1 La rétine

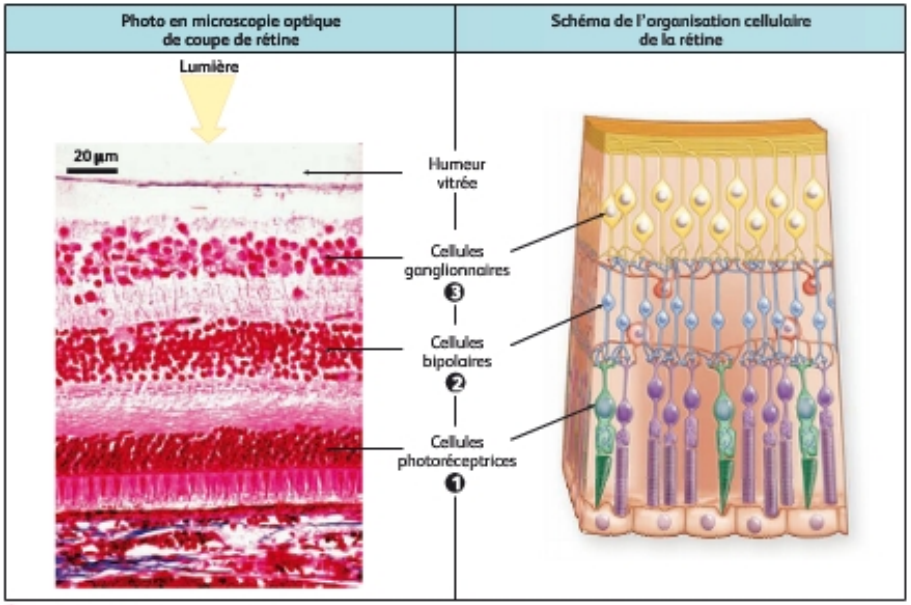
EXPÉRIMENTER

Doc. 1 L'organisation générale de la rétine

- Les images des objets lumineux se forment sur la rétine. Comment la rétine est-elle organisée ?
- La rétine est un tissu complexe constitué de différents types de cellules. Certaines cellules, les **cellules photoréceptrices**, sont capables de convertir les signaux lumineux reçus en signaux électriques. Ces signaux sont transmis aux **cellules bipolaires**, puis aux **cellules ganglionnaires** qui élaborent un message nerveux à destination du cerveau.
- Ce message est envoyé au cerveau par le nerf optique.

RÉALISER

- **Placer** la préparation microscopique d'une coupe de rétine sur la platine du microscope et réaliser l'observation.
- **À l'aide du tableau ci-dessous,** orienter la rétine et identifier les différents types de cellules qui la constituent. Les nommer.
- **Décrire** la répartition des différents types de cellules.

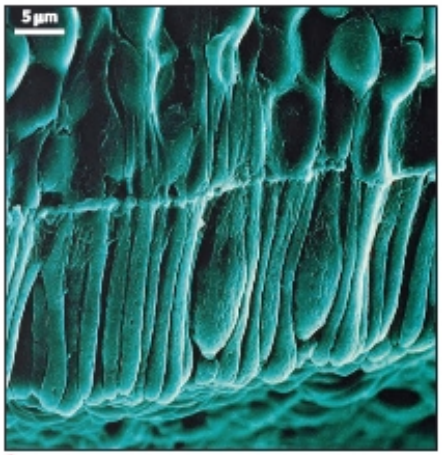


Observation de la structure de la rétine.
Fonctions des différentes couches cellulaires :
1. Conversion des signaux lumineux reçus en signaux électriques
2. Traitement de l'information
3. Traitement de l'information et élaboration d'un message nerveux envoyé au nerf optique

1. **Observer.** Repérer la face sur laquelle arrivent les signaux lumineux et le lieu de leur conversion en message de nature électrique.
2. **Interpréter.** Que devient ce message ?
3. **Interpréter.** Pourquoi dit-on que la rétine réalise une conversion de signal ?

Doc. 2 Deux catégories de cellules photoréceptrices

- Les cellules photoréceptrices possèdent du côté externe (donc vers la périphérie de l'œil), un prolongement qui a la forme d'un **cône** ou d'un **bâtonnet** donnant son nom à la cellule.
- Ces prolongements **contiennent des pigments** : de la rhodopsine pour les bâtonnets et de l'opsine pour les cônes.
- Une seule cellule photoréceptrice contient 100 millions de molécules de pigments, tous identiques.
- **L'absorption de lumière par ces pigments** déclenche une cascade d'évènements **à l'origine du message nerveux.**



Cônes et bâtonnets de la rétine.
(MEB fausses couleurs)

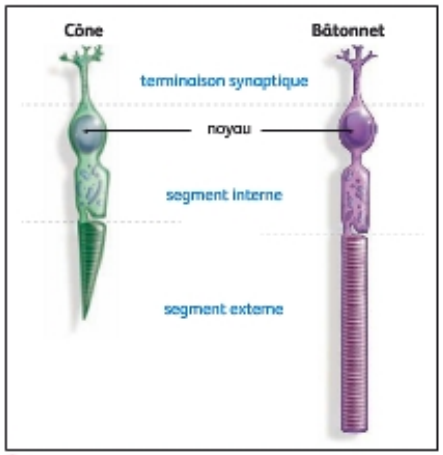


Schéma des cellules photoréceptrices.

4. **Observer.** Identifier, sur le **document a,** les segments externes des cônes et les bâtonnets.
5. **Observer.** Donner les caractéristiques structurales et fonctionnelles des cellules photoréceptrices.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation → Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier.

a. La rétine est composée de plusieurs couches de cellules photoréceptrices.
b. La lumière arrive directement sur les cellules photoréceptrices sans traverser d'autre couche cellulaire.
c. Les cellules photoréceptrices transforment les signaux lumineux en message nerveux.
d. Les cônes et les bâtonnets contiennent les mêmes pigments.

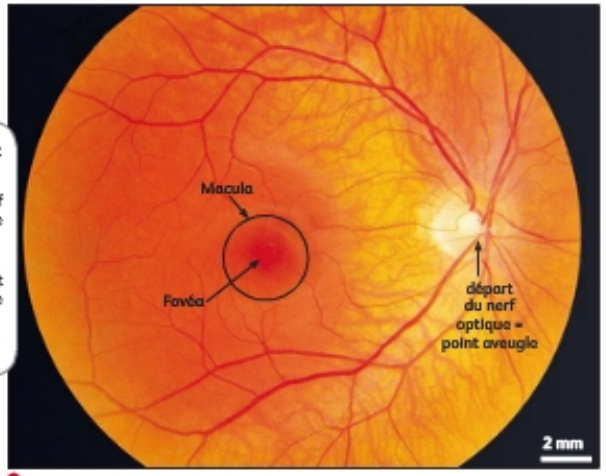
Rédiger

Présenter la disposition des cellules photoréceptrices dans la rétine et leur rôle dans la vision.

2 Des zones remarquables de la rétine

Doc. 1 Identifier les zones particulières de la rétine

- La rétine n'est pas homogène et possède des zones particulières.
- Pour distinguer ces différentes zones, observons un fond de l'œil.



Organisation de l'œil et fond de l'œil.

1. Observer. Combien de zones remarquables distingue-t-on sur la rétine ?

EXPÉRIMENTER

Doc. 2 L'expérience de Mariotte

RÉALISER

- **Fermer** l'œil gauche.
- **Placer** le livre à 10 cm et fixer la croix avec l'œil droit.
- **Reculer** très progressivement le livre. On constate qu'à une certaine distance *d*, le point noir n'est pas du tout visible, puis qu'il redevient visible si on éloigne encore le livre.

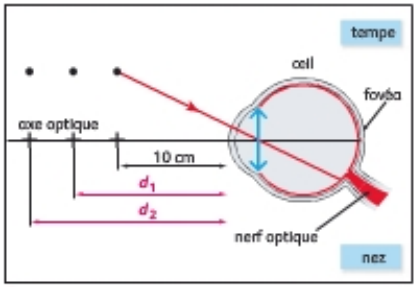
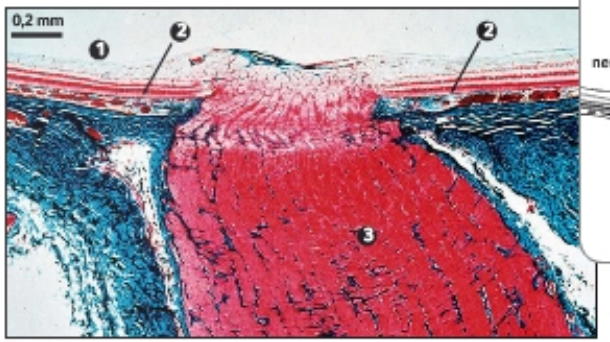


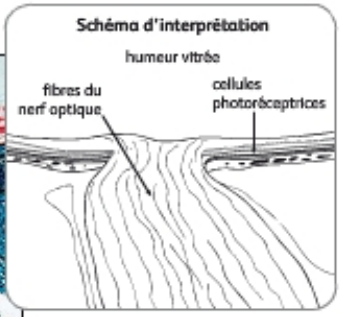
Schéma à compléter.

2. Schématiser. Reproduire la figure, puis déterminer les images sur la rétine de la croix et du point noir pour les deux distances indiquées. Selon vous, laquelle correspond à la distance *d* ?

3. Analyser. Proposer une explication à l'absence de vision du point noir à une certaine distance, pour une certaine zone de la rétine.

Doc. 3 Le point aveugle



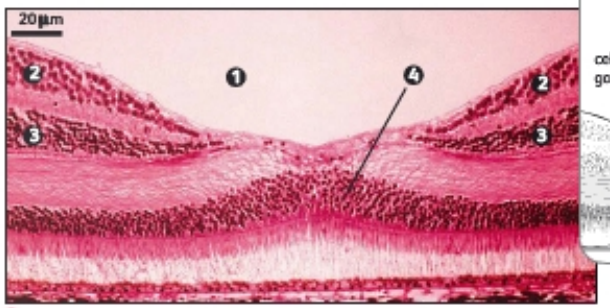


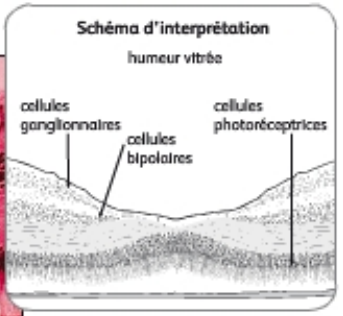
Le départ du nerf optique ou point aveugle : photographie au microscope optique et schéma d'interprétation.
1 Humeur vitrée. 2 Cellules photoréceptrices. 3 Fibres du nerf optique.

4. Analyser. Quelle est la particularité de la rétine au niveau du point aveugle ?

5. Conclure. Montrer que cela confirme le rôle des cellules photoréceptrices.

Doc. 4 La fovéa





La fovéa : photographie au microscope optique et schéma d'interprétation.
1 Humeur vitrée. 2 Cellules ganglionnaires.
3 Cellules bipolaires. 4 Cellules photoréceptrices.

6. Observer. Quelle est la particularité de la rétine au niveau de la fovéa ?

Bilan

Exercice d'auto-évaluation

→ Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier.

a. La rétine est homogène.
b. La lumière traverse de nombreuses couches cellulaires de la rétine avant d'atteindre les cellules photoréceptrices au niveau de la fovéa.
c. La fovéa correspond au départ du nerf optique.
d. Le point aveugle est dépourvu de cellules photoréceptrices.

Rédiger

Donner les particularités structurales de la rétine dans les deux zones remarquables : point aveugle et fovéa.

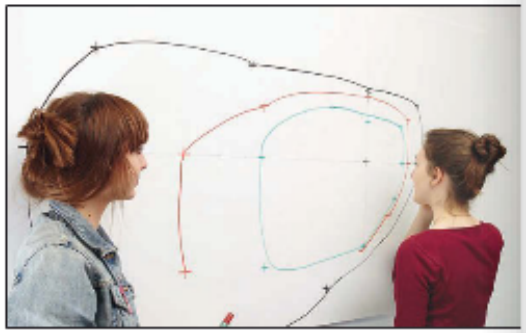
3 Les photorécepteurs de la rétine

EXPÉRIMENTER

Doc. 1 Les champs visuels

RÉALISER

- **Fermer l'œil droit** et fixer avec l'œil gauche, à 25 cm du tableau, une croix qui sert de repère visuel.
- **Faire déplacer *lentement***, par un autre élève, un objet blanc de la périphérie vers la croix.
- **Noter l'emplacement** où l'objet devient visible. Recommencer dans sept autres directions.
- **Relier les points** entre eux : on établit ainsi le **champ visuel de l'œil gauche pour la lumière blanche.**
- **Répéter** la manipulation avec des objets de couleur bleue, rouge puis verte.



Établir le champ visuel de l'œil gauche.

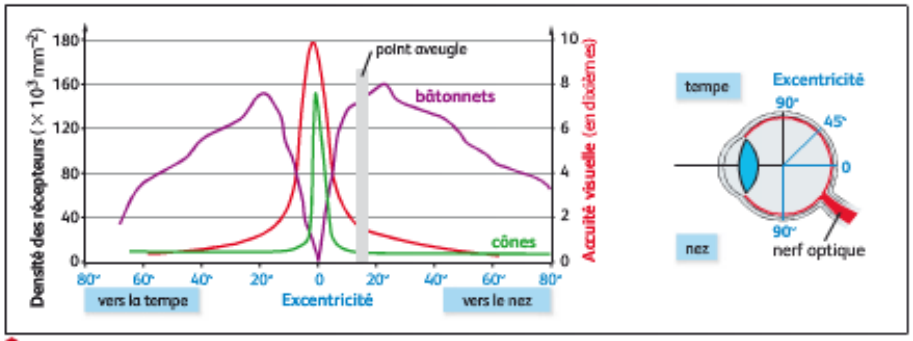
1. Observer.
a. Dans quelle zone la perception colorée est-elle maximale ?
b. Dans quelle zone du champ visuel n'y a-t-il pas de perception colorée ?

2. Interpréter. En quoi l'analyse des champs visuels permet-elle de supposer l'existence de plusieurs fonctions pour les cellules photoréceptrices ?

VOCABULAIRE

- **Champ visuel :** ensemble des points visibles par un observateur immobile.

Doc. 2 Répartition des cellules photoréceptrices de la rétine



Acuité visuelle et répartition des cellules photoréceptrices dans la rétine.

3. Analyser. Décrire la répartition des cônes et bâtonnets.

4. Mettre en relation (docs 1 et 2). Identifier les cellules photoréceptrices impliquées dans la vision des couleurs.

5. Exploiter. Déterminer les photorécepteurs dont la densité correspond au maximum d'acuité visuelle.

VOCABULAIRE

- **Acuité visuelle :** niveau de précision avec lequel est perçu un objet.

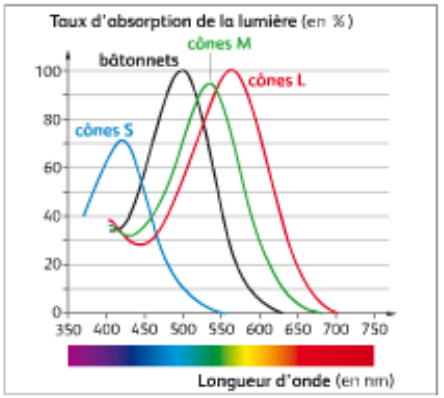
Doc. 3 L'absorption de la lumière par les photorécepteurs

- Lorsqu'une cellule photoréceptrice est éclairée par une radiation à laquelle elle est sensible, elle émet des signaux électriques vers le cerveau. On peut ainsi évaluer **l'importance de l'absorption** des radiations en fonction de leur longueur d'onde.
- On constate alors l'existence de **quatre types de photorécepteurs** : trois types de cônes et un seul type de bâtonnets.
- La couleur perçue dépend ainsi des cônes stimulés et de leur niveau d'activité.

VOCABULAIRE

- **Tri-** : du grec *-tri*, « trois fois ».
- **Chrom-** : du grec *khrôma*, « couleur ».

6. Analyser. Pourquoi peut-on dire que la vision humaine est trichromatique ?



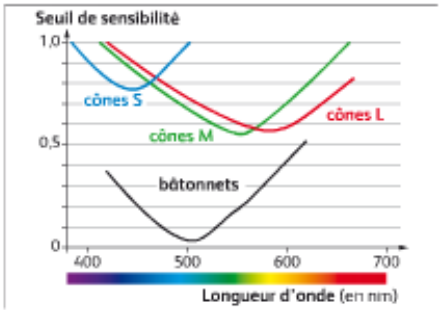
Absorption des radiations par les photorécepteurs.

Doc. 4 Le seuil de sensibilité

La sensibilité des récepteurs à la lumière peut être mesurée par le **seuil de sensibilité** : plus il est bas, plus la cellule est sensible à une faible luminosité.

7. Analyser. Quelles cellules photoréceptrices sont stimulées lorsque l'intensité lumineuse est faible ? Expliquer l'expression : « La nuit, tous les chats sont gris » ?

8. Mettre en relation (docs 1 à 4). Établir un tableau de comparaison des cônes et des bâtonnets.



Seuil de sensibilité des cônes et des bâtonnets.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation → Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ?
Justifier les réponses.

a. Les cônes sont les seules cellules photoréceptrices de la rétine.
b. La vision périphérique est plus précise que la vision centrale.
c. Les cônes sont tous identiques.
d. La vision des couleurs peut se faire quelle que soit l'intensité d'éclairement.

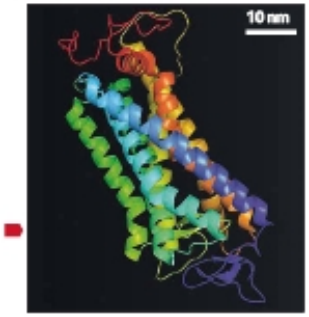
Rédiger

Expliquer pourquoi certaines caractéristiques de la vision peuvent s'expliquer par la nature et la répartition des photorécepteurs de la rétine.

4 Photorécepteurs et vision du monde

Doc. 1 Les opsines : pigments des photorécepteurs

- L'absorption de lumière par les pigments des cônes et des bâtonnets est à l'origine du message nerveux envoyé au cerveau.
- Une seule cellule photoréceptrice contient 100 millions de molécules de pigments tous identiques :
– la **rhodopsine** pour les bâtonnets ;
– l'**opsine S (ou B)** pour les cônes « bleus » (maximum d'absorption à 430 nm) ; l'**opsine M (ou V)** pour les cônes « verts » (maximum d'absorption à 540 nm) ; l'**opsine L (ou R)** pour les cônes « rouges » (maximum d'absorption à 590 nm).



Structure tridimensionnelle d'une opsine.

1. Lire. Relever la fonction des pigments rétiniens.
2. Lire. Donner la différence fonctionnelle entre les trois opsines contenues dans les cônes.

Doc. 2 Non pas un, mais des daltonismes

- En 1794, John Dalton explique qu'il ne voit pas les couleurs comme les autres :
« Les parties d'image que les autres voient rouges m'apparaissent comme des ombres ou des absences de lumière ; l'orangé, le jaune et le vert sont pour moi comme plusieurs intensités de jaune ».
- Après lui, on nomme « **daltonisme** » la déficience de l'aptitude à distinguer les couleurs.

Différents types de daltonisme. Comprendre avec quatre visions des mêmes crayons de couleurs.

Qualité de la vision	Type	Cônes sensibles à la lumière : Rouge 590 nm	Verte 540 nm	Bleue 430 nm
Vision normale : trichromates		●	●	●
Vision anormale : dichromates. Deux types de cônes fonctionnels seulement	Protanope		●	●
	Deutéranope	●		●
	Tritanope	●	●	

Cases blanches : les cônes correspondants sont présents mais n'absorbant pas leur « couleur ».
● Structure normale

Cônes et daltonisme.

3. Imaginer. *Sans exploiter le* ***tableau b****,* proposer deux hypothèses pour expliquer les trois daltonismes.
4. Déduire. *En tenant compte maintenant du* ***tableau b****,* seule l'une des hypothèses reste valable. Laquelle ?
5. Mettre en relation (docs 1 et 2). Expliquer en quoi ces résultats expérimentaux permettent de rendre compte des perceptions des couleurs par les daltoniens.

Doc. 3 Les rétinites pigmentaires

- Les **rétinites pigmentaires** sont des maladies génétiques qui s'attaquent aux cellules photoréceptrices de la rétine.
- Les bâtonnets meurent en premier. La perte est alors définitive car lorsqu'un photorécepteur meurt, il n'est jamais remplacé. Les cônes, dégénèrent ensuite progressivement.
- La rétinite pigmentaire débute souvent lors de l'enfance et provoque un affaiblissement progressif de la vision périphérique puis centrale et entraîne une cécité irréversible.

Deux perceptions visuelles différentes.

6. Expliquer. Préciser pourquoi la destruction de cellules photoréceptrices peut entraîner des troubles visuels.
7. Lire. Indiquer quelles sont les conséquences de cette maladie sur le champ visuel.
8. Déduire. Mettre en relation les cellules photoréceptrices touchées et les troubles visuels observés.

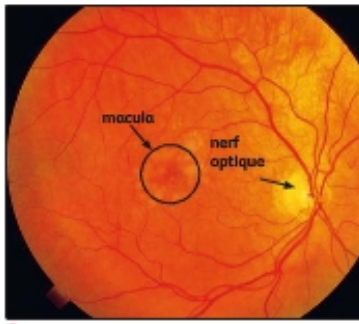
Doc. 4 Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)

Peu connue, la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est, en France, la première cause de cécité après 50 ans.
Plus l'âge avance, plus il devient difficile d'y échapper [...] C'est] près d'un grand-parent sur quatre qui va perdre progressivement la vision des couleurs et des détails jusqu'à ne plus pouvoir lire, écrire, regarder la télévision ou même reconnaître un visage. Pourtant la surface de rétine perdue – la macula – est ridiculement petite : son diamètre ne fait guère plus d'un millimètre.

Emmanuel Monnier, *Quand la macula disparaît*, Sciences & Vie Hors série n° 216, sept. 2001

Perception visuelle d'un patient atteint de DMLA.

9. Observer. Quelle zone de la rétine est touchée par la DMLA ?
10. Expliquer. Répondre aux questions 7 et 8 pour la DMLA.



Rétine atteinte de DMLA.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation → Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier.

a. Les cônes possèdent tous le même pigment.
b. Les personnes daltoniennes ne possèdent pas de pigments rétiniens.
c. Le champ visuel se modifie différemment en fonction des cellules photoréceptrices touchées.
d. Les cellules photoréceptrices ne sont jamais modifiées au cours de la vie.

Rédiger

Comment les modifications des pigments et des cellules photoréceptrices changent-elles les caractéristiques de la vision d'un individu ?

5 Les pigments rétiniens chez les Primates

EXPÉRIMENTER

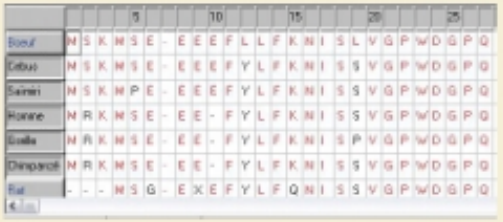
Doc. 1 Comparaison de l'opsine bleue des Primates

B2i

- La vision des couleurs est liée à la présence, dans la rétine, des cônes, qui synthétisent de l'opsine. Tous les primates possèdent le gène B, porté par un autosome et **codant l'opsine bleue** (maximum d'absorption dans le bleu).
- La comparaison des séquences des gènes de différentes espèces permet d'établir des **relations de parenté**. On suppose que deux espèces ont un ancêtre commun d'autant plus récent que les différences entre les gènes sont faibles.
- Parmi les Primates, on distingue :
– les singes de l'Ancien Monde (Afrique, Asie, Europe) : Bonobo, Chimpanzé, Gorille et Macaque ;
– les singes du Nouveau Monde (Amérique) : Cebus (capucin), Saïmiri.

RÉALISER **Utilisation de phylogène**

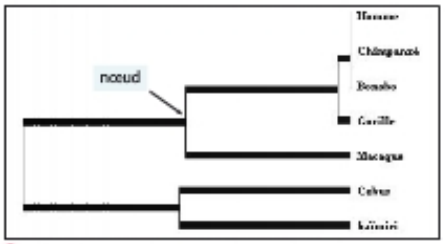
- **Ouvrir** le Tableau de séquences de l'opsine bleue « **opsine-bleue.aln** ».
- **Sélectionner** les espèces de Primates : Cebus, Saïmiri, Homme, Gorille, Chimpanzé, Bonobo, Macaque.



- **Cliquer** sur le bouton Matrice des distances. Reproduire le tableau obtenu.
- **Cliquer** sur le bouton Arbre. Reproduire l'arbre obtenu.

	Cebus	Saïmiri	Homme	Gorille	Chimpanzé	Bonobo	Macaque
Cebus	0	14	25	26	25	25	26
Saïmiri		0	28	29	28	28	27
Homme			0	1	0	0	13
Gorille				0	1	1	14
Chimpanzé					0	0	13
Bonobo						0	13
Macaque							0

Matrice des distances pour l'opsine bleue pour différents Primates.



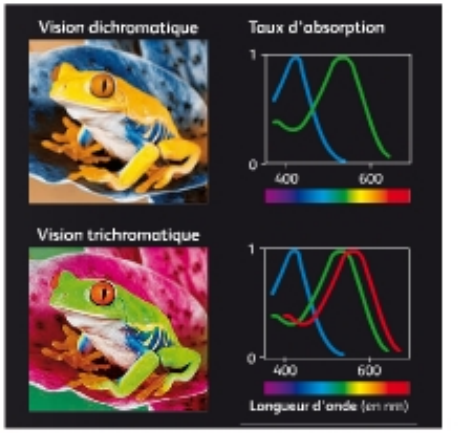
Arbre des parentés entre espèces établi à partir de la comparaison des séquences de l'opsine bleue. Un nœud représente un ancêtre commun des espèces qui en dérivent.

1. **Exploiter.** Quelles sont les espèces qui possèdent les séquences les plus semblables ? les plus éloignées ?
2. **Interpréter.** Justifier l'arbre des relations de parenté obtenu.

Doc. 2 La vision en couleur des Primates

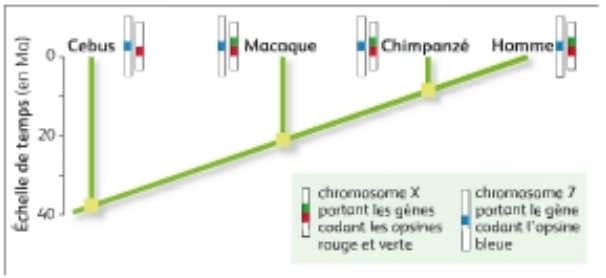
- L'Homme et certains autres Primates sont **trichromates**, c'est-à-dire que leur vision des couleurs est due à la présence de trois catégories de pigments contenus dans les cônes.
- Les singes de l'Ancien Monde (Bonobo, Chimpanzé, Gorille et Macaque) présentent le gène B sur le chromosome 7 et les gènes R et V (codant les opsines rouge et verte) sur le chromosome X.
- Mais la plupart des mammifères sont le plus souvent **dichromates** : leur vision dépend de deux catégories de pigments.
Ainsi, les singes du Nouveau Monde (Amérique) possèdent le gène B sur un autosome quelconque et un seul autre gène codant pour une autre opsine sur le chromosome X.

3. **Schématiser.** Représenter les chromosomes qui portent les gènes codant les opsines pour l'Homme, le Bonobo et les singes du nouveau Monde.
4. **Interpréter.** Quel indice sur les liens de parenté entre les espèces de Primates apporte l'analyse de la vision des couleurs chez ces espèces ?



Absorption des radiations par les photorécepteurs.

Doc. 3 De la dichromatie à la trichromatie



Localisation chromosomique des gènes codant les opsines des Primates.

5. **Observer.** Dater approximativement l'apparition de la trichromatie chez les Primates.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation

→ Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier les réponses.

a. On suppose que les séquences des opsines bleues de deux espèces de Primates sont d'autant plus semblables que ces espèces possèdent un ancêtre commun récent.
b. L'Homme est trichromate contrairement aux autres Primates.
c. Certaines espèces de Primates sont dichromates.
d. La trichromatie est un argument qui permet de placer l'Homme parmi les Primates.

Rédiger

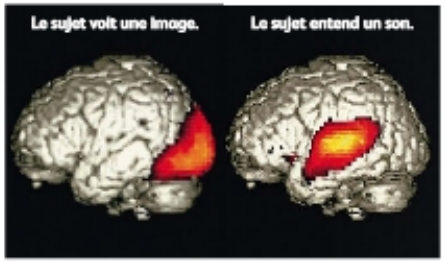
Montrer en quoi l'étude comparée des gènes des pigments rétiniens des Primates apporte des arguments pour préciser la place de l'Homme parmi les Primates.

6 Aires visuelles et perception visuelle

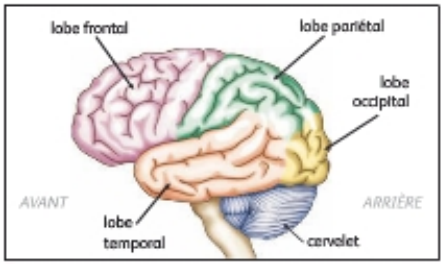
Doc. 1 Localiser les aires visuelles cérébrales

Les messages nerveux émis par les cellules de la rétine se propagent vers le cerveau, et plus particulièrement vers sa partie périphérique dénommée **cortex**, où s'effectue le traitement de l'information.

Plus le nombre de cellules nerveuses en action est élevé, plus le débit sanguin est important. La tomographie par émission de positons (TEP) permet de mesurer le débit sanguin. On peut ainsi « **surveiller** » **l'activité du cerveau.**



Résultats obtenus par TEP. Rouge : zone très active.



Le cerveau humain.

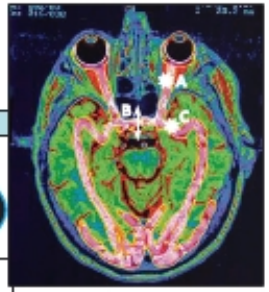
1. Interpréter. Pourquoi peut-on dire qu'il existe des aires spécialisées du cerveau ?

2. Observer. Localiser les zones du cerveau, appelées **aires visuelles**, impliquées dans le traitement des informations visuelles.

Doc. 2 De l'œil au cortex visuel

L'analyse de différentes lésions provoquant des déficits du champ visuel permet de **préciser les voies visuelles** entre rétines et aires visuelles.

Champs visuels normaux.



Champs visuels suite à des lésions. En médaillon, emplacement des lésions sur une IRM.

3. Déduire. Indiquer la conséquence de chaque section sur le champ visuel.

4. Schématiser. Représenter le trajet suivi par le message venant de chaque champ visuel jusqu'au cerveau.

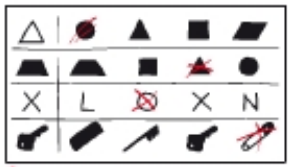
5. Expliquer. D'où viennent les informations visuelles arrivant dans l'hémisphère cérébral droit ?

Doc. 3 Des troubles de la perception visuelle

Les images reçues par l'œil possèdent **différentes caractéristiques : forme, couleur et mouvement.** Des lésions de certaines zones des aires visuelles peuvent provoquer des anomalies de la perception visuelle.
Étudions deux cas particuliers.

Cas n° 1 : une personne souffre d'une incapacité à percevoir le mouvement. Cela se manifeste par des « arrêts sur image » pendant plusieurs secondes : l'image perçue reste immobile alors que les objets sont en mouvements.

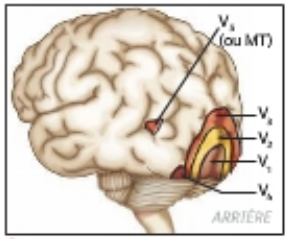
Cas n° 2 : une personne empoisonnée au dioxyde de carbone a perdu ses capacités de perception des formes et ne parvient plus à réaliser le test ci-contre.



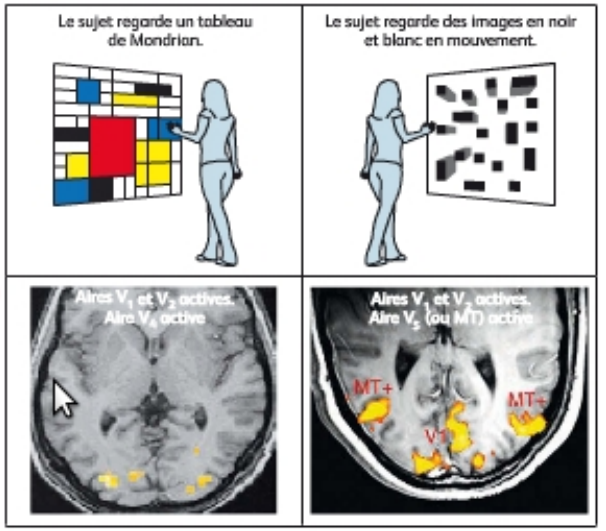
La personne doit cocher dans chaque ligne le motif proposé à gauche.

6. Interpréter. Formuler une hypothèse sur l'analyse des caractéristiques d'une image par les aires visuelles.

Doc. 4 Des aires visuelles spécialisées



Différentes zones du cortex visuel (V_1 à V_5).



Résultats obtenus par TEP. Jaune : zone très active.

7. Vérifier. Les résultats obtenus corroborent-ils l'hypothèse formulée dans la question 6 ?

8. Mettre en relation (docs 3 et 4). Déterminer les régions du cortex visuel endommagées chez les deux personnes du doc 3.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation → Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier.

a. Les aires visuelles localisées dans l'hémisphère droit reçoivent uniquement des messages en provenance de l'œil gauche.

b. Les caractéristiques couleur et mouvement d'une image sont traitées dans la même aire visuelle.

c. Les aires visuelles possèdent toutes la même fonction.

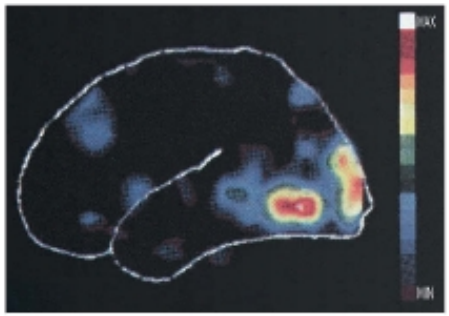
Rédiger

Après avoir schématisé l'organisation anatomique des voies visuelles de la rétine au cortex visuel, indiquer quelques aires visuelles et donner leur rôle principal dans la perception visuelle.

7 Aires cérébrales et plasticité

Doc. 1 La reconnaissance d'un mot écrit

- On mesure l'activité cérébrale d'un sujet lors de la reconnaissance de mots écrits.
- Certains patients, frappés d'alexie, sont incapables de lire car ils ne reconnaissent plus les mots (les autres fonctions visuelles ne sont pas touchées).
- On peut mettre en évidence des lésions dans la région temporale du cerveau.



Aires cérébrales activées lors de la reconnaissance du mot écrit.

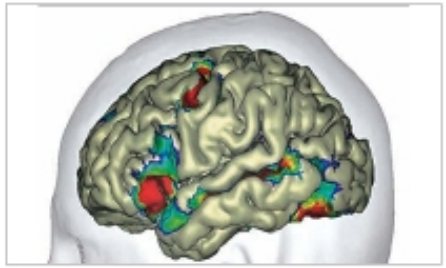
1. Rappeler. Quelles sont la localisation et la fonction des aires visuelles (voir page 48) ?

2. Observer. Ces aires sont-elles les seules aires actives lors de la reconnaissance d'un mot écrit ?

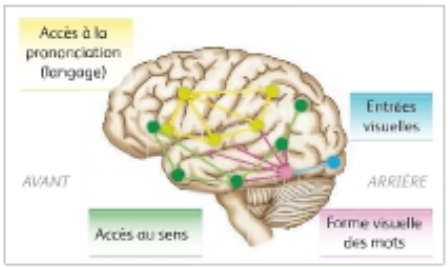
3. Interpréter. Proposer une explication au fait que les patients frappés d'alexie possèdent des fonctions visuelles, autres que la reconnaissance des mots, intactes.

Doc. 2 Lecture et activité cérébrale

- L'activité de lecture nécessite la reconnaissance des mots mais également l'attribution d'un sens à une suite de mots en association parfois avec le langage.
- L'imagerie cérébrale permet d'étudier les aires du cerveau **activées lors du processus de lecture**.
- On a également pu reconstituer le trajet de l'information : le mot lu est d'abord perçu par le cortex visuel puis transmis à une région qui permet sa reconnaissance (mémoire).
- L'information chemine ensuite dans différentes régions, dont le cortex moteur qui peut envoyer des signaux vers les muscles de la bouche et du larynx et produire la parole.
- L'information peut aussi aboutir aux aires d'association, ce qui permet l'attribution d'un sens ou d'une émotion au mot.



a Les aires cérébrales activées lors de la lecture.



b Des aires cérébrales qui coopèrent.

4. Observer. Que constate-t-on lors d'une activité de lecture ?

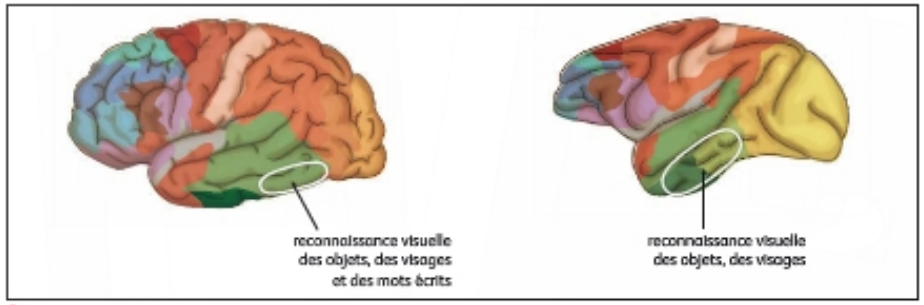
5. Conclure. Pourquoi peut-on parler de collaboration entre aires cérébrales ?

Doc. 3 Lecture et plasticité

« Ainsi, on pense – possibilité fascinante – qu'il existe, dans le cerveau de l'homme, des zones spécialisées dans la reconnaissance visuelle des mots écrits. L'idée est venue de l'observation des personnes frappées d'« alexie ». Incapables de lire car elles ne reconnaissent pas les mots, elles ont souvent des lésions dans une même zone du cortex visuel, la partie médiane gauche du cortex occipito-temporal. En 1990, S.E. Petersen et ses collègues ont observé que cette même zone est activée lorsque les personnes regardent des mots écrits. Cette zone est très sélective, puisqu'elle reste « muette » si l'on présente non pas des mots, mais des groupes de lettres disposées au hasard, ou encore des alignements de formes ressemblant à des lettres. D'après son emplacement, la même région du cortex doit, chez le singe, remplir des fonctions plus générales de reconnaissance visuelle. En revanche, chez l'Homme, une zone spécialisée dans la perception visuelle des mots n'a de toute évidence pas pu évoluer tout exprès pour les besoins de la lecture. Il faut donc admettre qu'elle se développe chez l'enfant, lorsque ce dernier apprend à lire. »

Leslie G. Ungerleider, *Les dédales de la mémoire*
© La Recherche, n° 289 Juillet-Août 1996

a Aires cérébrales et lecture.



b Zones impliquées dans la reconnaissance visuelle chez l'homme (à gauche) et le macaque (à droite).

6. Observer. Où est localisée l'aire cérébrale principale impliquée dans la lecture dans le cerveau humain ?

7. Interpréter. Cette spécialisation est-elle propre à tous les primates ? En quoi est-elle un témoin de la plasticité cérébrale ?

VOCABULAIRE

- **Plasticité :** capacité qu'a le cerveau de modifier des systèmes de neurones qui le constituent.

Bilan

Exercice d'auto-évaluation

→ Corrigés p. 276

Les affirmations sont-elles vraies ou fausses ? Justifier les réponses.

a. Les aires visuelles sont suffisantes pour reconnaître un mot.

b. Une coopération entre différentes aires cérébrales est nécessaire à la lecture.

c. La reconnaissance des objets, des visages et des mots écrits est propre aux primates.

Rédiger

Définir la plasticité cérébrale et montrer qu'elle est importante dans la lecture.