

# Séquence 8

## De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision

### Sommaire

---

Pour s'interroger

1. La vision : de la lumière au message nerveux
2. La vision : la perception visuelle, une construction cérébrale

Exercices de la séquence 8

Glossaire



# Pour s'interroger

Le système visuel permet de connaître la position, la taille, la forme, la texture et la couleur des objets qui nous entourent. Les mouvements des objets avec leur direction et leur vitesse relative sont eux aussi détectés. Ces derniers sont enfin identifiés en fonction de l'expérience de l'individu. Un grand nombre de ces informations peuvent être obtenues aussi bien à la lumière des étoiles qu' en pleine lumière du jour.

## Document 1 La vision des couleurs

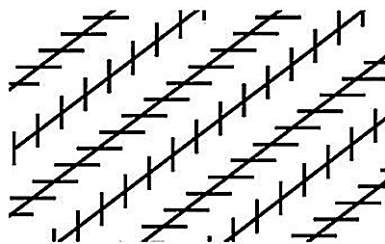
- ▶ Les êtres humains dont la vision des couleurs est considérée comme normale sont capables de percevoir 15000 nuances. Certains individus sont atteints de daltonisme, maladie génétique qui entraîne des perturbations au niveau de la vision des couleurs.
- ▶ L'Homme partage avec d'autres animaux, notamment avec les Primates, une vision du monde en couleurs.

## Document 2 Les illusions d'optique

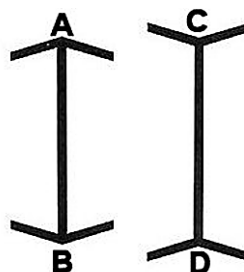
Des illusions visuelles trompent notre perception des mouvements, des contrastes, des couleurs, de la transparence ou de la géométrie. Elles nous éclairent sur le fonctionnement du système visuel.

Les quatre illusions visuelles présentées ci-dessous montrent que ce que nous « voyons » ne correspond pas forcément à la réalité.

**Cas 1 : Les lignes hachurées sont parallèles.**

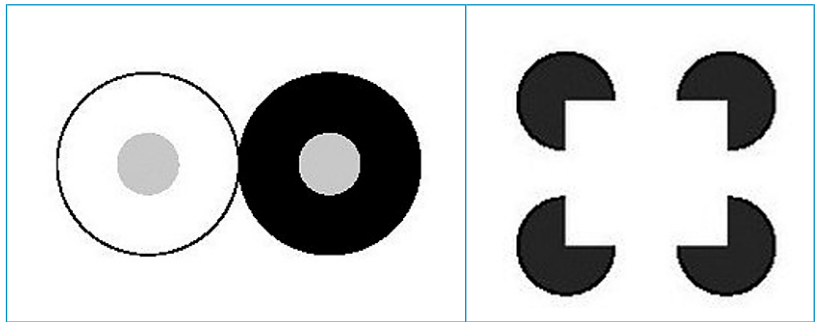


**Cas 2 : AB semble plus petit que CD pourtant ces deux segments sont de même longueur.**



**Cas 3 : Les cercles centraux présentent la même intensité de gris.**

**Cas 4 : Le carré visible au centre n'a pas de contour .**



En fait vos yeux ont très bien vu, ce n'est donc pas une illusion...c'est votre cerveau qui vous a trompé sur la vraie nature de ces figures, c'est seulement dans le cerveau que se produit «l'illusion».

Cette représentation visuelle que nous avons du monde extérieur est par conséquent, le fruit d'une construction cérébrale à partir de signaux lumineux que captent les yeux.

La perception visuelle, c'est à dire la sensation consciente de voir, s'appuie sur un organe récepteur, l'œil, dont les cellules de la rétine transmettent aux aires corticales du cerveau les informations perçues.

► **Comment l'œil et le cerveau coopèrent-ils à la construction d'une représentation visuelle du monde en couleurs ?**

- Comment s'effectuent au niveau des yeux la réception de la lumière et la transformation des images des objets en messages nerveux ? Comment s'effectue la vision des couleurs? En quoi l'étude de la vision des couleurs permet-elle de justifier la place de l'Homme parmi les Primates ? **Chapitre 1.**
- Comment le cerveau reconstruit-il les images en tenant compte d'autres données et permet-il d'aboutir à une représentation visuelle du monde qui est individuelle, unique et évolutive? **Chapitre 2.**

# 1

## La vision : de la lumière au message nerveux

### A

## Le cristallin, une lentille vivante intervenant dans la formation d'une image nette sur la rétine

### 1. Le cristallin, un des systèmes transparents de l'œil humain

#### a. Organisation de l'œil

L'œil humain adulte est une sphère d'environ 2,5 cm dont seul le sixième antérieur est visible. Le reste, entouré de graisse, est situé dans l'orbite.

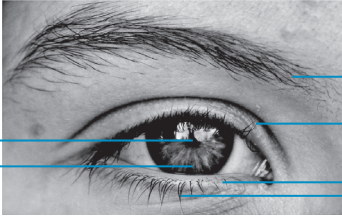
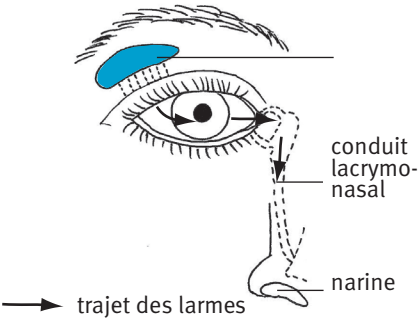

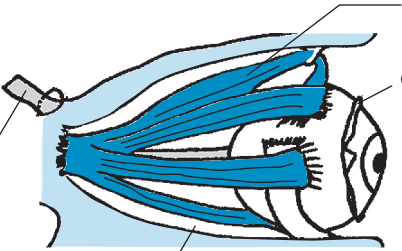
#### Activité 1 Les structures protégeant et permettant le fonctionnement de l'œil

*Saisir des informations dans un texte afin de compléter des schémas en indiquant les différentes structures qui interviennent et leurs rôles.*

#### Document 3 Les structures intervenant dans la protection de l'œil et permettant son fonctionnement sont :

- ▶ Les **sourcils** qui protègent l'œil de la lumière et des gouttes de sueurs coulant du front.
- ▶ Les **paupières** mobiles dont le clignement réflexe (toutes les 3 à 7 secondes) protège l'œil des corps étrangers et prévient la dessiccation car ainsi les sécrétions (huile, mucus, larmes) se répandent sur la surface du globe oculaire ; le bord libre des paupières porte des cils qui lors de tout contact avec un objet ou un souffle d'air déclenchent le clignement ; des glandes produisant une sécrétion huileuse lubrifiante sont associées aux paupières.
- ▶ La **conjonctive** qui tapisse les paupières et le blanc de l'œil produit un mucus lubrifiant.
- ▶ La **glande lacrymale** située à l'intérieur de l'orbite, au-dessus du bord externe de l'œil qui libère une solution saline, les larmes qui sont répandues sur la surface du globe oculaire grâce aux clignements ; contenant du mucus, des anticorps et une enzyme antibactérienne, elles protègent, nettoient, humectent et lubrifient la surface de l'œil.

- ▶ Les 6 **muscles rubanés** qui commandent les mouvements du globe oculaire ;

a) Vue externe d'un oeil	b) Les glandes lacrymales
 <p>pupille iris</p>	 <p>conduit lacrymo-nasal narine trajet des larmes</p>
c) Les muscles commandant les mouvements oculaires	d) Vue latérale de l'œil droit
 <p>nerf optique</p>	 <p>conjonctive orbite</p>

### Questions



- 1 Compléter les légendes des **documents 1a, 1c et 1d** à l'aide des termes figurant en bleu dans le texte présentant les différentes structures impliquées dans la protection et le fonctionnement de l'œil.
- 2 Quelles sont les structures de l'œil intervenant dans la vision ?

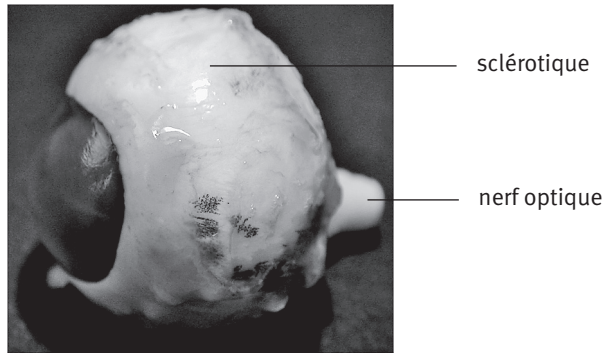
### Activité 2 Les différentes parties de l'œil impliquées dans les phénomènes visuels

Respecter les étapes d'un protocole afin de réaliser une dissection d'un œil de mammifère. Compléter un schéma

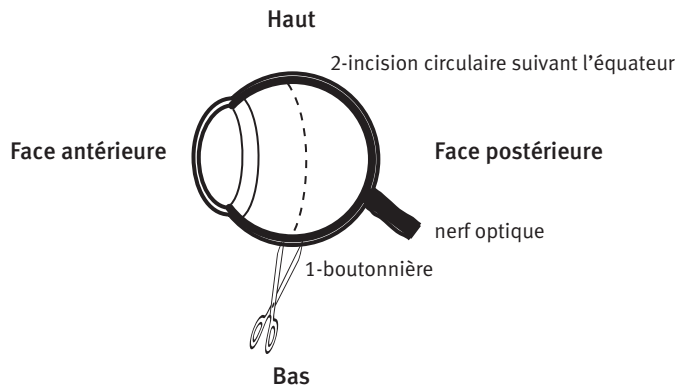
Il est possible de se procurer un œil de Mammifère chez le boucher afin de réaliser une dissection guidée.

#### Document 4 Les différentes étapes d'une dissection d'œil de mammifère

- ▶ Repérer le **nerf optique** de façon à orienter l'œil
- ▶ Débarrasser le globe oculaire de la graisse et des muscles



- Sur le globe oculaire « nettoyé », réaliser à l'aide de ciseaux une boutonnière à mi-chemin entre la cornée et le nerf optique, puis effectuer une incision circulaire suivant l'équateur. **Attention !** Inciser la partie superficielle de l'œil, il ne faut pas couper trop profondément. Au cours de cette opération un liquide, l'humeur aqueuse s'écoule dans le récipient.



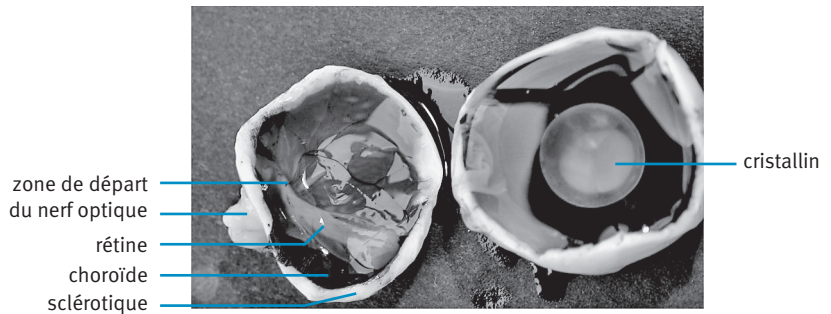
- Séparer délicatement les deux moitiés de l'œil encore reliées par une partie gélatineuse, l'humeur vitrée.
- Séparer délicatement l'humeur vitrée de la calotte postérieure afin de ne pas endommager la rétine qui a tendance à se détacher.

On obtient alors deux calottes :

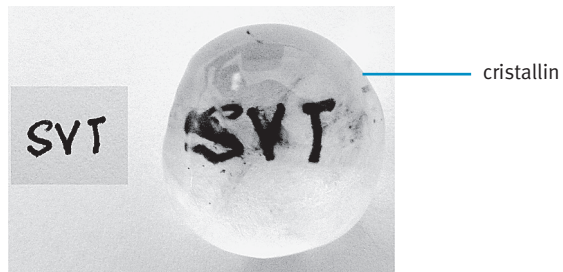
- la calotte antérieure avec la cornée,
- la calotte postérieure d'où part le nerf optique.

Dans la calotte postérieure, observer la superposition de la rétine, de la choroïde et de la sclérotique, mettre en relation le point aveugle et le nerf optique.

Dans la calotte antérieure, observer, l'interruption de la rétine, la différenciation de la choroïde en corps ciliaires, le cristallin et sa fixation à la zone ciliaire, l'iris et la pupille par transparence.

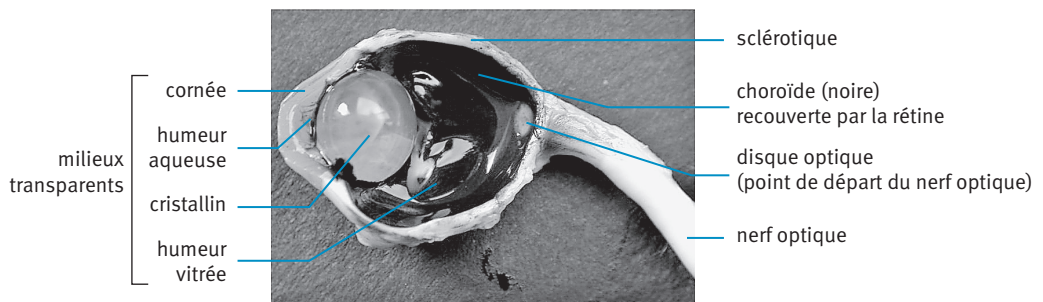


- Détacher le **cristallin** de ses adhérences. Placer le cristallin sur un mot écrit petit sur une feuille de papier.



Après congélation il est également possible de réaliser une coupe verticale d'un œil de mammifère.

#### Document 5 Coupe verticale d'un œil de mammifère



#### Document 6 Utilisation de données d'un logiciel présentant différents aspects de la vision

Il est possible de télécharger un petit logiciel « **l'œil** » au niveau du site de l'académie de Toulouse :

Les mots clés pour effectuer la recherche du site de téléchargement : œil + logiciel + Perez + vision + toulouse.

Une fois installé, utiliser les modules :

### ► Anatomie de l'œil

En bas à gauche, sélectionner « **entier 3D** » : faire tourner afin d'observer les muscles oculaires. Puis, sélectionner « **coupe 3D** » faire tourner afin d'observer l'organisation de l'œil. Repérer les différents éléments à l'aide des légendes présentées dans la page d'accueil du module.

### ► Réflexe pupillaire

Cliquer-glisser le cristallin sur le document imprimé ; observer.

Allumer et déplacer doucement la source de lumière dans le champ visuel du sujet ; observer.

## Document 7 L'organisation de l'œil humain

Chaque globe oculaire, mobile grâce à des muscles fixés dans une cavité osseuse du crâne, l'orbite, est limité par trois enveloppes emboîtées qui, de l'extérieur vers l'intérieur, sont : la sclérotique puis la choroïde et enfin la rétine.

- La **sclérotique** est une enveloppe blanche, opaque et résistante. Vers l'avant, cette enveloppe se modifie, devient parfaitement transparente et forme la **cornée** avec un rayon de courbure plus petit (elle est plus « bombée »). La netteté de la cornée est maintenue grâce aux larmes et au clignement de l'œil.
- La **choroïde**, de couleur noire, fortement vascularisée, tapisse intérieurement la sclérotique. Vers l'avant, elle donne naissance à l'**iris**, coloré, présentant une ouverture, la **pupille**, dont le diamètre peut varier.
- La **rétine (0,2 mm)** est l'enveloppe la plus interne de l'œil : il s'agit d'un tissu nerveux très mince, grisâtre, collé contre la choroïde et dont le prolongement forme le **nerf optique**. Elle est très riche en vaisseaux sanguins partant d'un point blanchâtre, le **point aveugle**, endroit où le nerf optique sort de l'œil. Dans l'axe optique de l'œil, se trouve une partie colorée de teinte jaunâtre : il s'agit de la **macula** ou tache jaune occupée en son centre par une petite dépression, la **fovéa**.

L'intérieur du globe oculaire est rempli par un ensemble de **milieux transparents** :

- Derrière la pupille, se trouve le **cristallin** ; de forme biconvexe, il peut se déformer légèrement grâce à l'action de petits muscles, ce qui modifie ainsi sa convexité ;
- L'**humeur aqueuse** de composition voisine de celle du plasma sanguin, remplit l'espace entre le cristallin et la cornée ;
- En arrière du cristallin une substance gélatineuse, l'**humeur vitrée**, remplit l'espace compris entre le cristallin et la rétine.



### Question

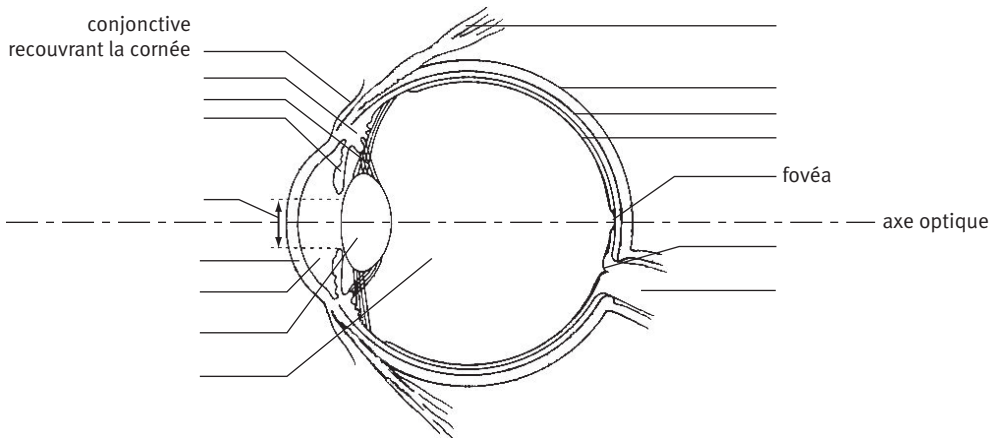


Compléter le schéma du **document 8**, visualisant l'organisation interne de l'œil, à l'aide des termes figurant en bleu dans le document 7 présentant les différentes structures : encadrer en noir les milieux transparents, écrire en couleur le terme correspondant à l'enveloppe la plus interne de l'œil.

### Aide

Regrouper les légendes correspondant aux milieux transparents et celles indiquant les différentes enveloppes de l'œil ; ne pas oublier le titre qui doit préciser s'il s'agit d'un œil droit ou d'un œil gauche.

### Document 8



► **Quel est le rôle du cristallin dans la formation des images ? Où se forment les images dans l'œil ?**

### À retenir

L'œil humain est limité par trois enveloppes emboîtées : la sclérotique, la choroïde, et la **rétilne** qui se prolonge par le **nerf optique**. Il comprend des **milieux transparents** qui sont traversés par les rayons lumineux avant d'atteindre le fond de l'œil : **cornée, humeur aqueuse, cristallin, humeur vitrée**.

**b) Le cristallin, une lentille biconvexe constituée de cellules vivantes**

### Activité 3 Le rôle du cristallin dans la formation des images sur la rétine

*Saisir des données en établissant des relations avec la Physique Chimie.*

### Document 9 Les processus permettant la formation des images sur la rétine

L'œil reçoit les rayons de lumière émis ou réfléchis par les objets et il les focalise sur la rétine ce qui permet la formation d'une image sur celle-ci.

Les milieux transparents tels que la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée sont l'équivalent d'une lentille convergente ( focale = 17 mm).

- ▶ **L'image d'un objet éloigné**, situé à plus de 6 mètres, se forme inversée et nette sur la rétine d'un œil normal, et ceci sans déformation du cristallin. La cornée produit la majeure partie de la réfraction dans l'œil, c'est-à-dire qu'elle assure la quasi totalité de la convergence nécessaire.
- ▶ **Lors de la vision de près**, pour des objets situés à moins de 6 mètres, trois adaptations actives de l'œil sont nécessaires : l'accommodation due au cristallin, la contraction de la pupille et la convergence des deux yeux.
  - Le cristallin sous l'effet de la contraction des muscles ciliaires (document 8), peut s'arrondir grâce à son élasticité naturelle, ce qui augmente la courbure de ses surfaces et ainsi sa puissance de réfraction : lorsque les muscles ciliaires se contractent, la tension des ligaments suspenseurs du cristallin diminue et le cristallin élastique s'arrondit ; lorsque le muscle ciliaire se relâche, la tension des ligaments augmente, ce qui exerce une traction sur le pourtour du cristallin qui s'aplatit.
  - La contraction de la pupille à l'origine d'une réduction de son diamètre accentue l'effet de l'accommodation.
  - Le synchronisme des mouvements des yeux permet de fixer le regard sur l'objet et de focaliser l'image dans la zone centrale (fovéa) des yeux. Plus l'objet est rapproché, plus le degré de convergence des yeux doit être élevé.

### Document 10 Utilisation de données d'un logiciel présentant différents aspects de la vision

Utiliser le module **La formation des images** du logiciel présenté dans le **document 6** : agir sur la tension des muscles ciliaires pour accommoder en déplaçant le curseur.

#### Questions



- 1 Par comparaison avec un appareil photo numérique, à quoi peut-on assimiler l'ensemble cornée-cristallin, la pupille et l'iris et la rétine.
- 2 Indiquer les propriétés du cristallin qui font que l'on assimile ce dernier à une lentille biconvexe.
- 3 Déterminer la particularité du cristallin en relation avec la formation d'une image nette sur la rétine, que l'objet observé soit proche ou éloigné.
- 4 De longues séances de lecture peuvent causer une fatigue oculaire : quelles en sont les causes liées au fonctionnement des yeux ? Que faut-il faire pour la diminuer ?

⑤ **Une liaison avec les sciences physiques** : tracer le schéma montrant :

- ▶ La formation d'une image sur la rétine dans le cas d'un objet rapproché pour un œil normal ;
- ▶ la formation d'une image dans le cas d'un objet rapproché si le mécanisme d'accommodation n'existait pas.

**Aide**

Utiliser un code couleurs. Ne pas oublier d'annoter les deux schémas (titre et légendes) à l'aide du texte du document 9 en faisant ressortir le rôle des différentes structures.

**À retenir**

La **qualité des images** formées sur la rétine dépend de la **qualité des milieux transparents** de l'œil. A la manière d'une lentille convergente, ils permettent la formation d'une image dans le plan de la rétine. La **cornée** est responsable de la quasi totalité de la **convergence**. Le **crystallin** est également un des systèmes **transparents** de l'œil qui assurent la convergence des rayons lumineux sur la rétine. C'est une **lentille convergente**, de forme biconvexe, **souple et déformable**. La déformation du cristallin permet **l'accommodation** nécessaire à la vision rapprochée : elle permet d'avoir une image nette sur la rétine.

- ▶ **En quoi le cristallin est-il une lentille vivante ? Comment la transparence du cristallin est-elle assurée ?**

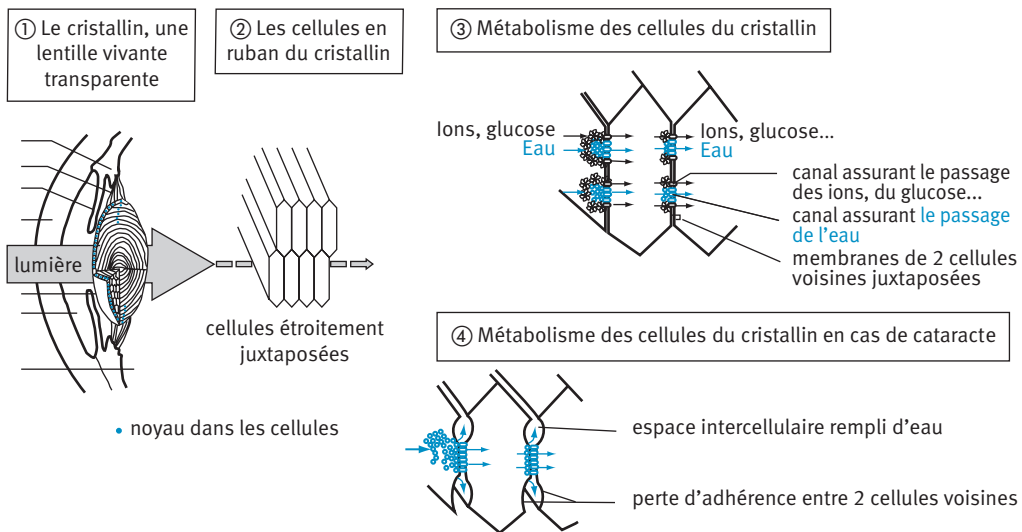
**Activité 4** **Transparence et fonctionnement des cellules du cristallin**

*Extraire et organiser des informations*

**Document 11** **L'organisation cellulaire du cristallin**

Le cristallin est composé de milliers de cellules vivantes.

- ▶ **La face antérieure du cristallin** est recouverte d'une seule couche de petites cellules cubiques dont le cytoplasme renferme des organites (noyau, mitochondries...).
- ▶ **Dans la partie centrale du cristallin**, zone où passe la lumière, les cellules, appelées fibres, sont en ruban et correspondent à des prismes hexagonaux qui sont étroitement juxtaposés. La lumière arrive perpendiculairement à leur surface. Ces **fibres transparentes**, présentent un cytoplasme dépourvu d'organites (noyau, mitochondries...) contenant des **protéines très solubles dans l'eau**, les cristallines.



### Document 12 La transparence du cristallin

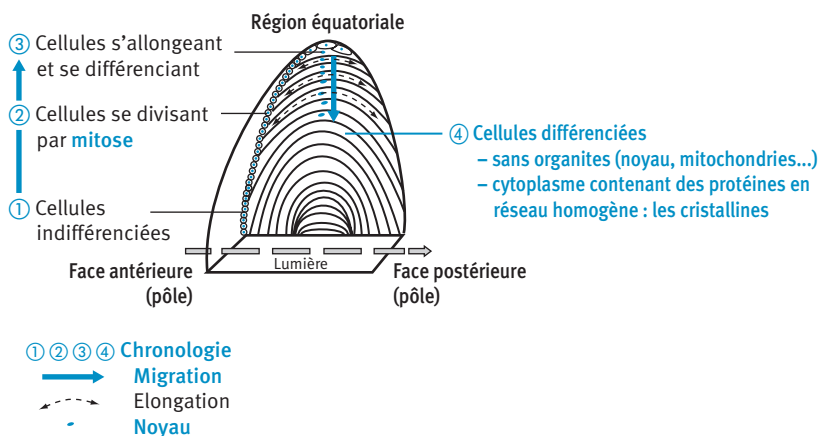
La transparence du cristallin repose sur :

- ▶ l'absence de vaisseaux sanguins ;
- ▶ la présence des cristallines, dans le cytoplasme des fibres, qui forment un réseau ordonné donnant un gel optiquement homogène ;
- ▶ l'absence d'organites dans le cytoplasme des fibres ce qui évite la dispersion des rayons lumineux ;
- ▶ l'absence d'espaces entre les fibres qui nécessite une adhérence entre les membranes des cellules contiguës.
- ▶ Le fonctionnement des fibres (**voir document 11 schéma 3**) :
  - elles reçoivent les nutriments nécessaires à leur métabolisme (eau, ions et glucose) de l'humeur aqueuse ;
  - ces nutriments passent en permanence de cellules en cellules, grâce à des canaux membranaires protéiques qui permettent également d'évacuer les déchets : des canaux assurant le passage de l'eau sont regroupés avec d'autres types de canaux permettant le passage par exemple des ions et du glucose ; ensemble, ces deux types de canaux membranaires assurent l'adhésion cellulaire, ce qui contribue à la transparence du cristallin ;
  - elles n'assurent pas le renouvellement des protéines telles que les cristallines.

### Document 13 L'évolution des cellules du cristallin au cours du développement d'un individu

Les petites cellules de la face antérieure du cristallin se multiplient par mitose. Dans la région équatoriale du cristallin, l'une après l'autre, elles commencent à se différencier en s'allongeant de sorte que leurs extrémités finissent par rejoindre les pôles antérieur et postérieur du cristallin. Le centre du cristallin est donc constitué des cellules les premières

formées. Ce processus s'effectue essentiellement chez l'embryon et le fœtus, puis ralentit (très peu de cellules se différencient après 20 ans) mais il ne s'arrête jamais totalement.



Au cours de leur élongation, les cellules subissent **une différenciation caractéristique**. On peut observer successivement :

- ▶ une transcription importante de certains gènes, notamment ceux qui codent les cristallines et les protéines intervenant dans l'adhérence cellulaire et qui assurent le passage des nutriments ;
- ▶ l'arrêt de cette transcription ;
- ▶ la fragmentation de l'ADN et la disparition du noyau, ainsi que celle des autres organites tels que les mitochondries.

Pendant ce temps, se déroule entre autre, la synthèse des cristallines et des protéines-canaux.

A la fin de la différenciation, les fibres, alors transparentes, occupent la partie centrale du cristallin, c'est-à-dire celle à travers laquelle passe la lumière. Elles s'apparentent à des cellules en fin de vie mais elles ne meurent pas et ne sont pas éliminées.

### Questions



- 1 Compléter les légendes du **document 11 (schéma 1)**.
- 2 Indiquer les caractéristiques des cellules du cristallin en relation avec sa fonction.
- 3 Préciser en quoi consiste la transcription.
- 4 Comparer le fonctionnement des cellules du cristallin à celui observé chez d'autres cellules d'un individu.
- 5 Indiquer comment s'effectue les échanges nécessaires à la survie des cellules du cristallin (**document 11, schéma 3**) : Préciser les molécules indispensables à la transparence du cristallin qui ne sont pas renouvelées.

## À retenir

Le cristallin est formé de **cellules vivantes**. Il doit sa **transparence** à une structure et à un fonctionnement particulier des cellules qui le constituent. Ces cellules, sans organites, renferment des protéines, les cristallines dont l'organisation permet la transparence. Elles assurent en permanence des échanges essentiels à leur nutrition et à l'évacuation de leurs déchets. Les modalités de ce renouvellement sont indispensables à la transparence du cristallin.

C'est une **lentille vivante** biconvexe souple et déformable.

### ► Comment expliquer certains défauts de la vision dus au cristallin ?

## 2. Le cristallin à l'origine d'anomalies de la vision

### Activité 5 Des anomalies de la vision dues au vieillissement

*Saisir des informations en relation avec le problème à traiter et les présenter de façon organisée.*

#### Document 14 Accommodation et presbytie

La presbytie se caractérise par une difficulté à voir nettement des objets rapprochés. Elle apparaît chez les individus en général entre 40 et 50 ans. Pour la vision de près, elle nécessite le port de lunettes avec des verres convergents, qui ne sont pas nécessaires par contre, pour la vision de loin.

#### Document 14a Evolution de l'accommodation en fonction de l'âge

Age (années)	10	20	30	40	45	50	60	65
Accommodation (dioptries)	12	10	7	5	3	2	1	0,5

#### Document 14b Evolution de la distance du punctum proximum en fonction de l'âge

Le punctum proximum correspond au point le plus proche que l'on peut voir distinctement avec une accommodation maximale.

Age (en années)	10	20	30	40	45	50	60	65
Punctum proximum (cm)	8	10	14	20	30	50	100	200

### **Document 14c Une diminution de l'élasticité des cellules du cristallin**

En vieillissant, les cellules du cristallin deviennent moins élastiques. La souplesse du cristallin diminue et il perd sa faculté à prendre une forme bombée nécessaire dans le cas de la vision rapprochée. L'accommodation ne se faisant plus, les objets rapprochés sont flous, ce qui oblige un individu atteint de presbytie à éloigner par exemple son livre.

### **Document 15 Transparence du cristallin et cataracte**

#### **Document 15a Relation entre l'évolution picturale et la cataracte chez un peintre**

Le peintre Claude Monet (1840-1926) est connu comme un artiste ayant peint des séries : il a par exemple peint plus de vingt fois le pont japonais situé dans son jardin de Giverny. Les tableaux présentent tout d'abord des couleurs à dominante froide (vert, bleu). On peut constater par la suite, une accentuation du jaunissement au niveau des couleurs et une dégradation des formes. On a l'impression que le peintre voit la nature avec un filtre jaune dans l'œil. Ces modifications de la perception visuelle étaient dues à une opacification et à un jaunissement du cristallin. Claude Monet présentait une cataracte dont il a été opéré en 1923 : on lui a enlevé le cristallin opacifié. Il retrouve alors pour un temps une vision partielle de l'œil droit. L'opération a modifiée sa vision de façon brutale, lui restituant une bonne acuité visuelle, mais entraînant un bouleversement de la perception spatiale, lumineuse et colorée : il perçoit à nouveau les bleus, ce qui se traduira dans ses tableaux par une dominante bleue.

#### **Document 15b Une perte de transparence du cristallin**

La cataracte résulte d'une opacification du cristallin qui brouille l'image et en diminue l'intensité, elle peut conduire à la cécité. L'immense majorité des cataractes apparaît spontanément avec l'âge de façon très progressive : le cristallin, totalement transparent, au point d'être invisible chez l'enfant, jaunit et devient légèrement laiteux dès l'âge de 50 ans.

Les cellules du cristallin sont dans l'incapacité presque totale de se réparer, puisqu'elles sont notamment incapables de fabriquer de nouveaux ARN messagers.

Des observations récentes permettent de penser que la perte de transparence est à mettre en relation avec une modification des associations des canaux membranaires protéiques intervenant dans le passage des nutriments et des déchets. En cas de cataracte, les canaux permettant le passage de l'eau sont associés en plaque de plus grande taille et les autres canaux sont absents (**document 11-schéma 4**). Ces modifications moléculaires expliquent le manque d'adhérence (l'eau remplit les espaces intercellulaires), l'accumulation de déchets dans les cellules et les défauts de transport de l'eau, des ions et du glucose. La diminution du métabolisme des fibres entraîne entre autre une altération des protéines cristallines qui finissent par précipiter, ce qui est à l'origine d'une désstructuration de leur réseau.

### Document 15c Traitement

Actuellement, le seul traitement efficace de la cataracte est la chirurgie. L'intervention consiste à enlever le cristallin opaque, et le remplacer par un cristallin artificiel (implant intra-oculaire). Elle se déroule, sous anesthésie locale, et dure une dizaine de minutes ; elle est indolore, et la vue revient très rapidement, sous réserve de la normalité des autres structures oculaires telle que la cornée.

### Document 15d Diminution du risque d'apparition de certaines cataractes

Des chercheurs ont mis en évidence une relation entre l'exposition solaire cumulée et différents types de cataracte. Les risques de cataracte apparaissent liés à une exposition cumulative, y compris durant l'enfance. Le port fréquent de lunettes de soleil semble diminuer de 40 % le risque d'apparition de certaines cataractes.

#### Questions



1 Exploiter les **documents 14 b et 14 c** afin de :

- ▶ Construire les graphiques représentant :
    - L'évolution de l'accommodation en fonction de l'âge.
    - L'évolution de la distance du punctum proximum en fonction de l'âge. Indiquer au niveau de ce graphique là où la vision sera nette et là où elle sera floue.
  - ▶ Mettre en relation la capacité d'accommodation et le défaut de vision associé.
- 2 A partir des informations relevées dans les **documents** se rapportant à la presbytie et à la cataracte ,deux types d'anomalies de la vision liées au vieillissement, réaliser un tableau qui présente quand cela est possible :
- la structure altérée
  - les modifications de la structure
  - les conséquences sur la perception visuelle.
  - le traitement proposé
  - une prévention possible.

#### Aide

Présenter le tableau sans oublier de lui mettre un titre. Faire référence aux documents utilisés.

#### À retenir

L'altération d'un des milieux transparents a des conséquences sur la perception visuelle.

Avec l'âge la souplesse et la transparence du cristallin peuvent être altérées :

La **presbytie** découle d'une perte d'élasticité des cellules du cristallin qui est à l'origine d'une diminution des capacités d'accommodation.

La **cataracte** correspond à une perte de transparence du cristallin due à une précipitation des protéines du cytoplasme des cellules qui le constituent.



- **Sans la rétine pas de vision : comment s'effectue au niveau de la rétine la transformation de l'énergie lumineuse en messages nerveux transmis au cerveau ?**

## B

# Les photorécepteurs, cellules spécialisées de la rétine

La rétine, bien que située au fond de l'œil, fait en réalité partie du cerveau. Elle comporte 70 % des récepteurs sensoriels de l'organisme humain, c'est-à-dire environ 250 millions de photorécepteurs sensibles aux variations de l'intensité lumineuse qui les frappent. Seules une petite partie des radiations électromagnétiques composant la lumière ont valeur de stimulus pour l'espèce humaine : le spectre de la lumière visible va du violet (longueur d'onde = 380 nanomètres) au rouge (longueur d'onde = 750 nanomètres).

- **Quelles sont les cellules qui dans la rétine assurent la conversion de l'énergie lumineuse en messages nerveux ?**

## 1. Localisation des photorécepteurs dans la rétine

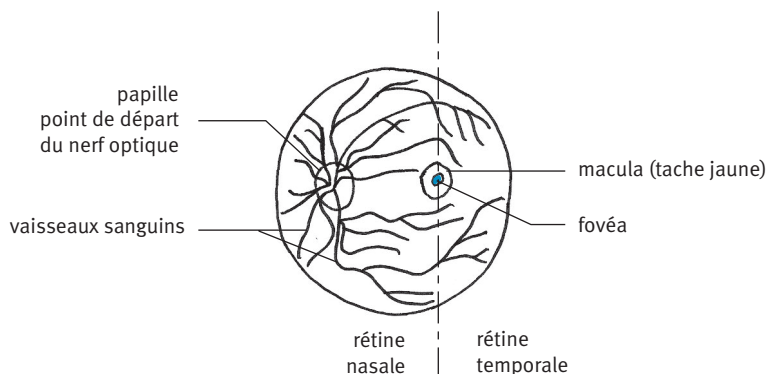
### a) L'organisation de la rétine

#### Activité 6 Localisation des photorécepteurs dans la rétine

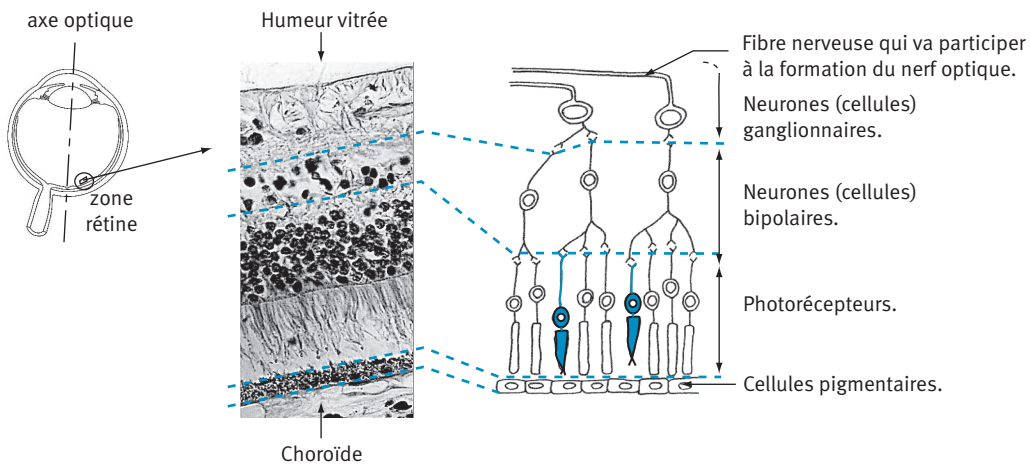
Relever des informations sur une microphotographie et les mettre en relation avec des données fournies dans un texte.

#### Document 16 Schéma d'une image ophtalmoscopique de la rétine

L'ophtalmoscope est un appareil qui permet de regarder à l'intérieur de l'œil à travers la pupille jusqu'à la rétine. Cet examen permet de repérer des anomalies par exemple de la vascularisation rétinienne.



**Document 17** Coupe de rétine au microscope optique (x 400) après coloration, associée à un schéma simplifié de l'organisation observée.



La rétine est formée de neurones en réseau. Elle comporte deux types de cellules sensibles à la lumière, ou **photorécepteurs**, les **bâtonnets** et les **cônes**, juxtaposées à la manière d'une mosaïque (environ 125 millions de bâtonnets et 5 millions de cônes).

Les neurones (cellules) ganglionnaires sont d'autre part, les seules cellules dont les fibres nerveuses constituent le nerf optique, qui permettent aux messages de quitter la rétine en direction du cerveau.

La lumière doit traverser tous les circuits nerveux c'est-à-dire toute l'épaisseur de la rétine avant d'atteindre les photorécepteurs.

**Document 18** Utilisation de données d'un logiciel présentant différents aspects de la vision

Utiliser le module « **photorécepteurs** » du logiciel présenté dans le **document 6**.

En bas à gauche, cliquer sur **Histo 3D**, qui présente une portion de rétine observée au microscope optique après coloration : faire glisser la souris sur la coupe, les légendes s'affichent en haut à gauche de la fenêtre. Comparer avec le schéma fourni dans la page d'accueil du module et le schéma du document 17.

**Questions**



Tracer sur la coupe et le schéma de la rétine du **document 17**, le trajet de la lumière et le trajet suivi par les messages nerveux.

► **Quelles sont les observations qui permettent de supposer que les bâtonnets et les cônes sont des photorécepteurs ?**

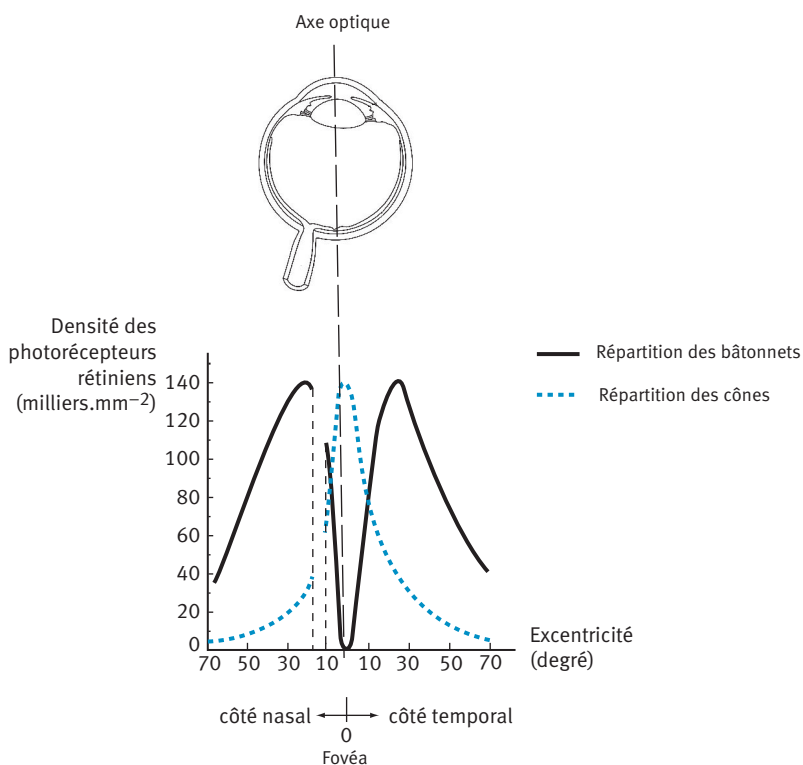
## b) Des photorécepteurs répartis inégalement

### Activité 7 Les bâtonnets et les cônes, des récepteurs sensibles à la lumière

Lire un graphique, suivre des protocoles, raisonner afin de répondre au problème posé.

#### Document 19 Etude de la structure fonctionnelle de la rétine de l'œil droit

Le centre de la rétine (fovéa) correspond au zéro. L'excentricité correspond à l'éloignement d'un point donné de la rétine par rapport au centre repéré par 0 sur le graphe. Plus on s'éloigne du centre de la rétine et plus l'excentricité augmente.



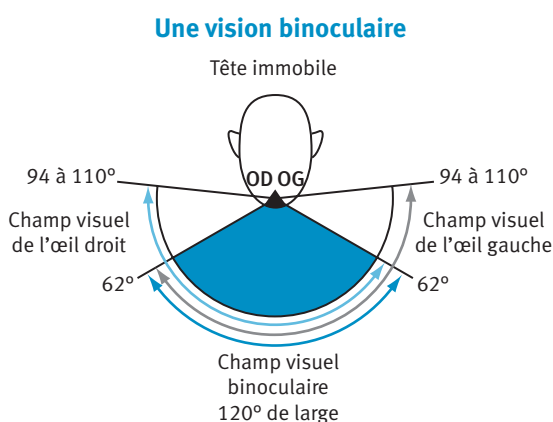
#### Document 20 Mise en évidence d'une « zone rétinienne aveugle »

Pour repérer la « tache aveugle » de l'œil droit :

- ▶ fermer l'œil gauche et fixer la croix figurant ci-dessous avec l'œil droit, en tenant le fascicule à une distance de 30 à 40 centimètres ;
- ▶ rapprocher lentement le fascicule, à une certaine distance, le cercle noir disparaît.



## Document 21 Le champ visuel



Le **champ visuel** correspond à la partie de l'espace couverte par la rétine d'un seul œil immobile lorsque le regard est fixé vers un point éloigné. Grossièrement elliptique le champ visuel de chaque œil est plus étendu du côté temporal que du côté nasal. Lorsque les deux yeux sont ouverts, les champs visuels se recouvrent ce qui permet dans cette zone la vision binoculaire (les objets sont vus deux fois). Le champ visuel commun aux deux yeux ou **champ visuel binoculaire** s'étend sur 120° de large, il est entouré de part et d'autre par un croissant de vision monoculaire d'environ 30° de large. Cependant, **la mobilité des yeux augmente considérablement les champs visuels**. L'ensemble de tous les points de l'espace visibles, compte tenu de la mobilité des yeux est le **champ du regard**.

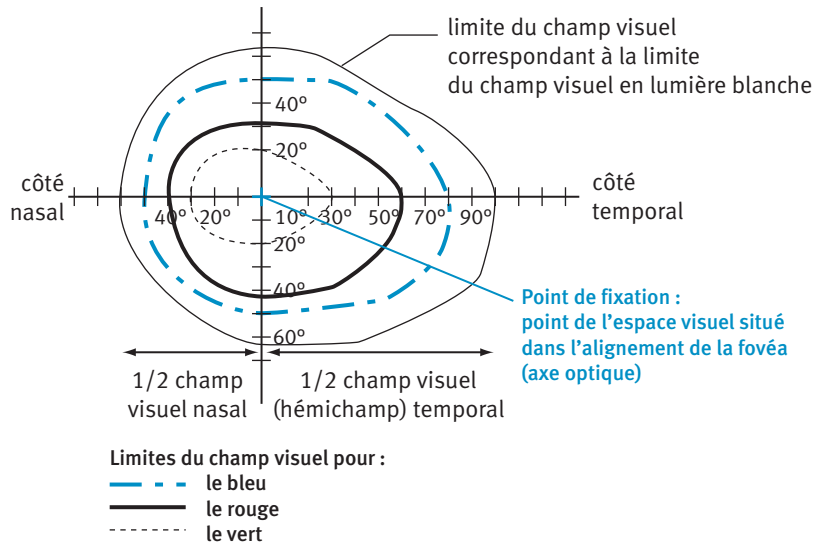
### Protocole à suivre pour déterminer le champ visuel d'un œil :

Pour déterminer le champ visuel de l'œil droit se munir d'une grande feuille de papier ou d'un tableau blanc d'une règle de 20 cm, d'un crayon noir ou d'un disque de papier noir fixé au bout d'une baguette et d'un crayon pour tracer les différents repères

- ▶ fermer l'œil gauche et fixer avec l'œil droit une petite croix tracé sur une grande feuille de papier (ou un tableau blanc) dans l'axe optique de cet œil ; utiliser une règle de 20 cm pour maintenir constante la distance entre la tête et la feuille portant la croix ; rester immobile pendant toute la durée de l'expérience ;

- ▶ en allant de la périphérie vers la croix, déplacer dans toutes les directions (horizontalement, verticalement, obliquement) un crayon noir (ou un petit disque de papier noir) ; pour chaque direction repérer sur le papier la position du disque noir quand il commence à être aperçu ; il est possible de faire l'inverse en partant de la croix et en indiquant la position pour laquelle le disque n'est plus perçu ;
- ▶ le même travail peut être réalisé pour l'œil gauche.

Le graphique ci-dessous représente pour l'œil droit les limites du champ visuel quand le disque est noir, bleu, rouge ou vert.



### Questions



- 1 Exploiter le **document 19** en proposant un titre précis au graphique ;
  - ▶ en précisant à quel élément anatomique du globe oculaire correspond la zone montrant une interruption des courbes du côté nasal ;
  - ▶ en mettant en évidence deux zones de la rétine qui diffèrent par leur composition en photorécepteurs.
  - ▶ en reportant des légendes provenant de l'analyse du graphique sur le schéma de la coupe de l'œil associée au graphique (trajet de la lumière, répartition des photorécepteurs).
- 2 En utilisant des informations relevées dans les **documents 19 et 20**, montrer que les images lumineuses qui se forment sur la rétine nécessitent la présence des bâtonnets et/ou des cônes pour être perçues, ce qui permet de supposer qu'il s'agit de cellules susceptibles d'être les récepteurs sensibles à la lumière.
- 3 Proposer une hypothèse, prenant en compte les photorécepteurs, permettant d'expliquer que le champ visuel figuré dans le **document 21** n'est pas le même pour toutes les longueurs d'onde.

## À retenir

Les **bâtonnets** et les **cônes** sont des **photorécepteurs** dont la répartition est variable suivant les endroits de la rétine. Le **point aveugle** est dépourvu de photorécepteurs. Les bâtonnets sont seuls présents dans la rétine périphérique et absents au niveau de la fovéa. Les **cônes** sont seuls présents au niveau de la **fovéa**.

► **Quelles sont les conditions d'intervention des deux types de photorécepteurs dans la vision ?**

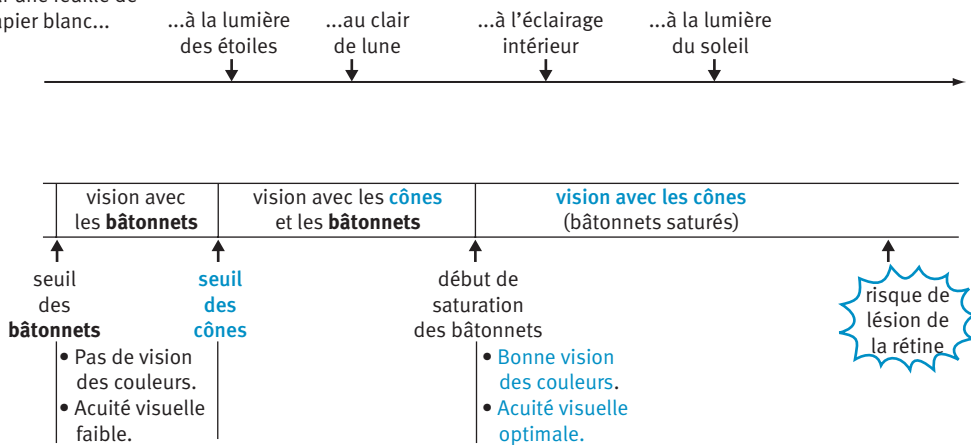
## 2. Des photorécepteurs aux propriétés différentes

### Activité 8 Identifier les fonctions différentes des bâtonnets et des cônes.

Extraire des informations afin d'effectuer une comparaison.

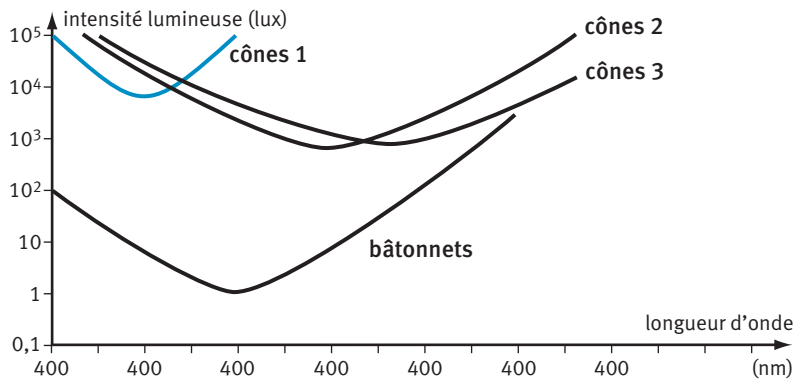
### Document 22 Contribution des bâtonnets et des cônes aux différents niveaux d'éclairage auxquels fonctionne le système visuel humain

Energie lumineuse renvoyée par une feuille de papier blanc...



### Document 23 Variation du seuil de réponse des photorécepteurs en fonction de la longueur d'onde

Le seuil de réponse est la plus petite intensité lumineuse capable de déclencher une sensation visuelle pour une longueur d'onde donnée.

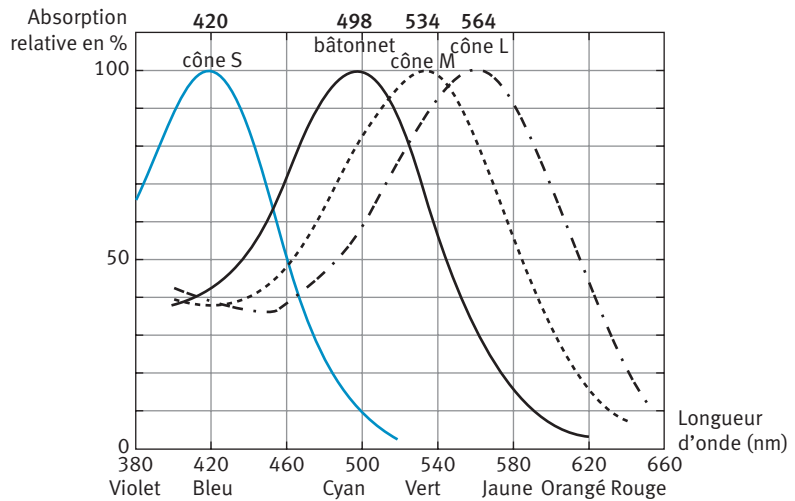


Un bâtonnet peut répondre à un unique photon, tandis qu'il en faut plus de 100 pour activer un cône.

### Document 24

### Absorption des radiations lumineuses par les bâtonnets et les cônes pour les différentes longueurs d'onde du spectre visible

Le document représente les courbes traduisant l'importance de l'absorption des radiations lumineuses par les bâtonnets et les cônes en fonction de leur longueur d'onde.



S = short (longueur d'onde courte) ; M = médium (longueur d'onde moyenne) ; L = long (longueur d'onde longue).

Les cônes L sont suffisamment sensibles aux radiations rouges pour répondre à la lumière rouge.

### Questions



- 1 Comparer à l'aide du graphique du **document 23** les intensités lumineuses minimales nécessaires à la réponse des deux types de photorécepteurs.
- 2 Etablir une relation entre les caractéristiques des photorécepteurs mises en évidence lors de l'étude du **document 23** et leurs rôles respectifs dans les conditions de vision nocturne ou diurne (**document 22**).

- 3 Etablir une relation entre les caractéristiques des photorécepteurs mises en évidence lors de l'étude du **document 24** et leurs rôles respectifs dans la vision des couleurs (**document 22**).
- 4 Exploiter le **document 24** afin de montrer qu'une lumière colorée donnée est plus ou moins absorbée par plusieurs types de cônes.
- 5 Montrer que la plus grande part de ce que nous considérons comme la vision est due au système des cônes. Faire référence aux documents dans le texte produit.

#### Aide pour exploiter un document

Il est possible d'exploiter un document en procédant de la façon suivante.

Rédiger une introduction simple afin de présenter ce que l'on cherche.

Construire un tableau d'analyse du type de celui figuré ci-dessous :

Conditions de l'expérience = ce que les chercheurs ont fait.	Les résultats observés	Les déductions

Rédiger une conclusion répondant au problème posé.

#### À retenir

Les **bâtonnets**, plus nombreux à la périphérie de la rétine, sont les cellules photoréceptrices intervenant en **faible éclaircissement**.

La rétine humaine contient **trois types de cônes**, plus abondants dans la partie centrale de la rétine ; chacun présente un maximum de sensibilité pour une longueur d'onde donnée. Ils participent à la **vision des couleurs** mais sont beaucoup **moins sensibles à la lumière** que les bâtonnets.

- **En quoi l'organisation des bâtonnets et des cônes permet-elle d'expliquer ces propriétés ?**

### 3. Bâtonnets et cônes, des photorécepteurs assurant la conversion de l'énergie lumineuse en messages nerveux grâce à l'existence de photopigments

- a) **Des photorécepteurs à l'origine de messages nerveux enregistrables au niveau du nerf optique**



## Activité 9 Naissance de messages nerveux dans la rétine suite à des stimuli lumineux

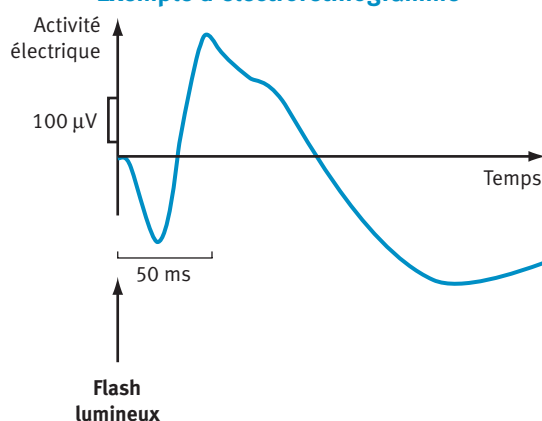
Mettre en relation des informations. Reasonner pour montrer le rôle des cellules photosensibles de la rétine.

### Document 25 Les électrorétinogrammes, enregistrements de l'activité électrique des cellules rétinienne

L'électrophysiologie visuelle consiste à enregistrer les signaux bioélectriques émis par l'œil suite à une stimulation lumineuse. L'électrorétinogramme ou ERG, enregistre l'activité des photorécepteurs et des couches rétinienne plus internes (à l'exception des cellules ganglionnaires). Il est fonction du nombre et du niveau d'implication de chaque catégorie de cellules rétinienne.

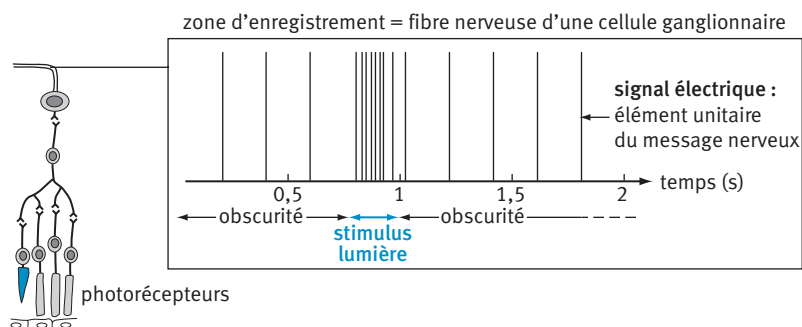
On réalise cet examen, afin de tester le fonctionnement des cellules visuelles, sur des yeux, dont les pupilles ont été dilatées au préalable. Le sujet est placé dans l'obscurité afin que ses rétines soient adaptées à celle-ci. On pose ensuite des électrodes externes (elles sont, par exemple, collées sur la peau au niveau de la paupière inférieure) qui vont permettre l'enregistrement, pour chaque œil, de la réponse électrique des rétines. Les flash lumineux ont une durée inférieure à 5ms.

#### Exemple d'électrorétinogramme



### Document 26 Les stimulus lumineux à l'origine de messages nerveux enregistrables au niveau des cellules ganglionnaires de la rétine

Des chercheurs ont enregistré l'activité électrique d'une fibre d'une cellule ganglionnaire dans l'obscurité, puis suite à un flash lumineux.



Les messages nerveux (cours de seconde) sont des trains de signaux de nature électrique. Chaque trait vertical dans le document correspond à un de ces signaux. C'est la variation de fréquence de ces signaux qui a valeur de message.

**Document 27** Utilisation de données d'un logiciel présentant différents aspects de la vision

Utiliser le module « **photorécepteurs** » du logiciel présenté dans le **document 6** : observer le trajet des messages nerveux issus de différentes zones de la rétine.

A l'aide des loupes, observer l'organisation de ces zones (voir l'**exercice 2** en fin de séquence, portant sur l'**acuité visuelle**).

**Questions**



- 1 Montrer, à partir de ces résultats, que la lumière, reçue par les cônes et bâtonnets est bien convertie en messages nerveux qui quittent l'œil par le nerf optique.
- 2 Quelle est la conséquence prévisible d'une section accidentelle d'un nerf optique ?

**À retenir**

La stimulation des **photorécepteurs rétiniens** par la **lumière** est à l'origine de **messages nerveux** destinés au cerveau. Ces messages quittent la rétine au niveau du nerf optique.

► **Comment s'effectue la conversion de l'énergie lumineuse en message nerveux au niveau de la rétine ?**

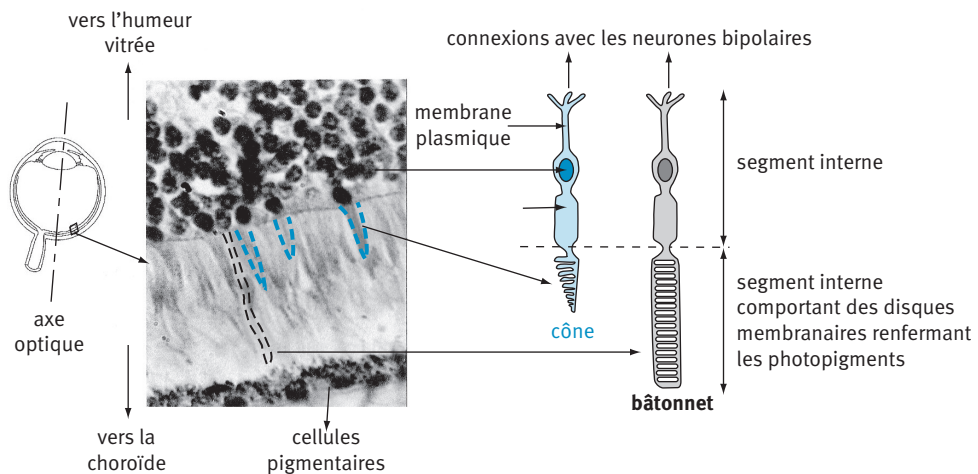
**b) Les pigments visuels humains, molécules indispensables à la création de messages nerveux.**

**Activité 10** Les structures des photorécepteurs permettant la conversion de l'énergie lumineuse en message nerveux

*Effectuer des changements d'échelle ; raisonner à l'échelle moléculaire. Utiliser un logiciel de modélisation moléculaire.*

**Document 28** Des cellules photoréceptrices nommées d'après leur forme.

Coupe de rétine colorée observée au microscope optique au niveau de la zone des photorécepteurs (x 1000) et schémas des deux types de photorécepteurs d'après des observations effectuées au microscope électronique à balayage.



Ces photorécepteurs sont des neurones transformés et comprennent quatre régions distinctes : un segment externe, un segment interne, un corps cellulaire et une terminaison synaptique.

Le segment externe est composé d'un empilement de disques, eux-mêmes enchâssés dans la membrane plasmique de la cellule. Les bâtonnets présentent un long segment externe cylindrique avec de nombreux disques ; les cônes ont un segment externe plus court et effilé avec relativement peu de disques.

► **Quelles sont dans les photorécepteurs les structures responsables de la conversion de l'énergie lumineuse en signal électrique à l'origine d'un message nerveux au niveau de la rétine ?**

### Document 29 Les pigments des photorécepteurs de la rétine humaine

Des photopigments sensibles à la lumière sont présents au niveau des disques des bâtonnets et des cônes. Ils absorbent la lumière et génèrent des modifications importantes du fonctionnement cellulaire à l'origine de la création de messages nerveux enregistrables au niveau des fibres qui vont constituer le nerf optique.

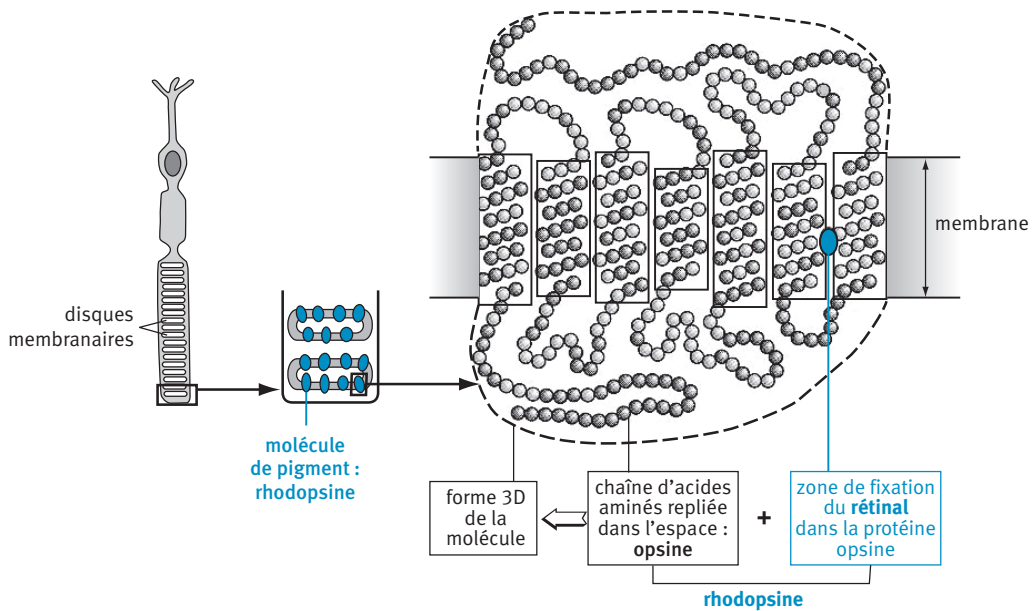
Les **bâtonnets** présentent tous le même photopigment, la **rhodopsine** (100 millions de molécules de rhodopsine dans un bâtonnet), mais il y a **trois types de cônes**, chacun avec un **pigment différent**.

Chaque molécule du **pigment visuel** comprend une **protéine** appelée op-sine et une molécule non protéique, le rétinal, molécule chimiquement proche de la **vitamine A** dont il est dérivé.

Les trois types d'opsines correspondant aux trois types de cônes ne présentent pas le même maximum d'absorption des radiations lumineuses (consulter le **document 24**) :

- ▶ opsine S (short) sensible aux radiations bleues (maximum d'absorption pour des radiations de 420 nm),
- ▶ opsine M (medium) sensibles aux radiations vertes (maximum d'absorption pour des radiations d'environ 530 nm),
- ▶ opsine L (long) sensible aux radiations rouges (maximum d'absorption pour des radiations d'environ 560 nm).

Une protéine est constituée d'un enchaînement précis d'acides aminés appelé séquence. De cette séquence dépend sa structure tridimensionnelle qui conditionne sa fonction dans l'activité d'une cellule. L'opsine de la **rhodopsine humaine** comporte 348 acides aminés. Le rétinol est fixé au niveau d'une zone précise de la protéine.



### Document 30 Modélisation de l'organisation tridimensionnelle de la rhodopsine à l'obscurité et à la lumière

Le logiciel **Rastop** permet de visualiser **des molécules en trois dimensions**.

L'activité proposée ci-dessous nécessite que le logiciel gratuit **Rastop** soit au préalable **télécharger** sur le **site de l'INRP Acces**.

Les molécules d'opsine sont présentes dans l'ensemble du vivant, et sont impliquées dans la grande majorité des processus de photosensibilité.

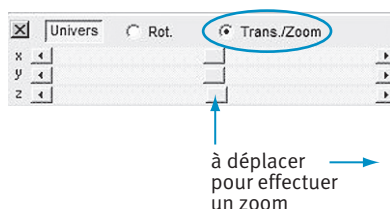
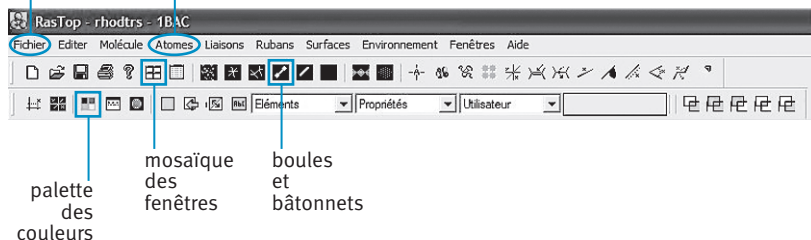
Afin de préciser comment s'effectue la conversion de l'énergie lumineuse en message nerveux dans une cellule photoréceptrice, on va utiliser dans cette activité une molécule de rhodopsine d'une Bactérie : l'opsine comportant 169 acides aminés est associée à une molécule de rétinol.

L'organisation tridimensionnelle de la rhodopsine bactérienne est présentée à l'obscurité et à la lumière.

## Procédure permettant d'afficher des molécules afin de les observer :

A ouvrir pour  
«charger un fichier  
de molécule»

A ouvrir pour  
«colorer par chain»



### Afficher une première molécule : la rhodopsine à l'obscurité.

Après l'ouverture du logiciel, activer la commande «Fichier» / «Charger un fichier de molécule» **brhocis.pdb**

### Modifier l'affichage.

Par défaut l'affichage se fait sous forme de liaisons.

Choisir l'affichage « **boules et bâtonnets** » : l'opsine et le rétinale sont de la même couleur.

Pour les différencier, activer la commande :

« **Atomes** » puis

**colorer par**

**chain**

Procéder ensuite de la même façon pour afficher et modifier les molécules suivantes :

- ▶ rhodopsine à la lumière : rhodtrs.pdb
- ▶ rétinale à l'obscurité : retcis.pdb
- ▶ rétinale à la lumière : **rettrans.pdb**

Le rétinale seul s'affiche en blanc ; il est possible d'utiliser **la palette de couleurs** pour le colorer en rouge

Afin de comparer les deux molécules de rhodopsine et les deux molécules de rétinale, activer l'icône « **mosaïque de fenêtres** »

La découverte d'une molécule et de sa configuration dans l'espace passe aussi par l'utilisation du zoom. Choisir « **Trans/Zoom** » puis actionner le  **curseur Z** pour modifier la taille de l'affichage.

## Questions



- 1 Quelles informations relevées dans le **document 28** permettent-elles de dire que les photorécepteurs rétiniens sont des cellules ?
- 2 Utiliser le **document 29** et les connaissances acquises dans les chapitres précédents afin de définir le terme de protéine.

## Aide

Il faut bien observer la forme des molécules dans l'espace.

- 3 Comparer l'organisation tridimensionnelle de la molécule de rhodopsine (opsine et rétinal) à l'obscurité et à la lumière (**document 30**), afin d'émettre une hypothèse permettant d'expliquer que la lumière peut être à l'origine d'un message nerveux enregistrable au niveau d'une fibre de cellule ganglionnaire (**documents 29 et 30**).

## À retenir

La lumière modifie un **pigment rétinien** des cônes et des bâtonnets, ce qui permet la création de messages nerveux, constitués de signaux électriques, enregistrables au niveau des fibres des cellules ganglionnaires : il y a **conversion de l'énergie lumineuse en signaux électriques** qui sont acheminés au cerveau par les nerfs optiques.

► **Quelles conséquences peuvent avoir des anomalies des pigments rétiniens au niveau de la perception visuelle ?**

### c) Des anomalies des pigments rétiniens à l'origine de perturbations de la vision des couleurs

Chez l'Homme la vision des couleurs est trichromatique, car elle repose sur les informations issues des trois types de cônes. On connaît cependant des anomalies affectant la vision des couleurs.

## Activité 11 Pigments rétiniens et anomalies de la vision des couleurs

### Document 31 Des daltonismes

John Dalton, un chimiste anglais, rapporta, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, qu'il ne voyait pas les couleurs comme tout le monde. On a par la suite appelé daltonisme la déficience de l'aptitude à distinguer les couleurs de la partie du spectre qui s'étend du rouge au vert. Certains individus très rares, distinguent mal les couleurs de la partie bleue du spectre.

Il existe différents types de daltonisme que l'on peut mettre en relation avec l'absence d'un type de pigment.

Vision des couleurs	Type de daltonisme	Cône L Opsine sensible au Rouge	Cône M Opsine sensible au vert	Cône S Opsine sensible au bleu
Vision normale : individus tri- chromates		+	+	+
Vision anormale : individus dichromates	<b>Protanopie</b> : l'individu ne voit pas les rouges et ne distingue pas les violets des bleus.	-	+	+
	<b>Deutéranopie</b> : l'individu ne voit pas les verts et ne distingue pas les jaunes des rouges.	+	-	+
	<b>Tritanopie</b> : l'individu ne distingue pas les verts des bleus et des violets.	+	+	-

➕ : la structure est fonctionnelle.

➖ : les cônes sont présents mais l'opsine correspondante est absente.

Cependant, les daltoniens ne confondent jamais les teintes qu'ils perçoivent : le jaune, le bleu et le gris. La discrimination des teintes est anormale par rapport au sujet à vision trichromate normale, mais celle des clartés et des saturations est correcte, ce qui leur fournit un moyen de différencier les couleurs :

- ▶ soit par leur clarté ; le jaune est plus clair que le violet :
- ▶ soit par leur saturation, un jaune réel n'est pas confondu avec un orange car ce dernier apparaît comme un jaune délavé, alors que le «vrai» jaune apparaît vif.

### Document 32 Localisation des gènes codant pour les pigments visuels humains

Les pigments photosensibles sont des protéines codées par des gènes. Chez l'Homme, il existe 4 gènes qui codent pour les quatre opsines intervenant dans la constitution des pigments rétinien. Chacun est défini par la place qu'il occupe sur un chromosome. Toutes les cellules photoréceptrices possèdent les quatre gènes, codant les différentes opsines, mais elles n'en expriment qu'un seul : le gène R ne s'exprime que dans les bâtonnets, le gène S dans les cônes S ...

Pigment	Localisation du gène
Rhodopsine des bâtonnets	Gène R sur le chromosome 3
Opsine L (ou « pigment rouge ») des cônes L.	Gène L sur le chromosome X
Opsine M (ou « pigment vert ») des cônes M.	Gène M sur le chromosome X
Opsine S (ou « pigment bleu ») des cônes S.	Gène S sur le chromosome 7

### Question



Certains individus, tel John Dalton (**document 31**), ont une vision dichromatique : ces individus sont daltoniens. A l'aide du **document 33** et de vos connaissances en génétique, proposer une (ou des) hypothèse(s) permettant d'expliquer cette anomalie. Prendre le cas d'un individu qui ne distingue pas les rouges.

### À retenir

Les **opsines** étant des **protéines** sont codées par des **gènes**. Lorsqu'un gène est absent ou non fonctionnel, la perception des couleurs à partir de deux types de pigments seulement n'est pas complètement restituée.

► **En quoi la présence des opsines dans les photorécepteurs de la rétine humaine permet-elle de conforter la place de l'Homme parmi les Primates ?**



## Les pigments des photorécepteurs rétiniens, un produit de l'évolution

Les pigments rétiniens présentent de nombreuses similitudes structurales et fonctionnelles. L'étude des séquences de ces protéines et de celles des gènes qui les codent peut permettre de confirmer l'appartenance de l'Homme au groupe des Primates.

### Activité 12 Des mécanismes de complexification du génome au cours de l'évolution à l'origine de la famille multigénique des gènes des opsines

*Comparer des séquences de molécules à l'aide d'un logiciel*

*Mettre en relation les différentes données afin de proposer une explication sous la forme d'un schéma*

### Document 33 Comparaison des séquences des pigments visuels humains à l'aide d'un logiciel

Les différentes molécules ne comportent pas toutes le même nombre d'acides aminés :

	Rhodopsine	Opsine S	Opsine M	Opsine L
Nombre d'acides aminés contenus dans la séquence considérée	348 acides aminés	348 acides aminés	364 acides aminés	364 acides aminés



Il s'agit de comparer les séquences des opsines et de la rhodopsine de l'Homme à l'aide du logiciel **Phylogène**.

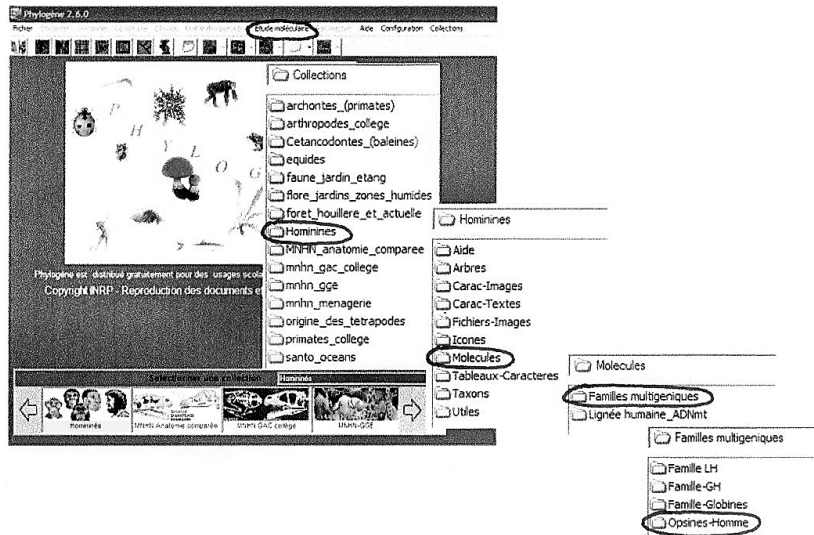
L'activité proposée nécessite que le logiciel gratuit « **Phylogène** » soit au préalable **télécharger** sur le **site de l'INRP Accés**.

Le logiciel « **Phylogène** » permet à la fois, :

- ▶ de comparer les séquences d'opsine :
- ▶ de **construire un tableau appelé matrice** visualisant le pourcentage de différences entre les différentes séquences ; les valeurs sont exprimées en %.

**Procédure à suivre :**

- ▶ pour charger le fichier des séquences des molécules d'opsines et de rhodopsine humaines
- ▶ Fichier
- ▶ Ouvrir
- ▶ Fichier de molécules
- ▶ Homininés (dans collections)
- ▶ Molécules
- ▶ Familles multigéniques
- ▶ Opsines Homme
- ▶ Choisir : opsines-HS-pro



**Document 33a** Extrait du tableau de comparaison des séquences d'acides aminés

	50				55					60					65					70						75					80	
opsine-bleue	A	P	V	W	A	F	Y	L	Q	A	A	F	M	G	T	V	F	L	I	G	F	P	L	N	A	M	V	L	V	A	T	L
rhodopsine	A	E	P	W	Q	F	S	M	L	A	A	Y	M	F	L	L	I	V	L	G	F	P	I	N	F	L	T	L	Y	V	T	V
opsine-rouge	A	P	R	W	V	Y	H	L	T	S	V	W	M	I	F	V	V	T	A	S	V	F	T	N	G	L	V	L	A	A	T	M
opsine-verte	A	P	R	W	V	Y	H	L	T	S	V	W	M	I	F	V	V	I	A	S	V	F	T	N	G	L	V	L	A	A	T	M

Chaque lettre désigne conventionnellement un acide aminé. Un tiret signale l'absence d'un acide aminé dans la séquence.

**Document 33b** Matrice des différences indiquant le pourcentage de différences entre les protéines prises deux à deux

**Pour réaliser cette matrice :**

- ▶ cliquer successivement sur le nom des quatre molécules afin de les sélectionner
- ▶ cliquer sur le bouton **Options** /distance/ Format : choisir Pourcentage ; Délétions : choisir Ignorer pour l'ensemble.
- ▶ Cliquer sur le bouton **Matrice des distances**

	opsine-bleue	rhodopsine	opsine-rouge	opsine-verte
opsine-bleue	0	53.8	58.2	57
rhodopsine		0	57.3	56.1
opsine-rouge			0	4.39
opsine-verte				0

**Document 34** Comparaison des séquences des gènes responsables de la synthèse des opsines

Le logiciel Phylogène est utilisé cette fois-ci pour comparer les gènes codant les différents pigments rétiniens humains afin d'évaluer le pourcentage de différence entre les séquences nucléotidiques.

**Procéder comme précédemment (document 33), mais choisir cette fois-ci « opsines-HS-adn ».**

**Matrice des différences indiquant le pourcentage de différences entre les gènes codant les pigments rétiniens humains pris deux à deux**

	opsine-rouge	opsine-verte	opsine-bleue	rhodopsine
opsine-rouge	0	1.71	39.7	41.6
opsine-verte		0	39.8	41.5
opsine-bleue			0	41.9
rhodopsine				0

**Document 35** Différents mécanismes à l'origine d'une famille multigénique

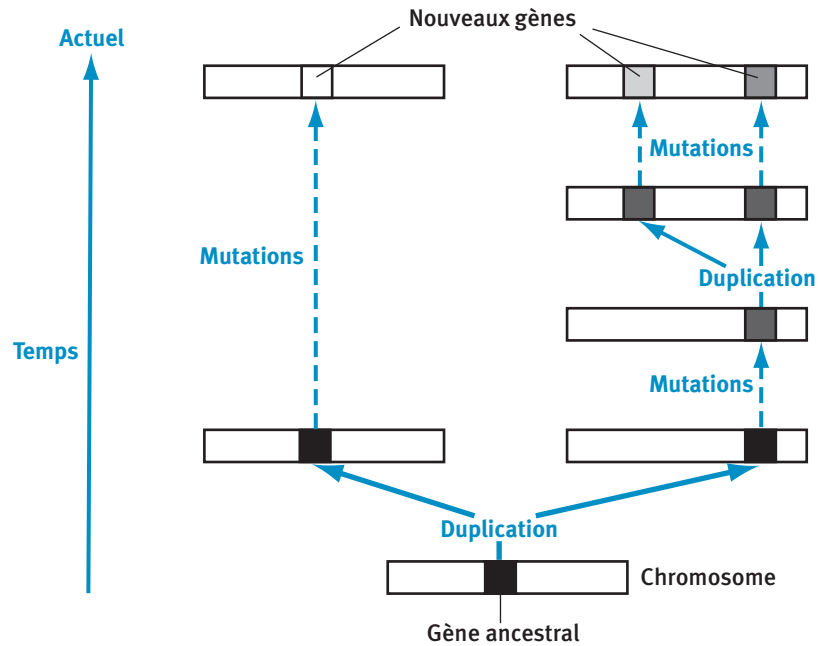
Les scientifiques considèrent que des molécules présentant une similitude supérieure à 20 % au niveau de leur séquence ont une origine commune, cette similitude ne pouvant être due au hasard.

Ainsi des gènes qui présentent des séquences nucléotidiques proches dérivent d'un gène ancestral unique qui se serait dupliqué : un gène peut être copié accidentellement et se retrouver présent dans le génome

en deux exemplaires localisés soit sur le même chromosome soit sur deux chromosomes différents.

Des mutations ponctuelles se produisant par la suite, les duplicata, de séquences initialement identiques, divergent.

Plus la duplication est ancienne et plus les deux gènes qui en résultent peuvent présenter des séquences différentes. L'ensemble des gènes issus d'un même gène ancestral forme une famille multigénique.



### Questions



- 1 Utiliser des données des documents 33 et 34 afin de calculer les pourcentages de ressemblances :
  - ▶ entre les séquences des pigments rétinien ;
  - ▶ entre les séquences des gènes codant ces différents pigments.
- 2 Repérer les séquences qui présentent le plus de similitudes.
- 3 Pourquoi considère-t-on que les gènes codant pour les pigments rétinien ont une origine commune ?
- 4 Exploiter les documents 34 et 35 afin de présenter sous la forme d'un schéma les mécanismes aboutissant à la formation de la famille multigénique des gènes des opsines.

**Ne pas tenir compte du gène de la rhodopsine pour effectuer ce travail.**

### À retenir

Les gènes, codant les pigments rétinien, de séquences proches, sont issus, suite à des **duplications** associées à des **mutations**, d'un même gène ancestral. Ils constituent une **famille multigénique**.

### Activité 13 Les pigments rétiens et la place de l'Homme parmi les Primates

*Comparer des séquences de molécules à l'aide d'un logiciel permettant d'établir des relations de parenté.*

Le programme de Seconde a permis de montrer que, au sein de la biodiversité, des parentés existent qui fondent les groupes d'êtres vivants. Ainsi, les vertébrés ont une organisation commune. Les parentés d'organisation des espèces d'un groupe suggèrent qu'elles partagent toutes un ancêtre commun. Ces relations de parenté peuvent être établies à partir de caractères morphologiques, anatomiques, embryologiques, paléontologiques mais également moléculaires.

#### Document 36 Quelques exemples de caractères partagés par l'ensemble des Primates

L'Homme est un Vertébré classé dans les Mammifères. Parmi ces Mammifères, l'Homme et d'autres espèces qui partagent avec lui un certain nombre de caractères appartiennent à l'ordre des Primates.

Ainsi, les Primates sont entre autre caractérisés par des membres à cinq doigts terminés par des ongles plats, des mains préhensibles avec des pouces opposables, des yeux frontaux permettant une vision binoculaire associée à un développement important des aires visuelles cérébrales.

#### Document 37 Des molécules permettant d'établir des relations de parenté

Le constat de très nombreuses similitudes dans les séquences d'acides aminés de molécules de protéines permet de dire qu'elles doivent avoir une origine commune; on parle alors de **molécules homologues**. On considère que plus il y a de ressemblances entre deux molécules, plus les êtres vivants qui possèdent ces molécules ont un ancêtre commun proche. On peut donc en déduire que les organismes qui possèdent ces molécules ont une origine commune : leur ancêtre commun possédait la molécule à l'origine de toutes celles que l'on peut observer actuellement.

#### Document 38 Les gènes responsables de la synthèse des opsines chez les Primates

**Chez l'Homme**, il existe 4 gènes qui codent pour les quatre opsines intervenant dans la constitution des pigments rétiens. Chacun est défini par la place qu'il occupe sur un chromosome (**voir document 32**).

**Certains singes d'Amérique du Sud tels que le Saïmiri** (singe écureuil) possède, outre le gène codant pour la rhodopsine, le gène S codant pour une opsine S sur le chromosome 7 et un seul gène ( au lieu des deux gènes M et L chez l'Homme) codant pour une opsine permettant de distinguer le jaune (mais pas le vert ni le rouge) sur le chromosome X

**Les autres singes dits de l'Ancien Monde** (exemple : Macaque, Chimpanzé...) possèdent un système génétique gouvernant la synthèse des opsines identique à celui de l'Homme.

#### Document 39 L'opsine S, une molécule présente chez tous les Primates

Les protéines photoréceptrices constituent une famille de protéines largement répandues dans le monde vivant. Elles sont toutes impliquées

dans la conversion de la lumière en signal nerveux. Ces molécules photosensibles présentent le même type d'organisation tridimensionnelle.

Les différences entre les pigments visuels portant sur la séquence d'acides aminés de la protéine, il est possible d'établir des relations de parenté entre les Primates à l'aide des données moléculaires concernant les opsines, et notamment l'opsine S (ou opsine sensible à des longueurs d'onde courtes : short). Tous les Primates possèdent en effet, le gène codant pour cette opsine, ayant toujours un pic d'absorption voisin de 430 nm ; il est porté par un chromosome non sexuel.

#### Document 40

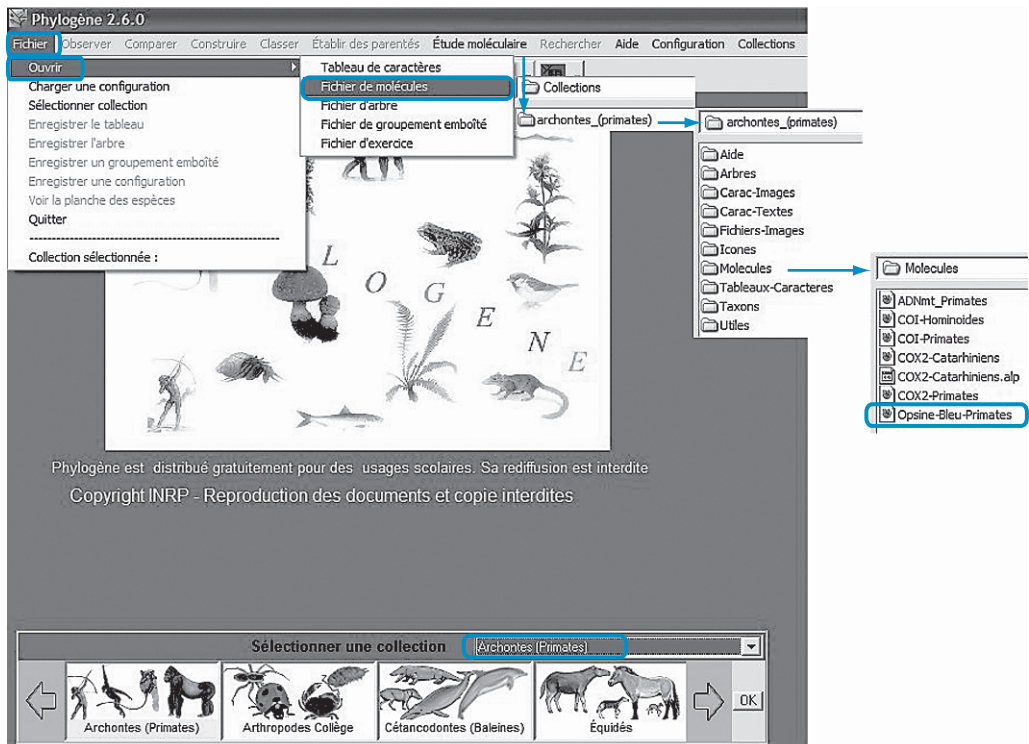
### Comparaison des séquences de l'opsine S de l'Homme et de certains Primates à l'aide d'un logiciel, « Phylogène », permettant de tracer un arbre phylogénétique

Il s'agit de comparer les séquences des opsines S de l'Homme, du Bono-bo, du Chimpanzé, du Gorille, du Macaque, du Cebus et du Saïmiri (ces deux dernières espèces vivant au niveau du continent sud américain), afin de tracer un arbre établissant les relations de parenté existant entre ces espèces.

Les opsines S du Cebus, du Saïmiri et du Macaque comportent 349 acides aminés, celles de l'Homme, du Gorille, du Chimpanzé et du Bono-bo, 348.

Le logiciel « **Phylogène** », utilisé lors de l'**activité 12**, permet aussi, de **tracer un arbre**, dont les branches définissent les parentés entre les molécules, et par la même, entre les espèces auxquelles elles appartiennent.

#### Procédure permettant d'établir des relations de parenté :



► **pour charger le fichier des molécules d'opsine S**

- Fichier
- Ouvrir
- Fichier de molécules
- Archontes (Primates)
- Molécules opsine-Bleu-Primates.

► **pour sélectionner uniquement certaines molécules afin de les comparer**

- Cliquer sur les espèces à conserver : Cebus, Saïmiri, Homme, Gorille, Bonobo, Chimpanzé et Macaque
- **Edition** : supprimer les séquences non sélectionnées.

► **pour repérer les acides aminés communs aux différentes séquences :**

- **Couleur** : colorer les séquences

Chaque lettre désigne conventionnellement un acide aminé. Un tiret signale l'absence d'un acide aminé dans la séquence.

► **pour afficher la matrice puis l'arbre**, cliquer successivement sur les boutons **Matrice des distances** (options/ pourcentage) puis **Arbre** (options/UPGMA).

**Questions**



- 1 Présenter l'organisation générale commune des Vertébrés (cours de Seconde).
- 2 Quelles sont les caractéristiques des molécules utilisées pour établir des relations de parenté (**documents 37 et 39**) ?
- 3 Justifier le choix de l'utilisation de l'opsine S pour établir des relations de parenté entre l'Homme et certains Primates.
- 4 Dans l'échantillon à étudier, citer les Primates dichromates et les Primates trichromates.
- 5 Relever dans l'ensemble **des documents produits grâce au logiciel Phylogène** les informations qui permettent de conforter la place de l'Homme au sein des Primates.

**Aide**

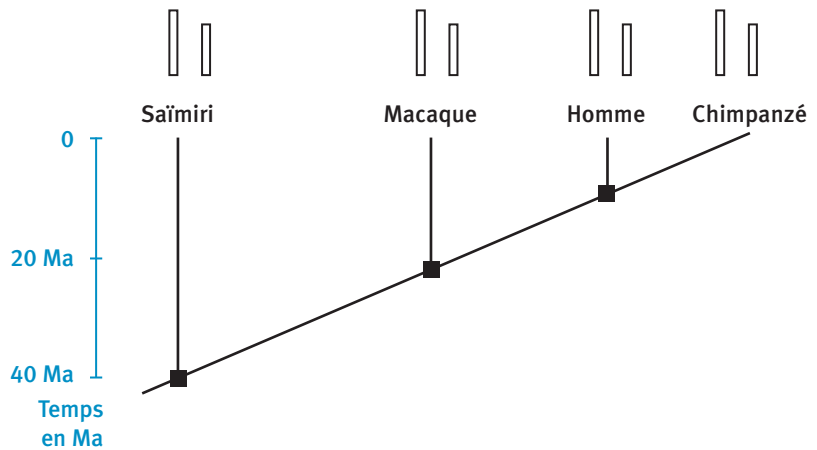
► **Relever des informations au niveau :**

- du **tableau permettant de comparer les séquences d'acides aminés** ;
- de la **matrice** : **construire par exemple un tableau visualisant le % de similitudes entre les séquences de l'opsine S de l'Homme et celles des opsines S des Primates étudiés (partir par exemple, de l'espèce présentant le plus fort pourcentage de similitudes avec l'Homme).**
- de l'**arbre phylogénétique** : **dire « qui est plus proche de qui »**

► **Situer au cours de l'évolution le processus de duplication qui a doté certaines espèces de la vision trichromatique.**

**Cette innovation génétique est à reporter sur l'arbre phylogénétique simplifié des Primates du document 40. Indiquer également au niveau des schémas figurant les chromosomes 7 et X, les gènes présents chez les espèces considérées.**

## Document 40 Arbre phylogénétique simplifié des Primates



## Bilan du chapitre 1

### L'œil est un système optique de la formation des images

- ▶ L'œil est limité par trois enveloppes emboîtées : la sclérotique, la choroïde, et la rétine qui se prolonge par le nerf optique. Il comprend des milieux transparents ( cornée, humeur vitrée, cristallin , humeur aqueuse) qui rendent possible la formation d'images sur la rétine.
- ▶ L'œil peut suivre les objets qui se déplacent grâce aux mouvements oculaires et il maintient la netteté de la cornée grâce aux larmes et clignements des paupières.
- ▶ Le **cristallin**, qui est l'un des milieux transparents de l'œil, est une lentille vivante qui intervient dans la convergence des rayons lumineux.
  - **Le cristallin est une lentille souple et déformable** : l'accommodation permet d'avoir une vision nette d'objets plus ou moins rapprochés.
  - **Le cristallin est une lentille vivante transparente** : il est formé de longues cellules vivantes juxtaposées, ne possédant pas toutes des organites, contenant des protéines formant un réseau transparent et échangeant en permanence des éléments avec leur environnement.
  - **Le cristallin peut être à l'origine d'anomalies de la vision** : avec l'âge sa transparence (cataracte) et sa souplesse (presbytie) peuvent être altérées.

**L'œil comprend un système de photorécepteurs non uniformément répartis au niveau de la rétine générant des messages nerveux sensoriels.**



► **Structure des photorécepteurs rétiniens** : La rétine est un tissu nerveux. La représentation visuelle du monde est dépendante de la diversité et des propriétés des photorécepteurs rétiniens. Les cônes et bâtonnets sont des photorécepteurs dont la répartition est variable suivant les endroits de la rétine.

► **Fonction des photorécepteurs rétiniens** :

La stimulation des photorécepteurs rétiniens par la lumière est à l'origine du processus visuel. La lumière stimule un pigment rétinien des cônes et des bâtonnets. Ce processus se traduit en message nerveux destiné au cerveau. Le message nerveux provenant de la rétine est propagé par les fibres du nerf optique sous forme de signaux électriques

Les bâtonnets sont les photorécepteurs fonctionnels en faible éclaircissement.

La rétine humaine comprend trois types de cônes :chacun présente un maximum de sensibilité pour une longueur d'onde donnée. Ils participent à la vision des couleurs mais sont beaucoup moins sensibles à la lumière que les bâtonnets.

La perception visuelle dépend, dans un premier temps, de la qualité des messages transmis vers le cerveau, eux-mêmes, directement liés à la qualité de l'image formée sur la rétine (avec la possibilité de la corriger par des lentilles artificielles) et à la nature des récepteurs.

### Les pigments rétiniens, produits de l'évolution

► **Des anomalies des pigments rétiniens** se traduisent par des perturbations de la vision des couleurs.

► Les gènes des pigments rétiniens constituent **une famille multigénique** issue de duplications.

► L'Homme partage avec les Primates un certains nombres de caractères morphologiques et anatomiques, mais il partage aussi des caractères moléculaires : **l'étude comparée des pigments rétiniens** justifie la place de l'Homme parmi les Primates.

## Un bilan en schémas

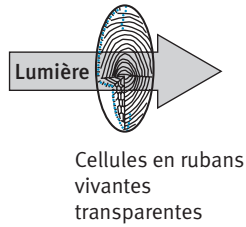
### Les fonctions et les structures de l'œil correspondantes.

Fonctions	Structures impliquées
Protection	Paupières, conjonctive et larmes, sclérotique
Focalisation de la lumière	Cornée, pupille, cristallin
Genèse et transport du message visuel	Rétine, nerf optique

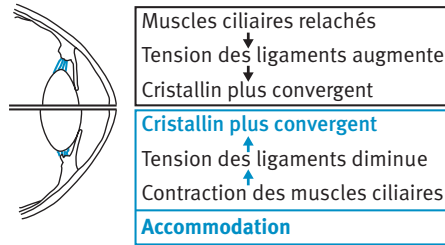


## Le cristallin une lentille vivante

- Une lentille vivante transparente



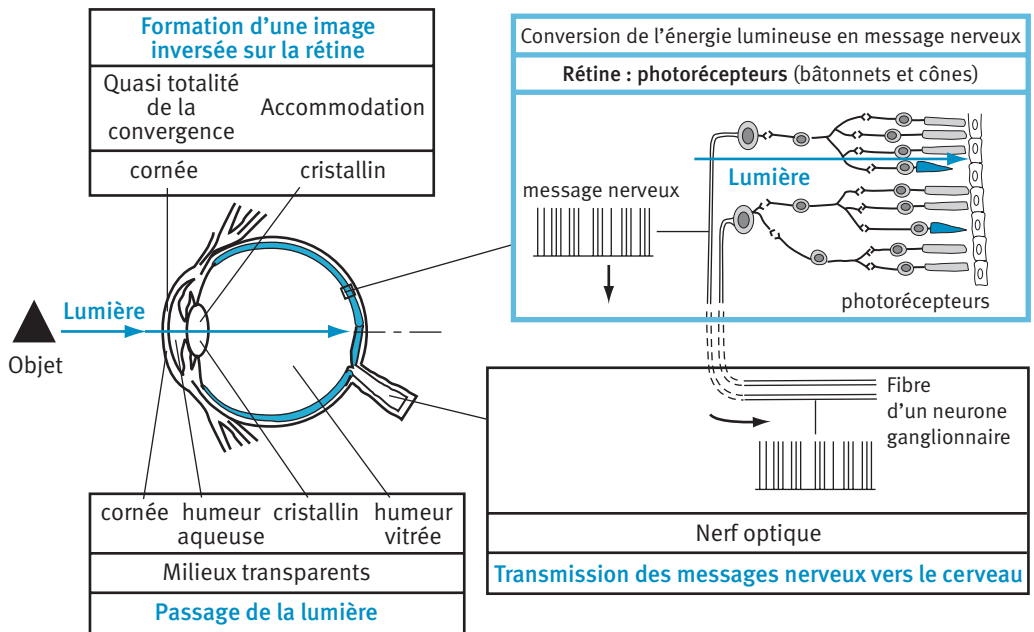
- Une lentille vivante souple et déformable à rayon de courbure variable



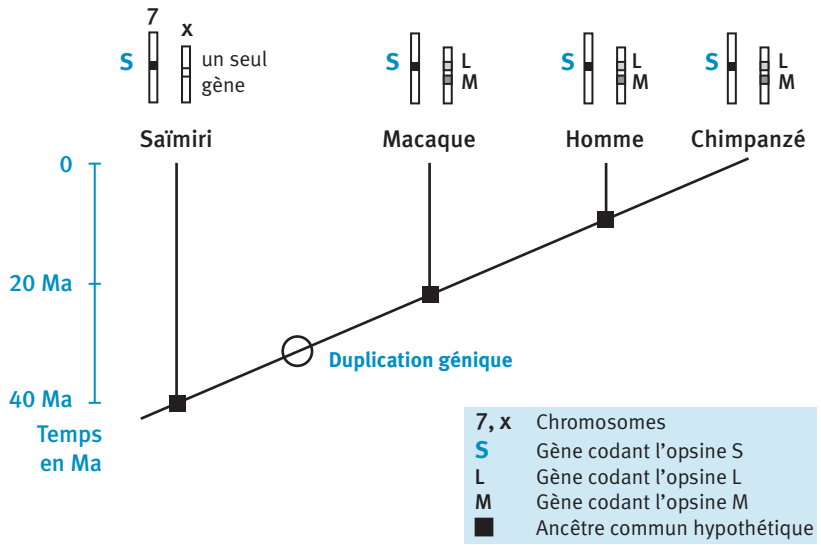
Vision d'un objet éloigné

Vision d'un objet rapproché

## L'œil : de la lumière aux messages nerveux



## Vision des couleurs et évolution

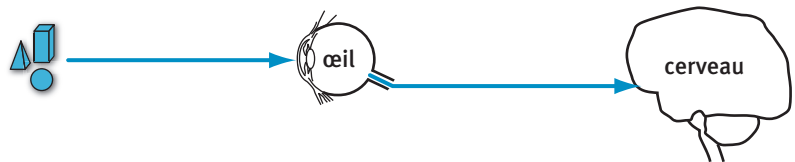


# 2

## La vision : la perception visuelle, une construction cérébrale

Notre perception du monde est le résultat :

- ▶ d'une stimulation des photorécepteurs rétiniens à l'origine de messages nerveux
- ▶ d'une construction mentale à partir de ces messages nerveux reçus au niveau du cerveau.



Stimulus = Lumière	ŒIL		Nerf optique	Cerveau
Forme, couleur, mouvement des objets situés dans le champ visuel	Milieux transparents Lentille convergente adaptable Photorécepteurs au niveau de la rétine		Fibres nerveuses correspondant aux cellules ganglionnaires de la rétine	Perception visuelle ↑ Construction cérébrale ?
	Image renversée sur la rétine	Stimulation des photorécepteurs à l'origine de messages nerveux	Messages nerveux	

- ▶ **Comment le cerveau permet-il d'aboutir à une représentation visuelle du monde qui est individuelle, unique et évolutive ?**
- ▶ **Comment sont organisées les voies nerveuses qui véhiculent les messages nerveux issus des rétines des deux yeux jusqu'au cortex cérébral ?**

# A

## De la rétine au cortex cérébral : les voies visuelles

Au niveau de la rétine a lieu la conversion de l'image en messages nerveux. La stimulation des photorécepteurs rétiniens par la lumière est à l'origine du processus visuel. Les messages nerveux destinés au cerveau sont véhiculés par les fibres nerveuses des cellules ganglionnaires se rassemblant au niveau du nerf optique.

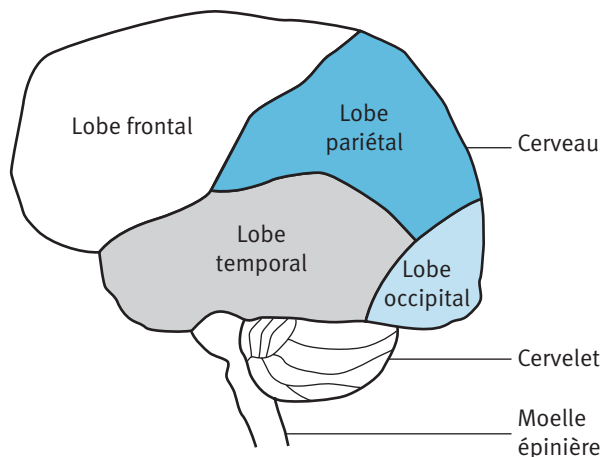
Les messages nerveux provenant de la rétine sont propagés par les fibres du nerf optique sous forme de signaux de nature électrique : le message transmis par le nerf est la somme des messages véhiculés dans chaque fibre.

### Activité 1 Une zone privilégiée du cortex cérébral intervenant dans le traitement des messages nerveux visuels

*Extraire des informations de documents afin d'émettre une hypothèse. Réaliser un schéma.*

#### Document 1 Le cerveau humain

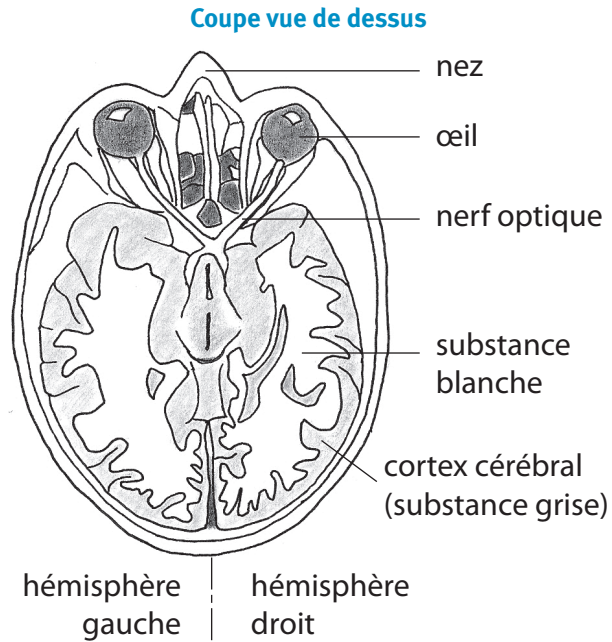
► Le cerveau comporte **deux hémisphères cérébraux**. On distingue 4 grands lobes à la surface de chaque hémisphère, les lobes frontal, pariétal, temporal et occipital. Chaque hémisphère comporte une mince couche de matière grise externe, appelée cortex cérébral. Du fait des nombreux replis ou circonvolutions cérébrales, le cortex représente 40% de la masse de l'encéphale (cerveau, cervelet et bulbe rachidien). Il est constitué par l'assemblage de plusieurs dizaines de milliers de cellules nerveuses ou neurones.



► Utiliser le module « **Vision, fonction cérébrale** » du petit logiciel **Œil** téléchargé précédemment : dans « cortex **cérébral** », repérer les différents lobes cérébraux en déplaçant la souris sur les schémas de gauche.

**Document 2** Relation nerfs optiques-cerveau d'après des observations effectuées grâce à deux techniques d'imagerie médicale.

- L'Imagerie par Résonance Magnétique nucléaire (IRM) est une technique inoffensive qui permet d'observer des coupes virtuelles de l'organisme selon n'importe quel plan avec une résolution qui peut atteindre quelques micromètres.



- Utiliser le module « **Vision, fonction cérébrale** » du logiciel **Œil** : dans « **coupe tomодensitométrique axiale transverse** », afficher une coupe mettant en évidence les yeux et les nerfs optiques.

Les deux nerfs optiques se rejoignent dans le cerveau et semblent se croiser en un point appelé chiasma optique.

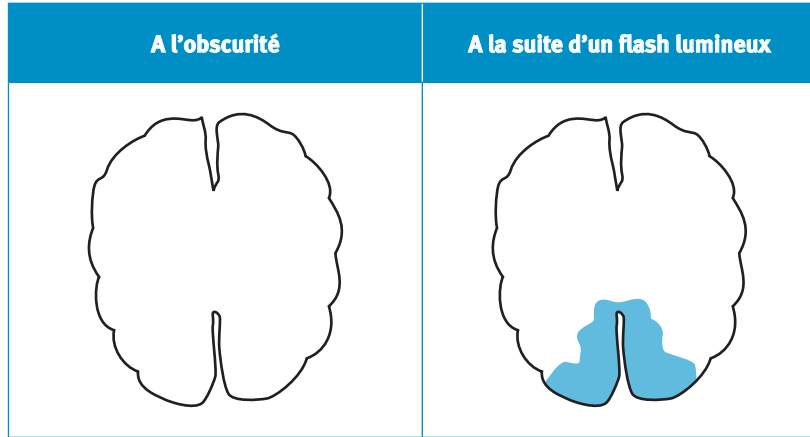
**Document 3** **Des zones du cerveau mobilisées par la vision**

L'imagerie fonctionnelle cherche à caractériser le cerveau en action. Il est possible grâce à des techniques d'imagerie médicale de détecter les régions du cerveau qui sont activées suite à des stimulations subies par l'organisme. On mesure le débit sanguin dans les différents territoires du cerveau. Toute augmentation d'activité d'une région du cerveau s'accompagne d'une élévation du débit sanguin dans cette région.

Des changements de débits sanguins ont été mesurés chez une personne en présence d'un stimulus visuel simple, tel qu'un flash lumineux, et en absence de stimulus visuel, à l'obscurité.

Seules les différences d'irrigation sanguine entre les deux situations sont indiquées.

Une augmentation du débit sanguin dans une zone du cerveau est traduite par une zone bleue dans le schéma.



### Questions



- 1 Exploiter les **documents 1 et 3** afin de montrer dans quelle zone du cortex cérébral se situe une zone privilégiée du traitement des informations visuelles issues de la rétine.
- 2 Rechercher en quoi consiste l'IRM et la tomodensitométrie : donner une définition simple.
- 3 En prenant en compte l'ensemble des documents, construire un (ou des) schéma(s) proposant un (ou des) trajet(s) possible(s) pour des messages nerveux provenant de la rétine de l'œil gauche.

### Aide

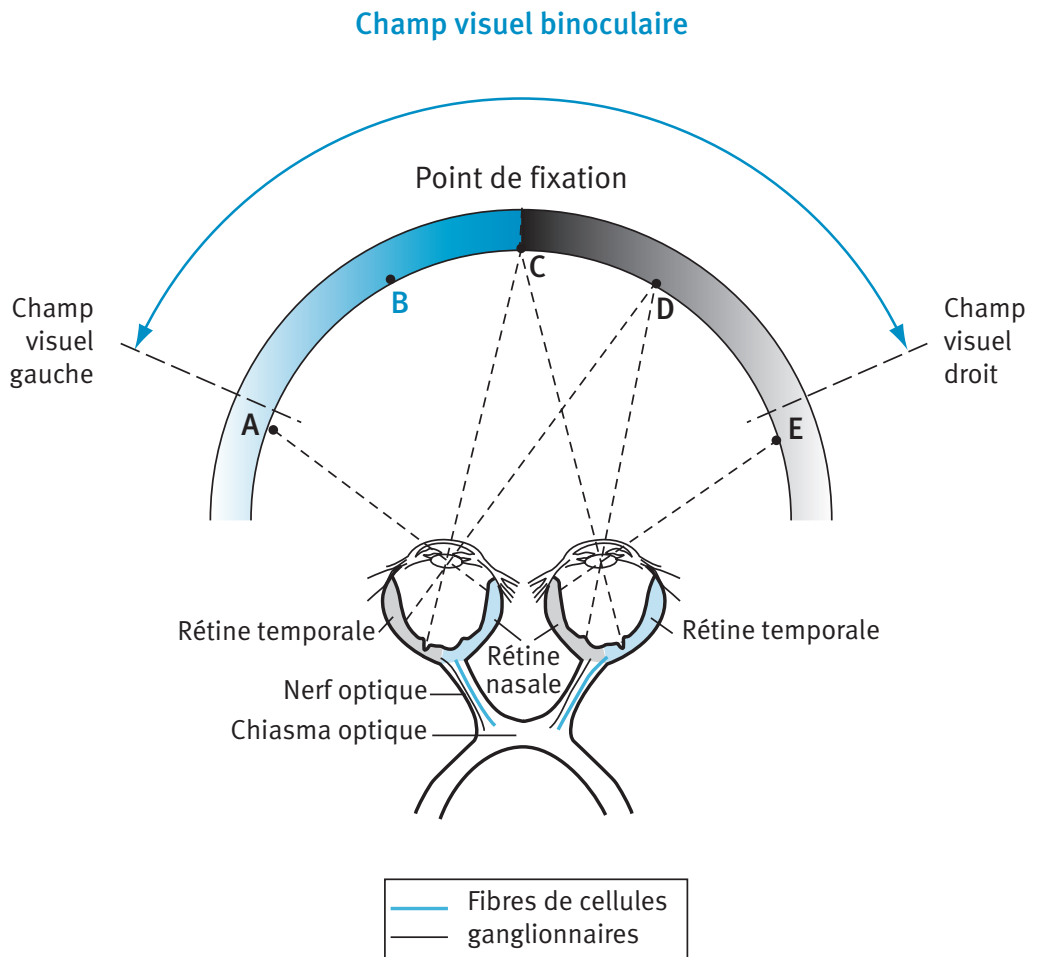
Observer au niveau du document 2, les nerfs optiques et émettre des hypothèses sur les trajets possibles des fibres qui les constituent.

## Activité 2 Les voies nerveuses empruntés par les messages provenant de la rétine en direction du cortex cérébral visuel

*Exploiter des données expérimentales  
Réaliser un schéma*

L'exploration du champ visuel permet l'étude des voies visuelles qui vont de la rétine au cortex visuel occipital. Il est en effet possible de mettre en relation des déficits du champ visuel avec des lésions des voies visuelles.

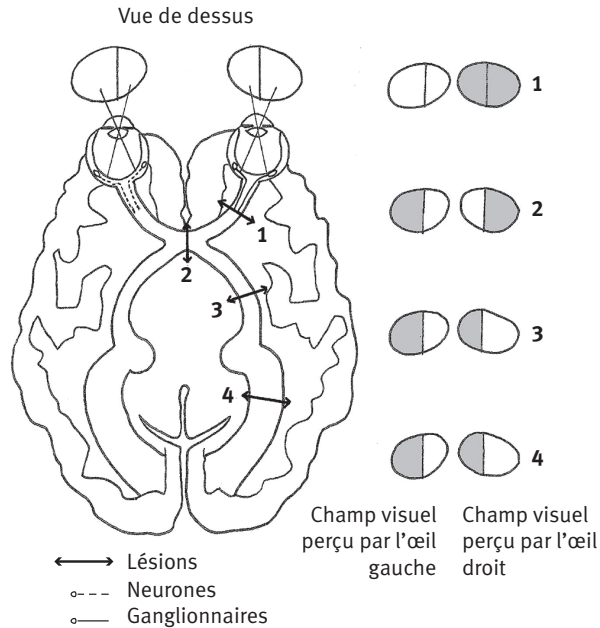
**Document 4** Projection des champs visuels sur les rétines de l'œil droit et de l'œil gauche



**Document 5** Déficiets du champ visuel et lésions des voies visuelles

- Le trajet des messages visuels peut être ainsi déterminé à partir de l'analyse des conséquences au niveau des champs visuels de lésions qui ont été observées chez différents individus.

Sur le schéma sont figurés les différentes lésions et les déficits visuels qu'elles ont entraînés au niveau du champ visuel de chaque œil. Chaque champ visuel est divisé verticalement en deux parties (champ nasal et champ temporal ; voir document 15, chapitre 1) , les régions perçues du champ visuel sont en blanc et les régions non perçues en gris.



► Utiliser le module « **Vision, fonction cérébrale** » du logiciel **Œil** : dans « **cortex cérébral** », cliquer sur cortex 3D et faire tourner de façon à visualiser les voies visuelles. Les conséquences, sur les champs visuels, de 3 sections au niveau des voies visuelles, sont également présentées dans la partie droite de l'écran.

### Questions



- 1 Compléter le schéma du **document 4** afin de représenter la projection du point B situé dans le champ visuel binoculaire sur les rétines de l'œil droit et de l'œil gauche.
- 2 Indiquer où se projette un point du champ visuel temporal et un point du champ visuel nasal au niveau de la rétine de l'œil droit.
- 3 Pour chaque lésion, compléter un tableau du type de celui figuré ci-dessous.

Conditions de l'expérience : Lésions	Les résultats observés : Conséquences sur la perception visuelle	Déductions
Lésion1 =		...

- 4 Réaliser un schéma figurant le trajet des voies visuelles entre la rétine (rétine nasale et rétine temporale) des yeux droit et gauche et les aires corticales visuelles droite et gauche.

### Aide

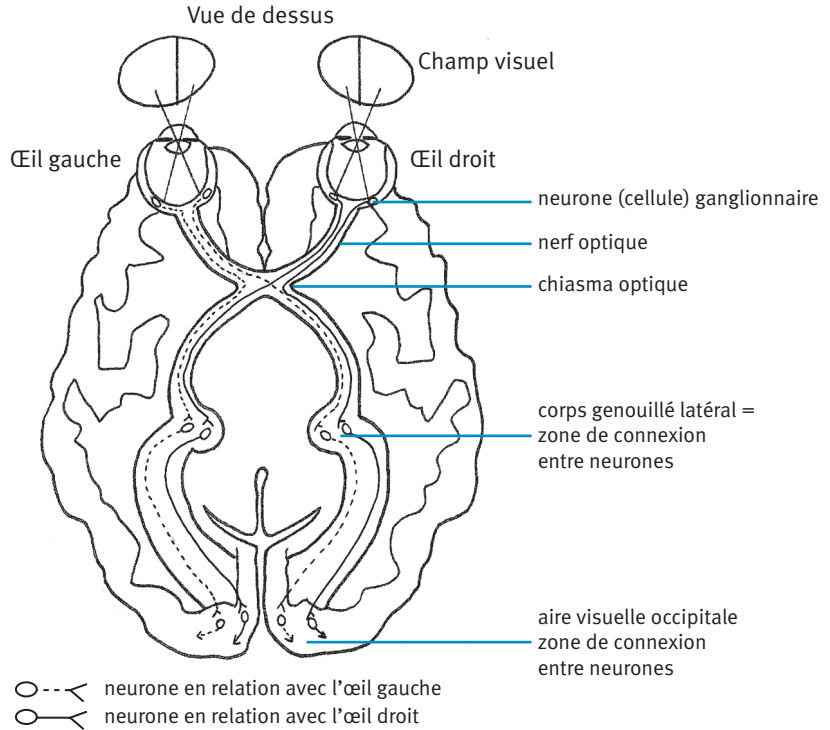
Pour chaque situation, tenir compte de la projection des zones du champ visuel au niveau de la rétine (rétine nasale ou rétine temporale).

Simplifier le document 5 et utiliser les figurés déjà employés.



## Document 6 Une zone de relais entre neurones au niveau des voies visuelles

Entre les rétines et les cortex visuels occipitaux, il existe **une zone de relais entre neurones** au niveau du corps genouillé latéral, situé entre le chiasma optique et le cortex visuel occipital : un neurone (cellule) ganglionnaire est connecté à un neurone dont la fibre rejoint le cortex visuel.



### Question



- 5 Utiliser le document 4 et le document 6, afin de représenter le trajet des messages visuels provenant des projections des points B et D sur les rétines de l'œil droit et de l'œil gauche.

### Aide

Utiliser le code couleurs du document 4

### À retenir

Les messages provenant de la rétine sont véhiculés par les fibres des nerfs optiques qui convergent au niveau du chiasma optique, où pour chaque nerf, la moitié des fibres, celles issues de la rétine nasale, passent dans l'hémisphère cérébral opposé.

Ces messages aboutissent ensuite à un relais cérébral, où les fibres des neurones ganglionnaires sont connectées à d'autres neurones, qui vont les transmettre aux aires du cortex visuel occipital.

Chaque hémisphère reçoit des messages issus de la rétine temporale de l'œil situé du même côté et des messages issus de la rétine nasale du côté opposé.

- **Quelles sont les zones cérébrales mobilisées pour la vision ?**

## B

# La construction de la perception visuelle par le cerveau

## 1. Plusieurs aires du cortex cérébral spécialisées dans le traitement des différentes caractéristiques des objets

### Activité 3 Identification des aires cérébrales intervenant dans le traitement des messages visuels

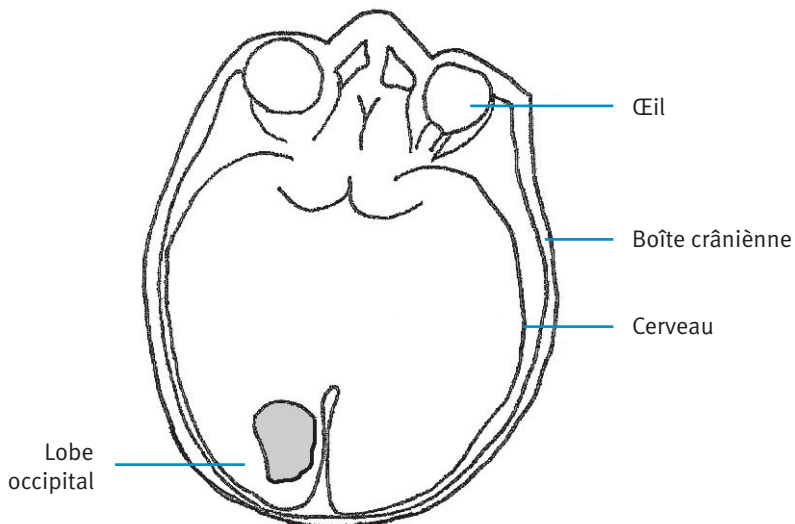
*Extraire des informations et les mettre en relation afin de répondre au problème posé*

#### Document 7 Des anomalies de la vision

##### Cas 1 :

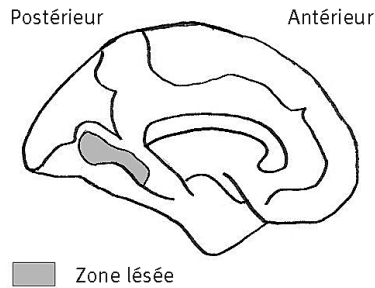
La patiente voit le monde «gris» ou «sale dans la partie droite de son champ visuel binoculaire. Elle ne peut également pas lire une phrase complexe grammaticalement correcte qu'elle vient d'écrire.

**Schéma tiré d'une IRM anatomique du cerveau de la patiente (vue de dessus)**



On note une importante atteinte dans la partie postérieure et interne de l'hémisphère gauche (zone figurée en gris).

## Vue médiane du cerveau humain, observation de la face sagittale de l'hémisphère gauche



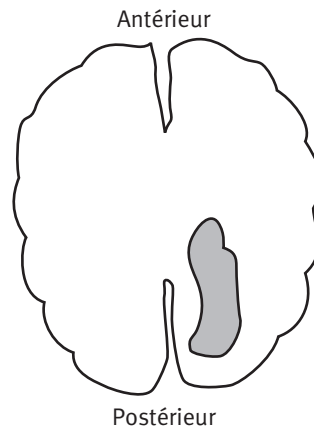
La région figurée en gris correspond à une zone corticale située au niveau du lobe temporal (cette zone existe au niveau des deux hémisphères et son atteinte entraîne une perte de la vision des couleurs d'origine).

### Cas 2

Le patient est artiste peintre. A la suite d'un accident vasculaire cérébral, le patient présente des troubles de reconnaissance des visages : s'il croise sa femme dans la rue, il ne peut pas la reconnaître à moins qu'elle ne lui parle ou qu'elle ait un signe distinctif qu'il connaît au niveau des vêtements, d'un sac par exemple. Les différences d'un visage à l'autre sont reconnues, mais l'identification d'un visage en particulier est impossible.

Après son accident vasculaire cérébral, le patient effectue de manière répétée son autoportrait, à partir de son reflet dans son miroir. Les difficultés qu'il rencontre pour représenter son propre visage illustrent des anomalies dans la reconnaissance des formes et des visages.

### Schéma tiré de l'IRM du patient



On note une lésion (figurée en gris) due à une diminution de l'apport sanguin aux cellules nerveuses situées dans la région postérieure droite de l'encéphale qui a entraînée une lésion au niveau du cortex de la face inférieure du lobe temporal.

### Cas 3

Une patiente souffre d'une incapacité à percevoir un mouvement.

Pendant plusieurs secondes, elle ne perçoit qu'une image immobile en perdant toute conscience visuelle des mouvements dans son environnement. Ainsi, une voiture qu'elle a vu «arrêtée», à une grande distance de l'endroit où elle est, peut se retrouver tout près d'elle après qu'elle a commencé à traverser. Elle peut cependant se diriger vers des objets et les attraper s'ils se déplacent très lentement.

La patiente présente une bonne acuité visuelle. Elle n'a pas de défaut des champs visuels pour la forme. Cette patiente est toujours capable de reconnaître des visages et des objets, de lire et de distinguer les couleurs mais, elle présente des difficultés à contrôler son écriture.

**L'image IRM** a mis en évidence un accident vasculaire cérébral (hémorragie) : poche de sang apparaissant généralement suite à une hémorragie). Cette patiente présente entre autre, des lésions uniquement au niveau de l'aire située à la jonction temporo-occipitale, et ceci au niveau des deux hémisphères.

### Questions



Exploiter le **document 7** afin de montrer qu'il existe :

- 1 Des aires permettant une identification des objets d'après leurs caractéristiques telles que forme et couleur
- 2 Des aires permettant la localisation et la perception du mouvement des objets dans l'espace

### Aide

Prendre en compte les données déjà abordées lors de l'étude du document 1 pour les localisations des aires mises en cause, du document 4 pour la projection de points situés dans le champ visuel binoculaire et du document 6 pour les zones du cortex où arrivent les messages nerveux issus des deux yeux.

Relever pour chaque cas : les perturbations visuelles observées, les caractéristiques des objets auxquelles elles correspondent, la localisation des lésions observées. (il est possible de construire un tableau).

### À retenir

L'exploitation des messages visuels est assurée par de nombreuses aires du cerveau spécialisées chacune dans le traitement d'un aspect de l'information (couleur, forme, mouvement, localisation...).

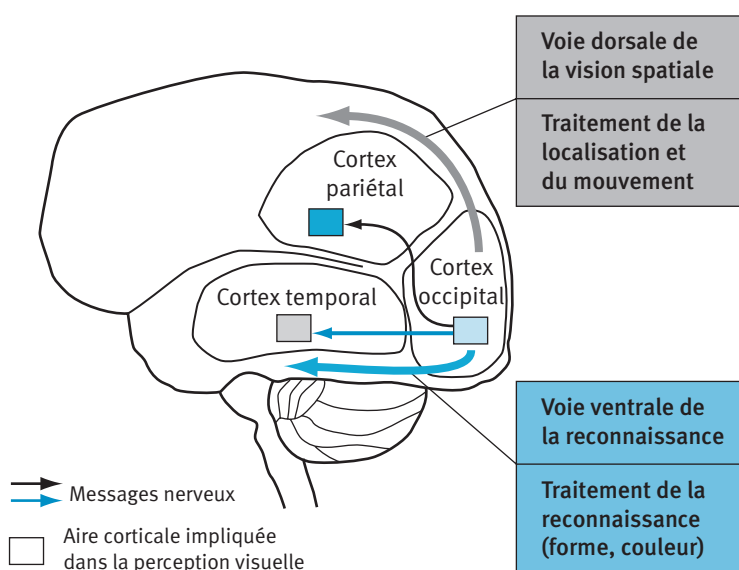
- **Comment les messages sont-ils traités au niveau du cortex cérébral afin d'aboutir à la perception visuelle d'un objet?**

## 2. Intégration simultanée de l'ensemble des informations pour construire une perception visuelle.

### Activité 4 Une perception finale unique, malgré un traitement séparé des caractéristiques des objets

Exploiter les données fournies par un schéma afin de produire un texte explicatif.

#### Document 8 Deux voies du traitement des informations visuelles



Il s'agit d'un schéma : la localisation précise des aires n'est pas respectée.

**Question** Expliquer comment la perception visuelle est élaborée par le cerveau.



#### À retenir

Les messages nerveux issus des rétines des deux yeux aboutissent au cortex cérébral au niveau des aires visuelles occipitales. L'information est ensuite traitée parallèlement par des aires spécialisées. Les communications entre les différentes aires permettent une perception unifiée d'un objet.

Voir est donc une activité cérébrale complexe : l'ensemble des informations est intégré simultanément par différentes aires corticales pour construire la perception visuelle.

La perception visuelle peut être perturbée lors de l'absorption de certaines substances chimiques qui provoquent des hallucinations visuelles.

- **Comment des substances chimiques peuvent-elles perturber le fonctionnement cérébral impliqué dans la vision ?**



## **Perturbations de la perception visuelle sous l'effet de certaines substances chimiques**

Certaines substances d'origine externe, notamment des substances contenues dans les drogues peuvent perturber le fonctionnement visuel.

### **Activité 5 Perturbations du fonctionnement cérébral associé à la vision par des substances chimiques hallucinogènes**

#### **Document 9 Le LSD, une drogue hallucinogène**

Une substance hallucinogène est une substance qui modifie les perceptions du sujet qui l'a absorbée (modifications des sensations visuelles, auditives, tactiles, mais également de la perception du temps et de l'espace).

Le LSD (de l'allemand Lysergik Säure Diethylamide), molécule de synthèse, dérivé de l'acide lysergique (produit par un champignon parasite du seigle), entraîne suivant la dose ingérée, l'apparition de vision extrêmement colorées, des hallucinations visuelles et auditives, des vertiges, des vomissements et des troubles respiratoires et moteurs. Il est particulièrement dangereux pour le psychisme : les mauvais « voyages » (bad trips) ou hallucinations cauchemardesques sont à l'origine de perturbations graves de l'humeur, de troubles du cours de la pensée, de déficit intellectuel (incapacité à soutenir son attention, perturbations de la mémoire, anomalies du raisonnement verbal, etc.). Certaines personnes ressentent des épisodes de « flash back » plusieurs jours ou semaines après une consommation.

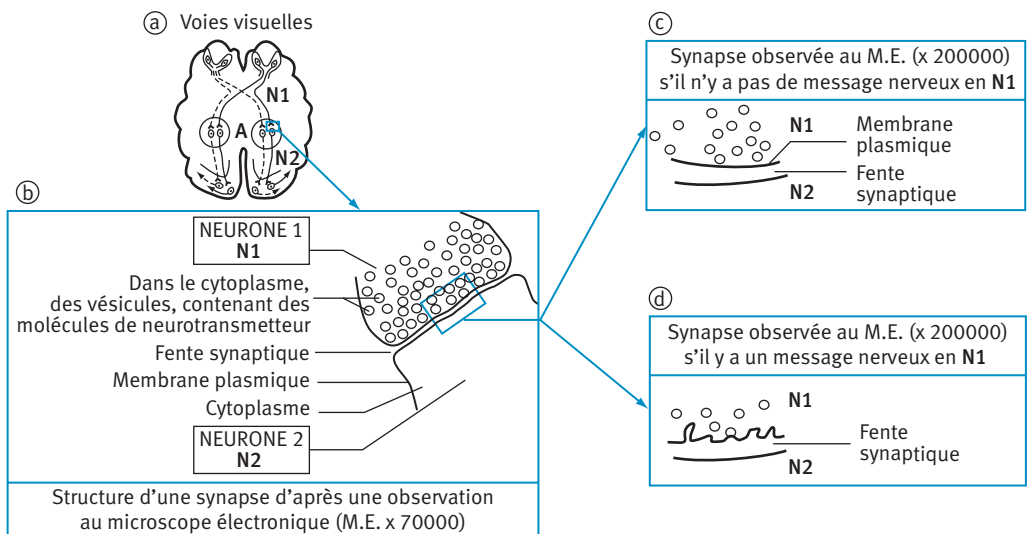
**Le site <http://www.drogues.gouv.fr> permet d'accéder à de nombreux renseignements.**

**Document 10 Rôles des substances chimiques dans la transmission du message nerveux**

**a) Schéma de coupes réalisées au niveau d'une zone de synapse d'après des images prises au microscope électronique à transmission**

La perception repose sur la transmission de messages nerveux, de nature électrique, entre neurones, au niveau de synapses : entre la rétine et le cortex visuel existe une importante zone de relais entre neurones, mais les neurones des différentes aires intervenant sont également connectés entre eux.

Certaines des observations au microscope électronique (x200000) de terminaisons synaptiques ont été effectuées lorsque le neurone 1 ne véhicule pas de message nerveux et lorsqu'il en véhicule un (document 10c et 10d).



**b) Le fonctionnement d'une synapse**

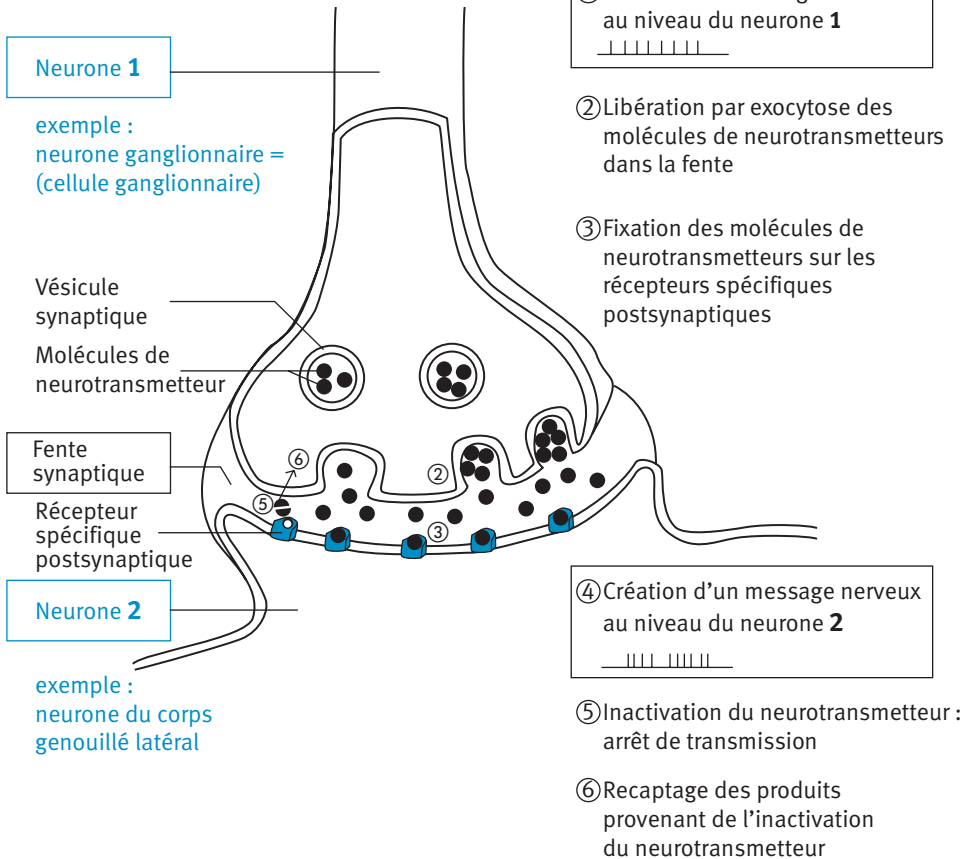
L'arrivée d'un message nerveux, de nature électrique au niveau du neurone 1, provoque la libération de molécules d'une substance chimique élaborée par ce neurone dans l'espace synaptique.

## Schéma du fonctionnement d'une synapse

Toutes les synapses ont un principe de fonctionnement identique.

### L'organisation structurale d'une synapse

### Les étapes du fonctionnement d'une synapse



Lors de l'arrivée d'un message nerveux, la transmission de l'information est assurée par les molécules de **neurotransmetteurs** qui sont déversées dans l'espace synaptique entre les deux neurones. **L'association des molécules de neurotransmetteurs et des récepteurs spécifiques** de la membrane du neurone 2 permet si la quantité de neurotransmetteurs est suffisante l'apparition d'un message nerveux au niveau du neurone 2. **L'inactivation rapide** du neurotransmetteur dans l'espace synaptique interrompt la transmission.

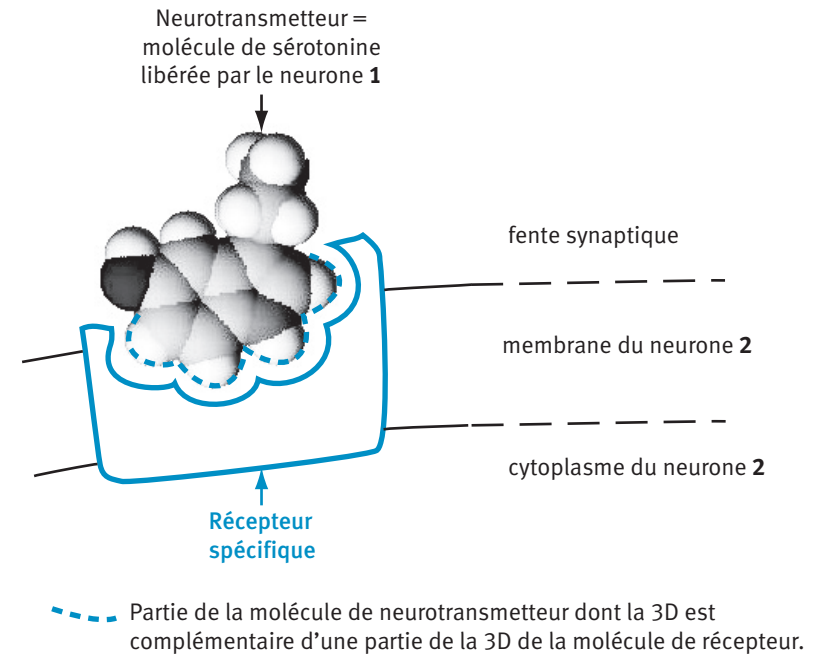
Les molécules de **neurotransmetteurs** constituent par conséquent, un **message chimique** assurant la transmission d'un neurone à un autre.



### c) La sérotonine, un des neurotransmetteurs intervenant dans la communication entre les neurones cérébraux

La sérotonine est un des neurotransmetteurs intervenant dans la transmission des messages nerveux entre des neurones impliqués dans la perception visuelle. Elle participe également à d'autres aspects du fonctionnement cérébral, comme par exemple, le cycle veille-sommeil, la douleur et l'anxiété.

#### Modèle moléculaire de la sérotonine associée à son récepteur spécifique dans une synapse



#### Document 11 Un mode d'action possible du LSD

a) Des chercheurs ont montré que :

- ▶ le LSD, peu de temps après son absorption, se retrouve dans la zone A (Corps genouillés latéraux) de relais synaptique au niveau des voies visuelles (**document 10**) ;
- ▶ le LSD modifie le fonctionnement des circuits neuronaux dont le neurotransmetteur est la sérotonine.

#### b) Modélisation de l'organisation tridimensionnelle de la sérotonine et du LSD

L'activité proposée ci-dessous nécessite d'utiliser le logiciel **Rastop** qui permet de visualiser **des molécules en trois dimensions**.

## Procédure permettant d'afficher des molécules afin de les observer :

### Afficher une première molécule : la sérotonine

Après l'ouverture du logiciel, activer la commande « Fichier » / « Charger un fichier de molécule » « **serotonine.pdb** »

### Modifier l'affichage

Par défaut l'affichage se fait sous forme de liaisons.

Choisir l'affichage « **boules et bâtonnets** »

Procéder ensuite de la même façon pour afficher et modifier la molécule de LSD : « **lsd\_acide\_lysergique\_diethylamide.pdb** »

Afin de comparer les deux molécules de sérotonine et de LSD, activer l'icône « **mosaïque de fenêtres** »

La découverte d'une molécule et de sa configuration dans l'espace passe aussi par l'utilisation du zoom. Choisir « **Trans/Zoom** » puis actionner le **curseur Z** pour modifier la taille de l'affichage.

## Questions



- 1 Comparer l'état de la synapse (**document 10c et 10d**) avant et après l'arrivée d'un message nerveux au niveau du neurone 1. Quelle hypothèse peut-on formuler ?
- 2 A l'aide des données fournies par les **documents 10 et 11** compléter les légendes des **documents 10c et 10d**.
- 3 En considérant les synapses qui assurent le relais dans la zone A des deux hémisphères, au niveau des voies visuelles (**document 10a**), envisager les conséquences de la situation suivante : un message nerveux est transmis par les nerfs optiques mais les neurotransmetteurs ne peuvent pas se fixer sur les récepteurs.
- 4 Refaire un schéma du document 10a, représentant le trajet des voies visuelles, en utilisant un code couleurs, afin de visualiser les zones où le message est de nature électrique et celles où il est de nature chimique.
- 5 Utiliser le **document 9** afin de préciser :
  - ▶ en quoi le LSD est une substance chimique psychoactive ;
  - ▶ les conséquences au niveau physique de la prise de LSD
- 6 Utiliser les données fournies par les **documents 9,10 et 11** afin de proposer une hypothèse permettant d'expliquer les propriétés du LSD.

## Aide

Relever dans chaque document des données pertinentes qui vont permettre de proposer l'hypothèse demandée (document 11 : ne pas oublier de comparer les formes en 3D du LSD et de la sérotonine).

Construire enfin un texte structuré avec en introduction la question à résoudre, des paragraphes s'appuyant sur les données relevées (faire référence au document) et une conclusion qui est une réponse à la question posée.

- 7 Pour compléter la conclusion de la réponse à la question 1, schématiser le fonctionnement d'une synapse dont le neurotransmetteur est la sérotonine en présence de LSD.

#### Aide

Utiliser le schéma du fonctionnement d'une synapse (document 10).

Faire une représentation très simplifiée de la sérotonine et du LSD. Penser à modifier certaines légendes de façon à répondre au problème posé en n'oubliant pas d'indiquer les conséquences au niveau de la perception visuelle.

Utiliser un code couleur

#### À retenir

Toute perturbation du fonctionnement des synapses sous l'action de substances chimiques a des conséquences sur le fonctionnement des neurones.

Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Des substances comme le LSD perturbent le fonctionnement des aires cérébrales associées à la vision et provoquent des hallucinations.

- **Comment se réalise la mise en place du système cérébral impliqué dans la vision ?**
- **Les connexions entre neurones sont-elles figées ? ou au contraire, existe-t-il une certaine plasticité qui permet une évolution de la perception visuelle ?**



## La plasticité neuronale et la construction d'une perception originale

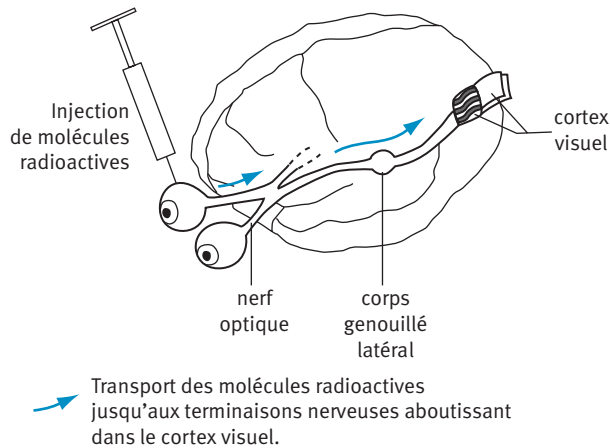
### Activité 6 Mise en place du phénotype fonctionnel du système cérébral impliqué dans la vision

*Extraire des informations pertinentes de différents documents. Rédiger un texte explicatif.*

### Document 12 Des structures cérébrales innées existant dès la naissance

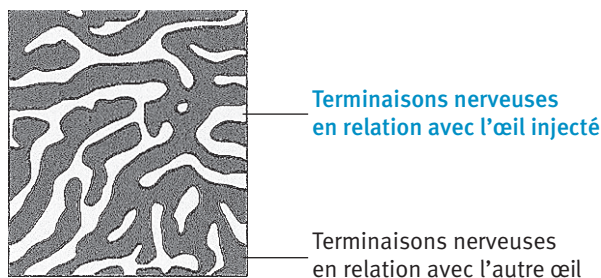
**Document 12a** Des expériences ont été réalisées chez le singe Macaque afin de rechercher s'il existait dès la naissance une relation fonctionnelle entre les

deux yeux et le cortex visuel occipital. On a injecté dans la rétine d'un des deux yeux des molécules radioactives susceptibles d'être transportées jusqu'aux terminaisons nerveuses situées dans le cortex visuel.



**Document 12b** On réalise ensuite une observation de la répartition des molécules radioactives au niveau d'une section réalisée dans le plan du cortex (cortex vu de dessus).

Le schéma suivant visualise l'aspect du cortex visuel : les terminaisons nerveuses de l'œil injecté sont figurées en gris clair et celles de l'autre œil en gris foncé.



Cette organisation du cortex se retrouve à l'identique chez tous les Primates, dès la naissance.

Dès la naissance, en règle générale, tous les êtres humains possèdent deux yeux avec des milieux transparents et des photorécepteurs, des voies optiques et un cortex visuel. Ce phénotype fonctionnel est le résultat de l'expression génétique. Ces structures partagées avec d'autres animaux, tels que les Primates, sont issues de l'évolution.

**Document 13 Des expériences portant sur la maturation du cortex chez le Chat**

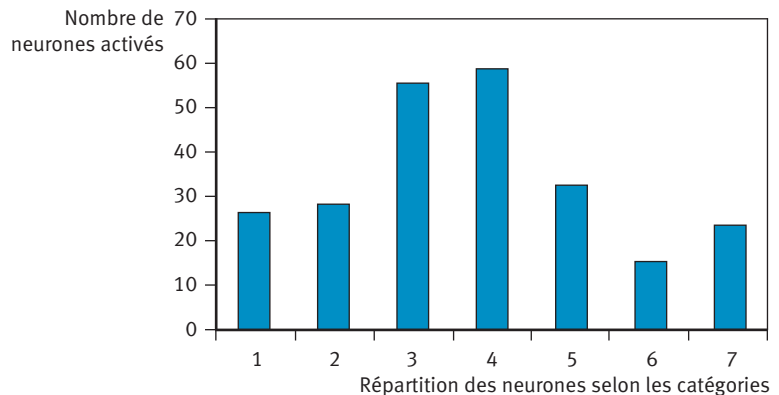
Des expériences réalisées cette fois-ci chez le Chat ont montré l'importance de l'expérience individuelle dans la maturation du cortex visuel.

## Les conditions expérimentales

Chat adulte normal	Première expérience chez un chaton	Deuxième expérience chez un chat adulte
Les deux yeux ne sont pas suturés.	Les paupières de l'œil droit sont suturées entre la naissance et 2,5 mois. L'œil occlus est ensuite ouvert.	Les paupières de l'œil droit sont suturées entre le 12ème mois et le 38ème mois. L'œil occlus est ensuite ouvert.
A 38 mois, on enregistre l'activité des neurones du cortex visuel gauche suite à la stimulation de chaque œil.		

## Les observations effectuées

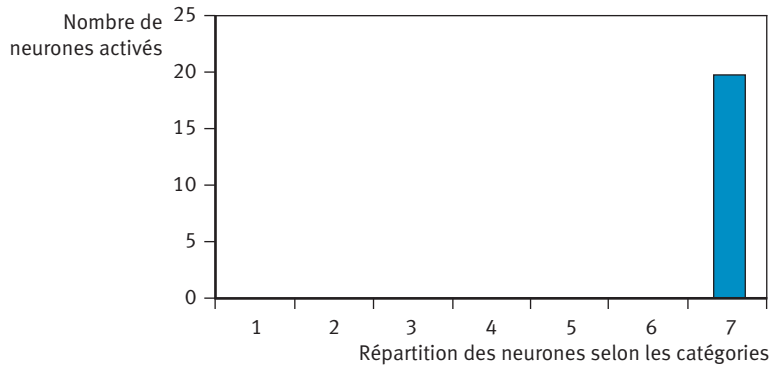
Chat adulte normal



Les neurones du cortex visuel sont répartis en 7 catégories :

- **catégorie 1** : les neurones sont exclusivement stimulés par **l'œil droit** ;
- catégorie 2 et 3 : neurones réagissant surtout à des stimulations de l'œil droit ;
- catégorie 4 : neurones réagissant de la même façon à des stimulations des yeux droit et gauche ;
- catégorie 5 et 6 : neurones réagissant surtout à des stimulations de l'œil gauche ;
- **catégorie 7** : les neurones sont exclusivement stimulés par **l'œil gauche**.

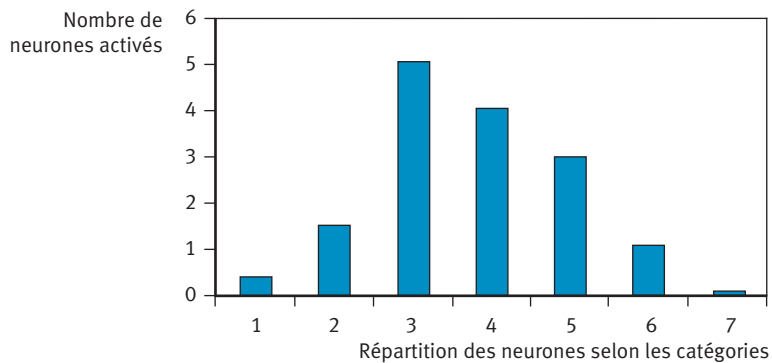
### A la suite de la première expérience chez un chaton



La cécité de l'œil droit est définitive.

Des enregistrements réalisés au niveau de la rétine de l'œil suturé montrent que celui-ci est fonctionnel. D'autre part, les voies visuelles sont intactes.

### A la suite de la deuxième expérience chez un chat adulte



Une vision binoculaire normale se réinstalle.

## Document 14 La maturation du système visuel chez l'enfant

Le système visuel de l'enfant n'est pas mature à la naissance. Une maturation s'observe ensuite au niveau rétinien, au niveau des voies visuelles et au niveau du cortex.

Il existe une période sensible, correspondant à la phase de développement au cours de laquelle le fonctionnement du système visuel est particulièrement dépendant de la qualité de l'expérience visuelle dont bénéficie le sujet.

Les observations cliniques permettent de proposer que la période sensible s'étend chez l'Homme jusque vers 5 ans avec un pic de sensibilité entre 6 et 18 mois.

### Document 15 Une récupération possible suite à un accident vasculaire cérébral

Un artiste peintre Anton Räderscheidt a réalisé pendant 9 mois des auto-portraits successifs (environ 60) suite à un accident vasculaire cérébral (interruption de l'irrigation sanguine ou hémorragie au niveau du cortex cérébral). Deux mois après l'accident, l'artiste a peint un portrait qui fait abstraction de toute la partie gauche du visage. Trois mois et demi après, quelques détails apparaissent du côté gauche mais beaucoup moins que du côté droit. Au cours des six derniers mois, le portrait s'enrichit progressivement dans la partie gauche du visage.

### Document 16 Une perception personnelle d'un tableau dépendant de l'expérience de chacun

Un peintre exprime dans un tableau sa vision du monde. Lorsque nous contemplons ce tableau, nous reconnaissons une série de choses. Nous utilisons nos connaissances personnelles, c'est-à-dire notre mémoire. Par conséquent, certains éléments du tableau nous échappent. Notre cerveau **interprète** l'image du tableau en la confrontant avec des données mises en **mémoire** dépendant de **l'expérience de chacun**. Nous avons ainsi **une perception personnelle** du tableau.

La perception visuelle d'un tableau dépend des **caractéristiques de ce tableau (formes, couleurs, contrastes, relief...)**, mais aussi, des expériences propres de chaque individu, à l'origine d'un **remodelage permanent de l'organisation de réseaux de neurones**.

#### Questions



1 Montrer que le cortex visuel est dès la naissance en relation fonctionnelle avec chacun des deux yeux (**document 12**).

2 Exploiter l'expérience présentée dans le **document 13** afin de montrer que le fonctionnement du système visuel est dépendant de l'expérience visuelle durant une période sensible correspondant à la maturation du système visuel.

#### Aide

**Construire un tableau d'analyse (Conditions/Résultats/Déductions).**

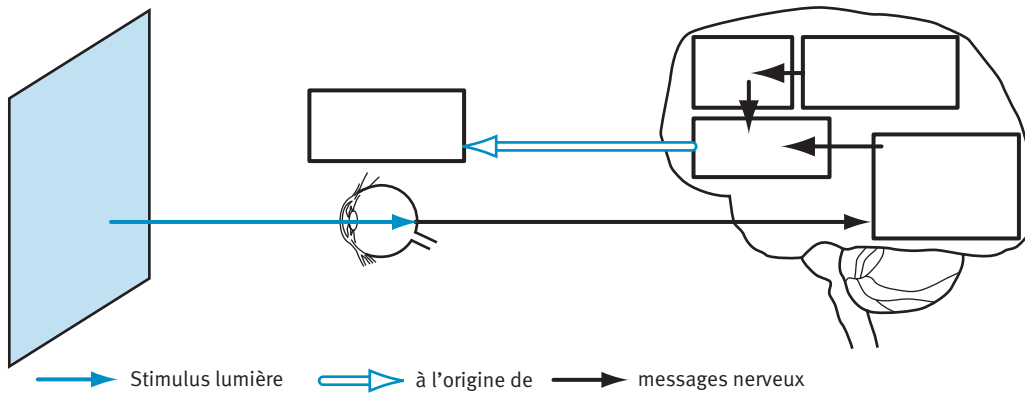
**Déterminer les catégories de neurones activés dans chacun des cas.**

3 Formuler une hypothèse pour expliquer que le peintre (**document 15**) ait pu à nouveau peindre son autoportrait au bout de neuf mois.

4 A l'aide des données du **document 16**, compléter le schéma suivant qui permet de montrer que la perception visuelle dépend de l'expérience de chacun.

#### Aide

**Utiliser les données figurées en bleu et les notions acquises.**



### À retenir

La mise en place du phénotype cérébral impliqué dans la vision repose sur des structures présentes et fonctionnelles dès la naissance. Elles sont identiques chez tous les individus d'une même espèce. Ces structures cérébrales innées sont le résultat de l'expression génétique et sont issues de l'évolution : elles sont partagées avec d'autres animaux, en particulier les Primates.

Dès la naissance, l'expérience visuelle est nécessaire au développement du cortex visuel. L'apprentissage (acquisition de nouvelles informations ou connaissances) et la mémoire (rétention des informations acquises) interviennent dans la construction cérébrale d'une perception visuelle personnelle.

**Activité 7** La lecture, une activité nécessitant une coopération entre des aires cérébrales mais également, une plasticité au niveau des connexions.

#### Document 17 Relation entre cerveau et environnement

Lors de la lecture, de nombreuses régions du cerveau sont impliquées dans le décodage des mots. Mais une seule joue un rôle plus spécifique dans la lecture. Située entre les aires visuelles et celles du langage, la région occipito-temporale de l'hémisphère gauche répond aux mots écrits, permettant la détection et la reconnaissance des lettres.

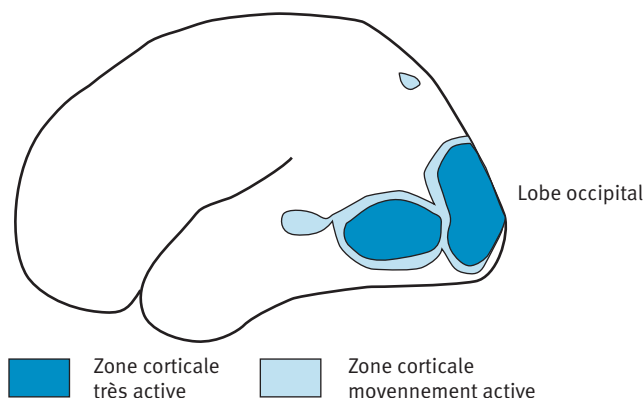
L'écriture est une invention culturelle trop récente (Mésopotamie 5400 ans), pour avoir influencé l'évolution génétique humaine. Si la lecture est possible, c'est parce que l'écriture s'est forgée en référence aux objets de l'environnement. Par exemple, le T correspond, sous une forme très simplifiée, aux contours d'un arbre ou d'une tête de taureau.



Un chercheur, S. Dehaene montre que cerveau et environnement se contraignent mutuellement. D'un côté, le cerveau est capable d'adapter son architecture et de modifier ses réseaux neuronaux en fonction d'un apprentissage externe, comme la lecture. De l'autre, les systèmes d'écriture se sont développés en s'adaptant aux contraintes de notre cerveau.

### **Document 18** Image du cerveau obtenue lorsqu'un sujet regarde un mot écrit

Le schéma correspond à une image obtenue avec une technique similaire à celle présentée dans le **document 3**. Il montre l'enregistrement de l'activité au niveau de l'hémisphère gauche.



### **Document 19** L'impact de l'apprentissage de la lecture sur le cerveau

Une étude a été réalisée afin de déterminer si l'apprentissage de la lecture repose sur « un recyclage » de régions cérébrales dédiées à d'autres fonctions avant que nous apprenions à lire. Les chercheurs ont supposé que ces régions doivent être suffisamment plastiques pour se réorienter vers l'identification des signes écrits et leur mise en liaison avec le langage parlé.

#### **Les conditions de l'étude :**

Trois groupes d'adultes ont participé à l'étude : des personnes analphabètes, des personnes alphabétisées à l'âge adulte et des personnes scolarisées depuis l'enfance.

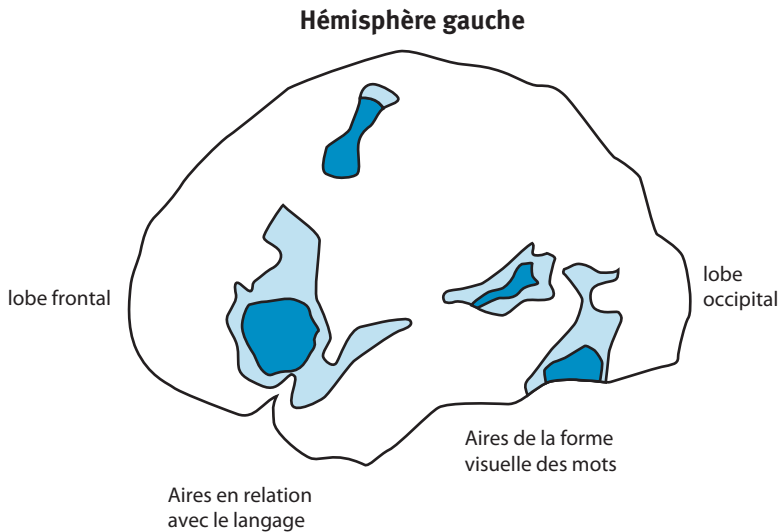
On a mesuré par IRM fonctionnelle (susceptible de visualiser l'activité du cerveau) leur activité cérébrale lorsqu'on les soumettait à différents stimulus tels que phrases parlées et écrites, mots, visages...

#### **Les observations effectuées :**

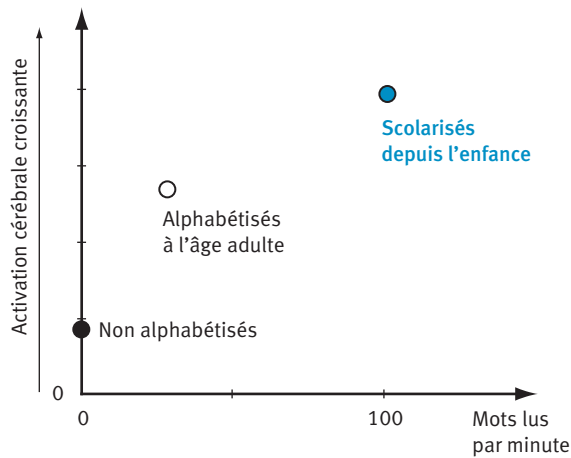
##### **1. Activation cérébrale observée par IRM en réponses à des phrases écrites**

- Un aperçu des réseaux cérébraux dont l'activité augmente avec le score de lecture, c'est-à-dire le nombre de mots lus par minute.

Le schéma correspond à une image obtenue lorsqu'un sujet est en train de lire des phrases écrites. Le code couleurs employé est le même que dans le document 18.



► Augmentation de l'activité cérébrale avec le score de lecture.



## 2. L'ensemble des enregistrements a permis d'observer que :

- Apprendre à lire augmente les réponses des aires visuelles du cortex, non seulement dans une région spécialisée pour la forme écrite des lettres mais aussi dans l'aire visuelle occipitale.
- La lecture augmente également les réponses au langage parlé dans le cortex auditif.
- La lecture induit également une extension des aires du langage.

- ▶ Chez les personnes analphabètes l'aire visuelle de l'hémisphère gauche qui, chez les lecteurs, décode les mots écrits intervient dans la reconnaissance visuelle des objets et des visages. Dans cette région, au cours de l'apprentissage de la lecture, la réponse aux visages diminue légèrement à mesure que la compétence de lecture augmente, et l'activation aux visages se déplace en partie dans l'hémisphère droit.
- ▶ La très grande majorité des effets de l'apprentissage de la lecture sur le cortex cérébral sont visibles autant chez les personnes scolarisées dans l'enfance que chez celles qui ont suivi des cours d'alphabétisation à l'âge adulte.

### Questions



- 1 En confrontant les données fournis par **les documents 17, 18 et 19**, repérer au niveau du **document 18**, l'aire occipitale visuelle où arrive les messages nerveux issus de la rétine et l'aire permettant la détection et la reconnaissance des lettres.
- 2 Quel est le rôle des aires cérébrales impliquées dans la lecture avant que nous apprenions à lire (**document 19**) ?
- 3 Montrer que le cortex visuel se réorganise en partie au cours de l'apprentissage de la lecture (**document 19**).
- 4 Montrer que les circuits de neurones intervenant dans la lecture restent plastiques tout au long de la vie (**document 19**).

### À retenir

La reconnaissance d'un mot écrit nécessite une collaboration entre les aires visuelles, des aires liées au langage, et la mémoire. Elle met en évidence un remodelage permanent du cortex, c'est-à-dire l'existence d'une plasticité cérébrale.

## Bilan du chapitre 2

La représentation visuelle que nous avons du monde extérieur est le fruit d'une construction cérébrale à partir des signaux lumineux que captent nos yeux. Elle est personnelle et évolutive.

### Les voies visuelles

Les voies visuelles comme d'autres voies nerveuses sont constituées par des réseaux de neurones. De leur organisation, dépendent les propriétés du système. Les neurones communiquent entre eux au niveau des synapses par un message chimique. Toute perturbation du fonctionnement des synapses sous l'action de substances chimiques a des conséquences sur le fonctionnement des neurones. Des substances comme le LSD perturbent le fonctionnement des aires cérébrales associées à la vision et provoquent des hallucinations qui peuvent dériver vers des perturbations cérébrales graves et définitives.

### Le cerveau : intégration des signaux

Les messages nerveux véhiculés par les fibres du nerf optique aboutissent à un relais cérébral connecté aux aires du cortex visuel occipital. Ce cortex comporte plusieurs aires qui répondent de façon spécifique à des aspects différents du stimulus visuel (couleur, reconnaissance des formes, direction du mouvement) . D'autres aires corticales participent à l'élaboration de la perception visuelle ( cortex temporal, pariétal...) La lecture ( reconnaissance de mots écrits) nécessite une collaboration entre les aires visuelles, des aires liées au langage, et la mémoire.

### La plasticité cérébrale

La mise en place du phénotype fonctionnel du système cérébral impliqué dans la vision repose sur des structures cérébrales innées, issues de l'évolution, et sur la plasticité cérébrale au cours de l'histoire personnelle : l'organisation générale du cortex visuel est la même pour tous, mais les apprentissages et les expériences acquises sont à l'origine d'une organisation différente des réseaux de neurones corticaux ; il existe un remodelage permanent des structures corticales.

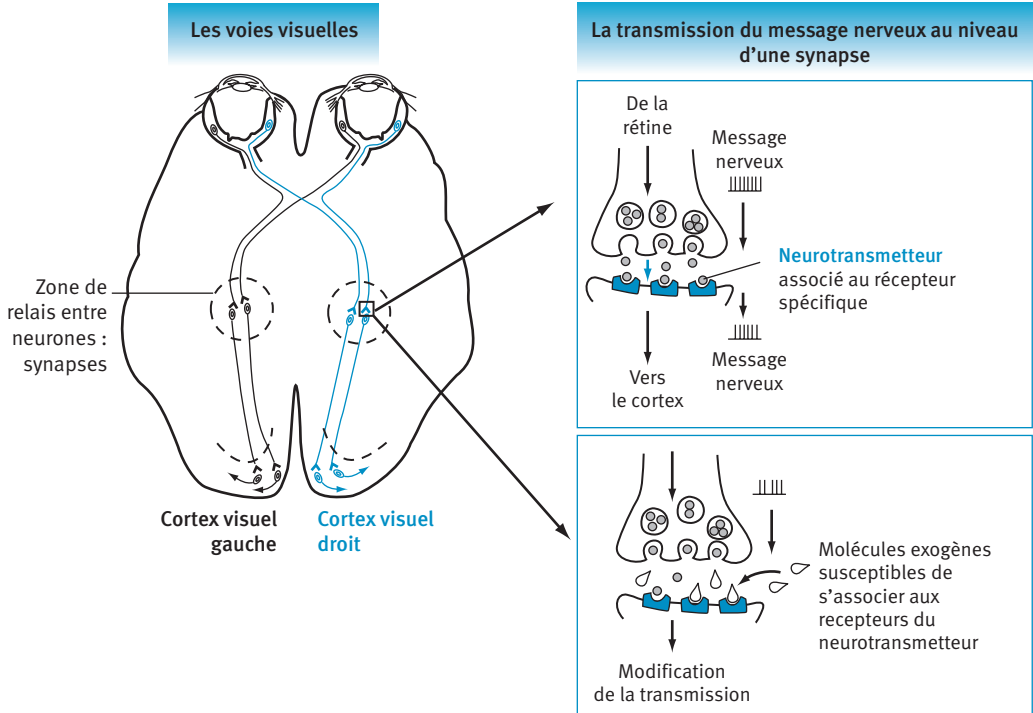
De même, la mémoire nécessaire par exemple à la reconnaissance d'un visage ou d'un mot repose sur la plasticité du cerveau.

L'apprentissage reposant sur la plasticité cérébrale, il nécessite la sollicitation répétée des mêmes circuits neuroniques.

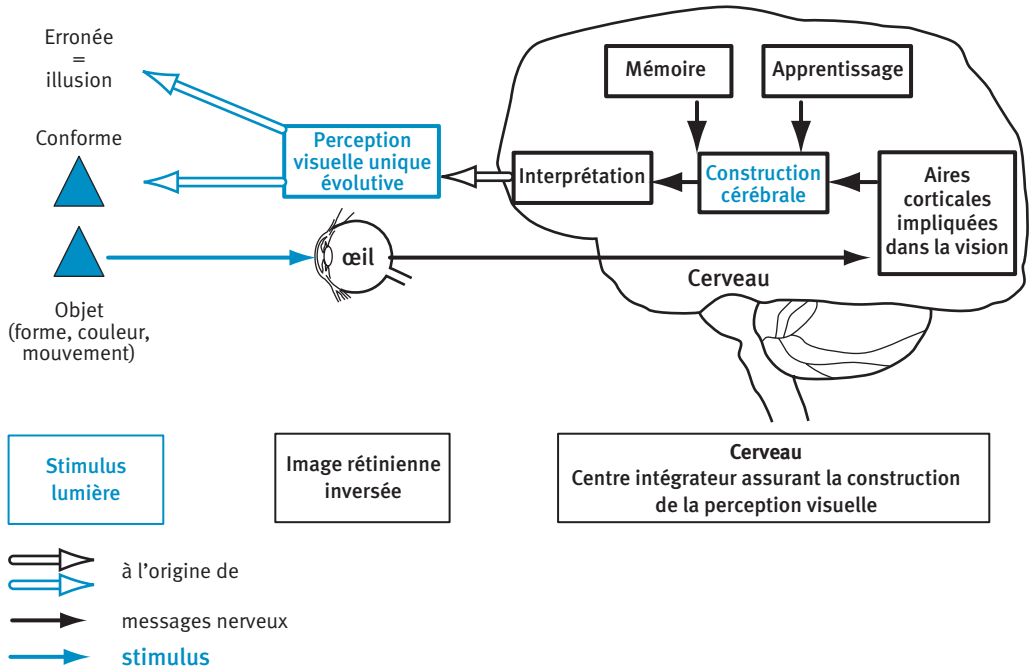
La plasticité cérébrale fait qu'aucun cerveau ne voit le monde exactement comme un autre.

# Un bilan en schémas

## De la rétine au cortex occipital



## La construction de la perception visuelle par le cerveau



# Exercices de la séquence 8

## Exercice 1 Questionnaire à choix multiples

L'œil est :

- A : formé d'une seule enveloppe souple et blanche.
- B : un ensemble de lentilles convergentes.
- C : l'organe responsable à lui seul de la représentation visuelle.
- D : relié au cerveau par le nerf optique

Le cristallin est :

- A : assimilable à une lentille convergente.
- B : un des systèmes transparents de l'œil.
- C : indéformable.
- E : formé de cellules mortes.
- F : richement vascularisé

La rétine est :

- A : une enveloppe externe et protectrice de l'œil.
- B : la zone où converge la lumière.
- C : sensible de la même façon à toutes les longueurs d'onde du spectre de la lumière blanche.
- D : composée de plusieurs catégories de neurones.
- E : richement irriguée.
- F : connectée au cerveau par le nerf optique

Les photorécepteurs sont :

- A : les neurones bipolaires
- B : exclusivement les cônes.
- C : distribués uniformément dans la rétine.
- D : tous sensibles aux mêmes radiations.
- E : sensibles à des intensités lumineuses différentes.

Les quatre pigments rétiniens sont :

- A : codés par différents gènes qui forment une famille multigénique.
- B : localisés dans tous les photorécepteurs.
- C : des protéines.
- D : présents chez tous les Primates.

Les gènes d'une famille multigénique :

- A : sont issus d'un même gène ancestral entre autre par duplications.
- B : sont tous localisés sur le même chromosome.
- C : présentent tous la même séquence nucléotidique.

Les fibres des nerfs optiques :

- A : sont issus de la rétine.
- B : sont issus de la cornée.
- C : se croisent totalement avant leur arrivée à l'arrière du cerveau.
- D : se croisent partiellement avant leur arrivée à l'arrière du cerveau.
- E : sont constitués des prolongement des photorécepteurs.
- F : sont constitués des prolongements des neurones ganglionnaires.

Le cortex visuel est :

- A : définitivement structuré dès la naissance.
- B : constitué de plusieurs aires spécialisées
- C : plastique.
- D : situé au niveau de la partie antérieure des hémisphères cérébraux.

## Exercice 2 Les caractéristiques des bâtonnets et des cônes

### Question



Construire un tableau comparatif présentant toutes les caractéristiques des photorécepteurs rétiniens, bâtonnets et cônes

### Aide

Une comparaison nécessite de prendre en compte les ressemblances et les différences.

## Exercice 3 Relation entre acuité visuelle et structure de la rétine

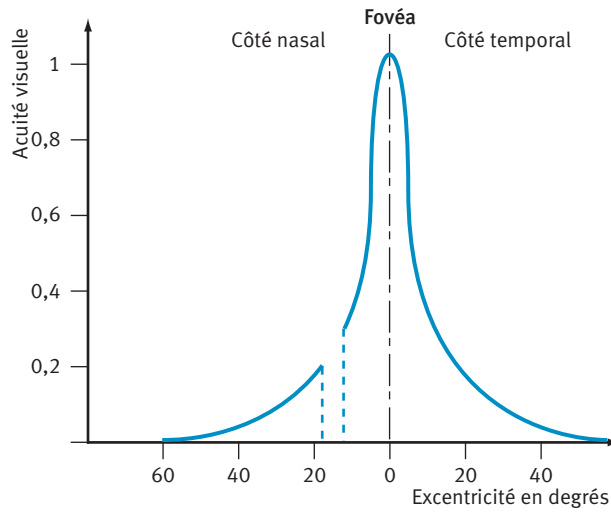
Il est possible de voir un objet avec une excellente acuité si son image se forme dans la zone de la fovéa. Au contraire les images formées au niveau de la rétine périphérique donnent une perception floue.

On cherche à établir une relation entre l'acuité visuelle et la structure de la rétine.

### Document 1

**L'acuité visuelle** est le plus petit écart permettant de voir deux points noirs séparés sur fond blanc. L'angle minimum sous lequel ces deux points sont vus séparément s'appelle le pouvoir séparateur. On a défini l'acuité visuelle comme étant l'inverse du pouvoir séparateur : ainsi une acuité visuelle de 1 ou 10/10<sup>ème</sup> correspond à un pouvoir séparateur de 1 minute ( $1/1' = 10/10^e$ ). En pratique, une acuité de 10/10<sup>e</sup> marque la capacité à distinguer un objet de 0,6 mm situé à 5 mètres.

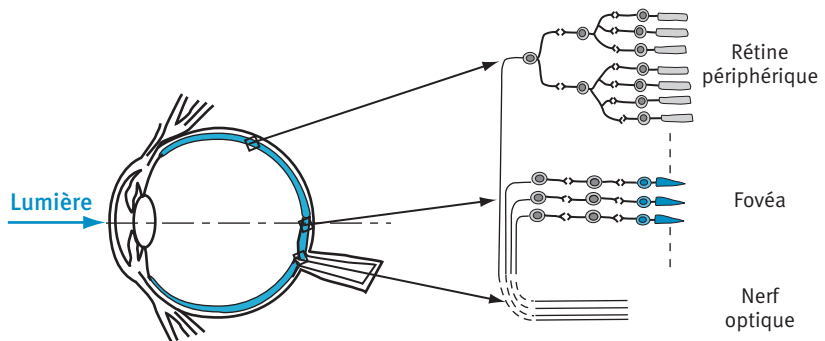
**Document 2** Acuité visuelle selon l'éloignement de l'objet par rapport à l'axe optique passant par la fovéa



**Document 3** Les photorécepteurs rétiniens

<b>Densité en photorécepteurs de la rétine périphérique</b>	80 000 bâtonnets par mm <sup>2</sup> 3000 à 4000 cônes par mm <sup>2</sup>
<b>Densité en photorécepteurs de la fovéa (rétine centrale)</b>	0 bâtonnets par mm <sup>2</sup> 180 000 cônes par mm <sup>2</sup>

**Document 4** Schéma de l'organisation de la rétine périphérique et de la rétine centrale



**Questions**



- 1 Tracer le trajet de la lumière et celui du message nerveux sur le schéma du document 4 représentant la rétine.
- 2 Exploiter les documents afin de proposer une explication à la variation d'acuité visuelle présentée dans le document 2.



#### **Exercice 4** Deux pathologies oculaires liées à l'âge

En raison de l'augmentation de l'espérance de vie, le nombre de personnes atteintes de pathologies oculaires, liées à l'âge, telles que la cataracte (consulter l'activité 5) la DLMA et le glaucome ne cesse d'augmenter. Les documents proposés vont permettre de préciser quelques caractéristiques de la DLMA et du glaucome

#### **Document 5** La Dégénérescence Maculaire Liée à l'Âge

La Dégénérescence Maculaire Liée à l'Âge ou DMLA est une maladie dégénérative de la rétine qui débute le plus souvent après l'âge de 50 ans. Elle touche sélectivement la région maculaire, c'est à dire la zone centrale de la rétine. Elle laisse habituellement intacte la zone périphérique.

Il existe deux formes de DMLA :

- ▶ une forme dite «sèche» avec disparition progressive des cellules de l'épithélium pigmentaire jouant un rôle dans l'entretien des photorécepteurs et réduisant la réflexion parasite de la lumière qui pénètre dans l'œil ; les photorécepteurs deviennent alors non fonctionnels ;
- ▶ une forme dite «humide» avec prolifération de vaisseaux anormaux sous la macula : cette forme est moins fréquente que la forme «sèche» mais son évolution est plus rapide, pouvant conduire à une perte de la vision centrale en quelques semaines à quelques années

#### **Document 6** Les signes potentiellement évocateurs de la DMLA

##### **▶ Diminution de la sensibilité aux contrastes**

La personne concernée par la DLMA peut tout d'abord avoir l'impression de manquer de lumière pour lire ou écrire. Les images peuvent paraître plus ternes ou jaunies.

##### **▶ Diminution de l'acuité visuelle**

Elle peut également ressentir des difficultés à percevoir les détails. La baisse de l'acuité visuelle peut intervenir de manière rapide.

##### **▶ Déformation des lignes droites**

Elle peut aussi percevoir les lignes droites comme déformées ou ondulées.

##### **▶ Apparition d'une tache sombre centrale**

Enfin, une tache noire ou grise (appelée scotome) peut être perçue devant l'œil, qui gêne pour distinguer les éléments.

#### **Document 7** Une possibilité d'une diminution de risque de DLMA

Une enquête épidémiologique appelée POLA (Pathologies Oculaires Liées à l'Age) a concerné une population de 2600 personnes d'au moins

60 ans sur lesquels on a effectué en particulier un examen ophtalmologique et une prise de sang à jeun afin de doser les caroténoïdes (la zéaxanthine et la lutéine). En effet, ces caroténoïdes d'origine alimentaire contenus dans les légumes verts (chou vert, épinard, brocolis), s'accumulent de manière spécifique dans la rétine et sont particulièrement denses au niveau de la macula, où ils forment le pigment maculaire. Les résultats de cette étude ont montré que le risque de DMLA était diminué de 93 % chez les personnes ayant des niveaux élevés de zéaxanthine par rapport aux sujets ayant des niveaux bas. Le risque de DMLA était diminué de 69 % pour les niveaux élevés de lutéine, et de 79 % pour les niveaux élevés de la lutéine et zéaxanthine combinées.

### **Document 8** Le glaucome

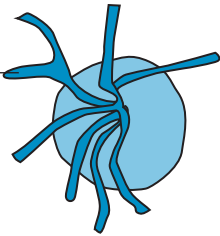
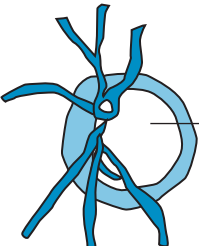
Le glaucome est une maladie oculaire qui touche surtout les personnes de plus de 45 ans. Il est dû à une montée de la pression oculaire entraînant une atteinte du nerf optique et du champ visuel.

Il existe à l'intérieur de l'œil une certaine pression ou tension intra-oculaire dont le niveau est réglé par une entrée et une sortie permanente d'un liquide : l'humeur aqueuse. Le glaucome se développe lorsque la pression du liquide à l'intérieur de l'œil est trop élevée généralement parce que le système d'écoulement ne fonctionne plus de façon convenable : les entrées deviennent supérieures aux sorties. La présence de trop de liquide à l'intérieur de l'œil entraîne une hypertension oculaire qui peut à long terme endommager le nerf optique. La perte progressive du nombre de fibres peut altérer la perception des images, et se traduit au début par des trous dans le champ de la vision. Seule une portion centrale du champ visuel persiste. Comme cette maladie est indolore et que la diminution de la vision n'est pas perceptible au début, en l'absence d'examen, elle peut rester longtemps inconnue. Le glaucome est par conséquent généralement diagnostiqué par un ophtalmologiste lors des contrôles systématiques réalisés à l'occasion de la prescription de lunettes.

Les patients ayant des antécédents familiaux de glaucome doivent se faire dépister très précocement car il s'agit d'une maladie dont le caractère génétique est prouvé. Le facteur de risque principal pour le développement du glaucome est l'âge. D'autre part, la myopie et le diabète sont des facteurs qui majorent la fréquence du glaucome.

### **Document 9** Schémas d'images ophtalmoscopiques de la papille, zone correspondant au point de départ du nerf optique

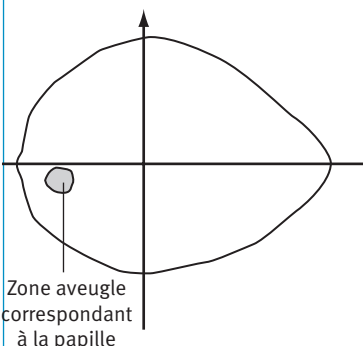
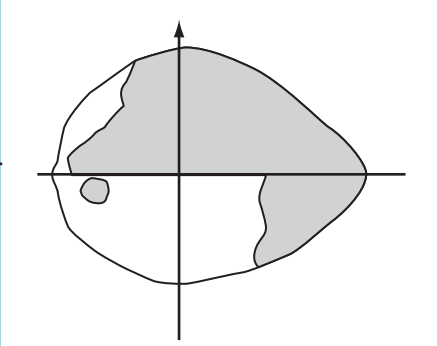
Au moyen d'un ophtalmoscope, l'ophtalmologiste pourra observer le départ du nerf optique au fond de l'œil ou papille. La couleur, la forme et l'aspect de ce nerf lui permettront de voir si il présente des lésions dues au glaucome.

Nerf optique d'apparence normale	Nerf optique avec un glaucome (la zone blanche correspond à la perte des fibres nerveuses)
 <p data-bbox="425 352 535 411">Vaisseaux sanguins</p>	 <p data-bbox="1042 382 1227 480">Zone blanche correspondant à une perte de fibres nerveuses</p>

**Document 10 Schémas de champs visuels**

En cas de suspicion de glaucome, on réalise également un examen du champ visuel pour voir s'il existe des lacunes dans celui-ci. Chaque oeil est alors testé séparément. Ces tests peuvent être réalisés par ordinateur et permettront d'évaluer la vision centrale et périphérique.

La progression de l'atteinte du nerf optique provoque une perte lente, habituellement indolore, imperceptible et irréversible de la vision. La vision périphérique, c'est à dire le champ visuel supérieur, latéral et inférieur, disparaît en premier

Champ visuel normal	Champ visuel chez une personne atteinte de glaucome (le gris foncé correspond à ce qui ne parvient plus au cerveau)
 <p data-bbox="418 1362 548 1430">Zone aveugle correspondant à la papille</p>	

**Question**



A partir des informations relevées dans les documents, réaliser un tableau qui présente pour chacune des deux maladies évoquées.

- La structure altérée
- Les modifications de la structure
- Les conséquences sur la perception visuelle.
- les possibilités de prévention

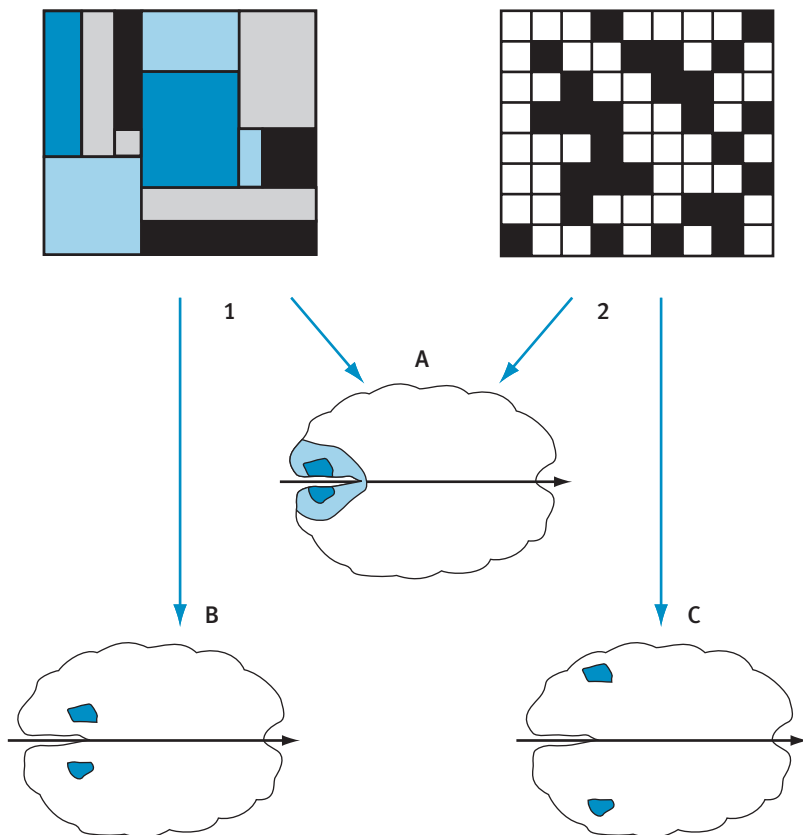
Indiquer à chaque fois le numéro du document dans lequel l'information a été **relevée**.

### Exercice 5 Une spécialisation des aires visuelles

On a effectué des explorations fonctionnelles de l'activité cérébrale de différents individus par Tomographie par Emission de Positons (TEP) : après injection d'un produit radioactif, la TEP permet de détecter les variations localisées du débit sanguin qui traduisent une variation d'activité cellulaire.

En 1, l'individu regarde un tableau constitué d'à-plats très colorés immobiles.

En 2, l'individu regarde un tableau fait de carrés noirs et blancs animés d'un mouvement aléatoire.



Les images obtenues par TEP correspondent à des coupes horizontales.

Les zones activées sont figurées en bleu.

Dans les deux cas, on enregistre tout d'abord une augmentation d'activité au niveau des lobes occipitaux droit et gauche (A).

En 1B, les zones activées sont localisées dans le cortex temporal et en 2C, dans le cortex pariétal.

### Question



Exploiter le document afin d'identifier les aires visuelles mise en jeu dans cette expérience.

### Aide

Rédiger une introduction simple afin de présenter ce que l'on cherche.

Construire un tableau d'analyse du type de celui figuré ci-dessous :

Conditions de l'expérience = ce que les chercheurs ont fait.	Les résultats observés	Les déductions
Bien préciser ici les caractéristiques de l'objet observé		

Rédiger une conclusion répondant au problème posé : il est souhaitable d'illustrer la conclusion par un schéma visualisant le cas 1 et le cas 2, en faisant référence sur le schéma aux différentes parties du document.

## Exercice 6 Le cortex cérébral et sa plasticité

### Document 11 Une réorganisation du cortex cérébral chez les aveugles de naissance.

Des chercheurs ont montré que chez les aveugles de naissance, il existe une augmentation d'activité au niveau du cortex visuel alors que celui-ci ne reçoit aucune stimulation visuelle. Lors de l'apprentissage de l'étude du Braille, qui correspond à un apprentissage tactile, les messages nerveux issus des doigts aboutissent dans le cortex visuel occipital : les doigts remplacent les yeux pour la tâche de lecture.

Le cerveau d'aveugles de naissance a été en mesure de se réorganiser, de manière à pouvoir traiter d'autres informations sensorielles.

### Question



En quoi cet exemple conforte-t-il l'idée de plasticité cérébrale ?

## Exercice 7 L'organisation d'une synapse

Réaliser un exercice en ligne :

**Aller sur académie en ligne.**

**Choisir :**

**Je sais légender les synapses : Anatomie de la synapse.**

Annoter les images 1, 2, 3 et 4

**MEB** : Microscope Electronique à Balayage.

**MET** : Microscope Electronique à Transmission ; cet outil ne permet d'observer que des cellules en coupe très fine.

## **Exercice 8** Le cortex visuel et sa plasticité

**Réaliser des exercices en ligne :**

**Aller sur académie en ligne.**

**Choisir :**

**Le cortex sensoriel et la plasticité du système nerveux central**

**Les zones visuelles** : faire le lien entre des zones du cerveau et des zones du champ visuel.

Effectuer des lésions de différentes zones du cortex visuel et observer leurs conséquences au niveau de différentes zones du champ visuel.

**Importance du cortex cérébral dans la vision** : observer l'intervention successive de différentes zones du cortex visuel lors d'un changement dans le champ visuel :

Modifier les caractéristiques (mouvement, forme, couleur) d'un objet placé dans le champ visuel et observer les modifications de l'activité de différentes zones du cortex visuel.

Un potentiel d'action est le signal électrique unitaire du message nerveux.

**La plasticité du cerveau** : comprendre comment le cerveau est capable de modifier son activité pour s'adapter à un nouvel environnement.

Réaliser la même expérience d'injection de solutions radioactives dans les yeux de deux souris dont l'une a un œil obturé, puis analyser au bout d'un mois, la répartition de la radioactivité au niveau du cortex visuel.

**Organisation cellulaire du cortex visuel** : comprendre comment le cerveau analyse l'information visuelle au niveau cellulaire.

Observer les modifications d'activité électrique lorsque l'on modifie l'orientation d'un objet (trait rouge) devant les yeux d'un sujet et comparer l'activité du cortex visuel dans la situation yeux ouverts – yeux fermés.

**Remarque** il est possible d'accéder aux corrigés en ligne

# Glossaire

**Accident vasculaire cérébral (AVC)** : Obstruction ou rupture d'un vaisseau sanguin dans le cerveau entraînant soit un arrêt ou une insuffisance de l'apport de sang à une zone du cerveau soit une hémorragie. Les deux situations aboutissent à la mort de cellules nerveuses.

**Accommodation** : Modification automatique de la convergence de l'œil : c'est l'accommodation qui permet à l'image d'un objet rapproché de se former nette sur la rétine. Elle se réalise par modification de la forme du cristallin (variation du bombement, de la courbure) à l'origine d'une modification de sa vergence. Il existe une distance limite au-dessous de laquelle il n'est plus possible de voir net : environ 6 cm chez le jeune enfant, une quinzaine de cm à trente ans, 40 cm à cinquante ans, 1 m à soixante-dix ans.

**Acuité visuelle** : Capacité de voir nettement les détails d'un objet mesurant le pouvoir de discrimination de l'œil. Plus petit écart permettant de voir deux points noirs séparés sur fond blanc. L'angle minimum sous lequel ces deux points sont vus séparément s'appelle le pouvoir séparateur. On a défini l'acuité visuelle comme étant l'inverse du pouvoir séparateur.

L'unité d'acuité visuelle correspond à la capacité de distinguer deux points sous-tendant un angle d'une minute.

**Aire cérébrale** : Régions du cortex cérébral caractérisées par leur organisation (type et organisation des neurones) et leurs fonctions.

**Aire visuelle** : Région du cortex cérébral relativement homogène dans sa fonction et dont les neurones répondent à des stimulations visuelles. On distingue plusieurs aires visuelles, selon leur fonction précise.

**Arbre phylogénétique ou arbre de parenté** : Mode de représentation des liens de parenté entre plusieurs espèces. Chaque espèce actuelle ou fossile est placée au bout d'une branche. Le point d'où partent plusieurs branches, ou nœud, correspond à un ancêtre commun partagé par les espèces situées au bout des branches rattachées à ce nœud. Cet ancêtre commun est caractérisé par les innovations évolutives (caractères nouveaux apparus au cours de l'évolution des espèces) qu'il partage avec les espèces situées au bout des branches raccordées à ce nœud. Un arbre phylogénétique exprime « qui est proche de qui » et non « qui descend de qui ». Il est établi à partir de l'étude de caractères morphologiques, anatomiques, embryologiques et /ou moléculaires.

**Bâtonnet** : Cellule de la rétine (environ 125 millions par œil) photosensible grâce à un pigment la rhodopsine. Capables de réagir à de très faibles intensités lumineuses, mais en revanche vite saturés quand la luminosité augmente, les bâtonnets assurent la vision nocturne.

**Cataracte** : Opacification, c'est-à-dire perte de transparence, du cristallin.

**Cellule** : Unité de base de tout organisme vivant, constitué d'un volume de cytoplasme entouré par une membrane plasmique. L'information génétique est soit directement situé dans le cytoplasme (Bactéries) ou contenue dans un noyau. Toute cellule présente un métabolisme.

**Cerveau** : Centre de coordination du système nerveux, le cerveau est chez l'Homme constitué de 1000 milliards de cellules, dont 100 milliards de neurones. Il est entouré par des tissus protecteurs, les méninges, et protégé par la boîte crânienne.

Le cerveau comprend notamment deux hémisphères cérébraux, droit et gauche. Leur surface externe, le cortex, est constituée de substance grise plissée en de nombreuses circonvolutions cérébrales.

**Champ visuel** : Ensemble des points de l'espace vus par un œil immobile, fixant droit devant lui, tête immobile. On décrit un champ visuel par œil.

Le champ visuel binoculaire est la superposition des champs visuels des deux yeux.

Le champ du regard est la projection de l'ensemble des points de l'espace vus par un œil mobile, la tête étant immobile.

**Chiasma optique** : Localisé sur le trajet des nerfs optiques, le «chiasma optique», correspond au croisement de certaines fibres nerveuses des nerfs optiques droit et gauche : les fibres issues de la partie nasale de chaque rétine se croisent, mais ce n'est pas le cas de celles des parties temporales.

**Choroïde** : Couche de l'œil, située entre la sclérotique et la rétine, richement vascularisée et pigmentée. Elle assure la nutrition de l'iris et de la rétine. Sa pigmentation fait que l'intérieur de l'œil, visible à travers la pupille, apparaît noir.

**Classification du vivant** : Traduction des relations de parentés entre différents organismes du monde vivant : les espèces classées dans un même groupe sont plus proches parentes entre elles qu'avec les espèces qui sont extérieures à ce groupe. On peut représenter une classification sous la formes d'arbres de parentés ou d'ensembles emboîtés.

**Cône** : Cellule de la rétine (environ 6 millions par œil) photosensible grâce à un pigment. Les cônes fonctionnent uniquement quand l'intensité lumineuse est supérieure à un certain seuil. Au-dessous de ce seuil, d'autres cellules photosensibles entrent en jeu, les bâtonnets. Il existe trois types de cônes, sensibles chacun par leur pigment à une gamme de longueurs d'ondes dans le visible (rouge, vert, bleu).



**Conjonctive** : Fine membrane transparente qui couvre le devant de l'œil et se replie pour tapisser l'intérieur des paupières.

**Cornée** : Portion antérieure transparente du globe oculaire à travers laquelle la lumière pénètre dans l'œil. Elle est responsable de la quasi totalité de la convergence nécessaire à la formation d'une image nette d'un objet éloigné sur la rétine.

**Cortex cérébral** : Partie superficielle du cerveau formée par de la substance grise constituée de six couches de neurones superposées. Le cortex cérébral mesure 5 mm d'épaisseur et développe une surface de 2000-2500 cm<sup>2</sup> (grâce aux nombreuses circonvolutions cérébrales). Il contient environ 100 milliards de neurones en réseau interconnectés grâce à des synapses.

**Cristallin** : « Lentille » vivante, transparente, biconvexe, localisée en arrière de la pupille, dont la courbure variable et contrôlée par des muscles permet la focalisation et la mise au point.

**Daltonisme** : Trouble d'origine génétique dans la perception des couleurs, en particulier difficulté à reconnaître les nuances.

**Diaphragmation** : Ajustement du diamètre de la pupille qui s'adapte, par exemple, à la quantité de lumière qui atteint l'œil.

**DMLA ou Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age** : Dégénérescence de la région centrale de la rétine, appelée macula.

**Duplication génique** : Copie accidentelle d'un gène qui est transposée sur le même chromosome ou sur un autre chromosome. La duplication génique, associée aux mutations, est à l'origine des familles de gènes ou familles multigéniques.

**Encéphale** : Appartient au système nerveux central comme la moelle épinière. Il est constitué du cerveau (deux hémisphères), du tronc cérébral et du cervelet.

**Espèce** : Ensemble d'individus capables de se reproduire entre eux et de donner naissance à une descendance elle-même fertile.

**Famille multigénique** : Ensemble de gènes dont les séquences sont apparentées, dérivant de duplications d'un gène ancestral ; les copies divergeant sous l'action des mutations.

**Fovéa** : Région rétinienne, située au niveau de l'axe optique de l'œil, en forme de petite dépression de la partie centrale (de 2 mm de diamètre) de la macula, Elle comporte essentiellement des cônes. Elle est caractérisée par une acuité visuelle élevée.

**Gène** : Portion d'ADN qui détermine un caractère héréditaire. Un gène est caractérisé par sa séquence de nucléotides (élément unitaire de la molécule d'ADN ; il existe 4 nucléotides différents).

**Glaucome** : Augmentation de la pression intra-oculaire entraînant une compression du nerf optique et la dégénérescence des fibres nerveuses qui le constituent.

**Hallucinogène** : Molécules qui induisent des modifications des sensations tactiles, auditives, visuelles et/ou de la perception de l'espace et du temps.

**Hémisphères cérébraux** : Le cerveau comprend notamment deux hémisphères cérébraux, droit et gauche. Leur surface externe, le cortex, est constituée de substance grise, plissée en de nombreuses circonvolutions cérébrales.

**Humeur aqueuse** : Liquide transparent qui remplit le compartiment antérieur de l'œil, en avant de l'iris.

**Humeur vitrée** : Substance gélatineuse transparente se trouvant entre le cristallin et la rétine.

**Iris** : Partie colorée et visible de l'œil situé entre la cornée et le cristallin. Son ouverture centrale, la pupille est ronde dans l'espèce humaine et laisse passer la lumière dans l'œil. L'iris est composé de fibres musculaires disposées en rayon et en cercle : l'iris joue un rôle de diaphragme en assurant la variation du diamètre de la pupille.

**IRM ou Imagerie à Résonance Magnétique** : Technique d'investigation qui consiste à observer les tissus biologiques à travers les propriétés magnétiques de l'un de leurs constituants majoritaires, le noyau d'hydrogène. Elle permet d'obtenir des images numériques en trois dimensions de coupes virtuelles de l'organisme avec une précision inférieure au millimètre.

L'IRM fonctionnelle permet de détecter les régions du cerveau qui consomment le plus d'oxygène et qui sont donc les plus actives.

**LSD** : (de l'allemand Lysergik Säure Diethylamide), molécule de synthèse, dérivé de l'acide lysergique (produit par un champignon parasite du seigle), entraîne suivant la dose ingérée, l'apparition de vision extrêmement colorées, des hallucinations visuelles et auditives, des vertiges, des vomissements et des troubles respiratoires et moteurs.

**Macula ou tache jaune** : Portion centrale de la rétine apparaissant comme une fine excavation uniquement composée de cônes. N'occupant que 2 à 3% de la surface de la rétine, elle transmet 90% de l'information visuelle traitée par le cerveau. Ceci s'explique par sa position, en plein dans l'axe optique de l'œil.

**Message nerveux** : Trains de signaux de nature électrique. Le message est codé en fréquence de ces signaux électriques.

**Métabolisme** : Ensemble des transformations chimiques réalisées par une cellule vivante.

**Nerf optique** : Ensemble de fibres nerveuses correspondant aux prolongements des cellules ganglionnaires (ou neurones ganglionnaires) ; chaque fibre est le prolongement d'une cellule ganglionnaire. Les nerfs optiques acheminent dans le cerveau les messages nerveux créés au niveau de la rétine.

**Neurotransmetteur** : Substance chimique qui assure la transmission du message nerveux d'un neurone 1 à un neurone 2 au niveau d'une synapse.

**Neurone** : Cellule nerveuse constituée d'un corps cellulaire qui contient entre autre le noyau et de prolongements ou fibres nerveuses.

**Papille** : Région de la rétine où convergent les fibres des cellules ganglionnaires pour former le nerf optique, et où passent les vaisseaux sanguins assurant l'irrigation de la rétine ; cette région ne comprend aucun photorécepteur.

**Photorécepteur** : Structure qui transforme l'énergie lumineuse, dans une certaine gamme de longueurs d'ondes dites visibles, en messages nerveux. Dans l'œil, cette transformation s'effectue au niveau des cônes et des bâtonnets situés dans la rétine.

**Pigment visuel** : Molécules présentes dans les bâtonnets et les cônes, assurant l'absorption des photons lumineux. Cette absorption permet la création d'un message nerveux rétinien.

**Plasticité cérébrale** : Remodelage permanent des structures corticales cérébrales sous l'influence de l'environnement. Les apprentissages et les expériences acquises sont à l'origine d'une organisation de neurones variable d'une personne à l'autre et évolutive.

**Presbytie** : Diminution des capacités d'accommodation ; les cellules du cristallin devenant moins élastiques avec l'âge, ce dernier se déforme moins et l'image d'un objet rapproché est floue.

**Primates** : Mammifères caractérisés entre autre par des membres à cinq doigts terminés par des ongles plats, des mains préhensibles avec des pouces opposables, des yeux frontaux permettant une vision binoculaire associée à un développement important des aires visuelles cérébrales.

**Protéine** : Une protéine est un protide (molécule organique composée de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et parfois de soufre) constituée d'un enchaînement précis d'acides aminés (petites molécules organiques, éléments unitaires des protéines) appelé séquence. De cette séquence dépend sa structure tridimensionnelle qui conditionne sa fonction dans l'activité d'une cellule.

**Récepteur spécifique synaptique** : Molécule de la membrane du neurone 2 qui fixe (grâce à une complémentarité au moins partielle de leur forme) un type de molécule de neurotransmetteur. Exemple, le récepteur spécifique de la sérotonine.

**Rétine** : Tissu très fin (0,1 à 0,5 mm d'épaisseur) tapissant le fond de l'œil, convertissant les stimuli lumineux reçus en messages nerveux. Ce tissu est organisé en plusieurs couches de cellules nerveuses reliées entre elles, dont : la couche des cellules photosensibles ou photorécepteurs comprenant les cônes et bâtonnets.

**Sclérotique** : Paroi dure du globe oculaire (blanc de l'œil), dans laquelle sont insérées trois paires de muscles oculaires qui permettent les mouvements du globe oculaire dans les orbites du crâne.

**Sérotonine** : Molécule de neurotransmetteur.

**Stimulus** : Modification le plus souvent soudaine de nature physique (son, chaleur, lumière, pression...) ou chimique (molécules), qui provoque un changement d'activité de cellules dites excitables.

**Substance grise** : Corps cellulaires des neurones constituant entre autre le cortex cérébral.

**Synapse** : Zone de contact entre deux neurones où la transmission du message nerveux s'effectue grâce à un messenger chimique, le neurotransmetteur.

**Tache aveugle** : Région de la rétine où convergent les fibres des cellules ganglionnaires pour former le nerf optique, et où passent les vaisseaux sanguins assurant l'irrigation de la rétine ; cette région ne comprend aucun photorécepteur. Elle est donc aveugle.

**TEP ou Tomographie par Emission de Positons** : Technique permettant, après injection d'un produit radioactif, la détection de variations localisées de débit sanguin qui traduisent des variations de l'activité. Un ensemble de capteurs est placé autour de la tête du sujet. Ils sont couplés à un ordinateur qui traduit les variations détectées en couleurs.

**Voies visuelles** : Liaisons fonctionnelles assurant la transmission des messages nerveux entre la rétine et le cortex visuel occipital.

