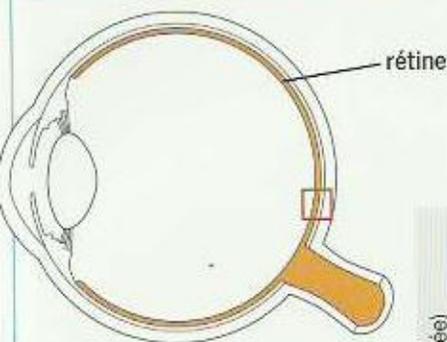


# La rétine : une mosaïque de photorécepteurs

La rétine est la membrane interne de l'œil sur laquelle se forme l'image des objets vus. Des observations et des expérimentations montrent que cette membrane est composée de multiples cellules dont certaines sont sensibles à la lumière.

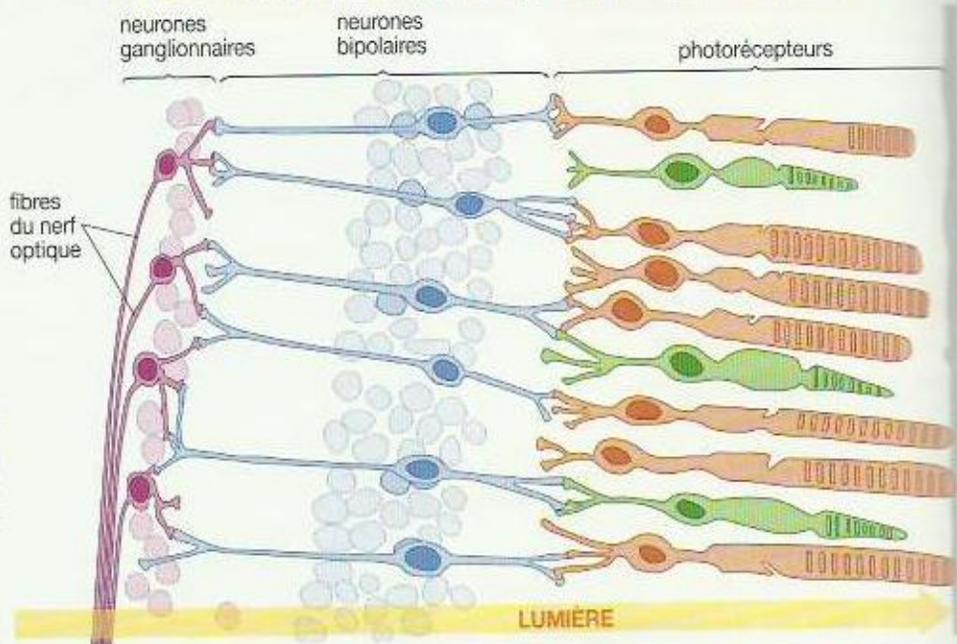
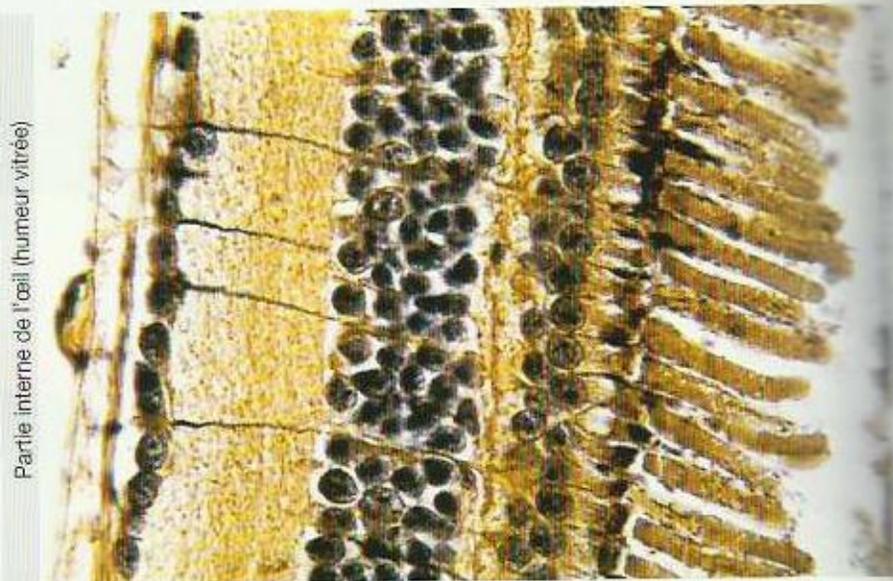
ACTIVITÉ  
EXPÉRIMENTALE

## A La rétine observée au microscope



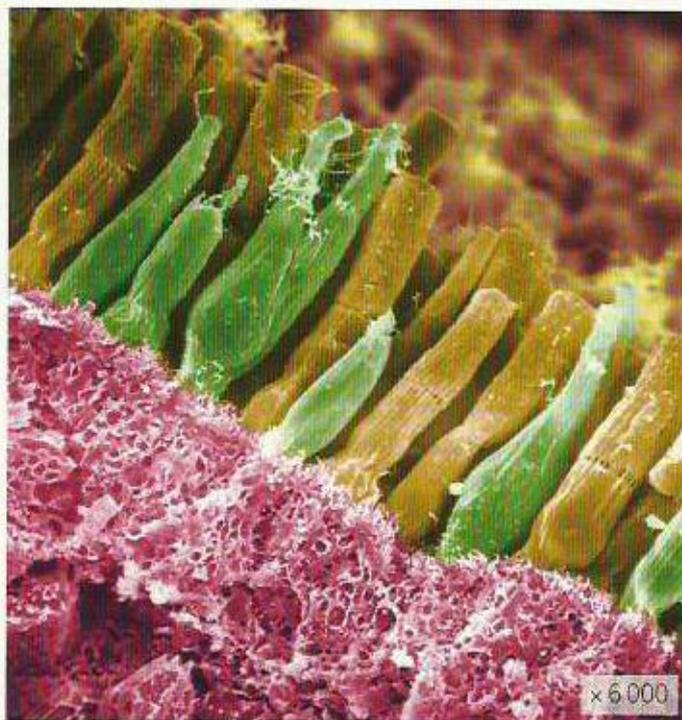
La photographie ci-contre a été obtenue après une coloration qui met en évidence les contenus cellulaires, notamment les noyaux : on distingue ainsi plusieurs couches de cellules interconnectées.

La **rétine** est une fine membrane de 0,5 mm d'épaisseur, incolore et transparente, qui tapisse l'intérieur de l'œil. L'observation au microscope optique à fort grossissement permet de comprendre comment sont agencées les cellules qui la constituent.



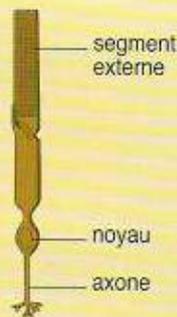
La lumière qui traverse les milieux transparents de l'œil traverse aussi les différentes couches cellulaires de la rétine avant de parvenir aux photorécepteurs.

## B Des cellules sensibles à la lumière



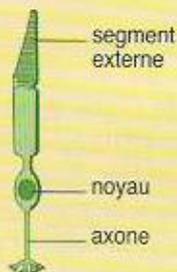
### Bâtonnets

- **Nombre:** 125 millions
- **Pigment:** rhodopsine
- **Sensibilité:** très élevée (les bâtonnets sont 100 fois plus sensibles que les cônes)
- **Perception des couleurs:** non

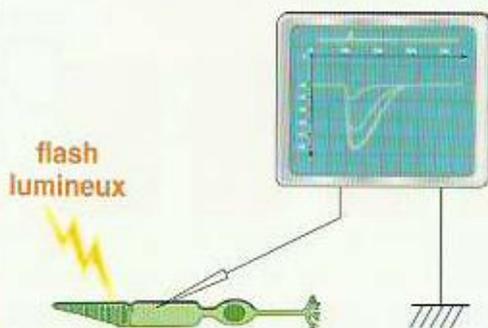


### Cônes

- **Nombre:** 6,5 millions répartis en trois types
- **Pigment:** opsine (chaque type de cône possède une opsine particulière)
- **Sensibilité:** faible
- **Restitution des couleurs:** oui (voir page 309)

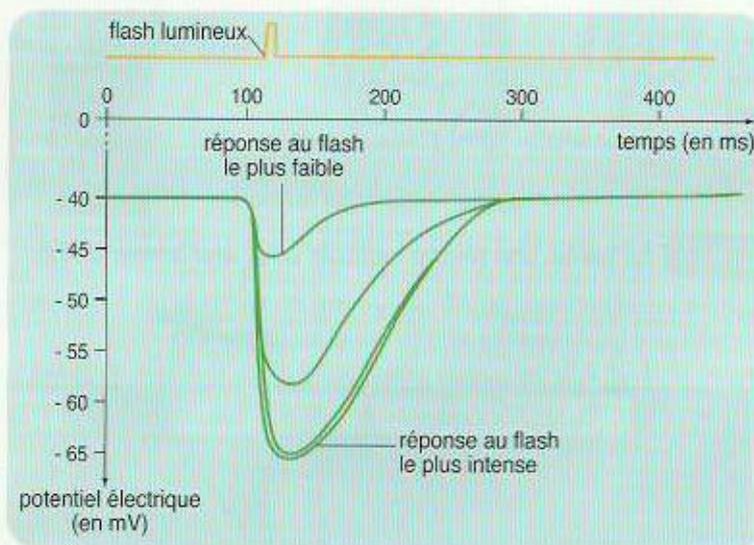


**Doc. 2** Cônes et bâtonnets : la rétine comporte deux catégories de photorécepteurs.



Il est possible de mesurer le **potentiel électrique** existant au niveau d'un photorécepteur.

L'enregistrement ci-contre montre la réponse d'un cône lorsqu'on le soumet à un flash lumineux d'intensité croissante.



**Doc. 3** La réponse d'un cône à un stimulus lumineux.

## Pistes d'exploitation

**PROBLÈME À RÉSOUDRE** ▶ Où sont situées les cellules photoréceptrices de la rétine et quelles sont leurs caractéristiques ?

**Doc. 1 et 2** Nommez les cellules photoréceptrices de la rétine et précisez leur localisation.

**Doc. 1** Quelles sont les relations entre les photorécepteurs et les autres cellules de la rétine ?

**Doc. 3** Que montre cette étude ? Justifiez le terme de photorécepteurs donné aux cônes et aux bâtonnets.

**Doc. 1 à 3** Montrez que la rétine est un tissu nerveux.

# Les rôles complémentaires des photorécepteurs

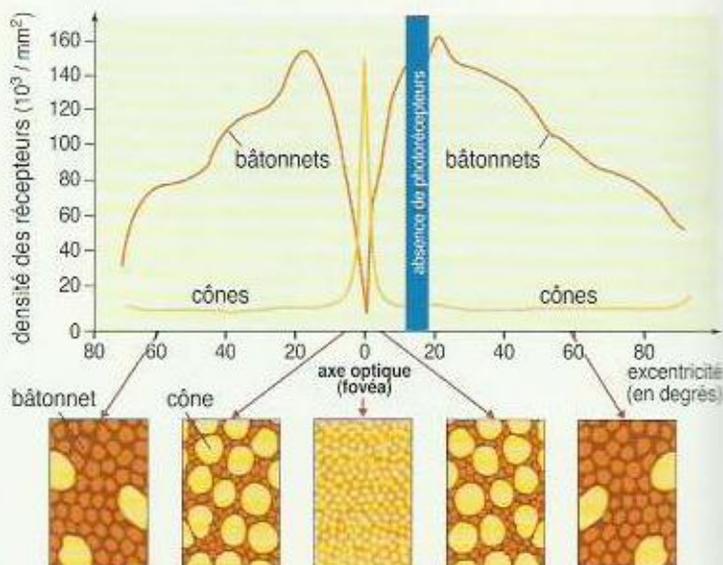
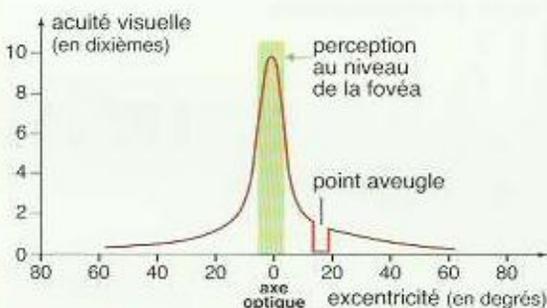
La rétine comporte deux types de photorécepteurs, les cônes et les bâtonnets. L'étude de leur répartition et de leurs propriétés permet de comprendre certaines caractéristiques de la vision.

## A Une inégale répartition des photorécepteurs rétiniens

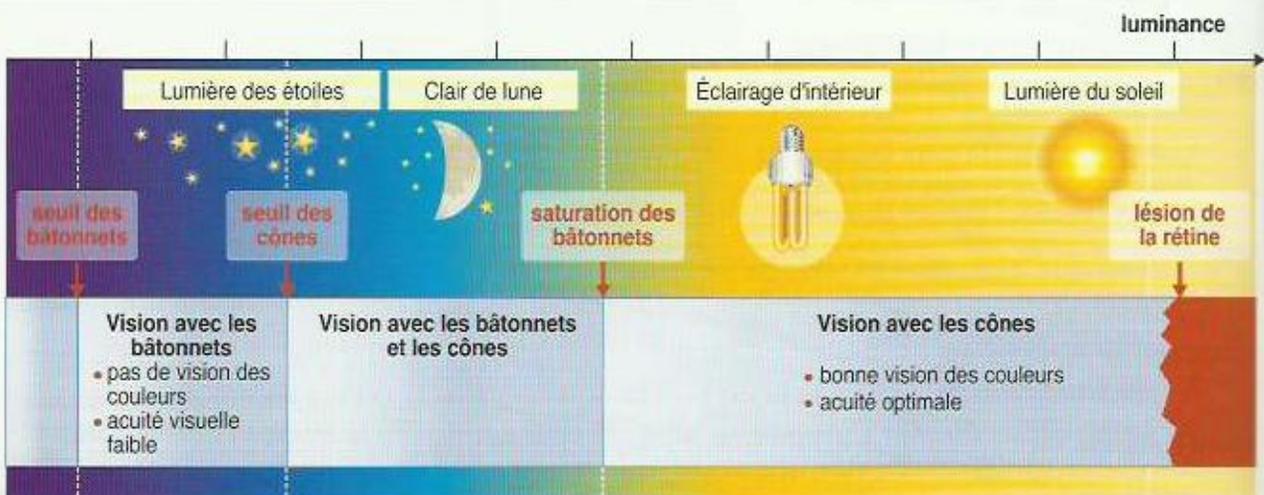
**Pouvez-vous lire entièrement cette ligne si vous ne bougez ni vos yeux ni votre tête ?**

Fixez bien le mot « si » dans la ligne ci-dessus. Quels autres mots de la phrase (à droite et à gauche) pouvez-vous lire en maintenant tête et yeux strictement immobiles ?

Au centre de la rétine, la **fovéa** est une région spécialisée d'environ 1,5 mm de diamètre. Elle est située sur l'**axe optique** du cristallin, de telle sorte que c'est au niveau de la fovéa que se forme l'image d'un objet situé sur cet axe optique.



### Doc. 1 La fovéa, une région capitale pour une bonne vision.



**En faible éclairage**, seuls les bâtonnets sont susceptibles d'être stimulés : on détecte mieux un objet faiblement éclairé en le regardant de côté.

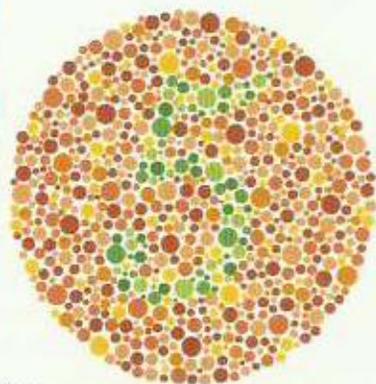
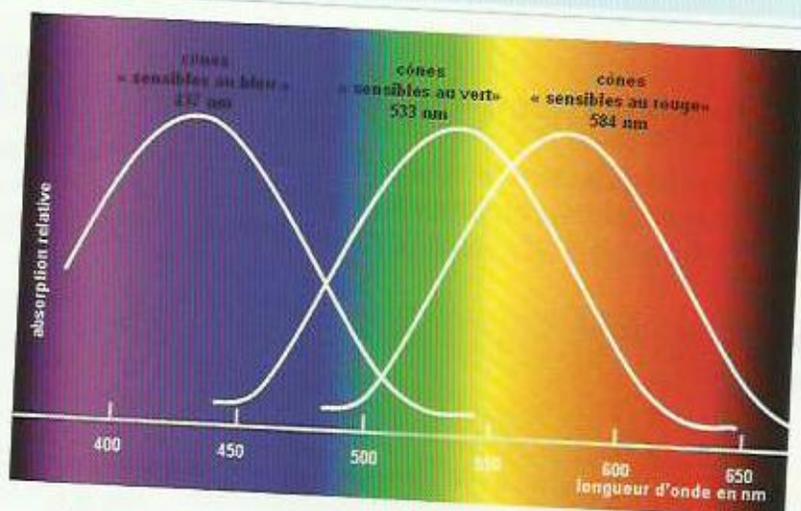
**Quand l'éclairage est suffisant**, ce sont les cônes qui assurent la perception : les mouvements incessants de l'œil dirigent la fovéa vers les objets à détecter.

### Doc. 2 La complémentarité des photorécepteurs rétiniens.

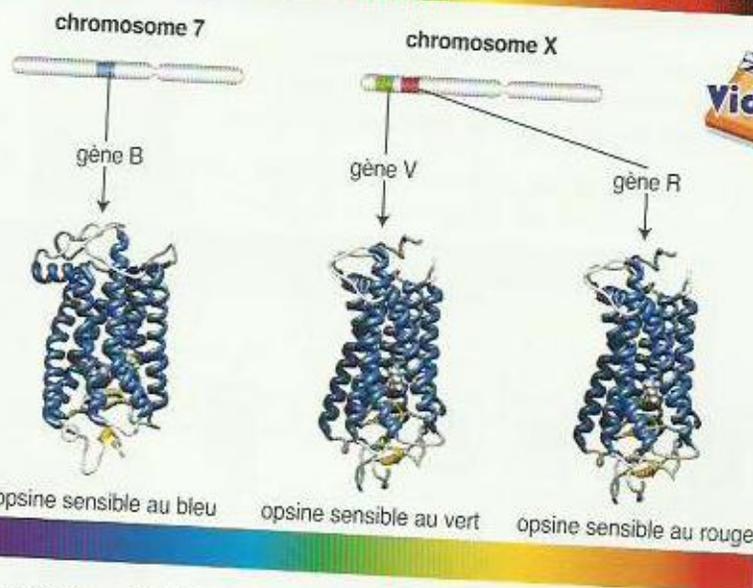
## B Les cônes et la vision des couleurs

Chez l'Homme, la vision des couleurs repose sur l'existence de trois types de cônes qui diffèrent par le pigment qu'ils renferment. Ces pigments, appelés **opsines**, ont une sensibilité différente aux lumières colorées.

Les opsines contenues dans les trois types de cônes sont le produit de l'expression de trois gènes localisés sur deux chromosomes différents (les chromosomes 7 et X).



Voyez-vous un chiffre ? Certaines personnes ne le distinguent pas...



Dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, le médecin et physicien Thomas Young propose que la vision des couleurs résulte de l'excitation de trois types de détecteurs seulement.

Il explique ainsi l'anomalie de la vision présentée par le physicien anglais John Dalton : celui-ci (tout comme son frère) ne parvenait pas à distinguer le rouge et le vert. Ce n'est que beaucoup plus tard (au début des années

1960) que l'on obtint la preuve directe de l'existence de trois pigments, localisés dans trois types de cônes de la rétine : la théorie de Young était enfin confirmée. Le **daltonisme** est une anomalie génétique qui touche environ 8 % de la population masculine (0,5 % de la population féminine) : du fait de l'absence de l'un des trois types de cônes, les daltoniens ne peuvent reproduire les couleurs qu'à partir de deux types de cônes seulement.

**Doc. 3** Le déterminisme génétique de la vision des couleurs.

### Pistes d'exploitation

**PROBLÈME À RÉSOUDRE** ► Quelles caractéristiques, en relation avec la vision, différencient les cônes et les bâtonnets ?

**Doc. 1 et 2** On parle souvent de vision centrale et de vision périphérique. Présentez les caractéristiques de ces deux types de vision.

**Doc. 1 et 2** Expliquez pourquoi la lecture exige un bon éclairage ainsi qu'un mouvement fréquent et très précis des yeux.

**Doc. 3** Expliquez pourquoi un daltonien qui ne peut pas produire d'opsine sensible au vert confondra le rouge et le vert.

**Doc. 3** Recherchez les caractéristiques et les causes d'autres anomalies de la vision des couleurs.

# Vision des couleurs et parenté chez les primates

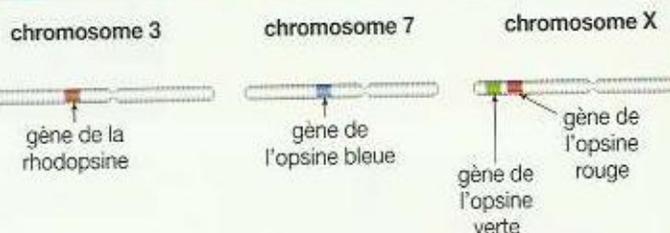
L'Homme partage avec d'autres animaux, notamment certains singes, une excellente perception des couleurs. Une étude comparée des pigments rétiniens montre un mécanisme de complexification du génome au cours de l'évolution et permet de situer l'Homme au sein du groupe des primates.

ACTIVITÉ  
EXPÉRIMENTALE

## A Un mécanisme d'enrichissement du génome

Chez l'Homme, les **opsines** contenues dans les trois types de cônes sont les produits de l'expression de trois gènes localisés sur deux chromosomes différents.

Le pigment photosensible des bâtonnets, la **rhodopsine**, provient de l'expression d'un quatrième gène situé sur un autre chromosome.



Les séquences de ces molécules peuvent être comparées à l'aide du logiciel *Phylogène* (a) : chaque lettre représente un acide aminé.

	35	40	45	50	55	60	65	70	75																																				
opsine-bleue	F	K	N	I	S	S	V	G	-	P	W	D	G	P	Q	Y	H	I	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	
rhodopsine	F	S	N	A	T	G	V	V	R	S	P	F	E	Y	P	Q	Y	Y	L	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
opsine-rouge	Y	T	N	S	N	S	T	R	G	-	P	F	E	G	P	N	Y	H	I	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
opsine-verte	Y	T	N	S	N	S	T	R	G	-	P	F	E	G	P	N	Y	H	I	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

On peut alors établir une matrice des différences (b) qui indique le pourcentage de différences entre les protéines prises deux à deux.

	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

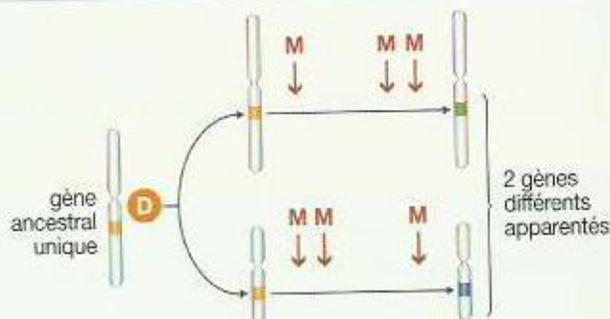
### Doc. 1 Une comparaison des quatre pigments visuels humains.

Les scientifiques considèrent qu'une similitude supérieure à 20 % entre deux molécules ne peut être due au hasard et indique une origine commune pour les molécules. Ceci signifie que les gènes qui codent pour ces molécules dérivent d'un « **gène ancestral** » commun.

En effet, un gène peut être accidentellement copié et se retrouver présent dans le génome en deux exemplaires, sur un même chromosome ou non : c'est la **duplication**.

Par la suite, des **mutations ponctuelles** se produisent et rendent différents ces duplicata initialement identiques. Plus la duplication d'un gène est ancienne et plus les deux gènes qui en résultent sont différents.

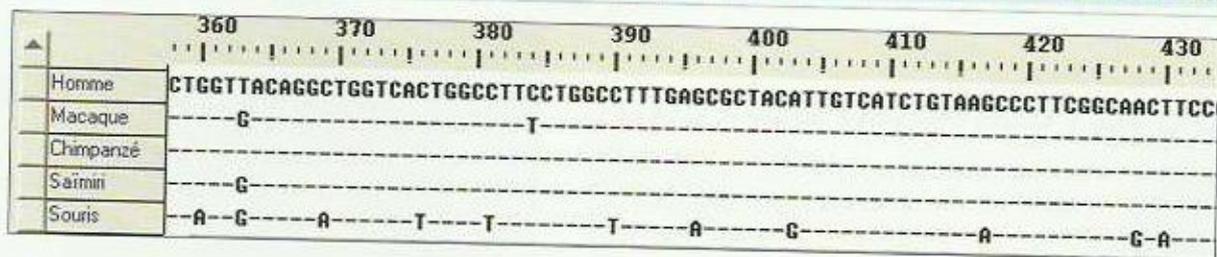
Ces gènes peuvent permettre la production de protéines remplissant des fonctions différentes. De tels gènes forment une **famille multigénique**.



**D Duplication** : copie accidentelle d'un gène (ici sur un autre chromosome)

**M Mutation** : modification aléatoire de la séquence de nucléotides d'un gène.

### Doc. 2 La constitution d'une famille multigénique.



Il est possible de comparer la séquence des **nucléotides** du gène qui code pour l'opsine sensible au bleu chez quelques êtres vivants, primates ou non (gène « Opn1sw »).

Le document ci-dessus est un extrait d'une comparaison réalisée avec le logiciel Anagène. La première séquence sert de référence : chaque nucléotide identique dans les autres séquences est noté « - ».

Le tableau ci-contre indique les pourcentages de ressemblances entre les gènes des différentes espèces, comparés au gène humain.



Macaque	Chimpanzé	Saïmiri	Souris
96,9 %	99,8 %	93,7 %	86,5 %

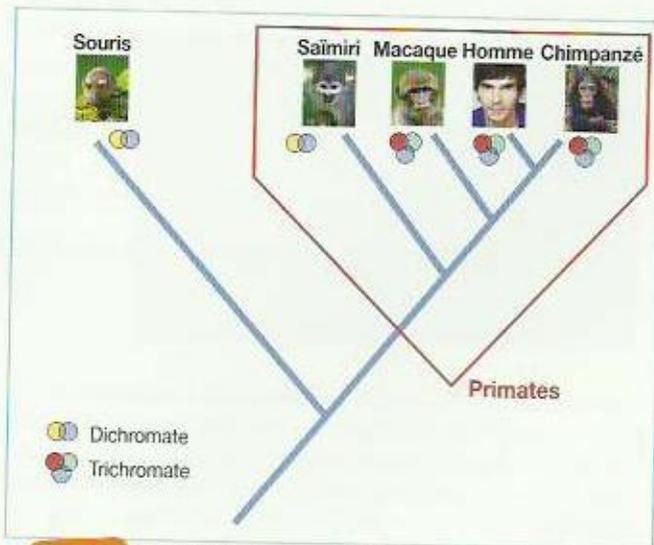
**Doc. 3** Une comparaison du gène permettant de produire l'opsine sensible au bleu.

Une étude systématique révèle que la plupart des mammifères ne possèdent que deux opsines. Seuls certains primates ont une vision trichromatique.

Le tableau ci-dessous présente l'équipement génétique relevé chez quelques primates.

	Opsine R	Opsine V	Opsine B
Homme	présent	présent	présent
Chimpanzé	présent	présent	présent
Cebus	présent	absent	présent
Gorille	présent	présent	présent
Macaque	présent	présent	présent
Saïmiri	présent	absent	présent

**Doc. 4** Tous les animaux n'ont pas une vision trichromatique.



**Doc. 5** Un arbre de parenté construit d'après la similitude des gènes des opsines.

Pour télécharger les données :

[www.bordas-svflycee.fr](http://www.bordas-svflycee.fr)

## Pistes d'exploitation

**PROBLÈME À RÉSOUDRE** ➤ Quelles informations apporte l'étude comparée des pigments rétiniens chez les primates ?

**Doc. 1 et 2** Pourquoi considère-t-on que les gènes codant pour les pigments rétiniens ont une origine commune ?

**Doc. 1 et 2** Présentez sous forme d'un schéma les mécanismes aboutissant à la formation de cette famille multigénique.

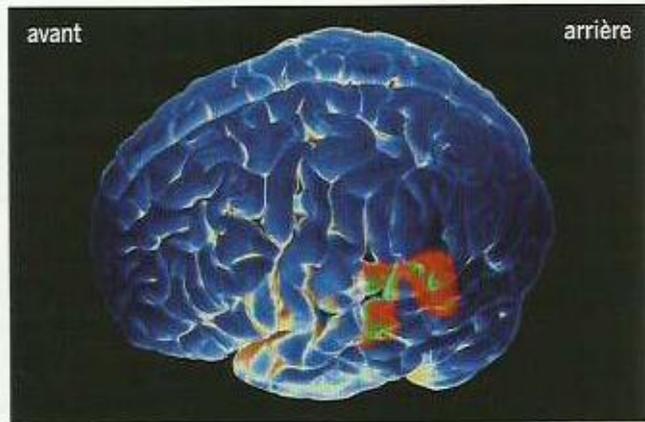
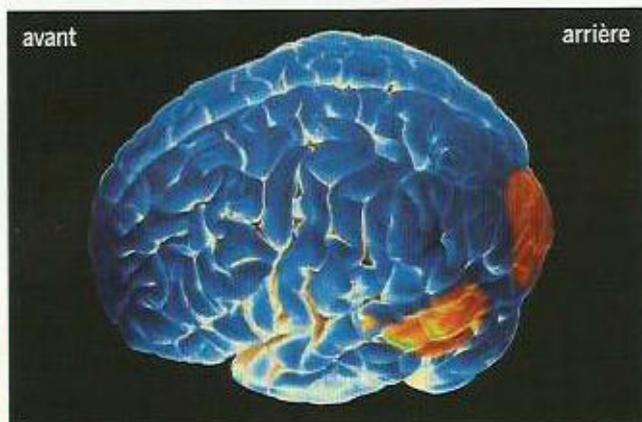
**Doc. 2 et 4** Pourquoi peut-on dire que la vision des couleurs chez les primates s'accompagne d'un enrichissement du génome au cours de l'évolution ?

**Doc. 3 à 5** Justifiez la place de l'Homme parmi les primates telle qu'elle est présentée par cet arbre.

# De la rétine au cerveau

La vision n'est possible que si des stimulus lumineux sont perçus par les photorécepteurs rétiniens. Cependant, voir nécessite aussi que le cerveau reçoive les messages issus de la rétine de chacun des deux yeux.

## A La vision : une fonction cérébrale

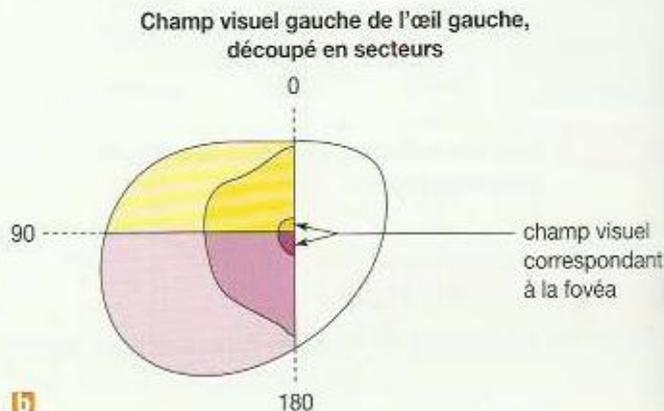
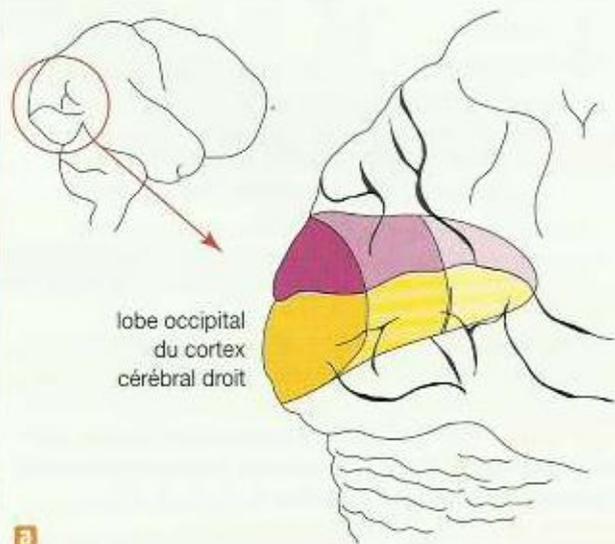


L'idée que la vision fait intervenir une partie spécifique du cerveau remonte à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Des médecins constatent en effet que des blessures de guerre localisées dans le **cortex occipital** rendent les personnes aveugles dans une zone déterminée du **champ visuel**. Aujourd'hui, la « tomographie par émission de positons » (TEP) et l'IRM permettent d'obtenir des images

révélaient le degré d'activité des diverses zones du cerveau. L'image de gauche a été obtenue alors que le sujet regardait des mots écrits. L'image de droite correspond à un sujet entendant des mots, sans rien voir.

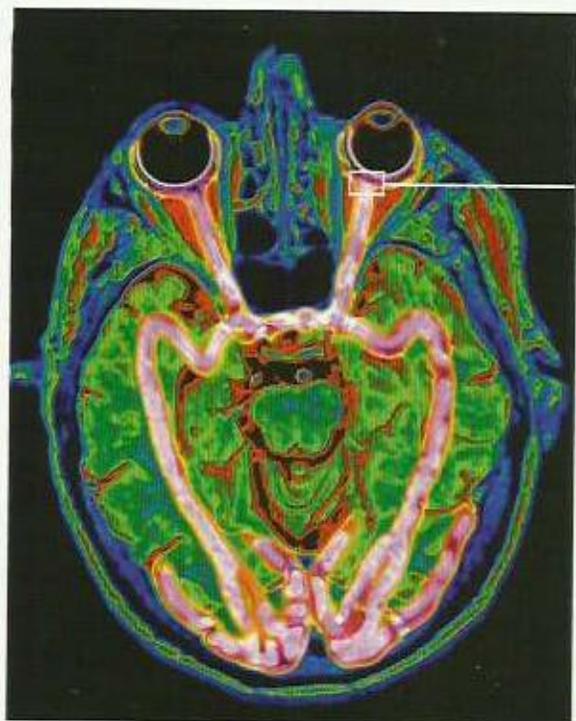
- activité forte
- activité moyenne
- activité faible

### Doc. 1 Identifier la localisation cérébrale de la vision.



Ces schémas, établis dès 1918, représentent les territoires du cortex cérébral associés à différents secteurs du champ visuel gauche. De façon symétrique, le cortex occipital de l'hémisphère cérébral gauche est associé au champ visuel droit.

### Doc. 2 Le cortex visuel primaire : une projection du champ de vision.

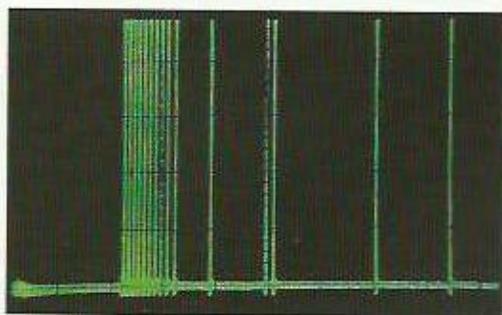
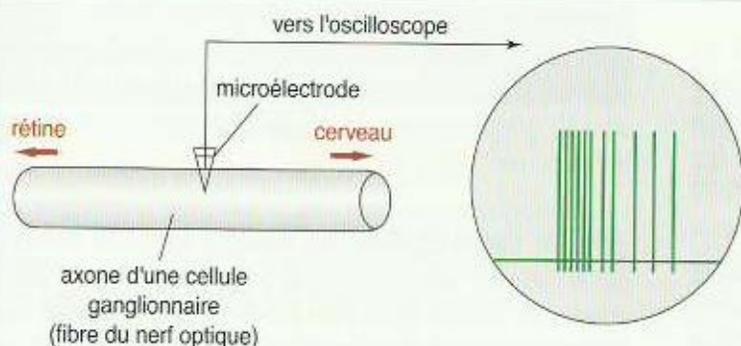


Cônes et bâtonnets sont des cellules nerveuses ou neurones. Ils sont connectés à d'autres **neurones** se prolongeant par les fibres du nerf optique.

La *photographie ci-dessus* montre le départ du nerf optique au niveau de la rétine : plus d'un million de fibres nerveuses !

◀ La *photographie ci-contre* (IRM transversale de la tête) permet de suivre le trajet des voies visuelles.

**Doc. 3** Le trajet des voies visuelles.



- Chaque fibre du nerf optique est le prolongement d'un neurone rétinien lui-même connecté à des photorécepteurs rétiniens. Il est possible d'enregistrer l'activité d'une fibre nerveuse à l'aide d'une microélectrode reliée à un **oscilloscope**.

- En réponse à l'éclairement d'une zone de la rétine, on détecte alors une série de signaux électriques brefs et peu intenses, dont l'amplitude est toujours la même (1/10<sup>e</sup> de volt environ). Ces signaux électriques, de fréquence variable, sont regroupés en « salves » plus ou moins longues qui circulent à grande vitesse le long des fibres nerveuses.

**Doc. 4** Le message nerveux visuel.

**Pistes d'exploitation**

**PROBLÈME À RÉSOUDRE** ▶ Comment le message visuel est-il transmis jusqu'au cerveau ?

**Doc. 1** Montrez qu'une zone précise du cerveau est impliquée dans la vision.

**Doc. 2** En vous fondant sur les zones colorées, faites une étude plus détaillée de la correspondance entre le cortex visuel et le champ de vision.

**Doc. 2 et 3** Sachant que chaque moitié du champ visuel est perçue par les deux yeux, identifiez le trajet des messages visuels permettant la perception du champ visuel gauche.

**Doc. 4** Quelles sont les caractéristiques du message transmis au cerveau depuis la rétine ?