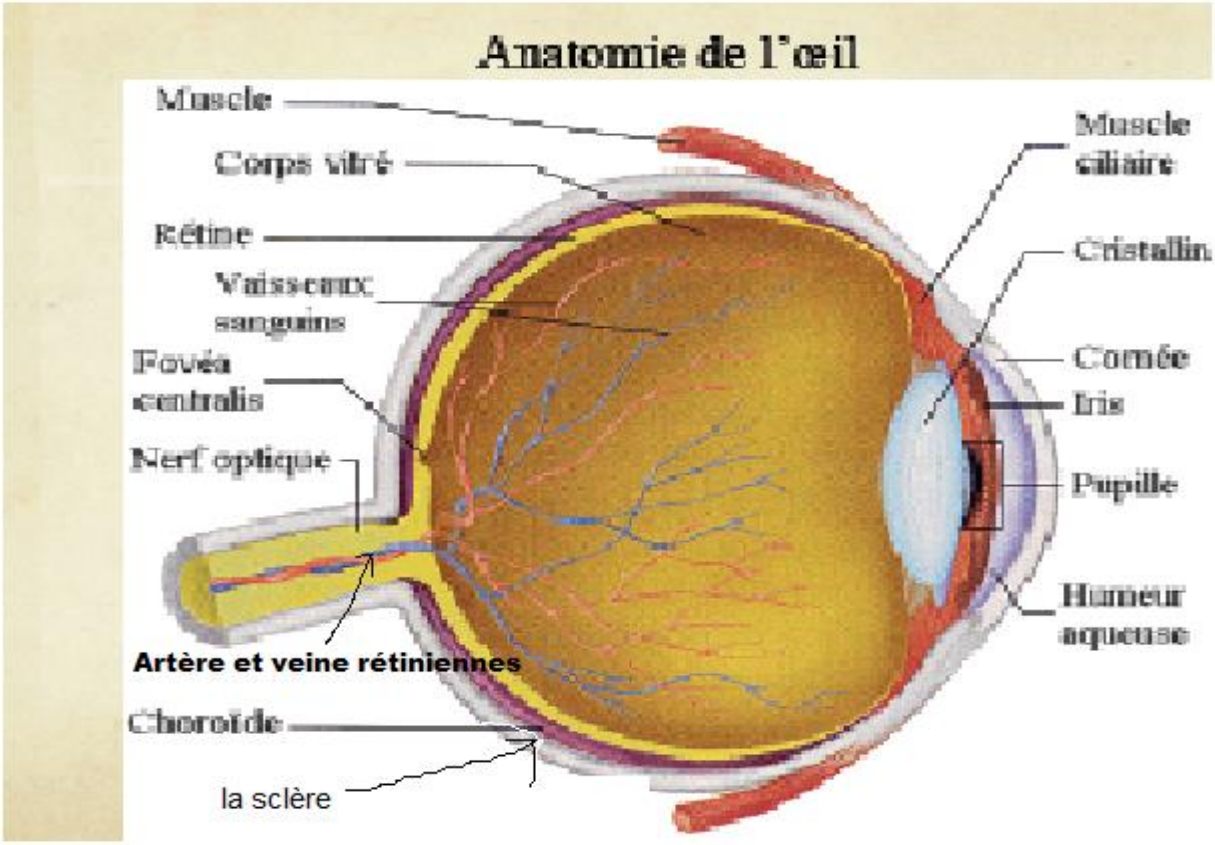
- **Le contraste** : c'est une organisation spatio-temporelle de l'image, c'est la transition entre deux zones de **brillances différentes**.

- **La couleur** : c'est l'énergie de cette lumière, correspondant à la **longueur d'onde**.

III/ ANATOMIE DE L'ŒIL :

L'œil humain est une sphère remplie de liquide formé de deux compartiments liquidiens (antérieur et postérieur) et de 3 enveloppes : la **sclère**, l'**uvée**, et la **rétine**.

Le globe oculaire mesure environ de 2,2 à 2,5 cm de diamètre et pèse environ de 7-8 grammes.



Elle est composée d'un segment antérieur, un segment postérieur et des annexes.

Le segment antérieur : contient :

- **La cornée** :

C'est la partie antérieure du globe oculaire, est une lentille transparente dont le rôle est de capter et de focaliser la lumière sur le cristallin. Elle est avasculaire à l'état normal.

- **La conjonctive** :

La conjonctive est une muqueuse tapissant la face postérieure des paupières et se réfléchissant sur la face antérieure du globe oculaire.

- **L'humeur aqueuse** :

C'est un liquide situé entre la face postérieure de la cornée et la face antérieure du cristallin, qui nourri la cornée et le cristallin.

- **L'uvée** :

C'est une tunique composée de :

- **L'iris** : c'est l'élément le plus antérieur de l'uvée, c'est la partie colorée de l'œil que l'on peut voir à travers la cornée. Il comporte des muscles qui ajustent la taille de la pupille ;

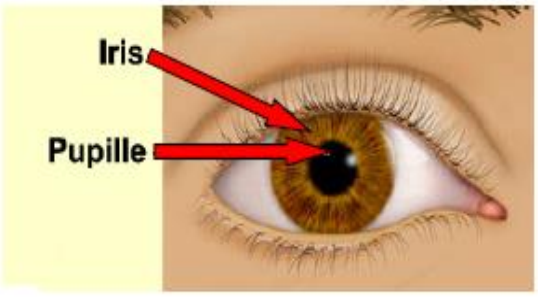
Il est constitué d'épithéliums pigmentés qui vont donner sa couleur, elle va du noir et du marron au bleu en passant par le vert.

- **La pupille** : ouverture située au centre de l'iris (permettant la modification de la luminosité entrante).

Le diamètre pupillaire moyen est de 4 à 5 mm. Il peut varier de 1,5 mm dans les **myosis** (rétrécissement) **très serrés** à 9 mm lors de **mydriases** (dilatation) **totales**.

- **La choroïde** ; une composante du segment postérieur.

- **Des corps ciliaires** ;



- **Le cristallin :**

C’est une lentille biologique servant à **l'accommodation** ("mise au point" sur l'objet à visualiser), il est relié **aux corps ciliaires** qui comportent une composante musculaire permettant l’ajustement de la puissance réfringente du cristallin (l’accommodation), et une composante vasculaire qui sécrète le liquide de l’humeur aqueux de la chambre antérieure.

Le segment postérieur :

- **La rétine** :

C’est une membrane regroupant **des cellules nerveuses photo-réceptrices** (**cônes et bâtonnets**), servant à la transformation de l'onde électromagnétique en impulsions électriques, pour le traitement des images par le système nerveux. Son épaisseur est de 1/10 à 4/10 de mm.
Au niveau de la rétine il existe deux zones particulières : la fovéa et la papille.

- **La fovéa :**

Elle est située dans le prolongement de l’axe visuel (l’axe de fixation du regard) ; d’un diamètre de 0,6 mm.
L’acuité visuelle à ce niveau est la maximale.
Elle présente en son centre, **la fovéola**, une dépression de 200 um de diamètre, **avasculaire**, contient uniquement des photorécepteurs à cônes.
A partir **du centre de la fovéa jusqu’à 6mm autour**, on parle de **rétine centrale**. **Au–delà**, c’est la **rétine périphérique**.

- **La papille** :

Elle correspond à la **tache aveugle** où il n’ya pas de photorécepteurs.
C’est l’endroit d’émergence des axones du nerf optique et du paquet vasculaire qui l’accompagne (artère rétinienne centrale et veine rétinienne centrale).

- **La choroïde** :

C’est la composante postérieure de l’uvée, c’est une membrane nourricière de la rétine et véritable « **éponge vasculaire** » qui tapisse la face interne de l'œil, responsable de l’approvisionnement en sang des photorécepteurs.

- **La sclère** :

c’est le blanc de l'œil, c’est la couche la plus externe de l’œil composée de tissu résistant de couleur blanche, c’est elle qui à l’avant de l’œil devient la cornée, un tissu transparent.
Elle sert de points de fixation pour les muscles oculomoteurs.

- **Le corps vitré** ou **l’humeur vitrée** :

C’est l’espace entre l’arrière du cristallin et la rétine formé par une gelée épaisse qui maintient la forme de l'œil. Elle représente environ 80% du volume de l’œil.

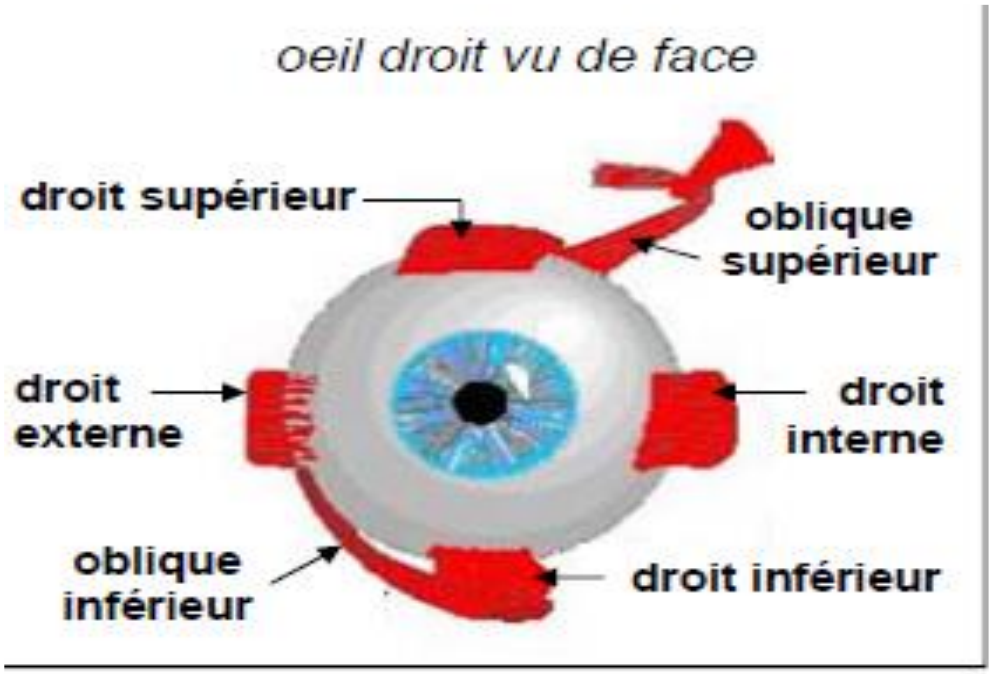
Les annexes de l'œil :

- **L'orbite** :

C'est une cavité osseuse, recouverte d'une membrane fibro-élastique (la péri-orbite). Elle a un rôle de protection.

- **Les muscles extra-oculaires** :

Ils sont au nombre de 7 chez l'humain, regroupant **le muscle releveur de la paupière** et **6 muscles oculo-moteurs**. Les muscles oculomoteurs sont responsables des déplacements de l'œil.

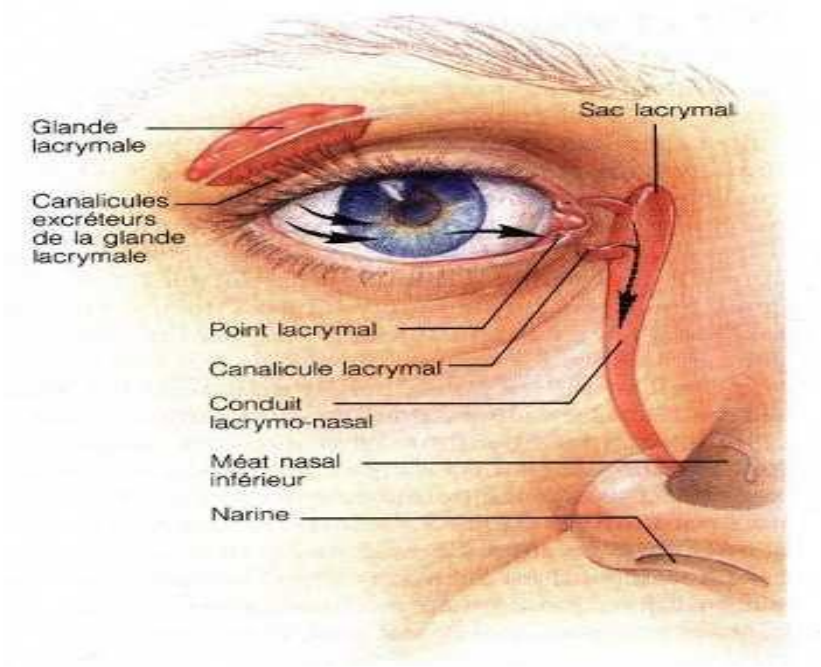


- **La paupière** :

C'est une membrane permettant une isolation plus ou moins importante du rayonnement électromagnétique, le renouvellement du film de larme et le nettoyage de la cornée.
Elle assure aussi la protection de cette dernière grâce à un clignement réflexe.

- **La glande lacrymale** :

Elle située en haut et en dehors, elle secrète les larmes qui assurent l'hydratation et la propreté de l'œil.



Au total on dit que l'œil est formé :

- d'une **composante optique** (cornée, pupille, cristallin, humeur aqueux et vitrée) qui a pour fonction de permettre la transmission de lumière, la formation et la focalisation de l'image sur la rétine.

- d'une **composante nerveuse** représentée par la **rétine** qui est considérée comme une partie du système nerveux central, elle dérive au cours de la vie embryologique du neuroectoderme.

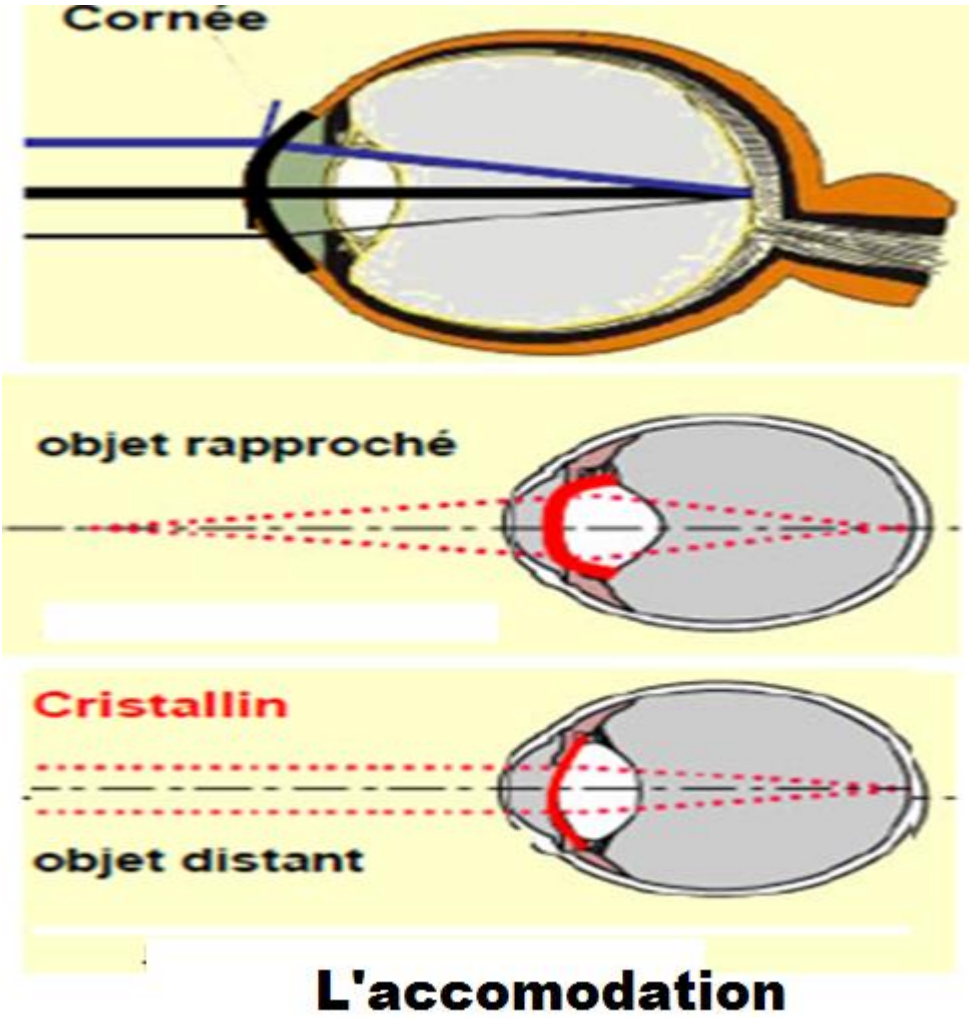
  C'est au niveau de la **rétine** que se trouvent les photorécepteurs (**cônes et bâtonnets**), responsable de la transformation du signal physique en signal électrique, qui va être transmis sous frome de PA, après plusieurs opérations rétiniennes, au niveau du nerf optique puis le long des voies visuelles rétrobulbaire ou rétro-oculaire (bulbe veut dire en ophtalmologie le bulbe oculaire ou l'œil) pour que l'information visuelle se projette enfin au niveau du cortex visuel.

IV/ FORMATION ET FOCALISATION DE L'IMAGE SUR LA RETINE :

Une vision normale exige que les milieux optiques de l'œil soient transparents, surtout de la **cornée** et du **cristallin**.

La formation d'une image nette sur les photorécepteurs (cônes et bâtonnets) de la rétine est due à la réfraction ou (courbure) correcte de la lumière par la cornée et le cristallin.

La puissance réfringente de la cornée est plus grande que celle du cristallin mais le cristallin à la spécificité de régler sa puissance de réfringence selon la distance de l'objet par rapport à l'observateur, c'est **l'accommodation**.



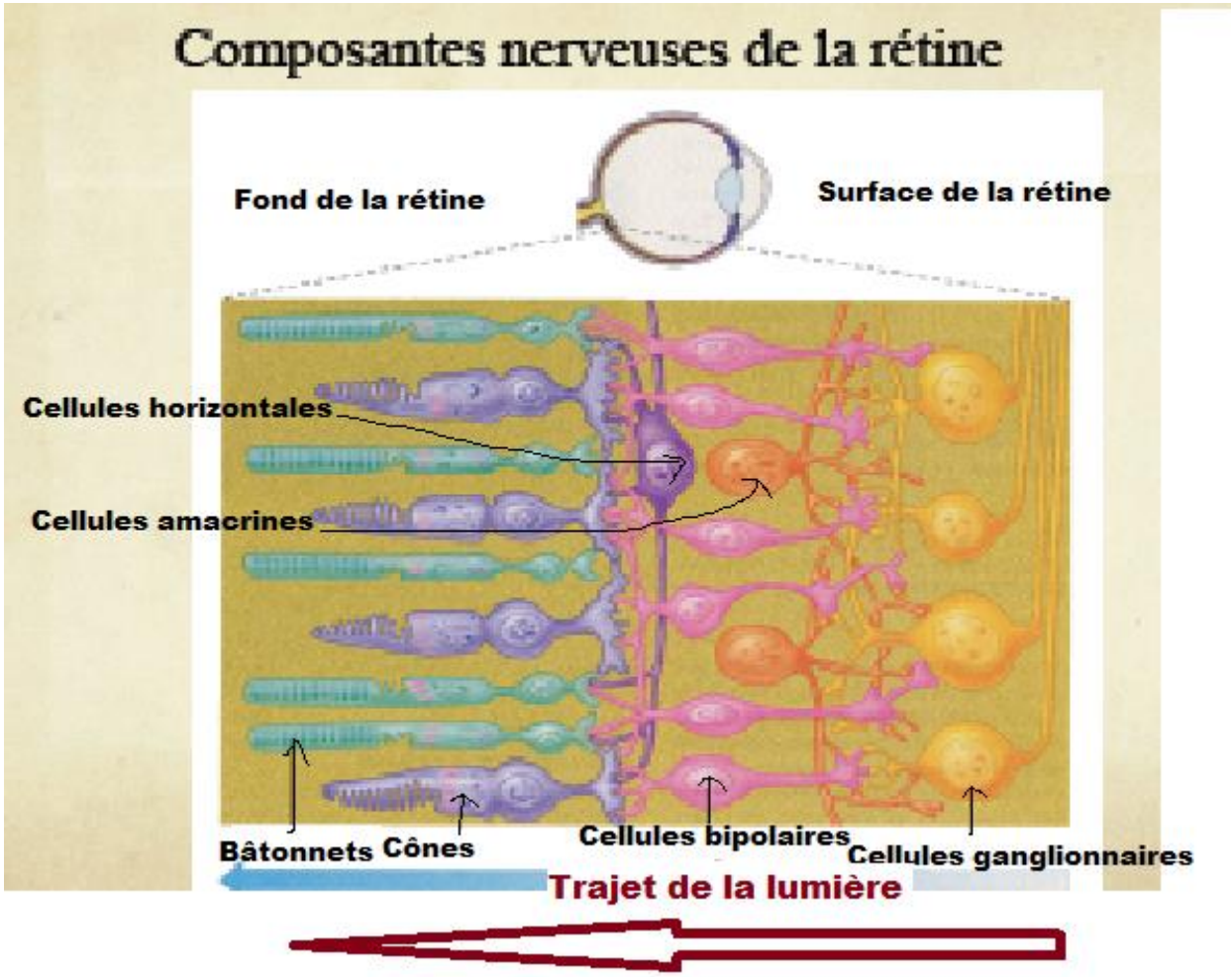
La forme du cristallin est déterminée par deux forces opposées : son **élasticité**, qui tend à le maintenir arrondi, et la **traction** exercée par les fibres de la zonule (qui sont attachées au muscle ciliaire) qui tend à l'aplatir.

Quand en regarde des objets éloignés, la force des fibres de la zonule est plus grande que l'élasticité du cristallin, alors il adopte la forme aplatie qui convient à la vision de loin (**sa puissance réfringente est la plus faible**).

Pour les objets plus proches les fibres de la zonule relâche leur tension et le cristallin retrouve son élasticité naturelle, le cristallin alors adopte la forme épaissie et arrondie qui convient à la vision de près (**sa puissance réfringente est la plus grande**).

En plus de la cornée et du cristallin, **la pupille** a aussi un rôle dans la netteté de l'image au niveau de la rétine par la régulation de la quantité lumineuse entrante en réduisant les rayonnements inutiles. La taille de la pupille est régulée par l'activité **du système nerveux végétatif**.

V/ HISTOLOGIE DE LA RETINE :



L'organisation cellulaire de la rétine est faite principalement de trois couches fonctionnelles allant de la surface de la rétine vers le fond de la rétine ou de l'humeur vitrée vers la choroïde on trouve :

- la couche des cellules ganglionnaire,
- la couche des cellules intermédiaires (bipolaires, amacrines et horizontales), puis
- la couche des photorécepteurs (cônes et bâtonnets).

C'est un paradoxe par rapport à notre raisonnement, tout le monde attend que les photorécepteurs soit la première couche qui va attrapée la lumière entrante.

Oui c'est une organisation paradoxale, en fait, la lumière entrante va traversée la composante optique puis les autres couches cellulaires de la rétine (à savoir la couche des cellules ganglionnaires, la couche des cellules intermédiaires) sans oublier les vaisseaux sanguins, pour enfin se rencontre avec la couches des photorécepteurs qui sont les capteurs du signal physique (la lumière).

Mais cette organisation cellulaire paradoxale a son explication, les photorécepteurs, quels soit cônes ou bâtonnets contiennent des disques et des photo-pigments qui doivent êtres régénérés et renouvelés continuellement. Ces disques et photo-pigments sont essentiels pour le fonctionnement des photorécepteurs.

Cette fonction de régénération et de nutrition est assurée par une membrane (**L'épithélium pigmentaire**) localisé au fond de la rétine, très près des photorécepteurs. Cet épithélium pigmentaire est une structure fine chargée de mélanine qui réduit la réflexion parasite de la lumière entrante.

V-A/ LA COUCHE DES PHOTORECEPTEURS :

Les bâtonnets et les cônes se distinguent par leur forme, **dont ils tirent leur nom**, par le type de photo-pigment qu'ils contiennent, par leur distribution dans la rétine et par l'organisation de leurs connexions synaptiques.

Ces deux types de photorécepteurs avec leurs connexions cellulaires intra-rétiniennes sont spécialisés chacun pour des aspects différents de la vision.

Ces deux types de récepteurs sont composés d'un segment externe qui est un empilement de disques qui contiennent les photo-pigments et d'un segment interne.

Le segment externe pour les bâtonnets est long en forme de bâtonnet, alors qu'il est plus court pour les cônes.

- Les bâtonnets :

De forme allongée, leurs segments externes renferment environ 2000 disques ou (saccules).

Ils sont environ 130 millions, ils sont présent dans la rétine périphérique à l'origine de la vision périphérique. Ils sont absents dans la fovéa.

Ils contiennent un photo-pigment appelé la **rhodopsine** (80% du contenu de la cellule en protéine).

Ils ont une **très grande sensibilité à la lumière**, c'est-à-dire que les bâtonnets sont seuls qui s'activent aux niveaux d'éclairement les plus bas (**c'est la vision scotopique**).

Ils assurent la vision en noir et blanc. Ils ne peuvent pas détecter les couleurs, alors ils ont une très faible perception des détails et des couleurs (**résolution spatiale faible**).

Cette résolution spatiale faible est le fait que **plusieurs dizaines de bâtonnets** ne sont liés **qu'à une seule fibre du nerf optique**.

Elles permettent de déterminer le champ visuel et de percevoir le mouvement.

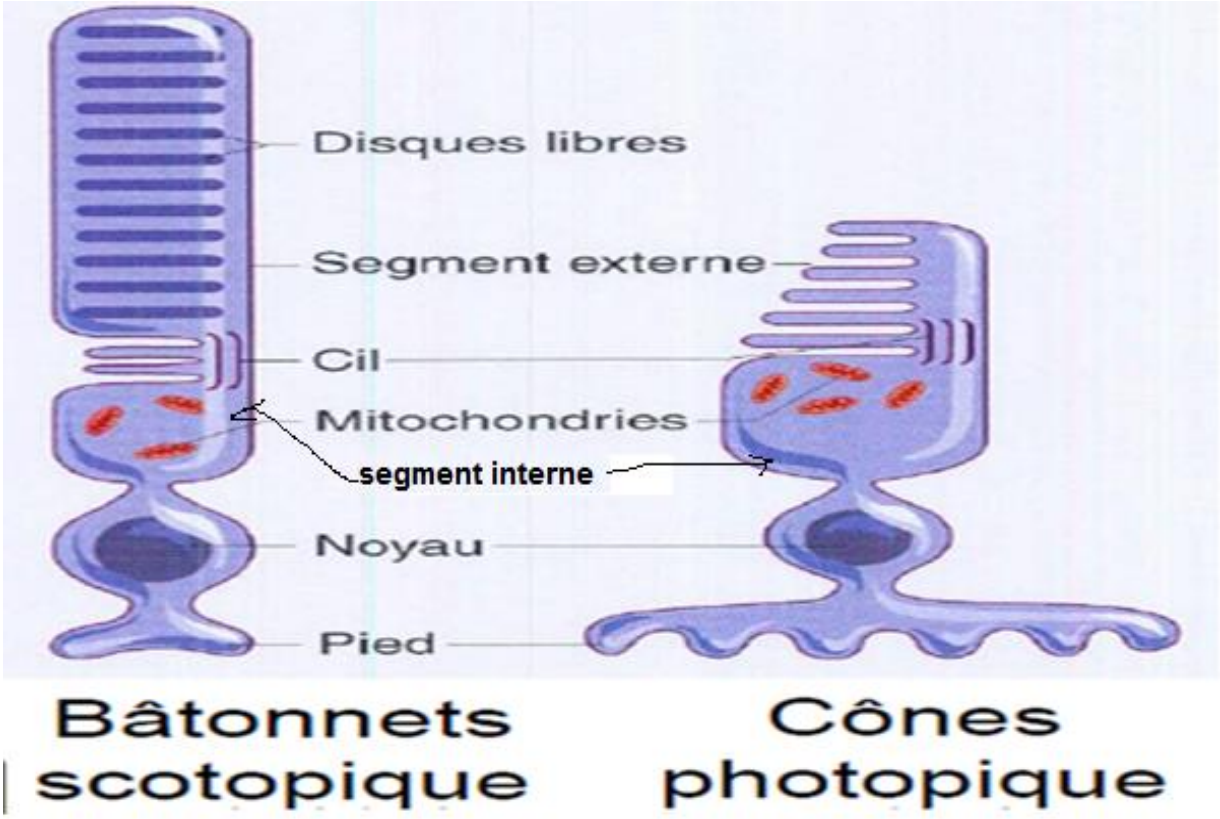
- Les cônes :

Leurs segments externes sont plus cours, ils ont une forme en cône. Ils sont 5 à 7 millions. Ils se trouvent dans **la rétine centrale** (Fovéa).

Ils sont eux qui s'activent à des niveaux d'éclairement les plus élevés telle que l'éclairement d'intérieur ou la lumière du soleil (**c'est la vision photopique**) ; à ces niveaux d'éclairement les bâtonnets cesse de fonctionner car leur réponse à la lumière est saturée. En d'autre terme leur potentiel de membrane cesse de varier à l'augmentation de l'éclairement.

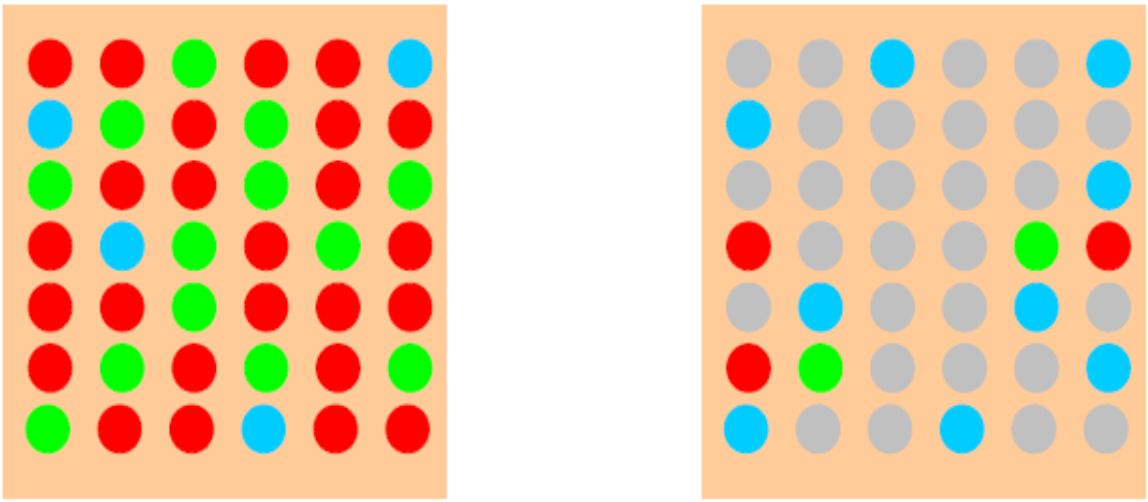
Alors qu'au crépuscule (**la vision mésopique**), les deux, cônes et bâtonnets sont actifs.

Alors, la plus grande part de notre vision est assurée par le système des cônes.



Les cônes ont une sensibilité à la lumière la plus faible mais leur perception des détails est très grande, du fait que leur densité est très élevée dans la rétine centrale (fovéa) et que **chaque cône** transmet son information à **plusieurs fibres du nerf optique**.

Les cônes sont spécialisés dans la vision des couleurs qui permet de donner plus de détail sur l'image.



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

Ils sont de 3 types selon le pigment qu'ils contiennent et ont donc une sensibilité à des ondes lumineuses de longueurs différentes :

- **Les cônes L** (Long) pour longueurs d'ondes grandes, contenant de **l'érythropsine**, ils sont sensibles au rouge.
- **Les cônes M** (Medium) pour des longueurs d'ondes moyennes, contenant de la **chloropsine**, ils sont sensibles au vert.
- **Les cônes S** (Short) pour des longueurs d'ondes courtes, contenant de la **cyanopsine**, ils sont sensibles au bleu.

Alors les cônes sont spécialisés dans la vision des couleurs, des détails et de la perception des contrastes.

V-B/ LA COUCHE DES CELLULES INTERMEDIAIRES :

La couche intermédiaire comporte 3 types de cellules :

- **Les cellules bipolaires** :

Ils font des synapses entre les photorécepteurs et cellules ganglionnaires.

La voie constituée par **un photorécepteur-cellule bipolaire-cellule ganglionnaire** est la **voie la plus directe** de transmission de l'information au niveau de la rétine

- **Les cellules horizontales** :

Ils sont en contact avec les synapses photorécepteurs-bipolaires.

- **Les cellules amacrines** :

Ils sont en contact avec les synapses bipolaires-ganglionnaires.

Les cellules horizontales et amacrines sont des cellules de contrôle de la transmission de l'information. Elles renforcent et modifient l'information transmise selon les événements de voisinage.

V-C/ LA COUCHE CELLULES GANGLIONNAIRES :

Ils sont environ un million de cellules ganglionnaires dont les axones se réunissent pour former le nerf optique.

Les cellules ganglionnaires sont le site de génération des potentiels d'actions qui transmettront l'information visuelle au cerveau.

VI/ PHYSIOLOGIE DE LA VISION :

VI-A/ LES OPERATIONS RETINIENNES :

Les opérations rétiniennes correspondent à toutes les événements qui se produisent au niveau de la rétine depuis l'arrivé de la lumière et son interaction avec les photorécepteurs jusqu'à la genèse d'un PA au niveau des cellules ganglionnaires dont leurs axones constituent le nerf optique.

Ces évènements passent classiquement par deux étapes :

- L'étape de transformation du signal physique en signal électrique (la transduction) et
- L'étape de transmission de ce signal jusqu'aux cellules ganglionnaires (étape de transmission).

VI-A-1/ PHASE DE RECEPTION ET DE TRANSDUCTION :

La transduction visuelle est l'ensemble des événements biochimiques qui vont de la détection physique d'un photon jusqu'à la genèse d'un signal électrique.

La transduction visuelle repose sur des événements biochimiques.

Elle a lieu à l'intérieur du segment externe du photorécepteur.

Les mécanismes de la transduction sont bien étudiés sur **les bâtonnets** (leur nombre élevé, un seul photo- pigment).

➢ A l'obscurité :

La spécificité des photorécepteurs est qu'ils sont **peu polarisés** ou en d'autre terme **dépolarisés au repos.** Ils ont un potentiel transmembranaire de **(- 30 mv)**.

Cette dépolarisation est le résultat :

- d'un Flux d'ions Na^+ entrant par des canaux ioniques ouverts au niveau segment externe, et
- d'un Flux sortant sodique au niveau du segment interne par une pompe Na^+/K^+ ATPase dépendante qui permet la sortie de 3 Na^+ et l'entrée de 2 K^+.

Ces mouvements d'ions à l'obscurité sont (**le courant d'obscurité**).

Les canaux ioniques du segment externe sont en fait au repos ouverts laissant l'entrée du Na+ du milieu extracellulaire vers le milieu intracellulaire par l'action de la molécule de guanosine monophosphate cyclique, **GMPc**, qui agit alors comme un second messager.

A l'obscurité le haut niveau de seconds messagers, **GMPc**, maintient les **canaux ioniques du segment externe ouvert** permettant l'entrée du Na^+.

Les photorécepteurs sont alors dépolarisés et libèrent donc au repos (à l'obscurité) un neurotransmetteur qui est le **glutamate**, sur les cellules post-synaptiques **(les cellules bipolaires**).

➢ A la lumière :

C'est le photo-pigment du photorécepteur qui capte la lumière.

Le photo-pigment est un couplage entre :

- **un chromophore** absorbant la lumière : **le rétinal**, qui est un aldéhyde de la vitamine A, et
- **une protéine** de la **famille des opsines**, qui ajuste l'absorption de la lumière à une région particulière du spectre (région de longueurs d'ondes pour chaque photo-pigment).

Le photo-pigment du bâtonnet le plus étudié, est **la rhodopsine**.

Quand le rétinal de la rhodopsine absorbe un photon, il change de configuration, passant de la forme 11-cis à la forme tout-trans, et déclenche une série d'altérations de l'élément protéique de la

rhodopsine, parmi les altérations de la rhodopsine est son passage de la **métarhodopsine I** à la **métarhodopsine II** (**c'est la rhodopsine activée**) qui annonce le **début de la transduction**.

La rhodopsine activée active la **transducine** (T-GDP), qui est une (**protéine G**) accolée à la face externe de la membrane du disque qui échange une **GDP** par une **GTP**.

La protéine G, est composée de 3 sous-unités (α β γ), c'est **l'unité α** qui fixe la GTP et devient active.

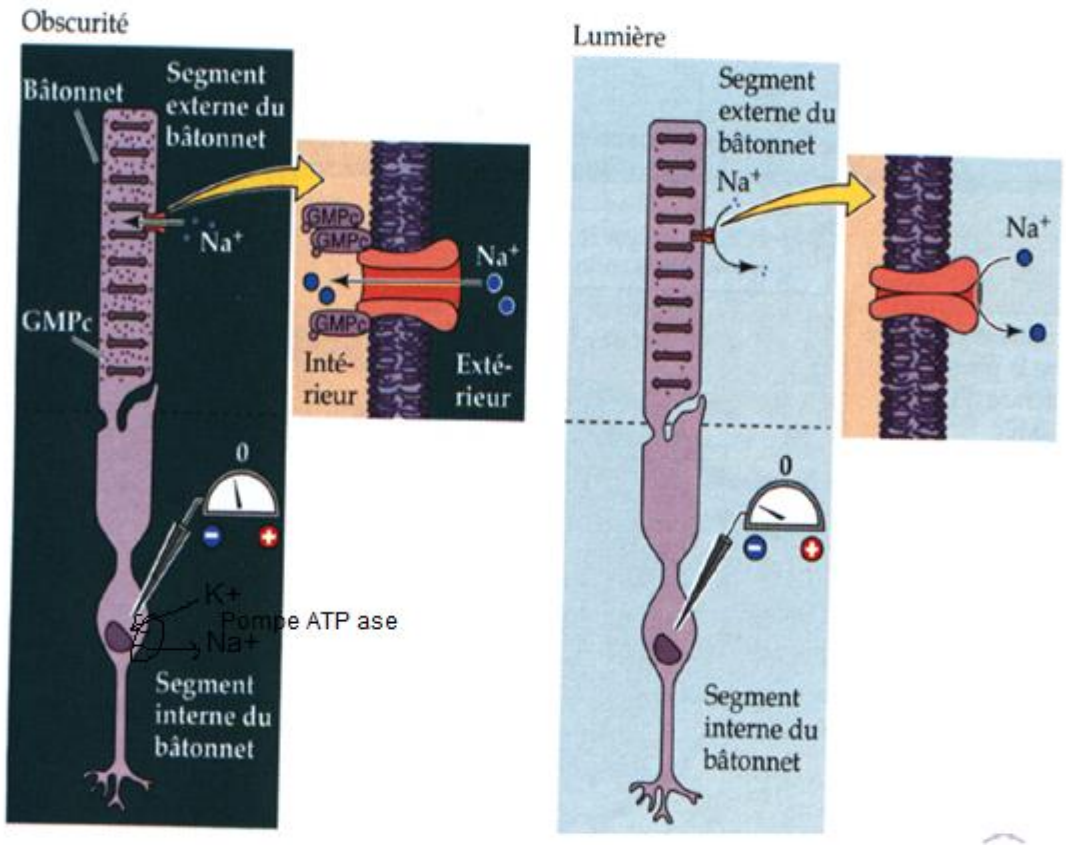
La transducine active ou la protéine G active (**Tα-GTP**) active la **phosphodiestérase** (**PDE**) qui est une enzyme qui va hydrolyser les molécules de GMPc en 5'GMP.

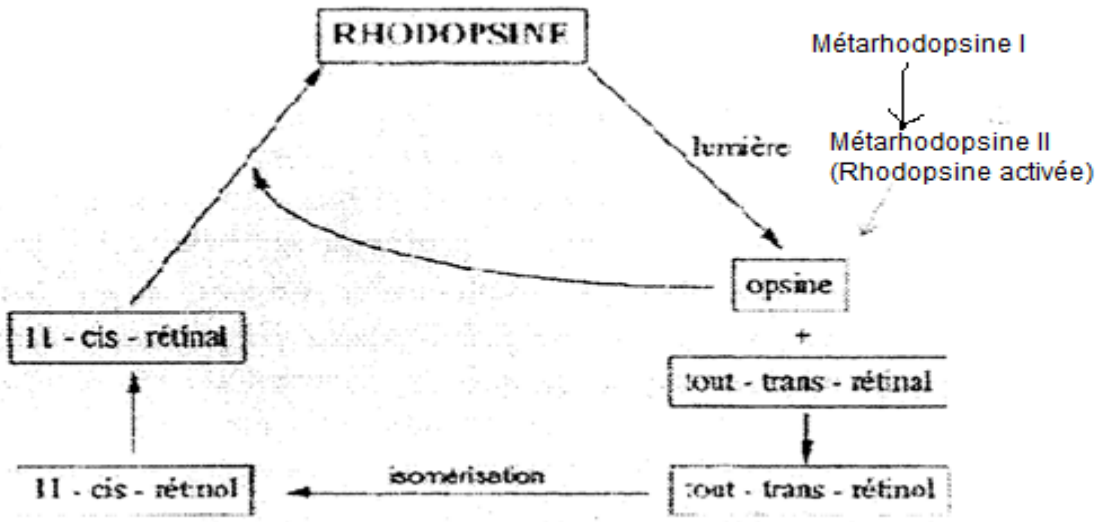
La diminution du taux de GMPc qui été élevé à l'état de repos, ferme les canaux ioniques du segment externe du bâtonnet et de ce fait le courant sodique, Na^+ s'annule.

La fermeture des canaux provoque donc un potentiel de membrane **de plus en plus négatif** c'est-à-dire une **hyperpolarisation**. Cette hyperpolarisation avoisine les **– 65 mv** pour les réponses satures (éclairement intense).

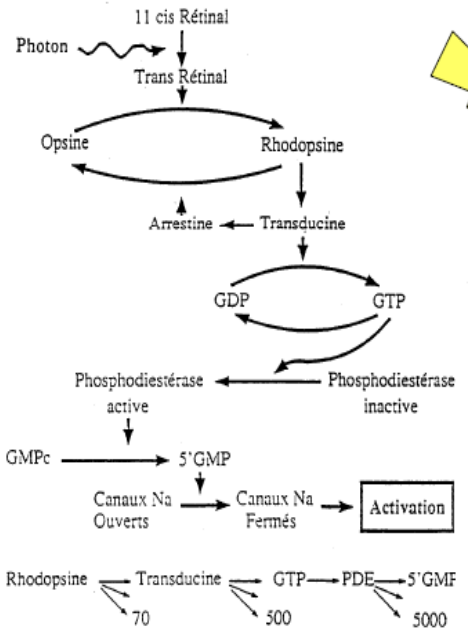
Cette hyperpolarisation **diminue alors la libération du glutamate** par le photorécepteur sur les cellules bipolaires.

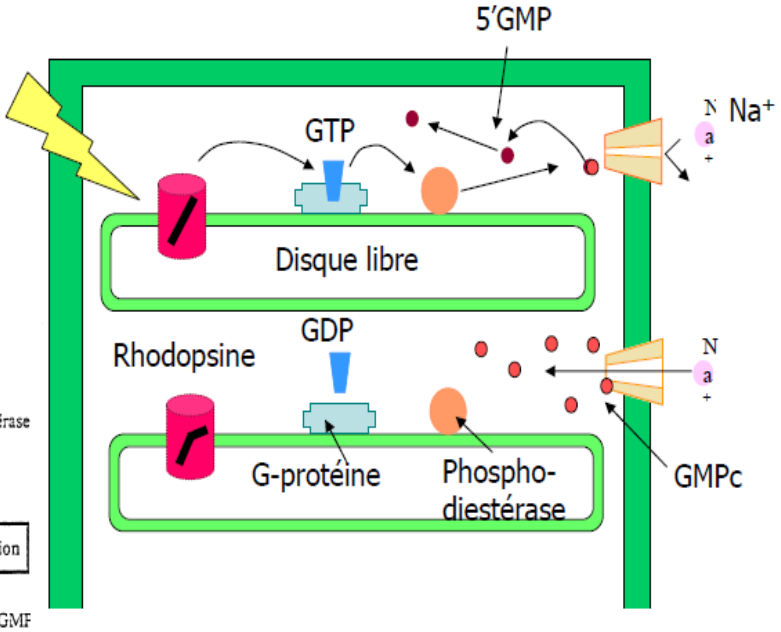
Réponse à la lumière



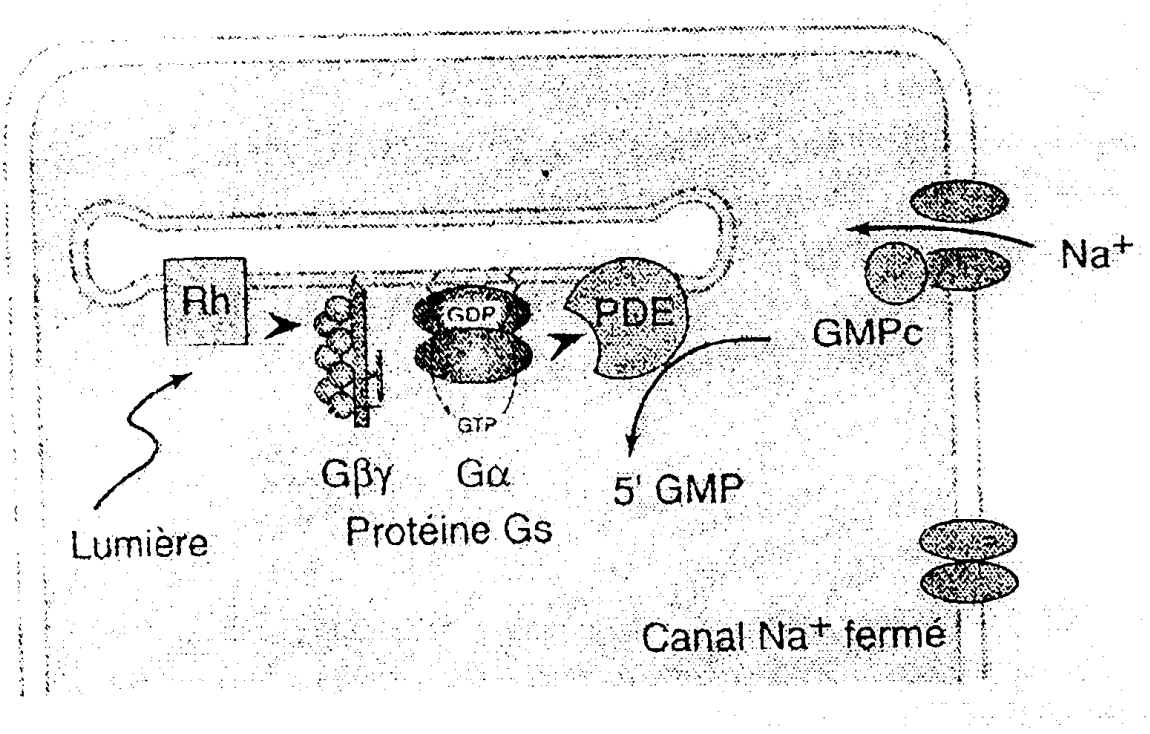


Photochimie





1 Photon donne 140.000.000 5'GMP



➢ <u>Le Ca^{2+}, l'arrestine et l'adaptation à la lumière</u> :

Aux faibles niveaux d'éclairement, la sensibilité des photorécepteurs à la lumière et maximale.

A mesure que l'intensité lumineuse augmente, le photorécepteur diminue de sensibilité (saturation), ou lorsqu'on passe d'une zone obscure à une zone très éclairée on trouve une difficulté à voir (tous les canaux ioniques du segment externe sont fermés).

Pour que le photorécepteur garde une capacité d'adaptation aux niveaux d'éclairement différents il a recours à :

- la concentration du $Ca2^{+}$ dans le segment externe et à
- l'arrestine.

A l'obscurité les canaux ioniques du segment externe sont ouverts et laissent le passage d'ions Na^{+} du milieu extracellulaire au milieu intracellulaire (ce qui représente 80% du courant d'obscurité) mais laisse aussi l'entrée associée d'ion Ca^{2+} (20% du courant d'obscurité).

Ces ions Ca^{2+} se trouvent en grande partie liés à une protéine, **la recovérine**.

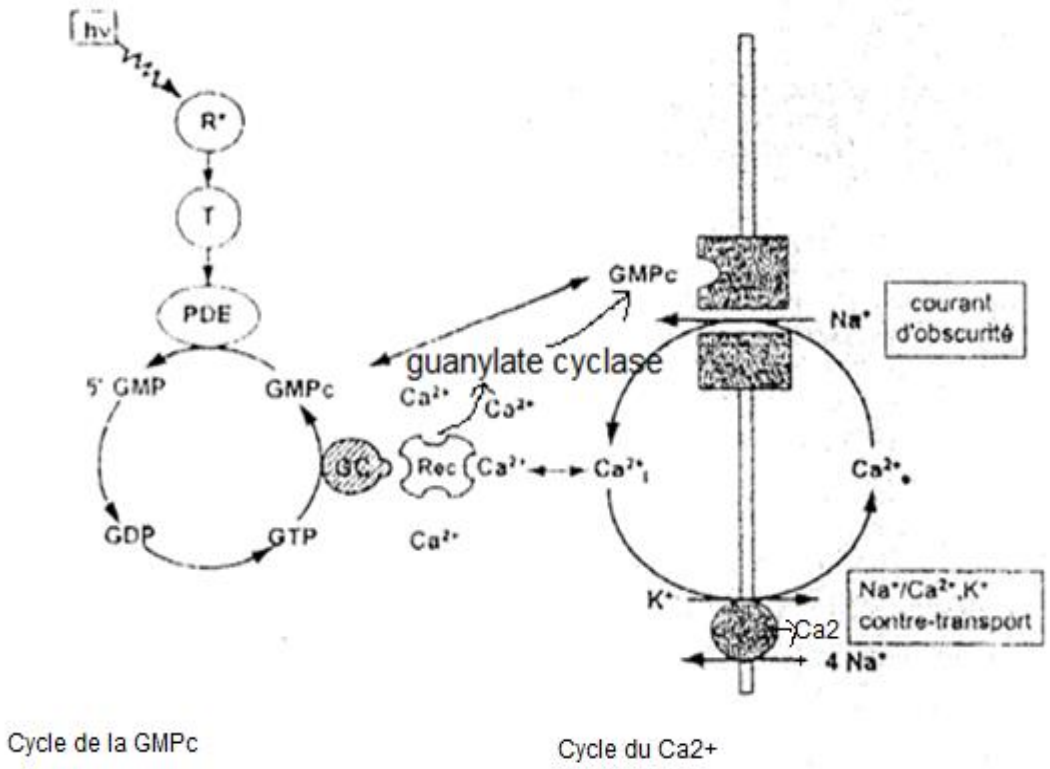
A la lumière le Na^{+} ainsi que le CA^{2+} ne rentrent pas dans le milieu intracellulaire par fermeture des canaux ioniques.

Ainsi le taux du Ca^{2+} se trouve diminué dans le milieu intracellulaire et lorsque la recovérine se trouve libérée de son Ca^{2+}, il active la **guanylate cyclase**, enzyme qui **synthétise la GMPc**.

De même la diminution du Ca^{2+} augmente l'affinité du GMPc aux canaux ioniques Na+.

Alors à la lumière pour que le photorécepteur garde une partie de sa sensibilité il faut qu'une partie de canaux ioniques du segment externe demeurent ouverts grâce à la réduction du taux du Ca^{2+} (le Ca^{2+} est un messager d'adaptation).

Un autre élément d'adaptation : **L'arrestine** une protéine qui empêche la rhodopsine activée d'activer la **transducine (**la protéine G ou **Tα-GTP)** et elle en facilite la dégradation.



VI-A-2/ <u>PHASE DE TRANSMISSION</u> :

L'hyperpolarisation induite par la lumière au niveau du photorécepteur constitue **la première réponse électrique graduée** du photorécepteur qui va du segment externe et se transmet le long du photorécepteur constituant le **potentiel tardif du récepteur**.

La voie visuelle directe est : photorécepteur- bipolaire- ganglionnaire- nerf optique – voies visuelles.

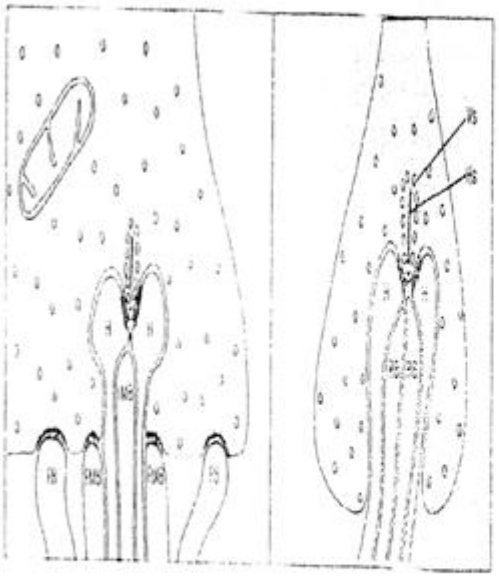
- **<u>Au niveau des cellules bipolaires</u> :**

Il existe deux types de cellules bipolaires :

- Bipolaires de bâtonnets
- Bipolaires de cônes.

Ces deux types se distinguent par leurs types de synapses avec les photorécepteurs :

- Bipolaires invaginés (synapses centrales).
- Bipolaires superficielles ou aplaties (synapses superficielles).



1. Synapses cônes-dendrites de cellules bipolaires superficielles et invaginés. 2. synapses bâtonnet –dendrite d'une bipolaire invaginé

1 2

- **<u>A l'obscurité</u>** :

Le glutamate est libéré en continu par le photorécepteur, qui :

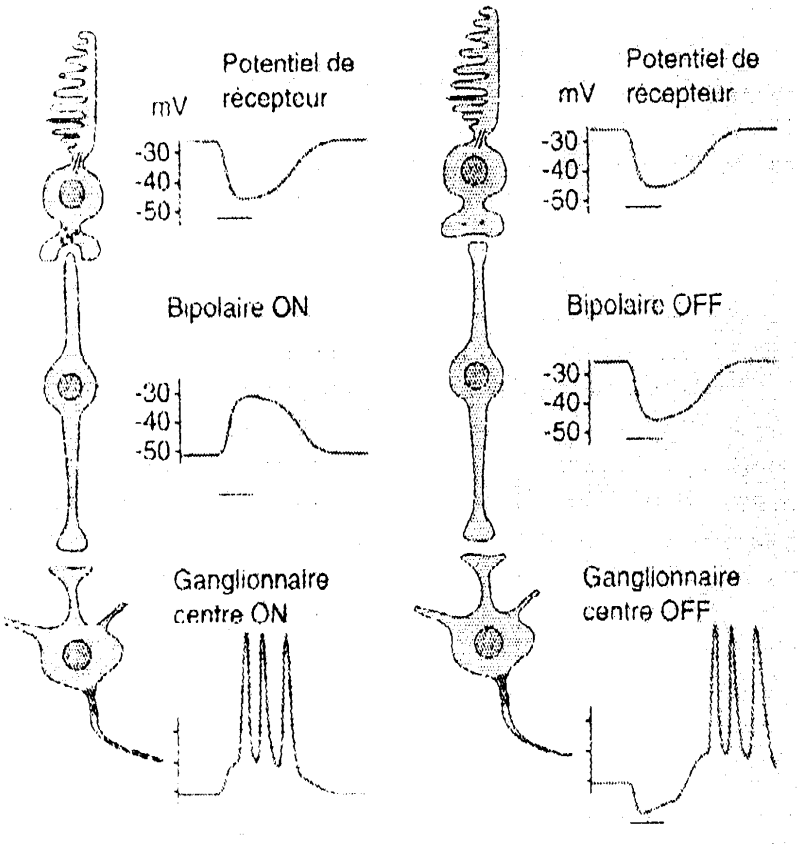
- Dépolarise les bipolaires superficielles via des récepteurs ionotropes et,
- Hyper-polarise les bipolaires invaginées (récepteurs métabotropes).

- **<u>A la lumière</u>** :

La dépolarisation du photorécepteur est réduite, il est hyperpolarisé, on aura donc une réduction de la libération du glutamate, ce qui donne des effets post-synaptiques inverses sur les bipolaires :

- Hyperpolarisation des bipolaires superficielles, dites alors (**OFF**).
- Dépolarisation des bipolaires invaginées**, dites alors (ON), car à l'éclairement leur réponse est une dépolarisation**.

Cette dichotomie entre bipolaires ON et bipolaires OFF est à l'origine de la **détection des contrastes**.



- **<u>Au niveau des cellules ganglionnaires</u>** :

Les cellules bipolaires font synapses avec les cellules ganglionnaires qui sont le site de genèse d'un potentiel générateur et si ce dernier est suffisamment important il donne la naissance d'un potentiel d'action, PA.

La dichotomie ON-OFF se trouve aussi au niveau ganglionnaire.

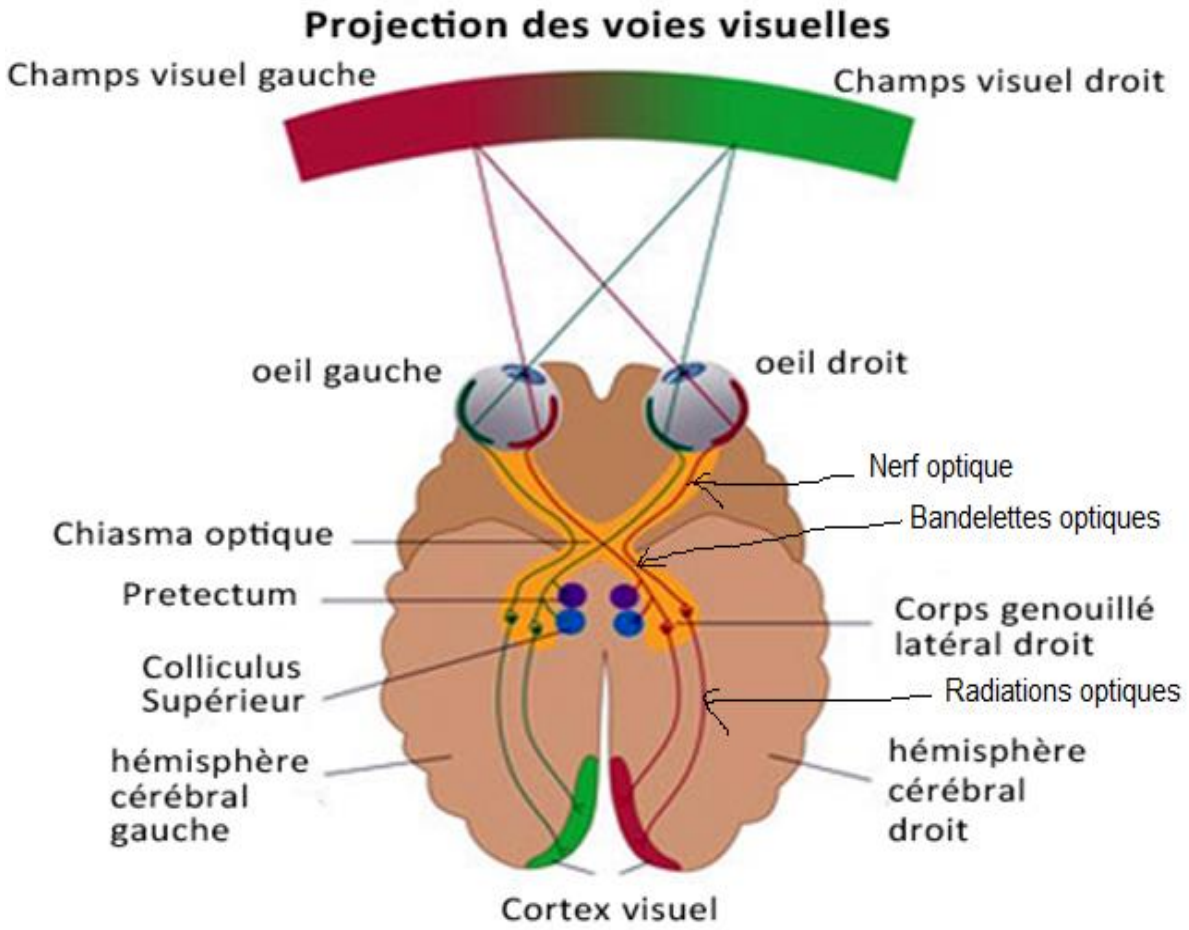
Il existe 03 types de cellules ganglionnaires :

- **<u>Les cellules ganglionnaires X</u>** : elles représentent 80-90%, de localisation centrale, réponse ON-OFF tonique, champ récepteur petit, sensibilité chromatique (sup à 60%), sensibles aux stimulations colorées, elles jouent un rôle dans la vision à haute résolution spatiale.

- **<u>Les cellules ganglionnaires Y</u>** : elles représentent 10%, se localisent en péricentre, réponse phasique, champ récepteur large, achromatique, résolution temporelle élevée, elles sont impliqués dans la détection du mouvement et des formes.

- **<u>Les cellules ganglionnaires WW</u>**: elles sont inférieurs à 10%, siège périphérique, à réponse variée, elles jouent un rôle dans la détection des mouvements.

VI-B/ LES VOIES VISUELLES ET PERCEPTION DE L'INFORMATION :



Les voies nerveuses visuelles prendre leur origine au niveau de la rétine puis se poursuivent dans la partie extra-cérébrale (nerf optique, chiasma, bandelettes optiques, noyaux géniculés latéraux) puis pénètrent dans la partie intracérébrale (radiation optiques, cortex visuel primaire ou strié (aire 17 de Brodman ou V1) du lobe occipital et les aires extra-striés ou secondaires.

C'est au niveau du cortex visuel que s'effectue la perception visuelle, et après plusieurs traitement corticaux, les différents aspects de la scène visuelle seront perçus (forme, couleur, taille distance, mouvement), et même sa signification au personne selon son mémoire et son niveau socioculturel.

Les voies visuelles reçoivent les informations des deux yeux.

Les points du champ visuel sont vus par **les deux yeux** (champ visuel nasal d'un œil et temporal de l'autre) c'est la **représentation rétinotopique**. Cette représentation rétinotopique du champ visuel est préservée jusqu'au cortex visuel.

La projection du champ visuel sur la surface de la rétine est inversé dans le sens haut-bas et droite-gauche.

En règle générale les informations qui proviennent du **champ visuel gauche** qu'elles soient de l'œil droite ou gauche se projettent sur **l'hémisphère cérébral droit** et vice versa. C'est à dire que la représentation du champ visuel est inversée dans le cortex cérébral.

Exemple : le champ visuel gauche est vu par la rétine temporale de l'œil droite et la rétine nasale de l'œil gauche. La même chose pour le champ visuel droit.

Au niveau du chiasma à la base du diencéphale :

Hémi-rétines temporales sont homolatéraux, ne changent pas de côté. Alors que les hémi-rétines nasales croisent. (6O% des fibres du nerf optique croisent dans le chiasma, 40% reste du même côté),

Après le chiasma optique les fibres des bandelettes optiques se projettent sur les noyaux de relais thalamiques, les corps genouillés latéraux controlatéraux (CGL controlatéraux).

Le champ visuel gauche se projette sur le CGL droit et vice versa.

Après les corps genouillés les radiations optiques se projettent vers le cortex visuel occipital primaire controlatéral toujours : aire visuelle primaire striée (aire 17 de Brodman) et sur l'aire visuelle extra-striée.

VII/ PATHOLOGIES DE L'APPAREIL VISUEL :

Toute altération ou affection de l'un des constituant de l'appareil visuel quel soit de la composante optique ou la composante nerveuse, entrainent des déficits majeurs de la vision voir même la cécité, un handicap majeur.

On va citer quelques unes de ces affections :

VII-A/ Atteinte de la composante optique :

- **La conjonctivite** :

C'est une inflammation microbienne ou allergique de la conjonctive de l'œil.

L'œil devient rouge avec sensation de brulures, parfois même un œdème palpébral et périorbitaire, avec une vision flou et altérée.

- **Le glaucome** :

C'est l'accumulation de l'humeur aqueuse par défaut de drainage par le **limbe**, un lacis spécialisé de cellules situé entre l'iris et la cornée, ce qui provoque une augmentation de la pression intraoculaire pouvant réduire l'apport du sang à l'œil et endommager les neurones rétiniens.

- **La cataracte** :

Elle est responsable de la moitié des cas de cécité dans le monde, presque toutes les personnes de plus de 70 ans présentent une opacification du cristallin (perte de la transparence).

Les causes sont : le vieillissement, l'exposition au rayonnement UV (l'intérêt de porter des lunettes de soleil protectrices du cristallin et de la rétine. Parfois c'est d'origine médicamenteux (corticoïdes à long terme).

- **Anomalie de réfraction** :

Anomalie de la réfraction ou **amétropie**.

- **La myopie** :

Vision mal des objets éloignés, due à une courbure très élevée de la cornée ou à une longueur excessive du globe oculaire.

Les objets se projettent alors avant la rétine même avec une bonne accommodation du cristallin (cristallin aplati).

- **L'hypermétropie** :

Vision mal des objets rapprochés, due à une longueur insuffisante de l'œil ou à une puissance insuffisante du système réfringent de l'œil.

La focalisation se fait en arrière de la rétine.

Ces deux anomalies de réfraction se corrigent par des lunettes ou lentilles correctrices.

VII-B/ Atteinte de la composante nerveuse :

- **La rétinite pigmentaire** :

Un ensemble hétérogène de trouble oculaire héréditaire, c'est une dégénérescence progressive des photorécepteurs associée avec une altération et une migration de l'épithélium pigmentaire délabré vers la rétine où il constitue des amas de différentes tailles

Le déficit touche tout d'abord la vision périphérique (bâtonnets) avec difficulté de voir la nuit puis de la vision centrale (cônes) difficulté de voir la journée s'associe de façon progressive avec les années.

- **La dégénérescence maculaire** :

Dégénérescence maculaire liée à l'âge, affection qui entraine une perte progressive de la vision centrale. C'est une dégénérescence des photorécepteurs (cônes).

Les personnes affectées commencent à éprouver une sensation de flou dans leur vision centrale lors de l'exécution de tache qui exige une vision détaillée, puis l'atteinte s'accentue avec le temps avec l'apparition de points aveugles dans le champ visuel.

Les causes sont mal connues mais le risque augmente avec l'âge, facteurs héréditaires, maladies cardio-vasculaires, exposition prolongée au fumé, tabac, lumière et des causes nutritionnelles.

- **Déficits du champ visuel** :

Grand nombre de trouble soit rétiniens soit centraux (tumeurs par exemple) peuvent entrainer des déficits du champ visuel.

- **Anopsie** : déficit étendue du champ visuel.

- **Scotome** : déficit petit du champ visuel.

Exemples :

- Une atteinte du nerf optique droit donne une atteinte du champ visuel de l'œil droit.
- Une atteinte au niveau du chiasma otique donne une hémianopsie bitemporale.
- Une atteinte au niveau de la bandelette optique donne une hémianopsie latérale homonyme.

- **Atteintes inflammatoires, immunitaires et démyélinisantes des voies visuelles rétrobulbaires :**

- **La névrite optique.**

- **La sclérose en plaque**.

VIII/EXPLORATION ELECTRO-NEURO-PHYSIOLOGIQUE DE L'APPAREIL VISUEL :

➢ Electro-oculogramme : EOG :

Consiste à mesurer l'évolution du potentiel de repos de la rétine en fonction des conditions d'éclairement (obscurité et éblouissement).
Indiquer dans les baisses de vision surtout chez l'enfant et le jeune adulte.

➢ Electrorétinogramme : ERG :

Il 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 actuellement essentiellement utilisé dans la surveillance des atteintes de l'épithélium pigmentaire (rétinite pigmentaire).

➢ Potentiel évoqué visuel : PEV :

C'est la stimulation par un damier alternant (contraste) de cases blanc et noir pour l'étude objective des voies visuelles rétrobulbaires (nerf optique et voies visuelles centrales et corticales).

Indiqué surtout :

- dans les altérations des champs visuels,
- dans les atteintes tumorales centrales ou compressives
- dans les atteintes inflammatoires et immunitaires du système nerveux central (sclérose en plaque).