

Cours 1 de biophysique : Optique et vision

Généralités :

Stimuli physique	Cellules cibles (rétine)	Réaction photochimique	Influx nerveux	Intégration et élaboration de la sensation visuelle
ondes lumineuses (photons)	-cônes (diurne) -bâtonnets (nocturne)	Transduction d'énergie électromagnétique en énergie électrique (potentiel de membrane) : réaction entre les photons et les substances chromophores des segments externes des cônes et bâtonnets	Nerf optique : le potentiel de membrane devient potentiel d'action après plusieurs réactions	Cortex occipital : aires 17, 18 et 19 de Brodmann

I) La lumière visible

-Lumière = ondes électromagnétiques qui correspondent à deux champs : champs électrique + champs magnétique

$$\lambda = \frac{c}{N} \text{ dans le vide}$$

-Caractérisation d'une onde :

avec $c=3 \cdot 10^8$ m/s (valeur à savoir)

N la fréquence en s^{-1}

λ la longueur d'onde en m

-« Lumière visible » = ondes lumineuses rediffusées par les objets éclairés de longueur d'onde comprise entre 380 nm (violet) et 780 nm (rouge).

-Propagation homogène de la lumière : se fait dans un milieu possédant les mêmes propriétés en tout point de l'espace, la lumière issue d'une source S se propage alors selon des portions de droites orientées qui correspondent aux rayons lumineux, on a alors une émission isotrope (c'est à dire que les rayons sont identiques dans toutes les directions de l'espace)

-vitesse de la lumière dans le vide = célérité = c

-vitesse de la lumière dans un milieu matériel = v

$$v = \frac{c}{n}$$

n : indice absolu de réfraction du milieu (sans unité)

$n > 1$ dans un milieu matériel, $n \approx 1$ dans l'air

II) Interaction entre la lumière et les photorécepteurs

1) Réaction photochimique dans le cas de bâtonnets

-Rhodopsine = pourpre rétinien = substance chromophore des bâtonnets, qualifiée d'hétéroprotéine ou chromoprotéine

2parties : protéine (364 acides aminés (AA) répartis en 7 hélices) + aldéhyde (rétinal situé au centre des hélices)

Rétinol = vitamine A = alcool primaire issu de l'aldéhyde

-réaction photochimique avec faible quantité de lumière :



C'est une réaction rapidement réversible -> absence de gêne visuelle persistante dans un environnement obscur

-réaction photochimique avec quantité de lumière plus importante :

la réaction précédente continue et devient irréversible (le pourpre rétinien est reformé par un cycle long -> réaction lente donc adaptation plus lente de la rétine après l'obscurité



-héméralopie = cécité nocturne issue d'une carence en vitamine A

2) Réaction photochimique dans le cas des cônes

Type de cône	Cône S (« small »)	Cône M (« middle »)	Cône L (« long »)
Couleur perçue	Bleu	Vert	Rouge
Pigment chromophore	Cyanolable	Chlorolable	Erytholable

Différence de 15/354 AA entre les 3 types de cône et de 60% avec la rhodopsine

Vision en couleur grâce à la synthèse trichrome permise par les cônes.

III) Les images optiques

-Dioptre = interface de séparation entre 2 milieux d'indice de réfraction n différents

-Système optique (Σ) = succession de dioptries

-Système optique centré = juxtapositions de dioptries qui ont tous le même axe optique

-Système optique réfringent = constitué de dioptries et lentilles mais pas de miroir donc pas seulement de la déviation et pas de réflexion

-Stigmatisme rigoureux : le système optique est rigoureusement stigmatique pour le couple S et S' si tout rayon issu de S ponctuel et traversant le système optique passe par S', alors S' est aussi ponctuel.

-Stigmatisme approché : le système optique est approximativement stigmatique si pour le couple S et S' tout rayon issu de S ponctuel et traversant le système optique arrive sur une seule cellule sensible du récepteur.

Approximation de Gauss pour le stigmatisme approché :

- L'objet est dans un plan perpendiculaire à l'axe optique
- Tous les points objets doivent pouvoir être considérés sur l'axe optique ou être voisins de l'axe optique
- Les rayons lumineux issus de l'objet doivent être faiblement inclinés sur l'axe optique

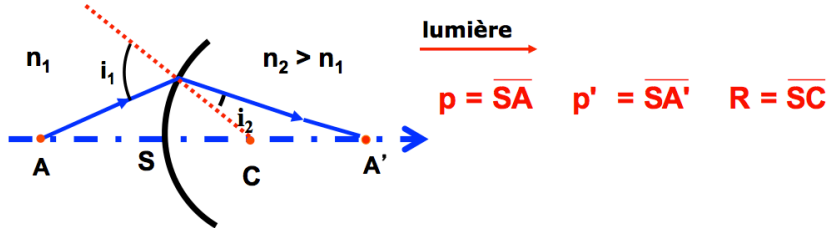
Système optique réfringent :

- Objet réel si il est avant l'entrée du système optique et objet virtuel si il est dans ou après le système optique
- Image virtuelle si elle est avant ou dans le système optique et image réelle si elle est après le système optique

IV) Le dioptre sphérique

-Relation fondamentale de conjugaison des dioptres

A : objet ponctuel A' : image



Par convention l'axe des abscisses correspond à l'axe optique et est gradué dans le sens de la lumière, il a pour origine le point S.

$$\frac{n_2}{p'} - \frac{n_1}{p} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Relation de conjugaison : avec R le rayon de courbure du dioptre (trait pointillé)

-Puissance d'un dioptre = convergence d'un dioptre notée C (en m^{-1} ou aussi dioptrie notée dt ou δ)

Si $C < 0$: dioptre divergent

Si $C > 0$: dioptre convergent

$$C = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

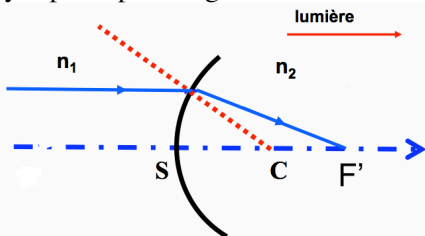
$$n_2 P' - n_1 P = C$$

D'après la relation de conjugaison des dioptres

-Proximité d'un point = inverse de son abscisse, elle a pour unité la dioptrie (comme la puissance)

$$P = \frac{1}{p}$$

-Foyer principal image F' :

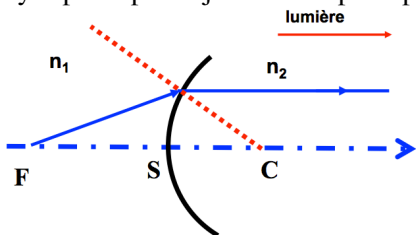


Les rayons lumineux incidents sont parallèles à l'axe optique, Ils coupent l'axe optique en un point F' qui est le foyer principal de l'image, l'objet est alors situé à moins l'infini sur l'axe optique.

Relation entre distance focale image (f') et puissance (C) du dioptre :

$$f' = \frac{n_2}{C}$$

-Foyer principal objet F du dioptre sphérique



Les rayons incidents passent par F sur l'axe optique et émergent du dioptre sphérique parallèlement à l'axe des abscisses, l'objet A sur trouve au point F alors don image A' sera à l'infini.

SF=f avec f la distance focale objet

$$f = \overline{SF} = -\frac{n_1}{C}$$

$$f = -\frac{n_1}{C}$$

$$C = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \text{avec } R = \overline{SC}$$

Donc on a :

- Lorsque le dioptré est convergent avec $C > 0$, alors $f < 0$ (le point focal objet F réel est donc situé en avant du dioptré)
- Lorsque le dioptré est divergent avec $C < 0$, alors $f > 0$ (le point focal objet F virtuel est donc en arrière du dioptré).