

Corrigé du DST # 1

EXERCICE 1 : QUESTION BAC DE TYPE 1 : ROC : LA PERCEPTION VISUELLE DU MONDE

{ 10 POINTS / 1H }

Présentez le système cristallin/rétine d'un oeil emmétrope (sans troubles) et montrez en quoi par un texte argumenté appuyé sur des données obtenues dès que possible par des preuves expérimentales, il participe au phénotype « vision binoculaire nette, sans zone aveugle »

NB : pour ce devoir : ces 10 pages ne sont pas vraiment 5 feuilles de copies : il y a des remarques de méthodes, des compléments mais il propose un corrigé très détaillé de chaque point du DST ... relisez-le en détails pour progresser en le comparant à votre copie ! Soyez démonstratifs plutôt que juste récitatifs !!

pour cette ROC : les titres comme introduction, accroche, annonce de plan, problématique, développement, conclusion/bilan, synthèse, ouverture ne doivent pas figurer sur la copie, ils sont mis ici pour la clarté de la compréhension méthodologique lorsque vous relisez ce corrigé pour bien rendre apparentes les choses à faire. Mais les titres de paragraphes doivent être apparents et dynamiques centrés sur le sujet : cela structure la copie et vous « marquez des points » auprès du correcteur

conseils : soulignez les mots importants, concevez vos schémas le plus en lien avec la question, définissez le mots clef et démontrez vos arguments par l'exemple (ici les troubles du cristallin/rétine et en descendant les échelles du vivant ou à l'aide d'arguments expérimentaux vus en TP ou tirés du réel établissant les propriétés du système qui font ce champ binoculaire perçu net, coloré et sans zone aveugle)

Introduction

{accroche, on part du réel} : Voir nécessite une capture d'images par l'homme et une analyse correcte par le système nerveux (SN). L'oeil, organe extraordinaire est le produit de dizaines de millions d'années d'évolution par sélection naturelle. De tous temps, l'observer et le comprendre a fasciné l'être humain. Emmétrope signifie « à bonne mesure » en grec, état d'harmonie de caractéristiques de l'oeil.

Lorsqu'on regarde un objet, que percevons nous exactement de celui-ci ? Le système cristallin/rétine de l'oeil emmétrope (sans troubles) nous permet de voir et participe pleinement au fonctionnement global de l'oeil à cellules à hydrater sans arrêt pour maintenir l'intégrité de son fonctionnement, par les glandes lacrymales. Le maintien des propriétés de ce système de l'oeil permet une bonne vision.

{problématique} : **Comment le système cristallin-rétine participe t-il par ses propriétés au sein du système formé avec le nerf optique, les voies et le cortex visuel à une vision binoculaire nette, colorée, sans zone aveugle ?**

{annonce de plan} : Nous évoquerons dans une première partie que ce système est maintenu transparent comme le reste des milieux traversés par la lumière depuis l'air jusqu'à la rétine, dans un 2^e comment le cristallin, lentille convergente vivante, est à l'origine de la netteté des images sur l'écran qu'est la rétine et enfin en 3^e partie comment cette dernière, couche photosensible tristratifiée, convertit des signaux lumineux en électriques vers le cerveau via les axones des neurones ganglionnaires du nerf optique, à l'origine d'un champ binoculaire, sans zone aveugle, avec distinction des formes, couleurs, mouvements.

{Développement}

1/ LE SYSTÈME CRISTALLIN / RÉTINE EST TRANSPARENT, CE QUI RÉPOND À UNE CONDITION DE VISIBILITÉ NÉCESSAIRE

Quand nous regardons un objet, nous captions en réalité les rayons lumineux qu'il réfléchit dans l'air et qui entrent dans notre œil jusqu'à notre rétine. Ils traversent une 1^{ère} membrane transparente, la conjonctive, puis la cornée, elle aussi transparente qui reçoit les rayons lumineux et les réfracte très légèrement (les indices de réfraction des différents milieux de l'oeil très proches ne sont pas tout à fait identiques), l'humeur aqueuse, transparente puis à travers la pupille qui s'agrandit ou se rétrécit automatiquement selon l'intensité de la lumière. C'est l'iris qui contrôle le degré d'ouverture de la pupille. La lumière ajustée, passe alors à travers le cristallin. Montrons en quoi il est transparent comme les milieux traversés par ces rayons à sa suite : l'humeur vitrée et les 2 couches cellulaires de rétine.

A/ une anomalie de perte de transparence du cristallin justifie son importance dans la vision binoculaire nette : l'oeil non emmétrope à cataracte

Exemple célèbre d'atteinte de cataracte, Claude Monet (1840-1926), peintre impressionniste, installé à Giverny crée, en 1890, un jardin d'eau avec le bassin aux nymphéas qu'il peint plusieurs fois à partir de 1897. Quand les 2 yeux de l'artiste ont été atteints par la cataracte (étymologie = « chute d'eau »), les teintes se sont accentuées dans les rouges et les jaunes, les bleus ont eu tendance à disparaître, et les détails des peintures se sont estompés. Sa vue a baissé avec une impression de brouillard, un éblouissement à la lumière vive. Ce trouble est la 1ère cause de cécité dans le 1/3 monde. (> 1 personne/ 5 > 65 ans, > 1 / 3 à partir de 75 ans et 2 / 3 après 85 ans). L'opacification du cristallin avec l'âge et la perte de vision progressive par perte de transparence empêche donc une vision claire, nette. Les cellules en ruban ne possèdent plus ni l'information génétique ni les organites pour renouveler les cristallines, protéines formant normalement un gel transparent. Des micro-lésions s'accumulent avec le temps ainsi que les dommages causés par les rayons UV ou par exemple le diabète : elles sont irréversibles et les cristallines finissent par précipiter. La perte des pores appelées connexons permettant les échanges ioniques et de petites molécules entre cellules du cristallin entraîne un manque d'adhérence, l'accumulation de déchets et des défauts de transport de l'eau qui envahit les espaces intercellulaires => détachement les unes des autres => la lumière ne traverse plus librement le cristallin . Le seul traitement efficace demeure la chirurgie : on enlève le cristallin opaque et on le remplace par un cristallin artificiel avec des ultrasons : le pouvoir d'accommodation est perdu mais les prothèses récentes peuvent compenser ce handicap. Ainsi donc, la perte de transparence du cristallin s'avère problématique pour une vision nette.

B/ le tissu cristallin homogène est maintenu transparent dans l'oeil emmétrope

La lumière est plutôt une vibration énergétique pure (« ondulation qui brille ») qu'une substance matérielle, les photons peuvent être néanmoins considérés comme des « corpuscules-quanta » d'énergie se propageant sous forme d'ondes dont les variations de longueur d'ondes définissent le spectre électromagnétique, corrélable à la sensibilité des photorécepteurs dans le domaine du visible entre 380 et 675 nm.

Le trajet des rayons lumineux depuis les objets observés est une traversée progressive de 8 milieux transparents dont 7 dans l'oeil en comptant la rétine : - 1/ l'air- 2/ la conjonctive, 3/ la cornée (contenant très peu de cellules et une dizaine de couches de collagène, protéine structurale inextensible, très abondante dans l'organisme et présente dans le milieu intercellulaire) --> 4/ l'humeur aqueuse --> 5/ la pupille => 6/ le cristallin à 10³ couches cellulaires empilées sur 5 mm --> 7/ le corps vitré ou humeur vitrée --> 8/ la rétine

1/ à l'échelle tissulaire : différents constats sur le cristallin (étymologie = « glace »/ diamètre : 1 cm) peuvent être faits :

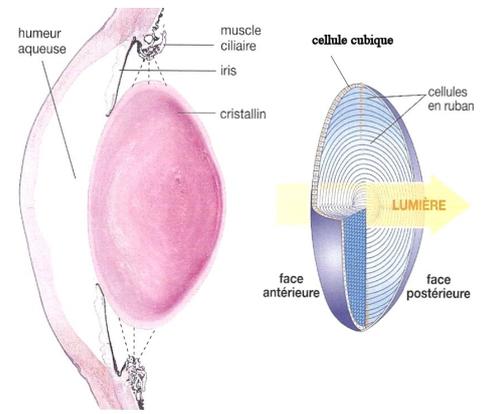
- a/ absence de vaisseaux sanguins : les rayons ne sont ni dispersés, ni réfléchis, ni absorbés, mais réfractés
- b/ enveloppement par une membrane acellulaire transparente
- c/ à multi-couches de cellules transparentes
- c/la régularité de l'arrangement des fibres du cristallin perpendiculaires à l'axe des rayons

2/ à l'échelle cellulaire : les cellules du cristallin ne sont jamais remplacées, ont un pouvoir de division limité dans le temps : de nouvelles cellules se forment et s'ajoutent en périphérie : les divisions débutent chez l'embryon et cessent vers 20 ans et ont une longévité exceptionnelle : sans organites, elles peuvent cependant rester fonctionnelles toute la vie (> 100 ans)! Elles s'allongent puis perdent ensuite leur noyau et leurs autres organites : leur cytoplasme (dans la partie centrale du cristallin) est constitué à > 90% de protéines, les cristallines, formant un gel optiquement très homogène et totalement transparent et à priori augmentant l'indice de réfraction et empêchant la précipitation des protéines et d'accroître la résistance des cellules au stress. Elles assurent leurs échanges métaboliques (eau, ions, glucose, déchets) avec les humeurs vitrée et aqueuse, par 2 types de canaux, qui assurent aussi l'adhésion intercellulaire : les aquaporines permettent le passage d'eau et les connexons celui des molécules organiques énergétiques indispensables à leur bon fonctionnement et ions dont la régulation des taux participe au maintien de la transparence ⇒ donc la transparence est bien entretenue, condition d'une vision binoculaire nette

C/ la rétine est également transparente dans un oeil emmétrope

La rétine traversée par les rayons issus des objets vus est liée à 2 sous-couches cellulaires de neurones (neurones ganglionnaires ou multipolaires puis bipolaires sans pigments) est elle est aussi transparente, fine membrane incolore jusqu'à l'épithélium pigmentaire qui lui derrière la couche de photorécepteurs contient des pigments absorbant la lumière échappant aux photorécepteurs et évite leur réflexion en participant donc à la réalisation d'une vision nette en agissant comme une couche absorbante. Les photorécepteurs capteurs cellulaires de photons lumineux tapissent le fond de l'oeil, la rétine globale étant maintenue par le corps vitré situé en avant (neurones), et la reine est inversée (on s'attendait à l'inverse de ce qu'on a constaté et le nom est resté car la couche cellulaire qui convertit les informations photoniques est en 3è position de ses 3 sous-couches en partant de l'avant de l'oeil et non en 1ère comme attendu et reçoit donc des rayons très peu déviés et ayant traversé 8 milieux homogènes transparents jusqu'aux opsines et rhodopsines des cônes et bâtonnets de notre rétine dont le logiciel l'oeil et la vision dans l'onglet photorécepteurs nous a montré qu'elles recevaient les photons de ces rayons au sein des disques des segments externes de leur structure intracellulaire.

Ainsi, la condition de visibilité « maintien de la transparence » des milieux traversés pour voir net sur la rétine écran est réalisée par l'œil emmétrope, en plus des autres : objet dans le champ de vision, suffisamment éclairé, réfléchissant la lumière via des rayons jusqu'à notre œil, notre système optique cornée/cristallin prenant le relais jusqu'à l'écran-rétine. Voyons maintenant en quoi le cristallin est la structure focalisante d'une quantité de lumière sur notre rétine (surtout centrale maculo-fovéale)



II/ LE CRISTALLIN EST UNE LENTILLE VIVANTE CONVERGENTE PERMETTANT L'ACCOMMODATION DES RAYONS DU CHAMP PERCU SUR L'ÉCRAN RÉTINIEN

A/ des troubles de sa forme et déformations entraînent des troubles visuels en lien avec la rétine pour un œil non emmétrope

Chez les astigmatés (3^e exemple de trouble, les 2 premiers figurent dans le tableau ci-après), on constate pour la grande majorité d'entre eux des anomalies de bordures (irrégulières) de la cornée supposée quasi-sphérique, pouvant n'entraîner aucun symptôme : il existe habituellement un léger astigmatisme cornéen qui est neutralisé par un astigmatisme cristallinien opposé. Habituellement congénital (possédé à la naissance, hérité génétiquement), il n'évolue pas ou très peu au cours de la vie, corrigible par des verres, des lentilles souples ou dures, ou encore une opération par laser arrondissant la forme de la cornée.

Les personnes atteintes d'un faible astigmatisme ont une bonne vue, mais il leur arrive souvent de plisser les yeux, de présenter des maux de tête ou des symptômes de fatigue oculaire ou encore de constater que leur vision est floue à certaines occasions. L'astigmatisme s'accompagne souvent de myopie ou d'hypermétropie. La vision est brouillée, déformée, imprécise à toutes les distances avec un brouillage sélectif des lignes verticales ou horizontales ou obliques et la confusion de lettres proches comme le H le M et le N, le E et le B, ou le 8 et le 0. L'image manque de netteté. ⇒ ainsi, le cristallin, si sa forme change, peut perturber la vision nette : on comprend donc l'importance de sa forme dans le phénotype « vision binoculaire nette ».

NB : la cornée est déformante et participe en premier à focaliser l'image des objets sur la rétine avant le cristallin

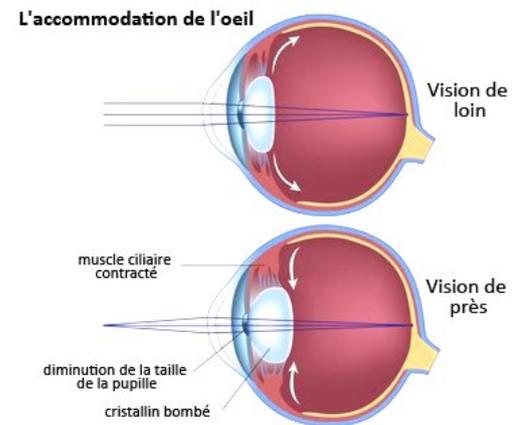
B/ élastique, il permet pour l'œil emmétrope une accommodation systématique sur la rétine

Une lentille est un milieu transparent limité par 2 surfaces dont l'une au moins n'est pas plane et après avoir traversé une lentille convergente, un faisceau lumineux issu d'une source éloignée converge en un point, une surface de faible étendue

NB : la cornée est une surface de réfraction transparente

constats :

- 1/ lorsqu'on focalise sur une pointe de stylo (alors nette), l'arrière plan est flou et si on fixe l'arrière plan, la pointe du stylo est à son tour : l'œil focalise donc : où ?
- 2/ lorsqu'on place un cristallin frais sur une lettre d'un texte, elle est grossie : le cristallin fait converger les rayons traversés à sa sortie
- 3/ l'observation d'un cristallin montre une forme biconvexe de face arrière plus « cambrée » que l'avant, il a une certaine tenue mais est déformable, flexible dans son épaisseur à la pression exercée par le doigt puisqu'il change de forme (on le voit ... à l'œil nu !) : il est élastique, ce qui laisse supposer qu'il est recouvert d'une paroi élastique ou que la somme des membranes cytoplasmiques de ses cellules reliées l'est. On parvient à extraire une couche protectrice, il est donc bien englobé (l'hypothèse « recouvrement par une enveloppe déformable » est validée)
- 4/ l'expérience avec un laser montre sur un cristallin très frais que la lumière le traverse et que sa déformation sur les bords de son épaisseur en appuyant avec une lame en verre permet de former un point net agrandi sur une feuille de papier en aval de celui-ci : le cristallin répond donc bien à la définition d'une lentille convergente, c'est un bon candidat pour expliquer le constat 1/ de focalisation
- 5/ au microscope optique (MO), l'extraction de fibres d'un fragment de cristallin montre des cellules transparentes hexagonales sans organites : les fibres corticales peuvent glisser les unes par rapport aux autres, ce qui est utile au cours de l'accommodation pour permettre au cristallin de se déformer. Le cristallin est bien un tissu vivant à double rôle : il permet à la lumière captée par l'œil et émise d'objets lointains de converger vers la rétine centrale (macula) où l'acuité est maximale en son centre (densité maximale en cônes à l'excentricité nulle), pour y former une image focalisée et nette. Quand le muscle ciliaire se contracte, les fibres zonulaires se relâchent et le cristallin, naturellement élastique, adopte une forme plus bombée. Ceci augmente le pouvoir



optique du cristallin (sa vergence augmente, capacité de convergence / focalisation), et permet l'accommodation : les rayons émis par les objets proches de l'œil étant alors focalisés sur la rétine.

L'HYPERMÉTROPIE	LA PRESBYTIE
<p>Si le cristallin n'est pas assez convergent (distance focale au repos trop grande), l'image d'un objet à l'infini se forme en arrière de la rétine : l'œil accommode alors en vision de loin or l'accommodation a des limites, la vision de près peut être perturbée.</p> <p>Remarque. L'œil hypermétrope peut être aussi trop peu profond avec un cristallin normal. Cela donne le même résultat.</p> <p>NB : on peut aussi choisir la myopie, cas inverse</p>	<p>Vers 45 ans : souvent, le cristallin perd peu à peu son pouvoir d'accommodation : le punctum proximum se rapproche du punctum remotum. Le sujet doit progressivement éloigner les textes qu'il lit mais sa vision de loin n'est pas affectée.</p> <p>Remarques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un myope n'aura pas besoin, pendant un certain temps, de corriger sa vision de près qui était meilleure que la moyenne (par contre sa vision de loin ne s'améliorera pas) - dans certains cas, la presbytie révèle une hypermétropie qui, si elle est légère, peut être compensée par un effort d'accommodation. Avec l'âge, la capacité d'accommodation diminuant, l'hypermétropie se révèle. La presbytie est alors précoce.

interprétation : le cristallin est bien une lentille-vivante convergente qui participe au phénotype « vision binoculaire nette »

Les muscles ciliaires du corps ciliaire (voir plus loin), partie avant de la choroïde, forment un anneau relié au cristallin par des ligaments suspenseurs (= zonule) et permettent de déformer le cristallin, dont on vérifie aisément la souplesse/déformabilité en le saisissant : on constate son changement de forme immédiat.

⇒ L'œil comporte donc une 1ère lentille naturelle située entre la conjonctive humidifiée en contact avec l'air extérieur et l'humeur aqueuse. L'épaisseur du cristallin au repos sans accommodation varie entre 3.5 et 5 mm et augmente au cours de la vie, d'environ 0.02 mm.an⁻¹ constamment

C/ sa déformabilité exploitée par les muscles ciliaires permet l'adéquate variation de vergence par changement de forme pour l'œil emmétrope

La particularité du cristallin en tant que lentille est de pouvoir modifier son angle de courbure, sous l'action des muscles du corps ciliaire, et donc sa vergence. Une image nette peut donc se former sur la rétine même si l'objet est proche de l'œil. C'est le phénomène d'accommodation.

ÉTAT DES MUSCLES CILIAIRES	DIAMÈTRE	CRISTALLIN	CONSÉQUENCES
RELÂCHÉS	∅ max : ligaments suspenseurs tendus et exercent des tractions sur le cristallin	forme aplatie	↘ pouvoir de convergence => accommodation de plus loin
CONTRACTÉS	∅ réduit : ligaments suspenseurs détendus : ↘ ∅ cristallin	forme bombée (car élastique)	↗ pouvoir de convergence => vision de plus près

D/ les conséquences de la modification de son épaisseur : oeil emmétrope et presbytie

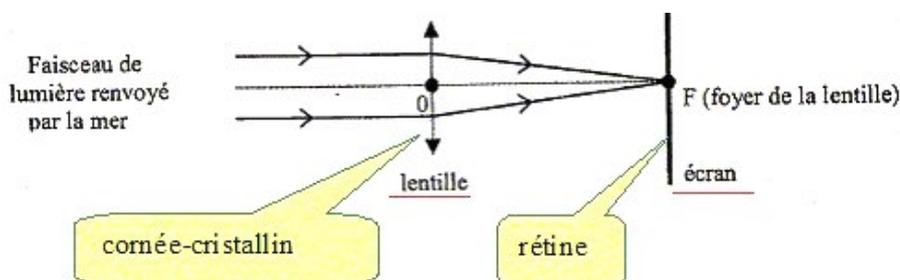
La distance focale de l'œil est maximale (17 mm pour l'œil humain) quand les muscles ciliaires sont au repos : dans ces conditions, l'œil n'accommode pas et on peut voir des objets situés à une distance maximale appelée punctum remotum, qui est infinie pour un œil emmétrope.

La distance focale de l'œil est minimale quand les muscles ciliaires sont contractés : l'œil biconvexe accommode : on peut alors voir nettement des objets situés à une distance minimale = le PP = le punctum proximum = le point le plus proche de netteté moins de 25 cm pour un œil normal moyen. On parle de "distance focale de l'œil" et non de celle du cristallin car l'œil est un système optique formé de plusieurs milieux convergents (cornée, humeur aqueuse, cristallin, humeur vitrée). En revanche,

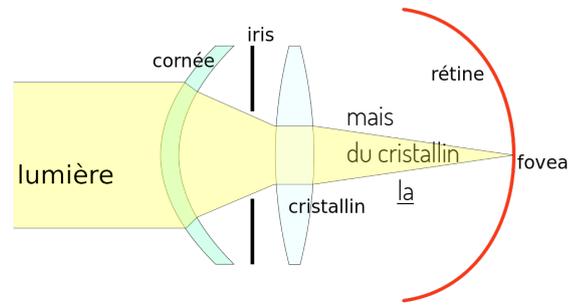
l'accommodation dépend uniquement du cristallin.

Le PP est faible chez les enfants puis augmente régulièrement avec l'âge.

La presbytie (du grec presbys πρεσβυς



= « vieil homme » ou « ancien »), est un trouble de la vision qui rend difficile la focalisation pour lire ou effectuer un travail de près. Ce n'est pas une maladie un processus de vieillissement normal de l'œil et plus particulièrement qui se sclérise en se durcissant. Ce processus du vieillissement commence dès naissance, mais son effet apparaît classiquement entre 40 et 45 ans. De plus, le grossissement du cristallin (20 μm par an) diminue l'effet de la contraction et du relâchement des muscles ciliaires.



La presbytie évolue rapidement entre l'apparition de son effet et 60 ans, ce qui nécessite de changer fréquemment la puissance des verres correcteurs. Après 65 ans, la presbytie est quasiment à son maximum d'effet et n'évolue par la suite presque plus.

NB : Chez les Poissons, le cristallin ne change pas de forme et reste constamment sphérique : l'accommodation se fait par déplacement du cristallin et non pas par déformation.

L'importance de cette épaisseur bien réalisée est souvent modifiée chez de nombreuses personnes sur Terre (voir B/) : ainsi, l'épaisseur du cristallin et sa capacité à se déformer qui en découlent sont importants pour avoir une vision binoculaire nette.

⇒ **Le système cristallin/ rétine est donc l'un des systèmes transparents de l'œil humain. Le cristallin est formé de cellules vivantes qui renouvellent en permanence leur contenu. Les modalités de ce renouvellement sont indispensables au maintien de sa propriété de transparence. Des anomalies de forme du cristallin, lentille convergente vivante, déformable et accommodante, expliquent certains défauts de vision (vision alors floue : hypermétropisme avec cristallin trop peu convergent, myopie avec œil trop convergent...). Avec l'âge, sa transparence (cataracte) et sa souplesse par changement d'épaisseur (presbytie) peuvent être altérés. Cela montre l'importance du maintien de toutes les fonctions de cet important système dans l'œil emmétrope pour une vue binoculaire nette.**

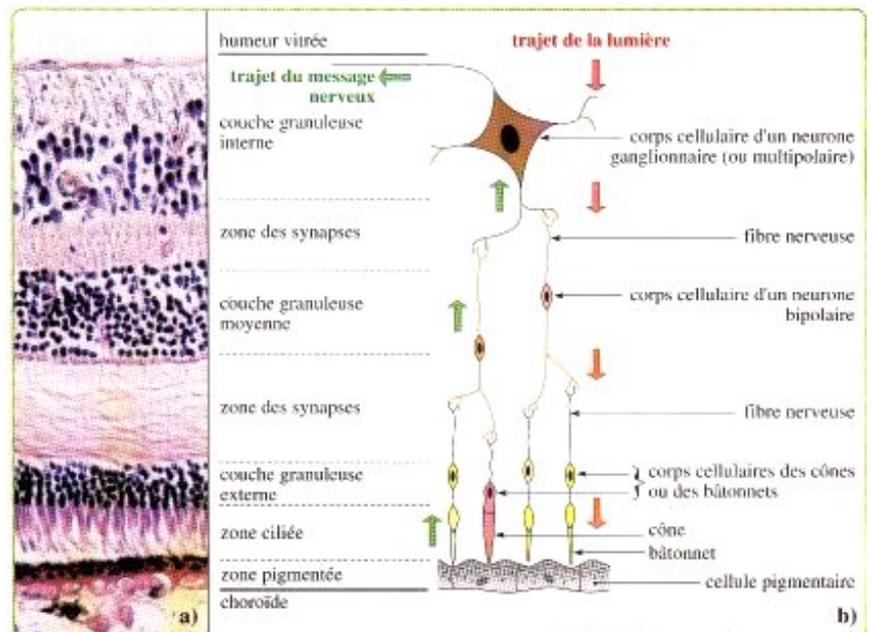
Que se passe-t-il ensuite au niveau rétinien vis-à-vis de cette lumière convergente concentré en rétine centrale ?

III/ LA RÉTINE PHOTOSENSIBLE DE L'OEIL EMMETROPE CONVERTIT LES INFORMATIONS LUMINEUSES INTENSITÉ / FRÉQUENCE D'ONDES EN MESSAGES NERVEUX AU CERVEAU EN 45 MS

A/ un tissu photosensible tristratifié

La rétine est bien l'écran de l'œil car son décollement (par exemple après un accident de la route grave) entraîne une perte de vision restituée au recollement. L'écran est donc capital pour voir net, tissu le plus profond de la paroi de l'œil, très délicat, photosensible, reposant sur une couche pigmentée (épithélium pigmenté), à celles photosensibles en 3^e position depuis l'avant de l'œil contenant dans leur disque externe qui les distingue des dizaines de millions de photopigments à rhodopsine pour les bâtonnets, mille fois plus sensible à la lumière que les opsines des cônes] Expérimentalement, seule l'implantation de microélectrodes au niveau de la couche photoréceptrices parmi les 3 de neurones dans la rétine montre des messages nerveux en réponse à des stimulations lumineuses : ce sont donc les cellules photosensibles.

Il existe 2 types de photorécepteurs spécialisés qui se distinguent par la forme de leur segment externe riche en disques contenant de nombreux pigments photosensibles : rhodopsine pour les bâtonnets, opsines (rouge, verte ou bleue) pour les cônes.



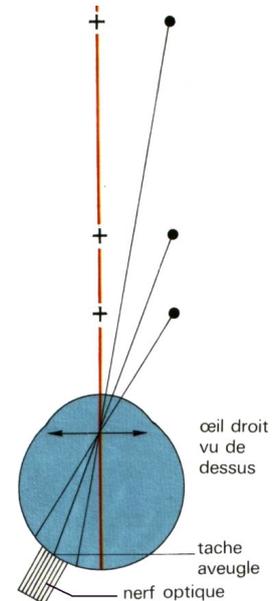
	COUCHE 1 = PHOTORÉCEPTEURS	COUCHE 2 = NEURONES BIPOLAIRES	COUCHE 3 = NEURONES MULTIPOLAIRES = CELLULES GANGLIONNAIRES
STRUCTURE	cellules réceptrices sensorielles de la couche, la plus éloignée du cristallin cônes et bâtonnets qui contiennent un pigment rétinien protéique, l'opsine (ou ionopsine, associé au rétinol) = à axones en contact avec les neurones bipolaires	auxquelles s'ajoutent cellules horizontales + cellules amacrines, à axones en rapport avec les dendrites et corps cellulaires des cellules multipolaires (ganglionnaires)	à l'origine des fibres du nerf optique
FONCTION	seules cellules rétinienne excitables par la lumière, = lieu de naissance des messages nerveux	transmettre et sommer les messages reçus des photorécepteurs vers les cellules multipolaires	acheminer au cerveau le message nerveux généré par les stimuli visuels à un instant t

B/ une interruption rétinienne sans photorécepteurs à chaque oeil : une vision nette binoculaire d'un oeil emmétrope implique un traitement cérébral compensateur

Une expérience facile appelée expérience de Mariotte (en 1660, le physicien Français Edme Mariotte permet pour la 1ère fois de mettre en évidence notre zone aveugle).
Lorsqu'on ferme notre oeil droit et qu'on fixe le + avec l'œil gauche situé à 12 cm sur la même ligne que le point puis qu'on avance ou recule de l'image lentement tout en continuant de fixer le +
constat/résultat (R) : le point noir disparaît lorsqu'il passe sur votre point aveugle à une certaine distance d de la feuille évaluée à cm permettant de trouver un angle d'environ 17° par un calcul de sa cotangente

interprétation (I) : il existe donc bel et bien une zone où les cellules photorécepteurs ne détectent pas la lumière appelée point aveugle, tache aveugle ou encore tache de Mariotte, une zone dans laquelle la rétine est dépourvue de photorécepteurs pour cette valeur d'angle entre 15 et 20° d'excentricité côté nez. Cependant, si nous suivons la logique, nous devons ressentir comme une zone manquante de notre vision puisque nous n'avons pas l'information de ce qui est réellement à cet endroit-là. Or, ce n'est pas le cas. Pourquoi ? Comment ? Dans cet exemple, le point noir est complété par un fond blanc de la page.

Si notre cerveau est capable de compléter notre vision au niveau du point aveugle, qui nous dit que ce n'est pas le cas avec tout le champ visuel qui est modifié par notre cerveau. Si cela se trouve, ce que nous voyons n'est peut-être pas exactement ce que la rétine perçoit. Mais une version modifiée de notre cerveau ! La compensation de la tache aveugle fait appel à la vision binoculaire : cette « tache » qui correspond anatomiquement à la papille optique (zone de jonction avec le nerf optique) se situe dans la zone binoculaire ; les 2 papilles optiques droite et gauche ne couvrent pas la même zone du champ visuel ; le cerveau « remplit » donc la zone « aveugle » d'une des 2 rétines par l'information fournie par l'autre œil, raison pour laquelle, les tests de mise en évidence de cette « tache » nécessitent de masquer un des 2 yeux. Une 2ème source de compensation peut être avancée : nous faisons en permanence des mouvements (du corps, de la tête, etc...) qui provoquent un glissement permanent du champ visuel sur la rétine (compensé par des microsaccades qui stabilisent le regard) ; le cerveau utilise également ces différentes images et « remplit » ainsi le « vide »



Expérience de Mariotte explication

C/ importance et fonctionnement des photorécepteurs dans la vision colorée

	CÔNES	BÂTONNETS
STRUCTURE	segment externe : en forme de cône segment interne : à organites classiques pigment : opsine R, V ou B => cônes R,V et B	segment externe : en forme de bâtonnet segment interne : à organites classiques pigment : rhodopsine qui absorbe toutes les longueurs d'onde du spectre de la lumière visible et n'intervient pas dans la vision des couleurs
NOMBRE	6,5 millions / oeil	100 millions / oeil

	CÔNES	BÂTONNETS
RÉPARTITION	surtout en zone centrale	surtout en zone périphérique
FONCTION	perception colorée	pas de perception des couleurs

VALEUR D'ANGLE (EN DEGRÉS)	ZONE CORRESPONDANTE RÉTINIENNE	CELLULES VISUELLES
0	fovéa (tache jaune)	cônes : densité maximale (160 000.mm ⁻²)
0 à 10	bord de la fovéa	moins de cônes, plus de bâtonnets
10 à 20	côté nasal : point aveugle côté temporal	rien cônes peu nombreux, max de bâtonnets (160 000.mm ⁻²)
20 à 30	rétine périphérique	bâtonnets peu nombreux, cônes nombreux
30 à 70		cônes peu nombreux, bâtonnets peu nombreux

constat : la vision sur les côtés n'est chez l'être humain pas terrible, on a plus tendance à centrer les objets observés en face de nous : pourquoi ?

⇒ La discrimination (distinction) des détails en périphérie est imparfaite car des centaines de photorécepteurs sont reliés à 1 seule cellule bipolaire et plusieurs bipolaires à une seule multipolaire ⇒ l'acuité visuelle est beaucoup plus importante en vision centrale (fovéa) qu'en périphérie. En effet, la convergence du réseau nerveux y est beaucoup moins marquée :

- à la fovéa : 1 photorécepteur ⇒ 1 neurone bipolaire ⇒ 1 neurone multipolaire
- près de la fovéa : 10 photorécepteurs ⇒ 5 neurones bipolaires ⇒ 1 neurone multipolaire
- en périphérie : 200 photorécepteurs ⇒ 10 neurones bipolaires ⇒ 1 neurone multipolaire

FAIBLE ÉCLAIREMENT : BÂTONNETS	FORT ÉCLAIREMENT : CONES
<p>fonctionnel en faible éclaircissement (vision crépusculaire) : très élevée (x 1000 celle des cônes) => seuil de stimulation faible</p> <p>seuls les bâtonnets sont fonctionnels : le grand nombre de disques de leur segment externe et les propriétés de leur pigment, la rhodopsine, les rendent <u>1000 fois plus sensibles à la lumière que les cônes</u></p> <p>la rétine périphérique, riche en bâtonnets, est donc la rétine fonctionnelle en faible éclaircissement</p> <p>la perception des couleurs est alors impossible, car les bâtonnets ont un pigment commun, la rhodopsine, qui absorbe les photons avec un maximum d'absorption à 498 nm et ne renvoient pas au cerveau d'information associée à une perception colorée</p> <p>tous les bâtonnets stimulés répondent de la même façon aux mêmes longueurs d'onde donc pour une intensité lumineuse donnée, la réponse d'un bâtonnet, qui dépend du nombre de photons absorbés, est la même pour une radiation de longueur d'onde de 450 nm (bleu-violet) ou 540 nm par exemple (vert-jaune) => pas de discrimination des couleurs</p>	<p>fonctionnel en éclaircissement plus important (vision diurne) : sensibilité bien plus faible => seuil de stimulation élevé</p> <p>seuls les cônes sont fonctionnels, les bâtonnets étant saturés : il en existe 3 qui diffèrent par leur pigment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - cônes bleus à opsine «bleue» à absorption max à 437 nm, bleu-violet, pigment S - cônes verts à opsine «verte» à absorption max à 533 nm, vert, pigment M - cônes rouges à opsine «rouge» à absorption max à 564 nm, jaune-rouge, pigment L <p>chaque type de cône ne peut isolément adresser un message spécifique d'une couleur précise : un cône va émettre le même message pour des radiations assez peu intenses qu'il absorbe beaucoup et des radiations plus intenses qu'il absorbe moins (l'absorption photonique sera la même). Mais un message venant de l'activité de 3 types de cônes sera, indépendamment de l'intensité lumineuse, caractéristique d'une longueur d'onde et donc d'une couleur précise : qu'un seul type de cône ou que plusieurs soient concernés, le message résultant ne sera jamais équivoque.</p>

La rétine inversée des Vertébrés est une structure complexe qui contient les photorécepteurs en 3^è position en son sein depuis l'avant de l'oeil, cellules photosensibles et récepteurs sensoriels de la vision. Chez l'Homme, elle contient des cônes bleus, verts et rouges permettant la perception colorée (3 types sensibles majoritairement au bleu, vert et orange/rouge respectivement par l'expression par millions d'exemplaires de leur opsine bleue, verte et rouge et les bâtonnets sensibles à des intensités lumineuses plus faibles. L'intégrité de la séquence des gènes des opsines permet leur fonctionnement correct et la vision trichromatique du monde : toute mutation d'un gène d'opsine entraîne une forme de daltonisme.

D/ des troubles de fonctionnement rétinien dans l'oeil non emmétrope : les daltonismes et la DMLA

1/ les daltonismes

ABSENCE TOTALE DE CÔNES (ACHROMATIE)	ABSENCE DE CÔNES VERTS ET ROUGES (MONOCHROMATIE)	ABSENCE DE CÔNES BLEUS	DALTONISME PLUS FRÉQUENT (JOHN DALTON, ANGLAIS, ATTEINT, 1ÈRE DESCRIPTION, 1794)
absence de vision colorée + vision peu précise avec uniquement recours à la vision périphérique rétinienne	meilleure perception des détails + netteté en fort éclairage mais perception colorée non assurée (un seul type de cônes fonctionnel)	affection très rare empêche la perception colorée violet/bleu/vert du spectre	absence de cônes verts ou rouges, tous 2 actifs dans des régions proches du spectre => impossibilité à distinguer les verts, jaunes, orangés, rouges, tous apparaissant en teintes jaunes, plus ou moins délavées : aucun daltonien ne confond exactement les mêmes couleurs mais en général le rouge et le vert sont affectés

2/ LA DMLA (voir exercice 3, pouvait être remis ci) : perte de cônes en vision centrale => perte d'acuité => gros handicap dans la vision binoculaire => montre l'importance d'une rétine fonctionnelle et des cônes dans l'oeil émmétrope

Bilan / Conclusion / Synthèse :

[résumé de la réponse à la problématique, somme des conclusions partielles des I/, II/ & III/] :

Le système cristallin / rétine induit une perception nette et transmet au cerveau des informations nerveuses concernant les images et objets perçus dans le champ visuel depuis la rétine où le cristallin a fait converger des rayons, éclairant suffisamment les photorécepteurs rétiens pour activer les cônes en vision diurne. Toute perte du maintien de sa transparence ou de son intégrité (forme, élasticité..) induit une perception floue du monde. Les axones des cellules ganglionnaires rétiennes véhiculent s'ils sont activés des messages nerveux codés en modulation de fréquence de signaux appelés potentiels d'action, au sein du nerf optique (environ 1,2 millions maximum par oeil) en direction du cerveau. Le glaucome est une maladie dégénérative du nerf optique entraînant une perte progressive de la vision commençant tout d'abord en périphérie et progressant graduellement vers le centre, souvent associée à une pression dans l'oeil élevée qui comprime et endommage les fibres du nerf. Dans d'autres cas, une circulation sanguine inadéquate entraîne la mort (nécrose) des cellules du nerf optique et de la rétine. La perte de vision associée au glaucome est permanente et irréversible. Sans traitement, cette maladie peut mener jusqu'à la cécité. Ainsi, un « bon » système cristallin/rétine ne suffit pas à réaliser une vision binoculaire nette colorée sans zone aveugle du monde. Nerf optique, voies visuelles et cortex visuel interviennent.

Synthèse pertinente (effort de mise en relation, d'articulation, des connaissances)	Éléments scientifiques complets	Rédaction et/ou schématisation correcte(s)	8
		Rédaction et/ou schématisation maladroite (s)	7
Synthèse maladroite ou partielle (peu de mise en relation, d'articulation des connaissances)	Éléments scientifiques complets	Rédaction et/ou schématisation correcte(s)	6
		Rédaction et/ou schématisation maladroite (s)	5
Aucune synthèse	Éléments scientifiques partiels	Rédaction et/ou schématisation correcte(s)	4
		Rédaction et/ou schématisation maladroite (s)	3
		Rédaction et/ou schématisation correcte(s)	2
		Rédaction et/ou schématisation maladroite (s)	1
		Pas d'éléments scientifiques (connaissances) répondant à la question traitée	0

[ouverture] **Comment ces derniers, suite du trajet informatif des millions de fibres des nerfs optiques permettent-ils de véhiculer puis traiter les messages nerveux pour la perception sans tache aveugle d'une vision binoculaire nette, colorée, détaillée avec perception des formes et mouvements durant un laps de temps de 45 ms ?**

EXERCICE 2 : QUESTION BAC DE TYPE 2.1 : PRS :
DES TROUBLES DE LA PERCEPTION COLORÉE DU CHAMP DROIT
 { 4 POINTS / 25 MIN }

Raisonnement scientifique rigoureux		Raisonnement maladroit	Pas de raisonnement structuré	
Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant tous les éléments scientifiques issus des documents.	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant de manière incomplète les éléments scientifiques issus des documents	Des éléments scientifiques issus des documents sont cités et reliés le plus souvent entre eux, mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle	Quelques éléments scientifiques issus des documents sont cités mais sans lien entre eux ni avec la problématique	Pas ou très peu d'éléments scientifiques pertinents issus du document
3 points	2,5 points	1,5 à 2 points	1 point	0 point

De quoi souffre Mr X ? S'agit-il de sa rétine, ses voies et / ou aires visuelles ?

<u>constats (C)</u>	<u>interprétations (I)</u>	<u>bilan : hypothèse explicative de conclusion (C)</u>
<p>- 1/ <u>on nous dit qu'aucun problème rétinien n'est présent lors des examens</u></p>	<p>il n'a donc aucun problème rétinien</p>	<p>c'est un problème d'aire visuelle dans le cortex visuel gauche occipital : il n'a pas d'anomalie dans son cortex visuel primaire (aires V1 et V2) puisqu'il analyse parfaitement formes, mouvements dans son champ global</p> <p>son déficit visuel se limite à une atteinte cérébrale au niveau de l'aire visuelle occipito-temporale V4 associée aux couleurs dans son cortex visuel gauche puisque son champ droit central est associé aux <u>fibres issues de l'hémi-rétine-temporale gauche et son champ droit périphérique à celles issues de l'hémi-rétine nasale droite</u> qui finissent aussi dans le cortex visuel de l'hémisphère cérébral gauche</p> <p>un AVC a du en conséquence d'un manque de dioxygène et de métabolites énergétiques entraîné une lésion cellulaire réversible ou non</p>
<p>- <u>2/ Mr X ne voit plus les couleurs dans son champ visuel droit mais bien à gauche : il identifie correctement les objets puisqu'il les décrit bien dans son champ droit</u></p>	<p>- les nerfs optiques droit et gauche sont intacts</p> <p>- ses voies aussi</p> <p>-</p>	

EXERCICE 3 : QUESTION BAC DE TYPE 2.2 : PRS : LECTURE ET PLASTICITE CEREBRALE { 6 POINTS / 1 H 15 MIN }

Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Tous les éléments scientifiques issus des documents et des connaissances sont présents et bien mis en relation. Le propos est étayé par un (des) schéma(s) bien choisi(s) scientifiquement rigoureux et bien construits.	5
	Les éléments scientifiques issus des documents et des connaissances, sont bien choisis, bien mis en relation et complets mais accompagnés de schéma(s) de médiocre qualité (ou inversement)	4
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Des éléments scientifiques issus des documents et des connaissances bien choisis mais incomplets et insuffisamment mis en relation. Le propos est étayé par un (des) schéma(s) bien choisi(s) scientifiquement rigoureux et bien construits.	3
	Des éléments scientifiques issus des documents et des connaissances bien choisis mais incomplets et insuffisamment mis en relation. Le propos est étayé par un (des) schéma(s) de qualité médiocre	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Quelques éléments scientifiques pertinents issus des documents et/ou des connaissances sans mise en relation. Présence d'un ou de plusieurs schémas de qualité médiocre	1
	De très rares éléments scientifiques issus des documents ou des connaissances, sans mise en relation. Pas de schéma.	0

Eléments scientifiques des docs et des connaissances => tous présents/incomplets et bien mis/insuffisamment en relation / incomplets
Schéma(s) => bien choisi, rigoureux, bien construit/qualité médiocre/pas de schéma

En quoi l'apprentissage de la lecture qui implique la reconnaissance des mots fait intervenir la plasticité cérébrale ?

La plasticité cérébrale est la capacité cérébrale permanente de remodelage par réorganisation des synapses et réseaux neuronaux en relation avec les stimuli mais également avec sa propre structure.

Montrons que l'apprentissage de la lecture associée à la reconnaissance des mots est liée à cette plasticité. Etudions pour cela le cas de lésions des zones concernées par comparaison avec notre IRM témoin .

Les enregistrements réalisés sur le sujet n°1 (**document 1**) servent d'enregistrement témoin et permettent de localiser les aires activées lors de la lecture dans l'hémisphère gauche et les 2 aires activées sont occipitales (à l'arrière du cerveau) et temporales (il y a notamment le cortex visuel et des zones liées à la mémoire). Les zones lésées chez le sujet n°2 comportent les zones activées chez le sujet n°1 donc celles activées lors de la lecture (document 2). Ces zones étant lésées, la lecture est impossible. Mais si les mots sont épelés ou tracés sur la peau, c'est possible : cela fait appel à d'autres sens, respectivement ouïe et toucher, dont on peut supposer que les aires de traitement des messages reçus ne sont pas dans la zone lésée ni celles impliquées dans la mémoire des mots. La plasticité cérébrale diminuant avec l'âge, on peut penser qu'il va recouvrer très peu de capacités de lecture.

Le sujet n°3 a subi une ablation partielle de l'encéphale contenant la partie des aires dédiées à la lecture (**document 3**). Lésée chez un adulte (sujet n°2), la lecture n'est plus possible alors que le sujet n°3 jeune ayant eu l'ablation de ces zones à 4 ans est capable de lire. Mais on constate sur le **document 4** que les aires activées lors de la lecture chez ce sujet, sont localisées dans l'hémisphère droit contrairement aux autres individus : il y a eu réorganisation anatomofonctionnelle cérébrale chez cet enfant.

Bilan : Ainsi, cette enfant possède une aire de reconnaissance des mots bien qu'elle ne possède pas la partie de cerveau qui contient normalement cette aire : cela ne peut s'expliquer que par une capacité de réorganisation cérébrale avec un territoire néodédié à la fonction de reconnaissance des mots : cela traduit bien un cas de plasticité cérébrale, d'autant plus importante qu'on est jeune (cas 3)