



L'œil

Instrument d'astronomie

Au menu

Généralités

Anatomie de l'œil humain

Le cristallin

La pupille

La rétine

Quelques chiffres

L'œil sidéral

Transparence

Ouverture

Lentille Capteurs

Performances

Inconvénients

Compléments (si affinités)



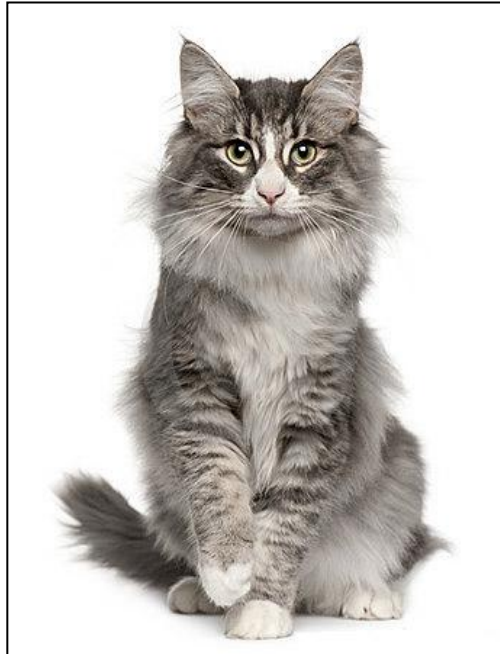
Généralités

Grande variété de perception des formes et des couleurs dans le monde animal.



Le poisson rouge est sensible à certains rayonnements UV et IR et est spécialisé dans la vue de près.

Généralités



Le chat, le dauphin voient la nuit ou dans les profondeurs aquatiques sombres.

Généralités



L'aigle a une résolution angulaire 3 fois supérieure à celle de l'Homme.

Généralités



Le lapin et certains insectes sont capables de détecter les plus infimes mouvements.

Généralités



Le caméléon a une vue sur 360°, avec deux yeux totalement indépendants.

Généralités



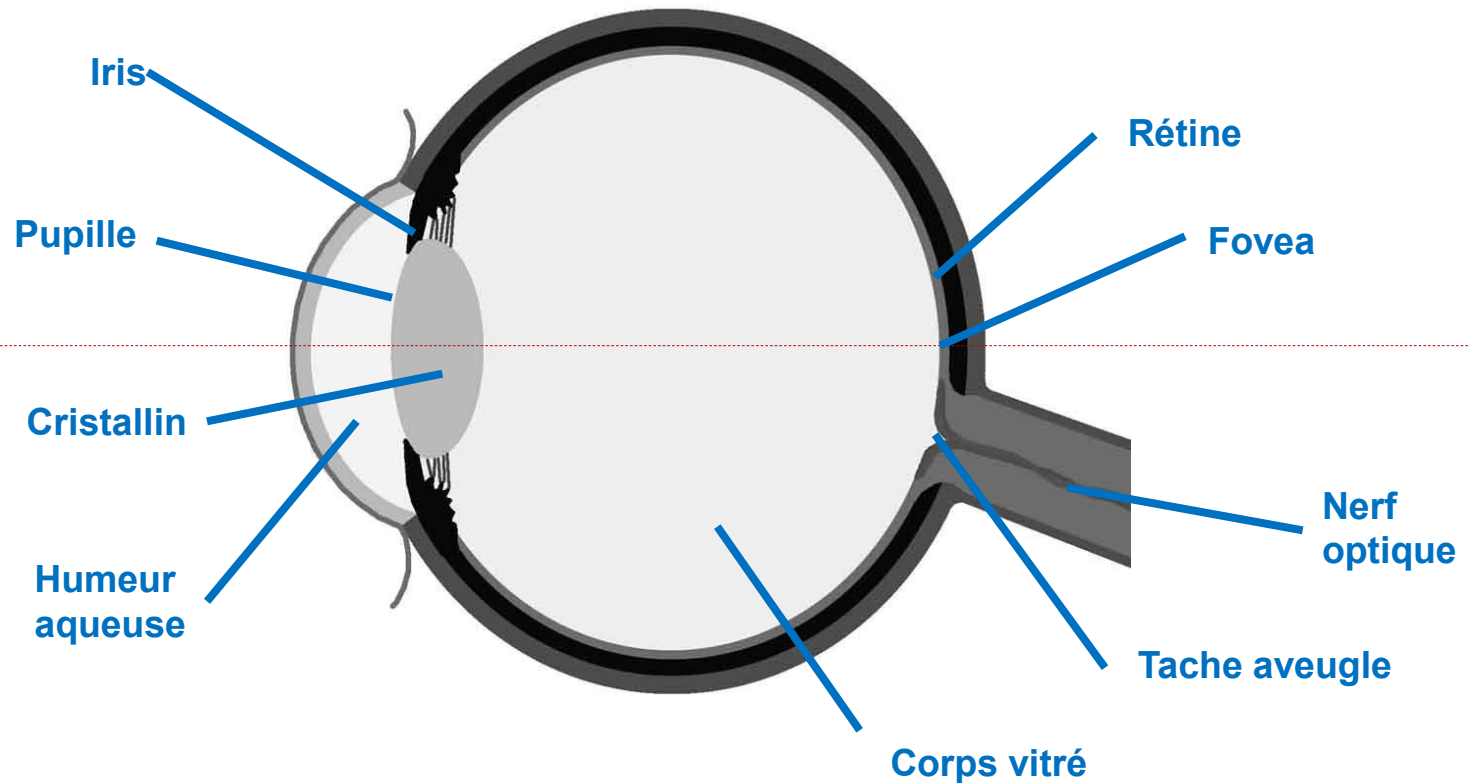
L'araignée possède 8 yeux de divers modèles.

Généralités



Les yeux de certains insectes ont une structure à facettes.

Anatomie de l'œil humain

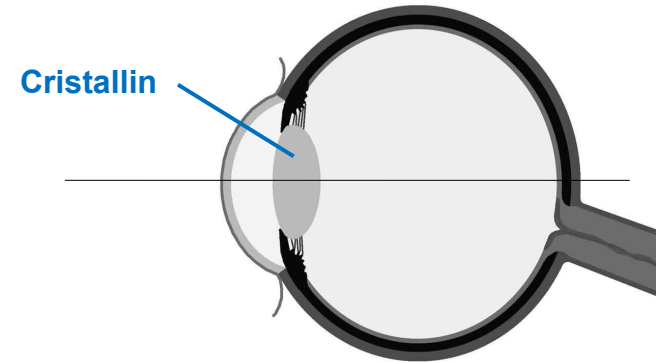


Anatomie de l'œil humain

Le cristallin

Lentille convexe qui forme l'image sur la rétine.

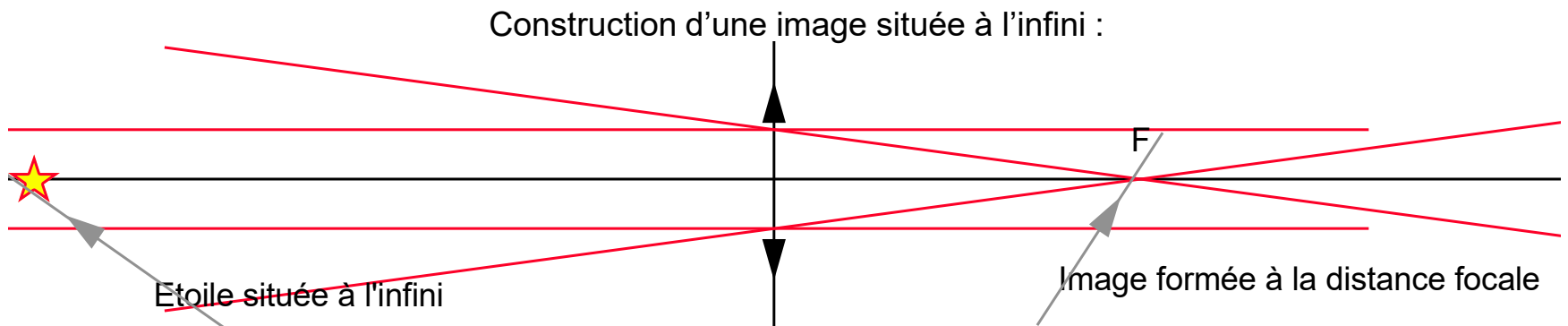
- Diamètre de sa pupille
- Distance focale.



Géométrie variable, grâce aux **muscles ciliaires**.

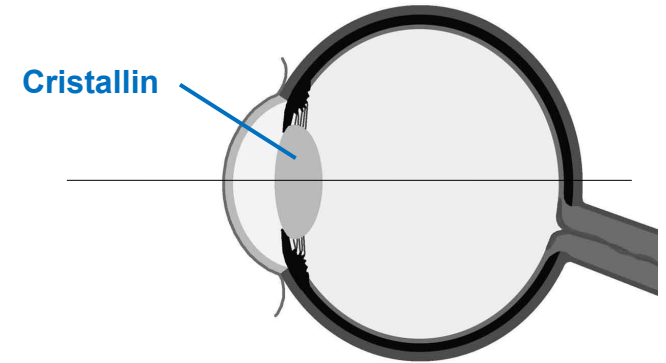
Modifie à volonté sa distance focale (courbure et indice de réfraction)
C'est l'**accommodation**.

Pourquoi devoir modifier sa distance focale ?

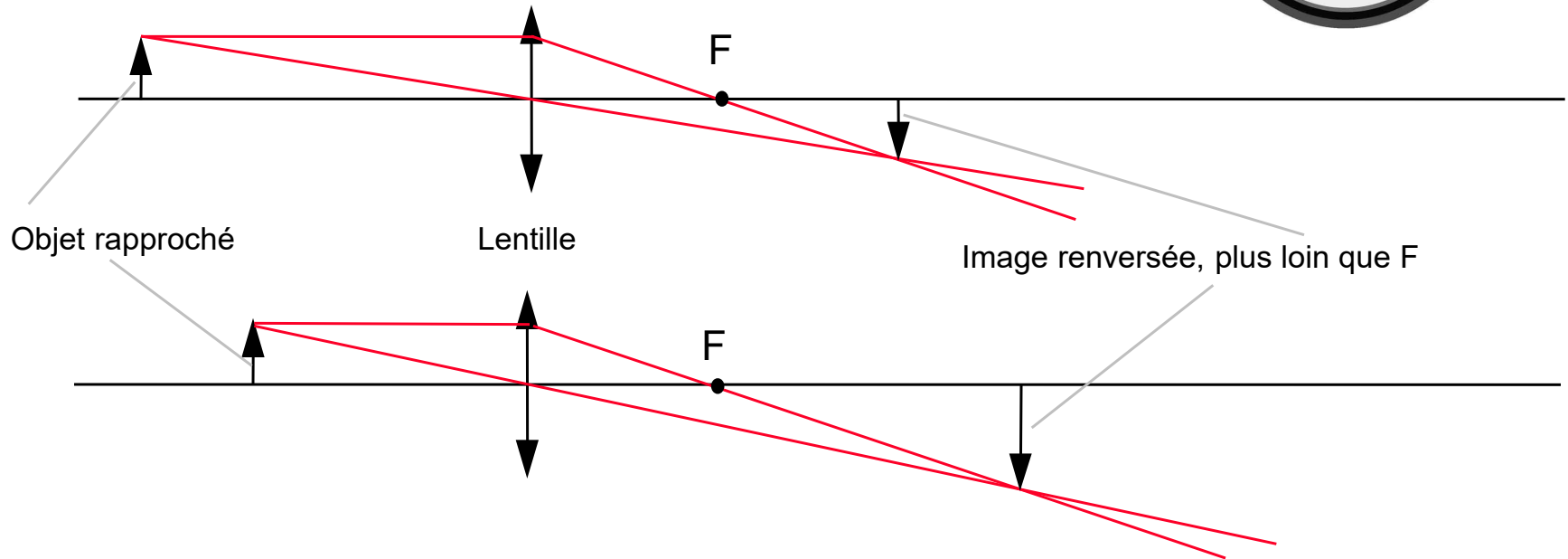


Anatomie de l'œil humain

Le cristallin

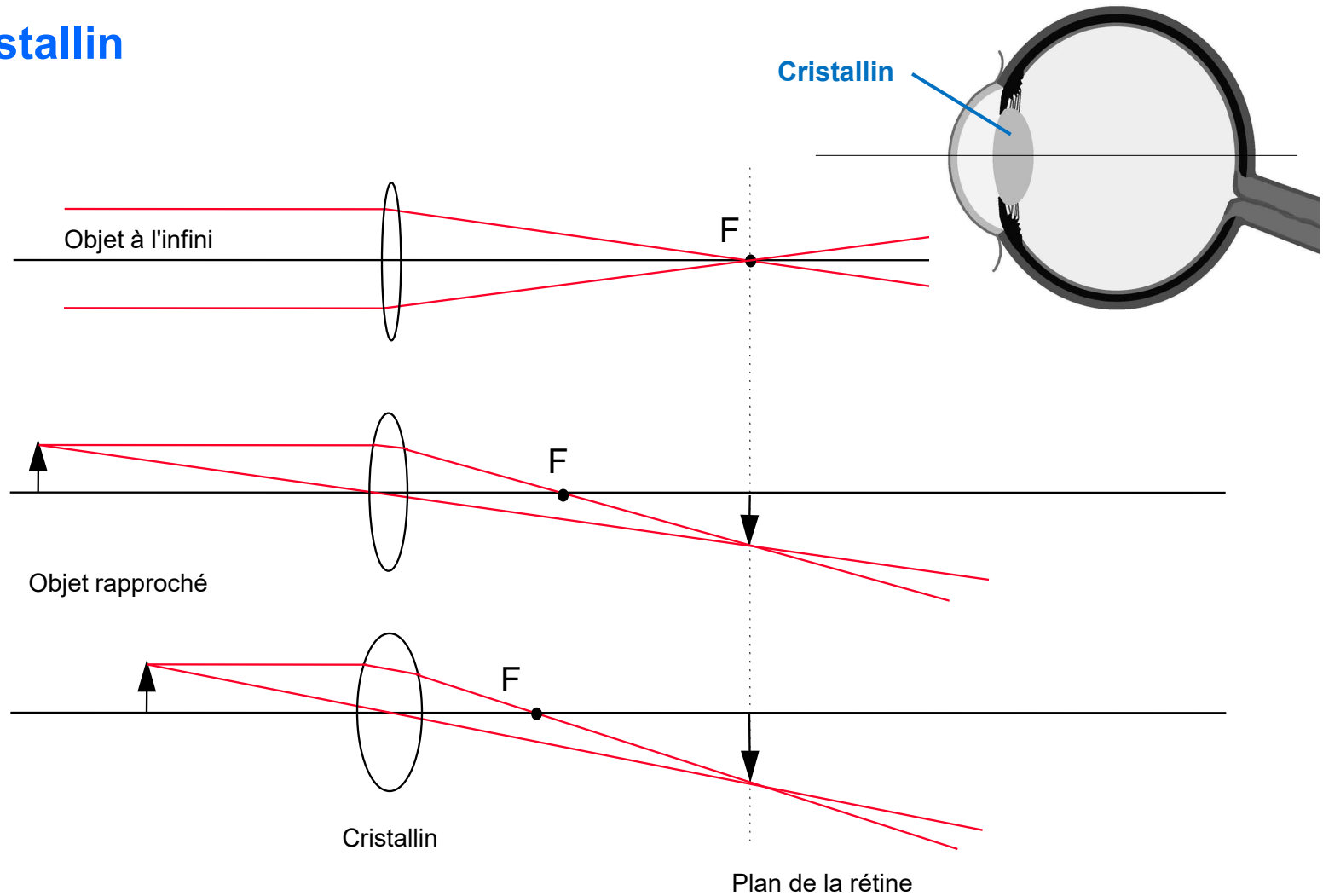


Construction d'une image d'un objet rapproché :



Anatomie de l'œil humain

Le cristallin



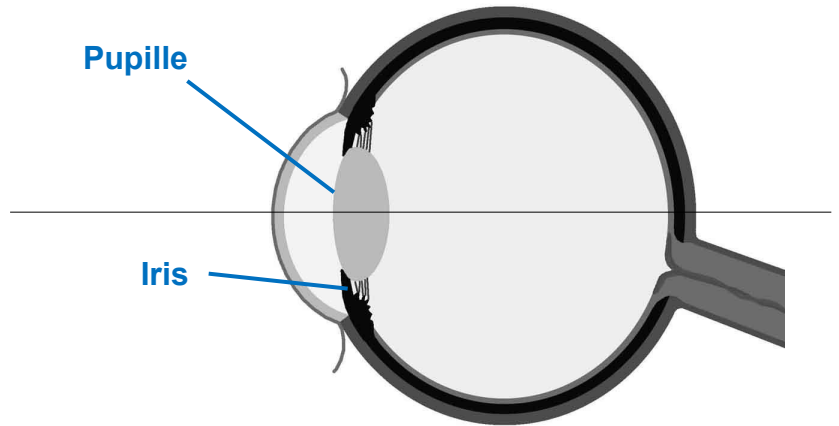
Anatomie de l'œil humain

La pupille

Iris = diaphragme

Se ferme rapidement en cas de forte illumination.

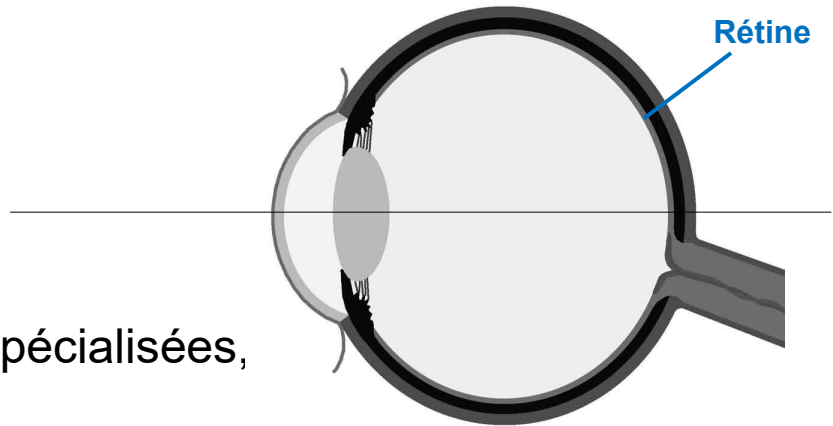
Son diamètre varie de 1 mm au soleil, à 7 mm en vision nocturne.



Anatomie de l'œil humain

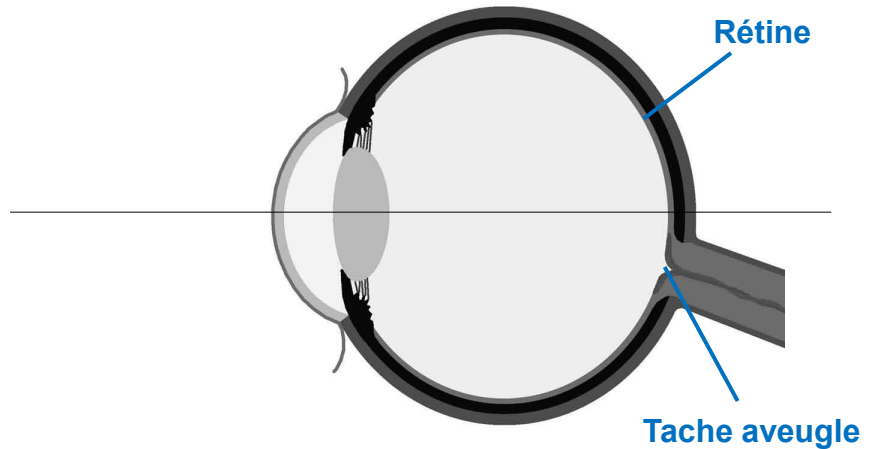
La rétine

- Cellules sensibles (capteur).
 - Assemblage complexe de cellules spécialisées, sensibles à la lumière.
 - Constituée de **cônes** et de **bâtonnets**.
-
- 0,5 mm d'épaisseur,
 - Couvre 75% de la surface intérieure du globe oculaire. On y trouve :
 - 5 à 6 millions de cônes et 120 à 130 millions de bâtonnets.
 - Les extrémités des neurones chargés de transmettre les signaux électrochimiques au cerveau.
 - Des vaisseaux sanguins capillaires.



Anatomie de l'œil humain

La rétine

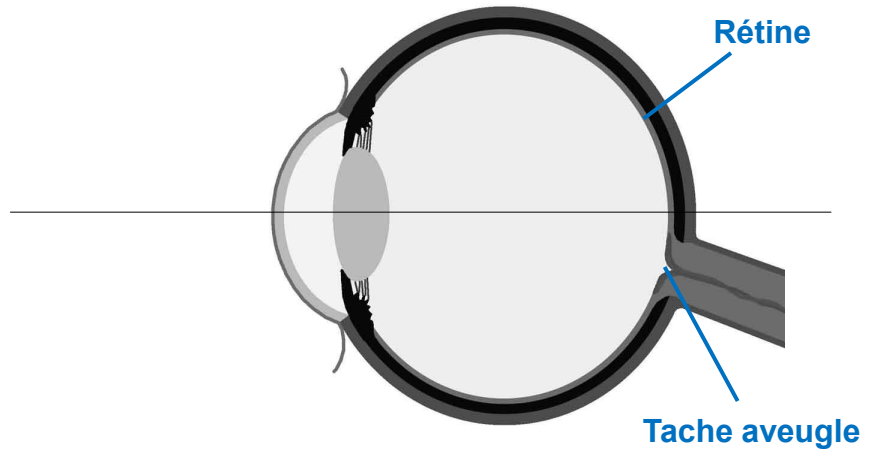
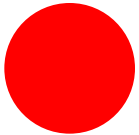


- Les structures nerveuses des neurones sont transparentes.
- Les capteurs (cônes et bâtonnets) ne sont pas indépendants.
- Les terminaisons sont collectées dans le nerf optique au niveau de la

Tache aveugle de Mariotte.

Anatomie de l'œil humain

La rétine

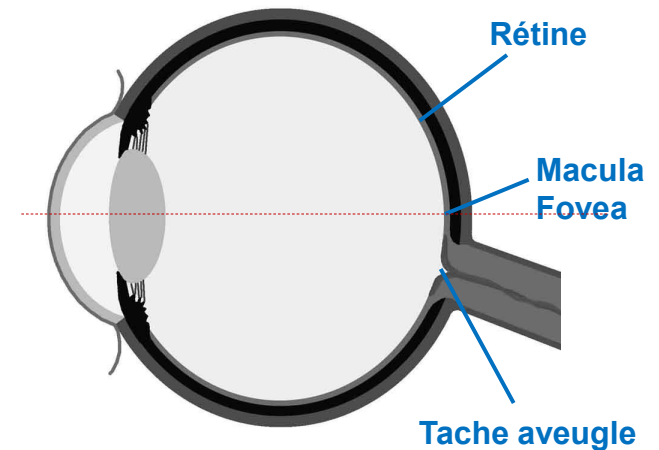


Anatomie de l'œil humain

La rétine

Cônes :

- Sensibles aux couleurs et aux fortes illuminations.
- Fournissent individuellement des informations au cerveau.
- Excellente acuité visuelle*.



De plus en plus nombreux au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'axe optique du cristallin.

Macula : Sur l'axe optique. $\varnothing$ 2 mm.

Fovea : Partie centrale. Aucun bâtonnet. Forte densité de cônes très fins.

Les cônes contiennent un pigment brun qui sert à les protéger des très fortes illuminations. Dans ce cas, le pigment migre en surface du capteur en jouant le rôle de filtre.

* L'acuité visuelle est la possibilité de percevoir de fins détails. Elle dépend du diamètre de la pupille, mais aussi et surtout de la densité des capteurs de la rétine et de la faculté d'intégration du cerveau.

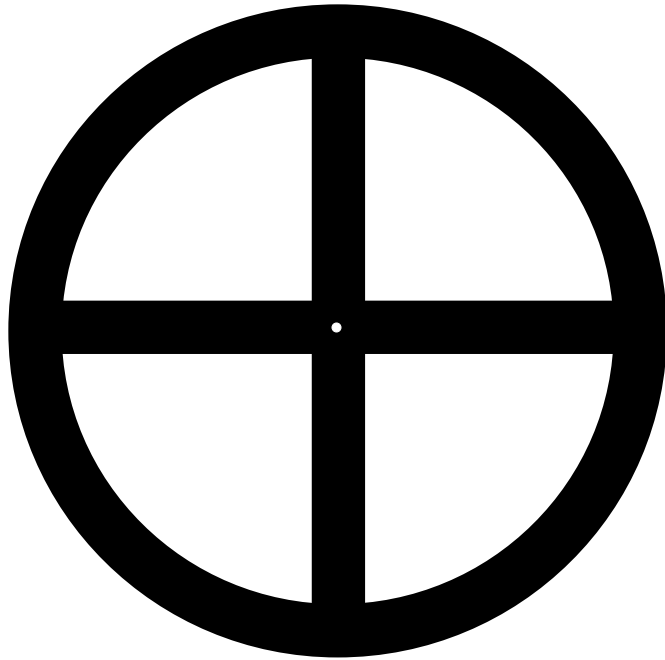
Anatomie de l'œil humain

La persistance rétinienne

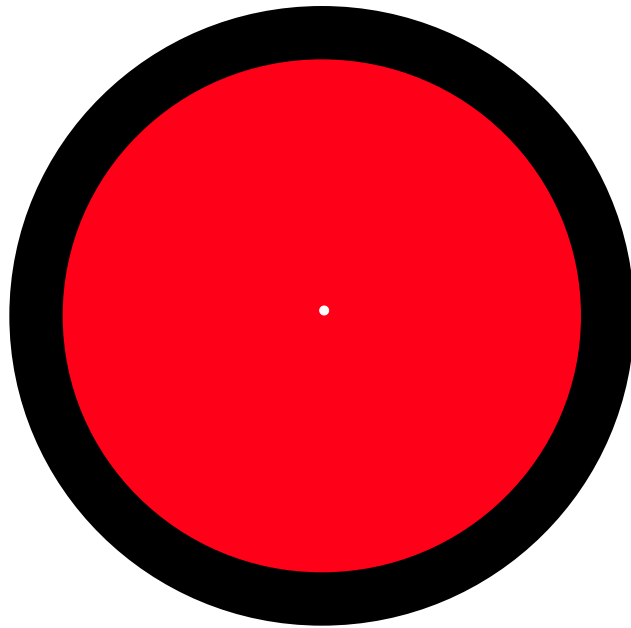
La **persistance positive** : 50 à 100 millisecondes (fluidité des images d'un film).

La **persistance négative** : plusieurs secondes - très fortes illumination.

Anatomie de l'œil humain



Anatomie de l'œil humain

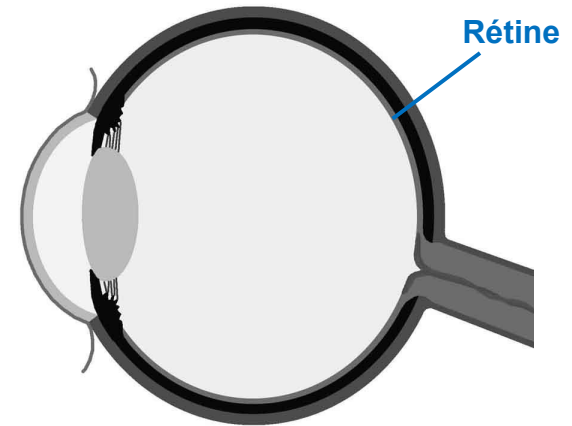


Anatomie de l'œil humain

La rétine

Bâtonnets :

- Sensibles aux faibles illuminations.
- Ne distinguent pas les couleurs.
- Faible acuité visuelle car connectés au nerf optique par groupes.
- Situés majoritairement en périphérie de la macula.



Apprendre la vision décalée

- La Fovea n'en contient pas. Inutile de rechercher des faibles lumières dans la direction du regard.
- Sensibilisation des bâtonnets aux faibles lumières : pourpre rétinien*.
- La vitamine A est nécessaire à la production de ce pigment.
- Il n'est synthétisé que dans l'obscurité.
- Sa fabrication prend 10 à 15 mn.
- Les fortes lumières détruisent très rapidement le pourpre rétinien et rendent inopérants les bâtonnets.

* C'est la Rhodopsine, composée de Rétinal et d'Opsine

Anatomie de l'œil humain

La rétine

Tout astronome amateur se doit donc :

- 1 - de manger des carottes et des myrtilles, ou tout autre aliment qui contiennent du bêta-carotène, précurseur de la vitamine A (rétinol).
- 2 - de respecter un délai de 10 à 15 mn dans l'obscurité pour faire des observations correctes.
- 3 - de proscrire toute lumière blanche pendant les observations.
- 4 - d'observer les objets faibles en vision décalée

Anatomie de l'œil humain

Dilatation de la pupille :

- Varie d'un individu à l'autre.
- Varie selon l'âge du sujet. De 7 à 5, voire 4 mm

Distance minimale de netteté (Punctum proximum) :

- 6 cm pour un jeune enfant
- 15 cm à 30 ans
- 30/40 cm à 50 ans.

Ce vieillissement, rendant rigides les cellules du cristallin s'appelle la presbytie.

Voir près contracte des muscles (accommodation)

Voir beaucoup de lumière contracte aussi des muscles (ceux de la pupille)

Donc, faire de l'astronomie repose...

Anatomie de l'œil humain

L'œil en quelques chiffres

Globe oculaire : diamètre de 23 à 25 mm.

Distance focale du système cristallin + cornée : environ 17 mm (Soit une puissance de 60 dioptries environ).

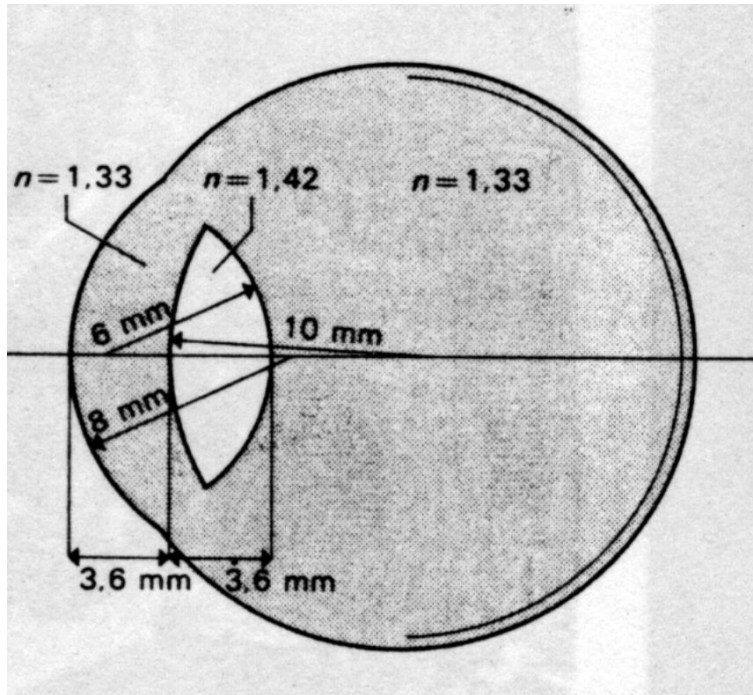
La pupille, entre le soleil et la nuit, passe de 1 à 7 mm, ce qui donne un rapport F/D variant respectivement entre 17 et 2,4.

La résolution angulaire théorique correspondante est de 20'' (pupille à 7 mm) à 2' d'angle (pupille à 1 mm).

D'autres considérations, en particulier concernant la densité des bâtonnets, font que cette résolution maximale de 20'' n'est jamais atteinte en astronomie à l'œil nu.

Anatomie de l'œil humain

L'œil en quelques chiffres



Volume du globe oculaire :	6,5 cm ³
Poids :	7 grammes
Diamètre du globe oculaire :	24 mm
Diamètre du cristallin :	10 mm
Focale du cristallin seul :	4,6 mm
Focale du système oculaire :	17 mm
Surface de la rétine :	1 250 mm ²
Nombre de cônes :	6 000 000
Nombre de bâtonnets :	130 000 000
Épaisseur de la couche des récepteurs :	40 microns

L'indice de réfraction du cristallin varie à l'intérieur de celui-ci selon accommodation. La valeur 1,42 est une moyenne au repos.

L'œil sidéral

Exercice intellectuel de Bill Parkyn, dans un article de *Sky and Telescope* de juin 1994 :

Optimiser l'œil pour en faire un instrument spécialisé dans l'astronomie.

Il a conservé la géométrie générale de l'organe, en y adjoignant quelques améliorations surprenantes.

Il s'est borné à réorganiser l'existant, sans toucher aux circuits nerveux, ni à l'interprétation que le cerveau fait des messages reçus. Seuls seront adaptés l'optique et les capteurs.

L'œil sidéral

La transparence

Dans l'œil normal, seulement 10 % de la lumière pénétrant atteint les récepteurs de la rétine. Les causes de ces pertes sont bien connues : différentes membranes intermédiaires, diffractions, dispersions dans les différents fluides, dans la rétine (La rétine est formée de 10 couches cellulaires superposées).

Enlevons donc ces membranes et remplaçons l'humeur vitreuse et l'humeur aqueuse par un fluide plus transparent. La transmission optique passe alors à 80 %, diminuant ainsi le seuil de sensibilité de 2 magnitudes.

Au passage, une meilleure transparence améliore d'autant le contraste des images.

L'œil sidéral

L'iris

L'iris a disparu, et la pupille fait 20 mm !

L'œil sidéral

Le cristallin

Bien entendu, le cristallin est un triplet asphérique apochromatique, aux indices de réfraction ajustés pour limiter la diffraction, les aberrations chromatiques et les réflexions parasites.

L'œil sidéral

Les capteurs

La rétine n'est plus composée que de bâtonnets reliés individuellement au nerf optique. La couche de capteurs est placée sur la face interne de la rétine, alimentée par les capillaires et reliés aux neurones par l'extérieur.

On obtient donc une rétine en deux couches principales : les capteurs en direction de la lumière, sans intermédiaire, et en dessous, l'alimentation et la transmission des informations.

Ceci permet une forte densité de capteurs répartis sur toute la surface de la rétine, avec une accumulation dans l'axe du regard. L'acuité est fortement améliorée, et présente dans tout le champ visuel. La vision décalée n'est plus nécessaire. La résolution théorique est atteinte.

Les bâtonnets sont devenus sensibles aux couleurs, avec un spectre étendu aux proches Ultraviolets et Infrarouges.

Afin de protéger les capteurs des trop fortes lumières, on peut adjoindre une paupière à opacité variable, amovible comme chez les félins.

L'œil sidéral

Performances

L'œil sidéral ainsi réalisé permettrait de distinguer, sur un bon site de montagne, des objets de magnitude 11 (soit un gain de 4,5 magnitudes) en couleurs, avec une résolution de moins de 10 secondes d'arc et un spectre agrandi vers l'Infrarouge et l'Ultraviolet.

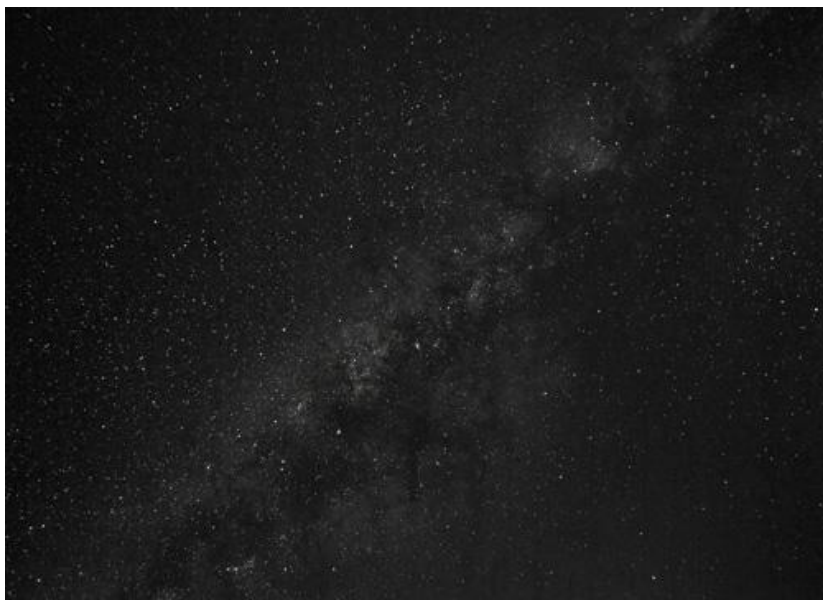
Imaginons donc, à l'œil nu, les bandes de Jupiter et ses satellites, les phases de Venus, les astéroïdes les plus gros, les comètes ou les pluies d'étoiles filantes permanentes.

Côté ciel profond, la galaxie d'Andromède laisse voir des détails dans ses bras spiraux, les amas d'étoiles apparaissent en couleurs.

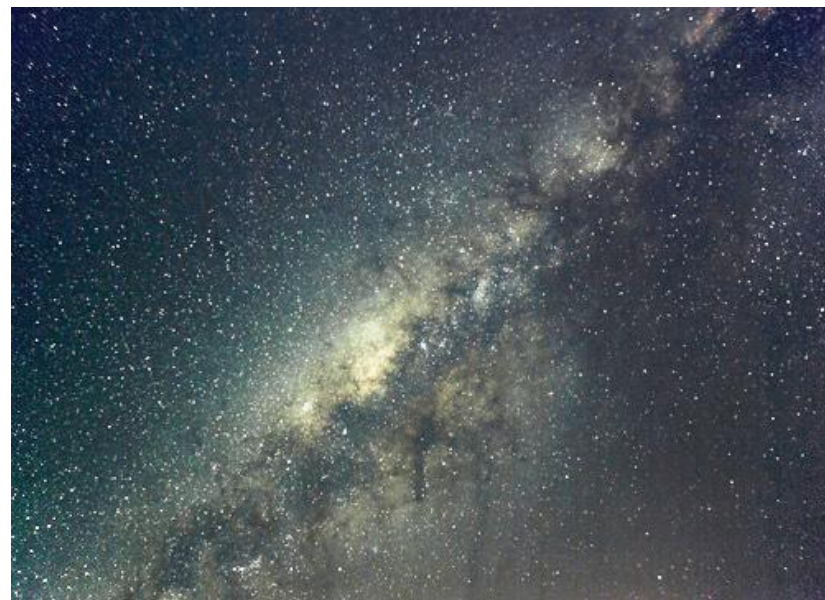
L'œil sidéral

Performances

Les deux photos du ciel ci-dessous donnent une idée de la différence avec un œil ordinaire...



Vision normale



Même région avec un œil sidéral

L'œil sidéral

Quelques inconvénients... de taille !

- Accommodation plus possible. Le port de lunettes est obligatoire pour voir de près.
- Vision de jour faussée, voire impossible du fait d'une illumination trop forte. Obligation de porter des filtres.
- La Lune est trop brillante pour être observée sans filtre.
- Les oculaires des instruments astronomiques doivent être adaptés avec une pupille de sortie de 20 mm et un champ apparent de 70°.



Vivre mieux !

ASSOCIATION
DE MAILLET

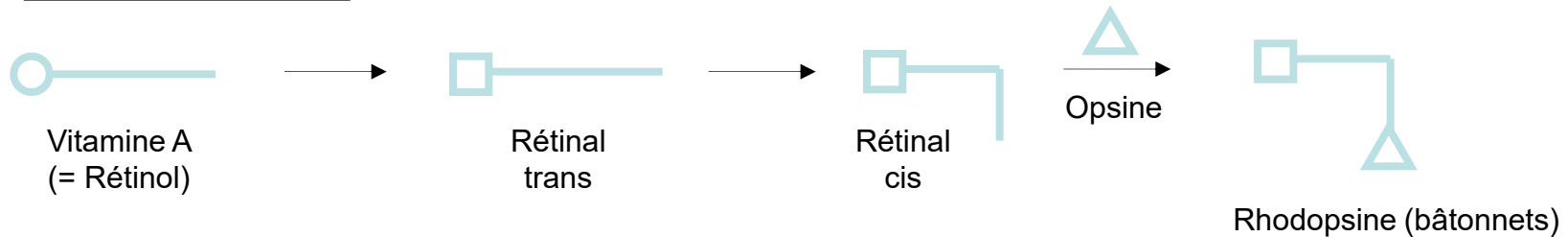
Club d'astronomie
Caroline H



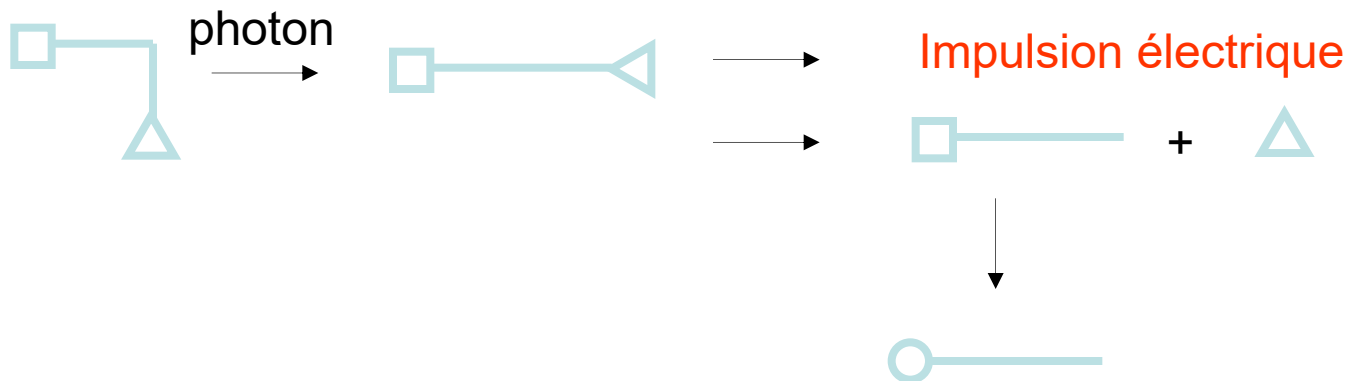
Compléments

Chimie de la vision (très simplifiée)

Dans l'obscurité :



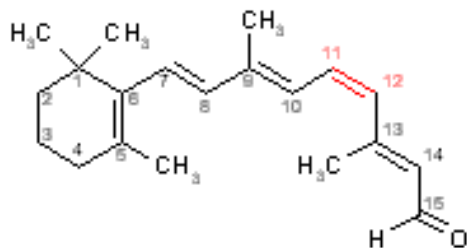
A la lumière :



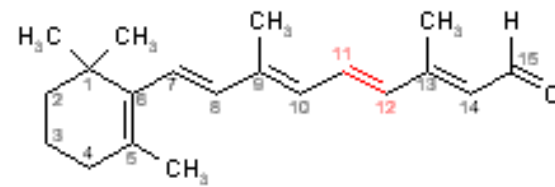
Compléments



Structure spatiale de la Iodopsine M

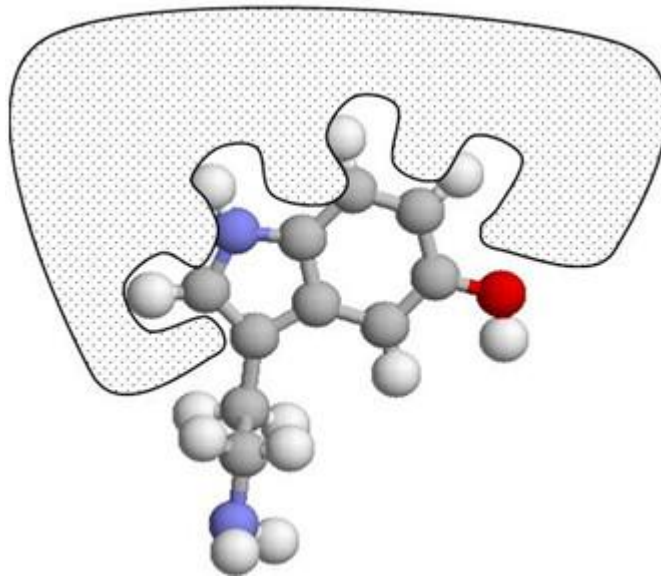


11-cis-rétinal

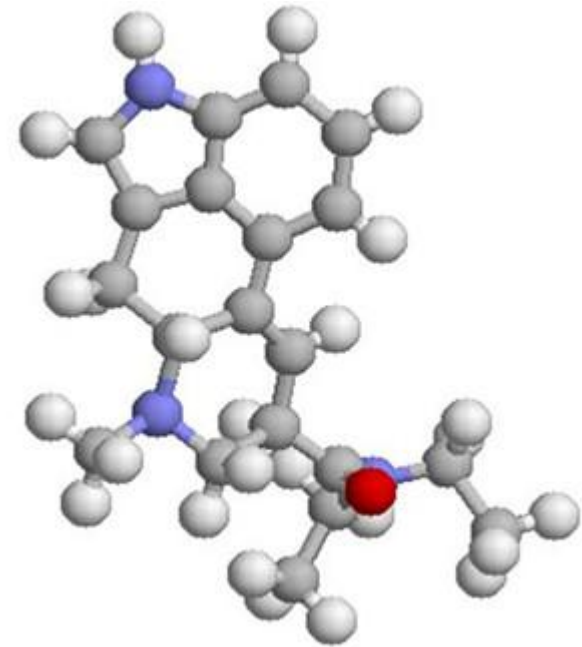


Tout-trans-rétinal

Compléments

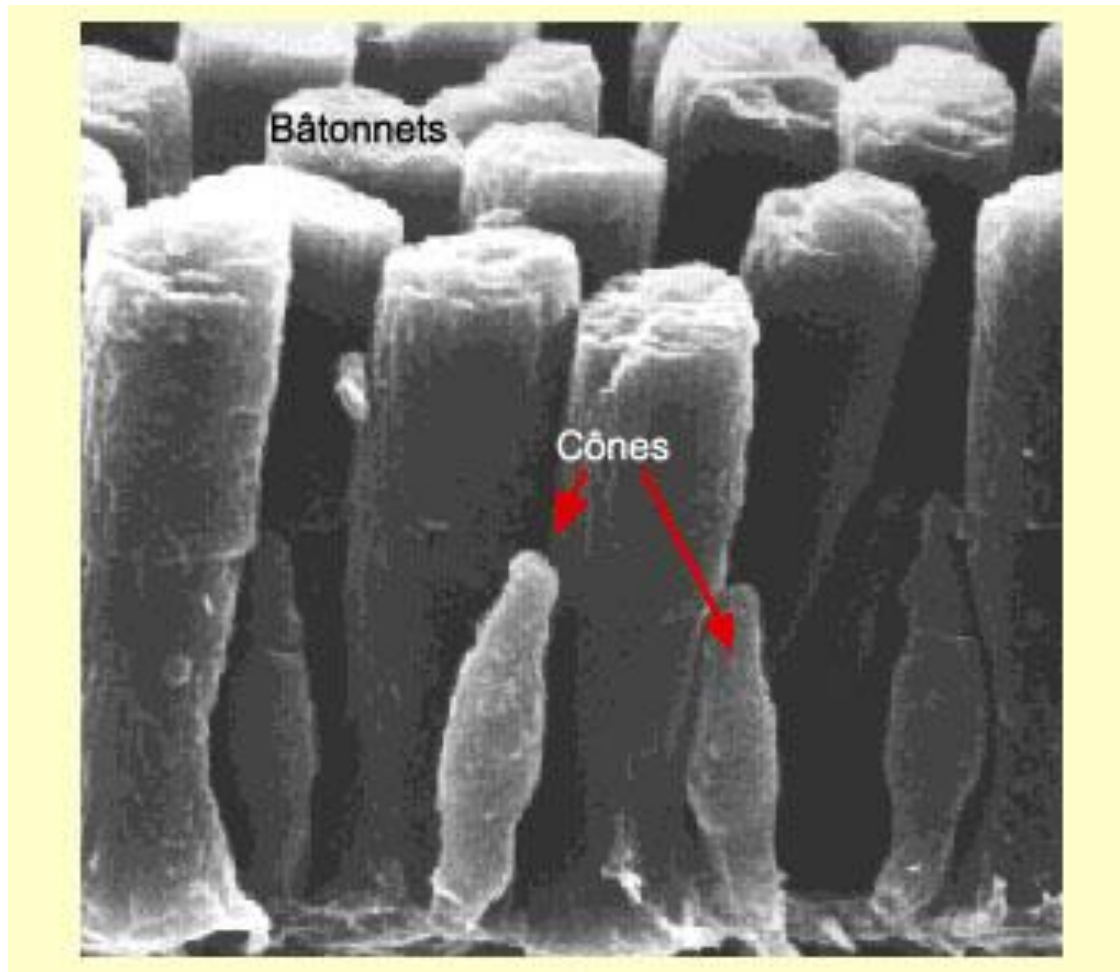


Sérotonine (neurotransmetteur entre les neurones responsables des transmissions visuelles)

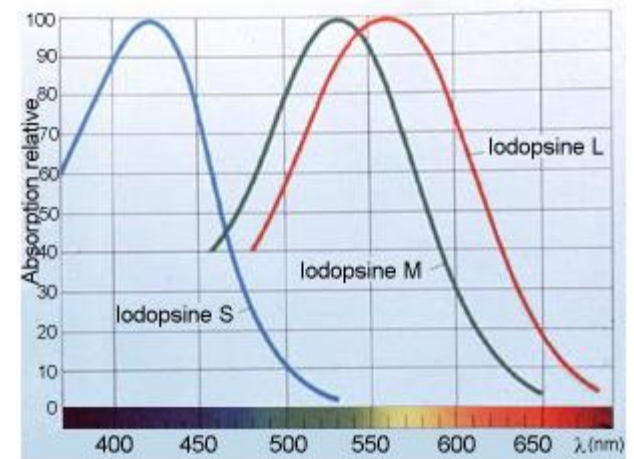
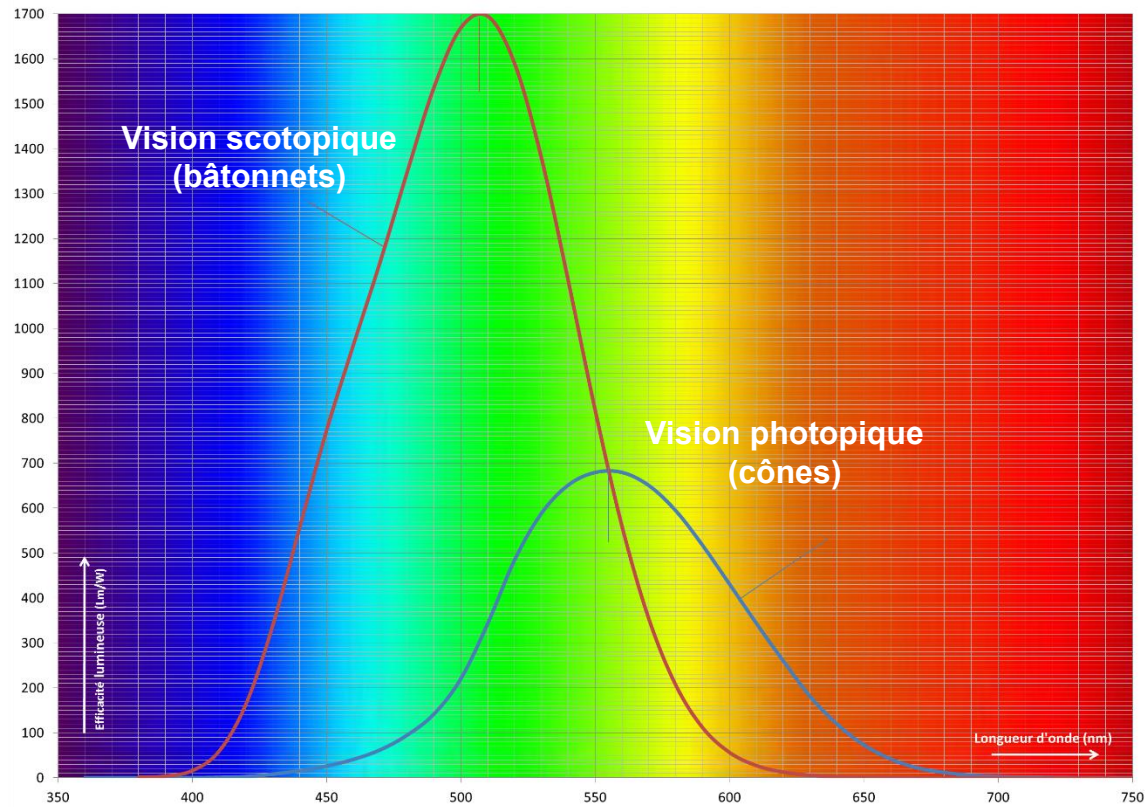


LSD (hallucinogène)

Compléments



Compléments



Compléments

En savoir plus :

<http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur/dossier/perception.html>

http://pfgallot.com/SITE_WEB__2012/PREMIERE_S/6_reactions%20photochimiques_cor.pdf



ASSOCIATION
DE MAILLET

Club d'astronomie
Caroline H

