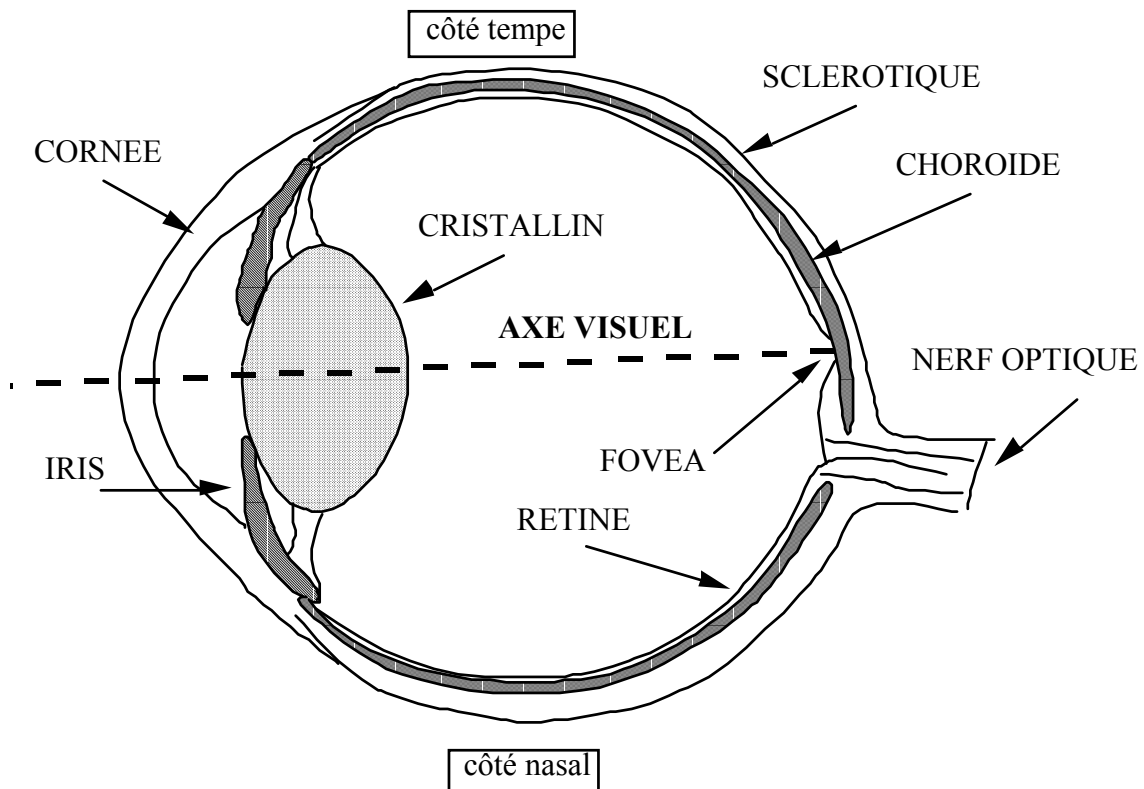


3 LA VISION HUMAINE

3.1 LE CAPTEUR ŒIL

3.1.1 Composants principaux

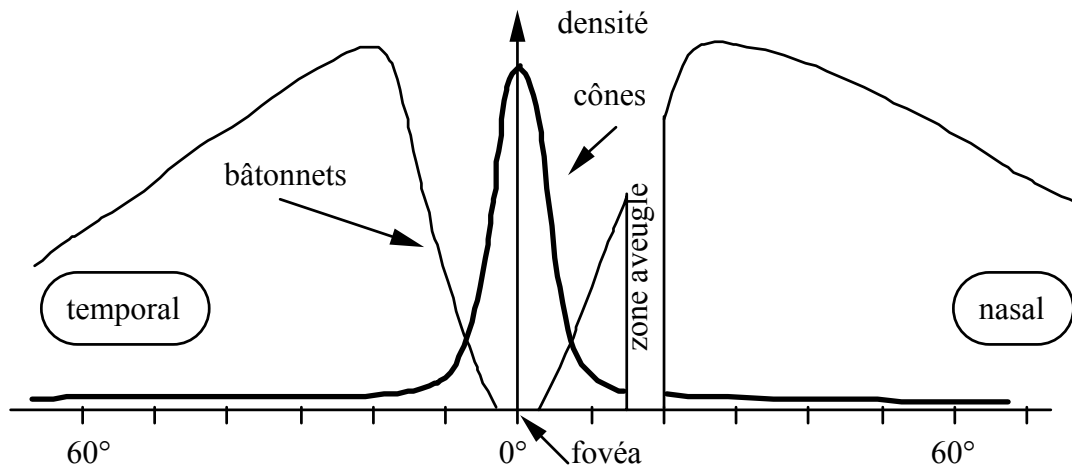


Coupe horizontale de l'œil droit

Cornée	protection, filtre	
Iris	diaphragme	- variation d'un facteur 10 en surface
Cristallin	optique + focus	- déformable, indice optique variable
Rétine	couche photosensible - 120 millions de récepteurs (cônes et bâtonnets)	
Nerf optique	transport de l'information	- 100 000 neurones

3.1.2 Les photorécepteurs de la rétine

2 types	<i>Cônes</i>	<i>Bâtonnets</i>
	Vision photopique	Vision scotopique
	Couleur	Faible intensité
	6 à 7 millions	120 millions environ
	Zone fovéale	Zone extra fovéale



Répartition spatiale des photorécepteurs sur la rétine (coupe horizontale)

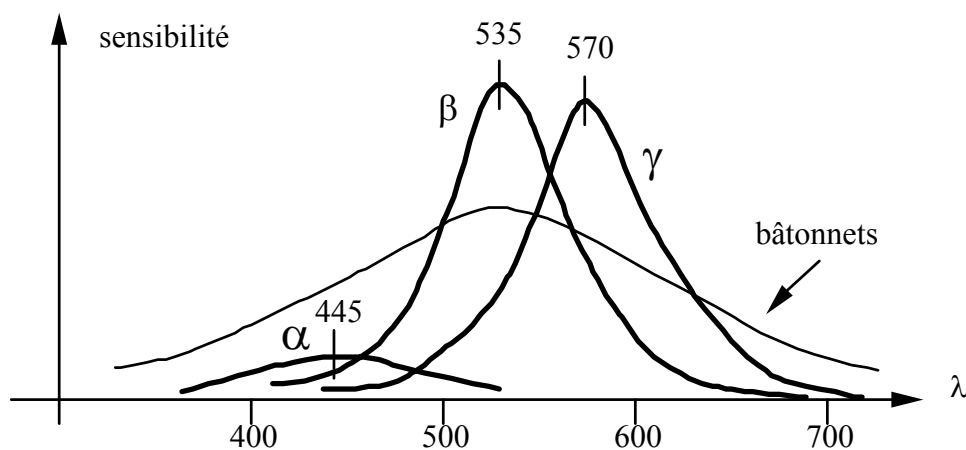
La FOVEA est la région où la vision photopique est la plus précise et sensible. L'œil se déplace pour aligner la FOVEA, l'axe optique et l'objet désiré - exemple de la lecture. La zone fovéale correspond à un angle de 20 minutes.

Le maximum de sensibilité en vision scotopique est situé à environ 20° de l'axe optique : Une étoile de faible magnitude est plus visible si l'observateur regarde légèrement à côté !!!

La zone aveugle correspond au rattachement du nerf optique sur la rétine. Pour s'en convaincre, faire le test suivant: Masquer un œil, avec l'autre fixer la lettre ad hoc (D pour œil droit...) l'autre lettre disparaît pour une distance feuille œil de l'ordre de 25 cm.

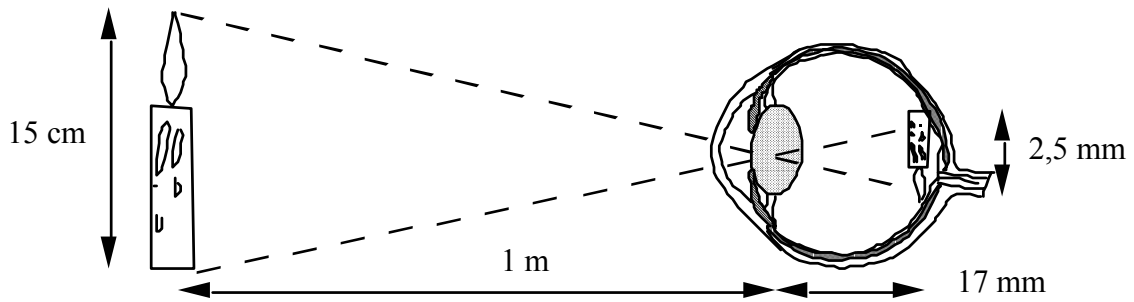
D

G



Sensibilité spectrale relative des photorécepteurs de la rétine

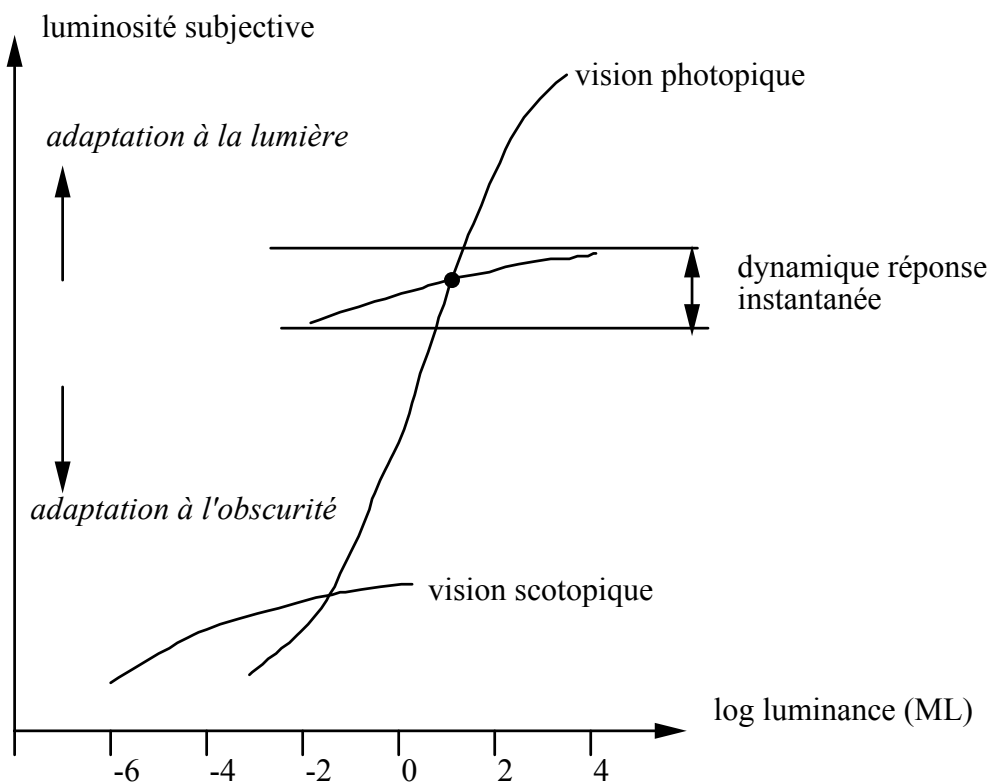
La coloration des pigments des différents types de cônes est à l'origine de la vision chromatique. α : cyanolabe (cyan) β : chorolabe (vert) γ : érytholabe (rouge)



Distance entre cônes : 2 à 3 μm
 Acuité visuelle : 1,5 mm à 10 m
 Pouvoir séparateur : environ 1' d'angle

3.2 LA VISION ACHROMATIQUE

3.2.1 Caractéristiques statiques et dynamiques



Non linéaire (logarithmique)

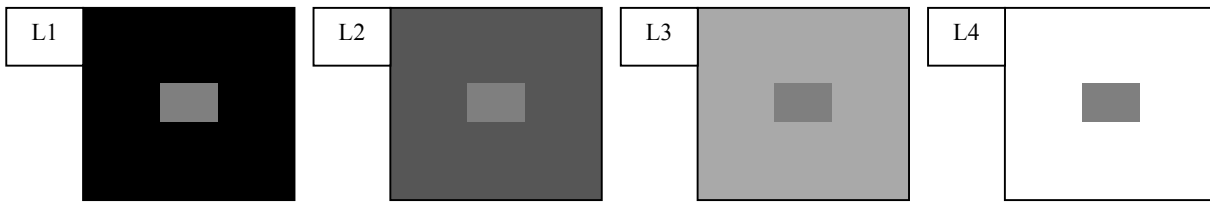
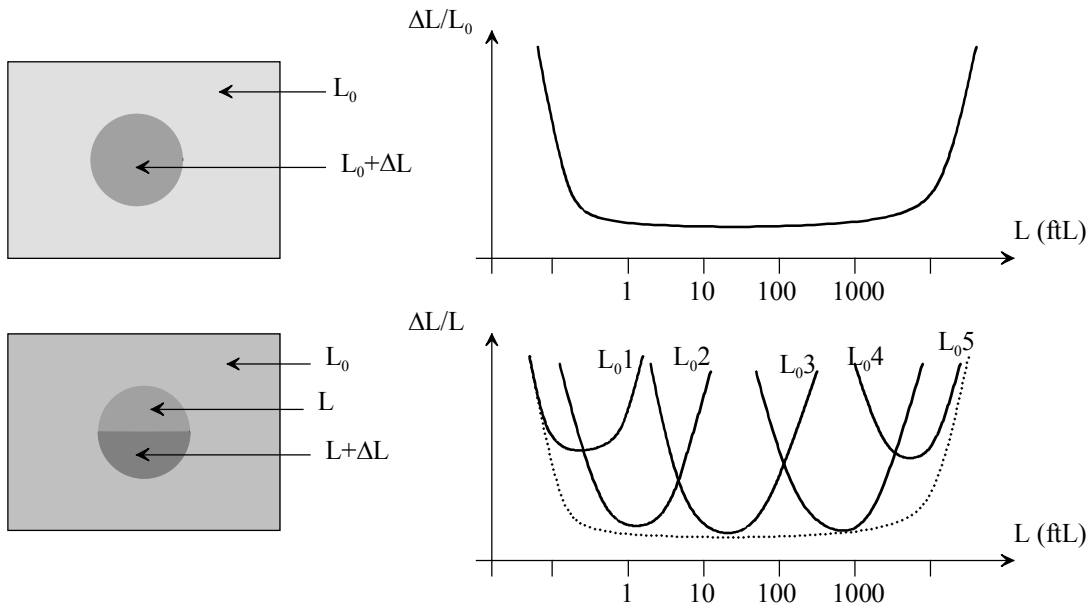
Forte adaptation au niveau de luminance (sur une échelle de 10^{10})

Transition scotopique-photopique graduelle

Discrimination de luminance en instantané = 50 à 100 niveaux

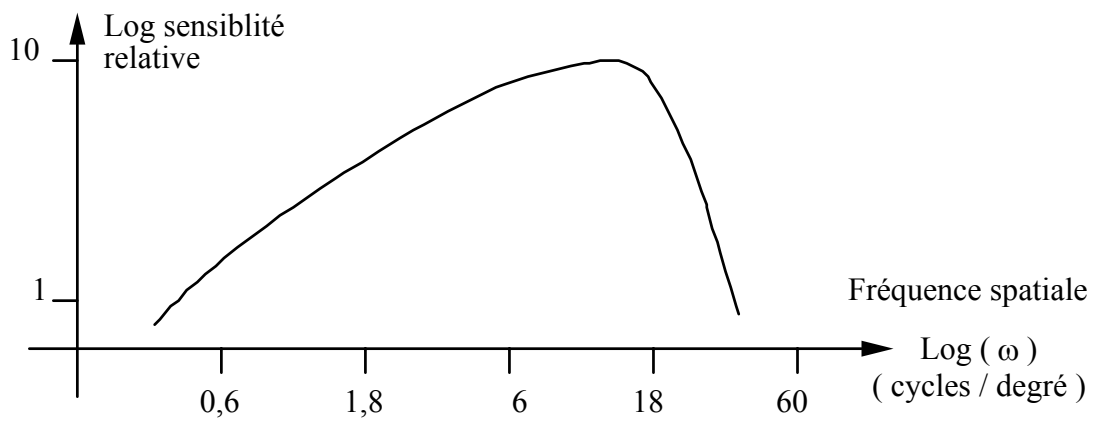
Constante de temps d'adaptation : 10 mn (cônes) à 30 mn (bâtonnets)

3.2.2 Seuil différentiel de luminance



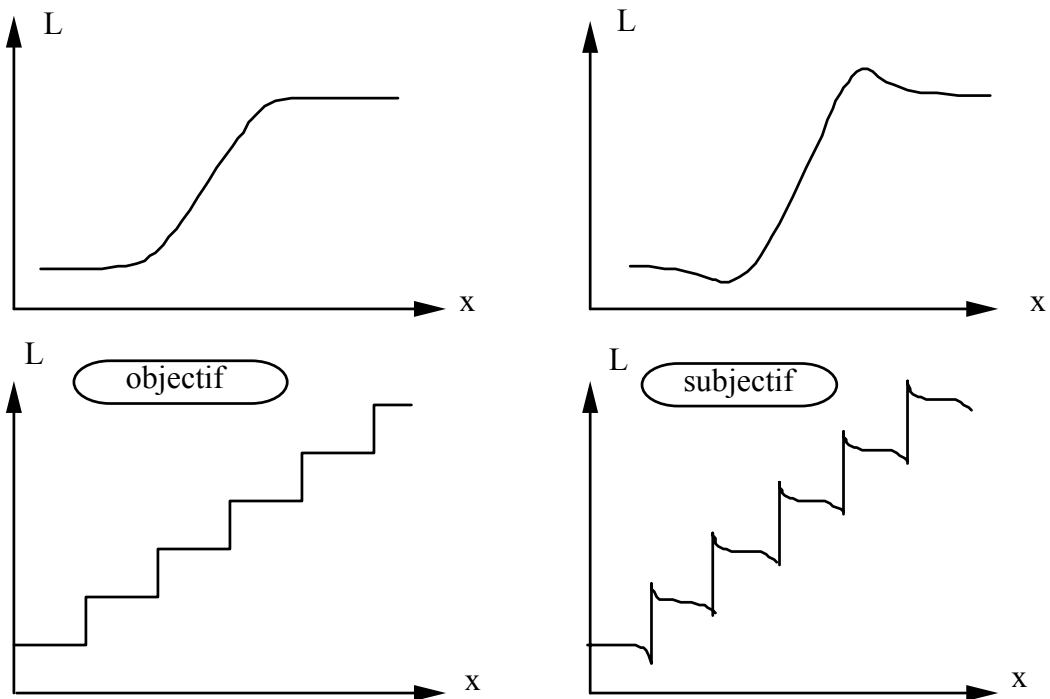
L'impression de luminance d'une zone va dépendre de la luminance de la zone environnante, dans L1 le carré central paraît plus clair que dans L4 .

3.2.3 Réponse en fréquence spatiale

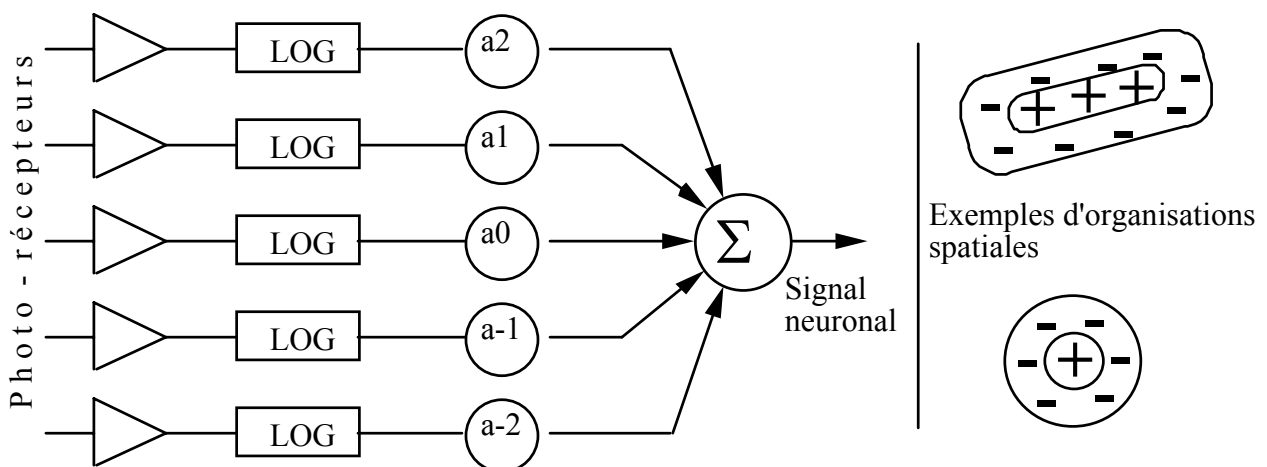


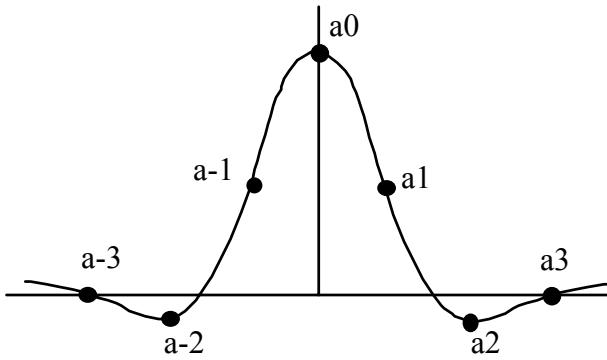
Fonction de transfert de modulation - De plus l'œil est anisotrope

3.2.4 Rehaussement physiologique des contours



L'impression de luminance vue par l'œil est modifiée par un rehaussement (renforcement) du contraste au voisinage d'un bord i.e. limite entre 2 zones de luminances homogènes. Cet effet est dû à un prétraitement effectué au niveau de la rétine sur les photorécepteurs que l'on appelle *inhibition latérale*.





Exemple de réponse impulsionnelle (ici monodimensionnelle) due au phénomène d'inhibition latérale. La réponse ressemble au laplacien d'une gaussienne ce qui est caractéristique de la vision humaine ; ce type de filtrage pourra être employé en traitement d'image.

3.3 AUTRES CARACTERISTIQUES DE LA VISION

3.3.1 Vision chromatique

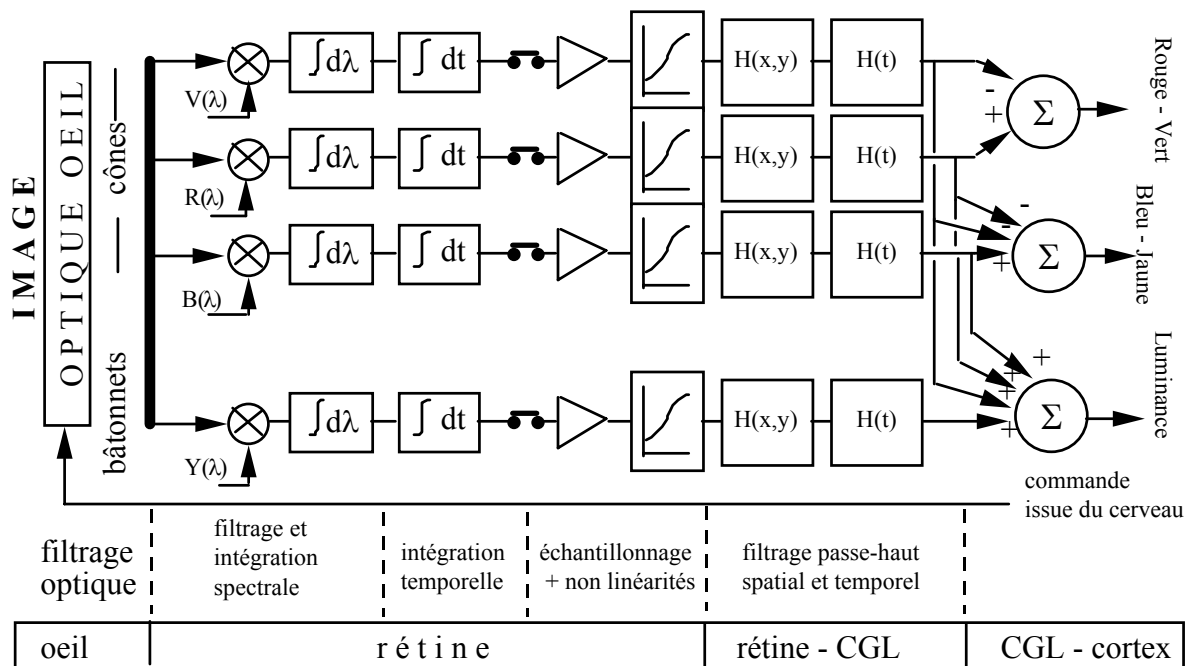


Schéma synoptique simplifié du traitement couleur

- Sensibilité maximale pour le vert-jaune
- Plus sensible aux différences de teinte que de saturation, sauf si la saturation est faible
- Sensibilité différentielle de teinte meilleure dans le bleu, puis le rouge et le vert
- Plan focal, champ visuel, latence : différences suivant la couleur

3.3.2 Vision tridimensionnelle

L'œil est un capteur bidimensionnel équipé d'une mise au point (focus) commandable. Les deux yeux forment un capteur stéréoscopique fonctionnant pour des distances de 25 cm à 400 m. A 400 m, sachant que la distance entre les deux pupilles est de 6 cm environ, la disparité sur les rétines est de l'ordre de 30 secondes d'angle.

En vision monoculaire, le contrôle de la distance focale permet une mesure qualitative de la 3ème dimension; d'autre part, des indices visuels peuvent fournir des renseignements 3D - par exemple pour discerner l'éloignement respectif de deux montagnes, la texture et la couleur peuvent être suffisantes.

Pour les grandes distances, la précision stéréoscopique n'est pas très bonne; le traitement cérébral des images associé à la base de données de l'individu permet de conclure sur des critères tridimensionnels.

3.3.3 Perception du mouvement

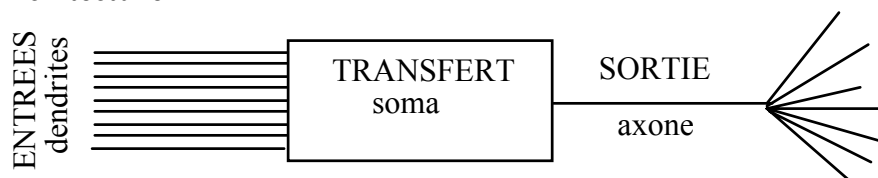
Persistence rétinienne : de l'ordre de 1/40 à 1/30 seconde.
La zone extra-fovéale est relativement sensible au mouvement.

3.4 SYSTEME DE TRAITEMENT VISUEL HUMAIN

3.4.1 Performances

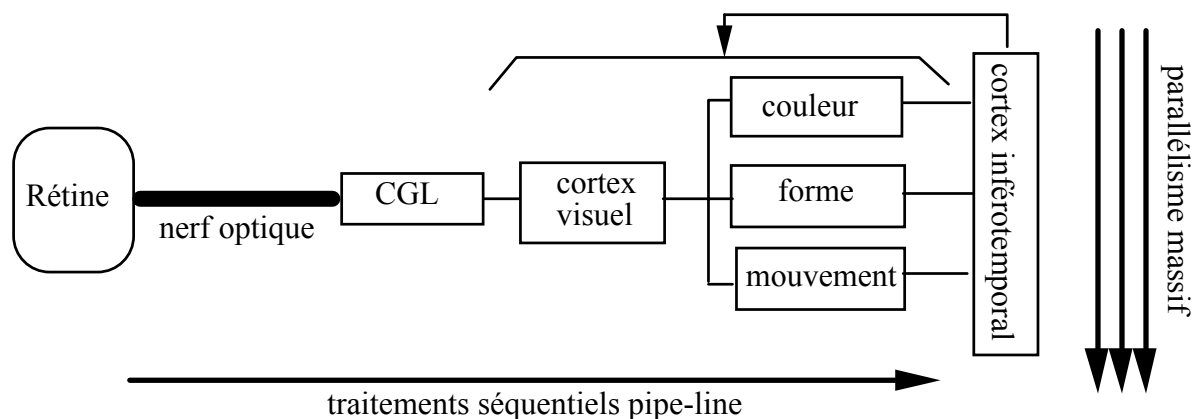
Capacité mémoire (iconothèque) : 60.000 à 100.000 images
Vitesse de traitement : 100 à 150 ms pour identifier une image
Grande souplesse de mise en correspondance - exemples : tour Eiffel vue sous différents angles, paysage familier ayant changé ...

3.4.2 Architecture



Le composant de base est le neurone qui véhicule et traite les informations sous forme d'impulsions électrochimiques. Les entrées-sorties d'un neurone sont très nombreuses, on compte environ 10.000 connexions (synapses) par cellule.

La bande passante des signaux neuronaux est de l'ordre de 100 Hz, et le codage se fait sur une dizaine de niveaux maximum.



L'architecture est caractérisée par les termes suivants :

"Pipe line" pour le traitement séquentiel de l'information visuelle de la rétine jusqu'au cortex visuel.
"Parallèle" par le grand nombre de cellules mises en jeu pour un traitement donné.
"Hiérarchique" car le cortex envoie des consignes aux différentes unités de traitement
"Modulaire" si l'on considère que certaines régions s'activent uniquement selon un type de stimulus
"Itératif" certains chercheurs le pensent...