cles ont tous une insertion commune à la trachée, et ils se fixent d'autre part aux premiers anneaux de la bronche correspondante à chaque glotte. Indépendamment de ces muscles *intrinsèques*, il y a encore d'autres muscles chargés d'abaisser la trachée, et de diminuer ainsi la longueur du tuyau vocal. La longueur du tuyau vocal peut être d'ailleurs modifiée aussi par l'action des muscles élévateurs de l'os hyoïde, lequel est relié au cartilage thyroïde, comme chez les mammifères. Les élévateurs et les abaisseurs de la trachée ne sont pas sans influence non plus sur la tension ou le relâchement des lèvres glottiques du larynx inférieur; quand les premiers agissent, ils tendent ces lèvres, tandis que les seconds les relâchent.

Ce qui prouve bien manifestement que le larynx inférieur est l'organe vocal des oiseaux, c'est que la voix ne paraît pas sensiblement modifiée quand on coupe la trachée au-dessous du larynx supérieur (chez un mammifère, cette section est suivie de l'aphonie complète). D'un autre côté, on peut produire des sons assez variés avec le larynx inférieur des oiseaux, après qu'on a enlevé le larynx supérieur.

La voix des oiseaux se produit, comme chez les mammifères, par les vibrations des lèvres glottiques. Le rôle de la membrane semi-lunaire qui surmonte la traverse osseuse du tambour n'est pas très bien déterminé; il est probable, cependant, qu'elle entre aussi en vibration au moment où la voix se produit. Le tambour est un organe de renforcement analogue aux ventricules du larynx des mammifères. Les différences de longueur du tuyau vocal, déterminées par le jeu des muscles abaisseurs et élévateurs de la trachée, ont bien plus d'étendue chez les oiseaux que chez les mammifères. Elles entraînent sans doute des modifications importantes dans la hauteur du ton (Voy. § 255).

Reptiles. — Parmi les reptiles, quelques-uns ont une véritable voix: tels sont les grenouilles, les crapauds et d'autres batraciens. La cavité du larynx présente sur les côtés des replis membraneux, qui, partant de la base des cartilages aryténoïdes, méritent, à proprement parler, le nom de cordes vocales. C'est là que se produit le bruit du *coassement*. Les grenouilles mâles présentent en outre, de chaque côté du cou, sous l'oreille, un appareil de renforcement consistant en une poche membraneuse élastique, qui s'ouvre dans la bouche sur les côtés de la langue, et qui se gonfle quand l'animal coasse.

Bruits produits par les insectes. — Les insectes produisent des bruits remarquables, en général, par leur acuïté. Les insectes respirent par des trachées, et n'ont rien qui ressemble à un larynx. Le bruit qu'ils produisent résulte soit du frottement de quelques parties du corps les unes contre les autres, soit d'ébranlements déterminés par le jeu des muscles dans des organes spéciaux. Quelques insectes produisent le bruit en frottant leurs cuisses dentelées contre le bord externe de leurs élytres, ou leurs élytres l'une contre l'autre; d'autres frottent leurs élytres contre les anneaux de l'abdomen, ou les anneaux du thorax les uns contre les autres. D'autres, comme les cigales, présentent sur les côtés du corps une petite membrane sèche, tendue sur un cadre corné, à laquelle ils impriment des oscillations répétées, à l'aide de muscles qui agissent sur la membrane de la même manière que les muscles de la chaîne des osselets de l'ouïe sur la membrane du tympan, c'est-à-dire par des mouvements répétés de tension et de détente. D'autres insectes produisent des bruits qui ne dépendent pas du jeu de leurs organes, mais bien de chocs plus ou moins précipités

contre les corps sur lesquels ils sont placés: tels sont divers insectes qui rongent le bois, et qui frappent soit avec leurs mandibules, soit avec l'extrémité de leur abdomen résistant.

CHAPITRE III

SENS DE LA VUE

§ 268.

Définition. — La vue ou la vision est une sensation particulière qui nous décèle la présence des corps, et nous donne la notion de plusieurs de leurs propriétés sensibles (couleur, figure, volume, état de repos ou de mouvement, etc.). Les objets qui impressionnent l'organe de la vision agissent à distance; ils n'entrent point en contact immédiat avec l'organe du sens, l'œil ne les touche point. Il y a, entre l'œil qui voit et les objets qui sont vus, un agent intermédiaire, véritable excitateur de l'œil. Cet agent intermédiaire, qui vient *impressionner* les parties sensibles de l'œil, est la lumière. On peut donc définir la vue: le sens à l'aide duquel nous connaissons les corps *lumineux* (que ceux-ci soient lumineux par eux-mêmes ou par réflexion).

Pour que les phénomènes de la vision s'accomplissent, et nous parlons de la vision suffisamment perfectionnée pour permettre de distinguer la figure, la situation et la couleur des objets, trois conditions sont nécessaires. Premièrement, les corps doivent être lumineux: ce qui revient à dire que l'*excitant* du sens de la vue est indispensable à son action. En second lieu, la membrane sensible (rétine) sur laquelle vient agir la lumière doit être intacte et communiquer avec le système nerveux central par l'intermédiaire d'un conducteur (nerf optique), chargé de transmettre les impressions jusqu'au sensorium. Troisièmement, enfin, il faut encore qu'entre la membrane sensible à la lumière et l'objet lumineux existe un appareil qui reproduise sur cette membrane l'*image* de ces objets. Cette troisième condition peut être réalisée de deux manières: ou bien par une multitude de tubes convergents, pourvus d'opercules transparents, destinés à reproduire isolément sur la membrane sensible, convexe, une sorte de mosaïque des divers points des objets éclairés, ainsi qu'on le voit dans les yeux à facette des insectes (Voy. § 305); ou bien, comme chez les animaux supérieurs, par un appareil réfringent (le globe de l'œil) destiné à rassembler à la surface concave de la rétine les rayons émanés des objets éclairés.

Diverses parties accessoires de l'œil concourent aussi, mais indirectement, à l'accomplissement de la sensation visuelle. Tels sont les muscles oculaires, qui donnent au globe de l'œil sa mobilité; les glandes lacrymales, les paupières, les cils et les sourcils, qui protègent les milieux transparents de l'œil et maintiennent les qualités nécessaires au passage des rayons lumineux au travers de leur substance.

SECTION I

Conditions physiques de la vision. — Optique physiologique.

§ 269.

Rôle du globe de l'œil. — La présence d'un appareil spécial (globe de l'œil) placé sur le trajet des rayons lumineux, entre l'excitant (lumière) et la membrane sentante (rétine), a, dans les phénomènes de la vision, une importance capitale, et dont il est facile de se rendre compte. On peut se convaincre, en y réfléchissant un instant, que si l'appareil optique, représenté par le globe de l'œil, était réduit, à l'instar du sens de l'odorat et du goût, à une simple membrane sensible (représentée ici par la rétine), la vision des objets serait impossible.

Nous savons, en effet, que la lumière rayonne dans toutes les directions; et si nous supposons un point lumineux, isolé dans l'espace, nous ne concevons pas un seul point de l'espace où il soit invisible, et dans lequel, par conséquent, il n'envoie ses rayons. Au lieu de l'espace infini, envisageons par la pensée une rétine, ou plus simplement un écran MN (Voy. fig. 199), et supposons que cet écran reçoive sur sa surface les rayons émanés d'un point lumineux *a;* ce point éclairera *toute* la surface MN. Supposons un second point lumineux *b*, celui-là éclairera également et simultanément *tous* les points de la surface MN; un troisième point lumineux *c* éclairera de même également, et en même temps, *tous* les points de la surface MN.

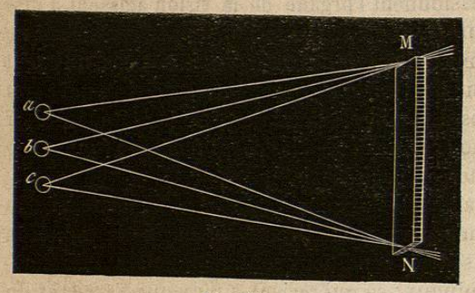

Fig. 199.

D'où il résulte que chacun des points d'un objet lumineux ferait naître, *dans le même temps*, la sensation de lumière sur la totalité du plan représenté par la membrane sentante. Les cônes lumineux M*a*N, M*b*N, M*c*N, irradiés de chacun des points *a*, *b*, *c*, se superposant les uns aux autres, et agissant simultanément sur toutes les parties du plan MN, chacune des sources lumineuses *a*, *b*, *c* ne pourrait être distinguée comme source séparée, ni, par conséquent, être rapportée à sa position relative. En supposant donc une rétine *nue*, dépourvue d'appareil optique, il est évident que la *figure* des corps ne pourrait nous être donnée par le sens de la vue; tout au plus aurions-nous (comme quelques animaux inférieurs, dans lesquels le sens de la vue n'est, à proprement parler, que le sens de la lumière) la notion vague et confuse de la clarté du jour et de l'obscurité de la nuit. De là la nécessité, en avant de la rétine, d'un organe qui réunisse et contracte en foyers chacun des faisceaux de lumière émanés des *divers points* d'un objet; de telle sorte qu'ils agissent, non plus sur la surface entière de la rétine, mais sur des points isolés et déterminés de cette surface, et qu'ils s'y disposent suivant le même ordre. Tel est, en effet, le rôle du globe

de l'œil. Le globe de l'œil, composé de milieux transparents et réfringents, agit donc à la manière de la lentille JR (Voy. fig. 200). Lorsque les cônes de lumière émanés des points *a*, *b*, *c*, ont traversé la lentille JR, ils ne frappent plus le plan MN que suivant les points *a'*, *b'*, *c'*, au lieu d'en éclairer confusément toute la surface [1].

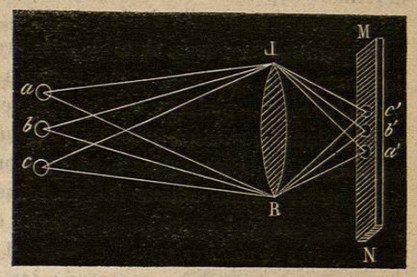

Fig. 200.

Nous suivrons, dans l'étude du sens de la vue, l'ordre naturel des phénomènes; nous étudierons d'abord le mécanisme de la vision ou la formation des images dans l'œil, c'est-à-dire que nous envisagerons le globe de l'œil comme appareil d'optique. Nous examinerons ensuite le rôle que jouent dans la vision la rétine, le nerf optique et l'encéphale, et enfin les différentes parties de l'appareil protecteur du globe oculaire.

Le globe de l'œil. — Les milieux transparents. — La rétine. — Rappelons sommairement la constitution du globe oculaire.

La charpente du globe de l'œil est essentiellement formée par une coque fibreuse, blanche, opaque, la *sclérotique* (Voy. fig. 201), laquelle se continue en avant avec la *cornée transparente c*. La sclérotique, membrane épaisse et résistante, donne à l'œil sa forme et sa solidité, et contient, appliquées contre elle, deux autres membranes beaucoup plus fines, qui se terminent sur les contours de la cornée transparente; l'une, immédiatement appliquée sur la sclérotique, porte le nom de *choroïde* (*g*, fig. 201); l'autre située en dedans de la choroïde et appliquée contre elle (la troisième, par conséquent, par ordre de superposition), est la *rétine* (*r*, fig. 201).

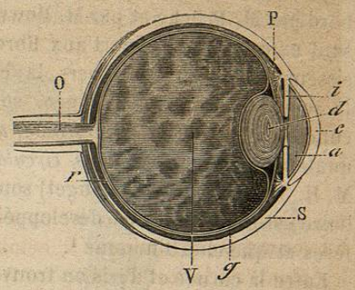

Fig. 201.

c, cornée transparente.
S, sclérotique.
g, choroïde.
r, rétine.
a, humeur aqueuse.
i, iris.
P, procès ciliaires.
d, cristallin.
V, corps vitré entouré de la membrane hyaloïde.
O, nerf optique.

La *cornée transparente* (d'une épaisseur de 1 millimètre environ) complète en avant la sclérotique; elle est, au point de vue physiologique, le premier des milieux transparents que doit traverser la lumière qui pénètre dans l'œil.

La *choroïde*, membrane cellulo-vasculaire, supporte la plupart des vaisseaux du globe de l'œil, qui évitent ainsi le champ de la vision; elle contient entre les mailles de son tissu, surtout à sa face interne, et en grande abondance, les cellules pigmentaires qui donnent à l'intérieur du globe oculaire une grande ressemblance avec une chambre noire.

[1] Les lentilles, en faisant converger les rayons lumineux émanés des objets, *renversent* en même temps les images des objets. Nous étudierons plus loin ce phénomène, et aussi son interprétation dans la vision.

Les *procès ciliaires p* (fig. 201) peuvent être considérés comme un épaississement de la choroïde; on y trouve les mêmes éléments anatomiques. Régulièrement disposées autour du cristallin, les saillies triangulaires qui les forment ressemblent à une sorte de fleur radiée.

Au point où la cornée s'unit à la sclérotique, et dans l'intérieur du globe de l'œil, une sorte de diaphragme, continu sur sa circonférence avec la choroïde, coupe perpendiculairement l'axe visuel, c'est l'*iris i* (fig. 201), percé à son centre d'une ouverture mobile, la *pupille*. De même que la choroïde, cette membrane est très vasculaire, et on trouve à sa face postérieure des cellules pigmentaires en abondance (uvée). L'iris, qui mesure près d'un millimètre d'épaisseur, contient dans son épaisseur deux ordres de fibres musculaires lisses; les unes *circulaires* groupées surtout vers le centre pupillaire, innervées par le nerf moteur oculaire commun; les autres, rayonnées ou radiées, se dirigeant du centre de l'iris vers la circonférence (innervées par le grand sympathique).

Outre ce diaphragme musculaire et contractile, il y a dans la choroïde elle-même d'autres fibres musculaires groupées sous forme de muscle, et qui prennent un rôle des plus importants pour la régularisation de la vision; nous voulons parler du *muscle ciliaire*. Le muscle ciliaire, muscle à fibres lisses (Voy. plus loin fig. 226), est composé, de même que l'iris, de deux parties : 1° de fibres *rayonnées*; 2° de fibres *circulaires*. Les fibres *rayonnées* de ce muscle (décrit d'abord par M. Brücke et par M. Bowmann sous le nom de *tenseur* de la choroïde) sont externes par rapport aux fibres circulaires, s'insèrent en avant à un épaississement fibreux placé vers la circonférence de l'iris, au point d'union de la sclérotique et de la cornée, se dirigent en arrière, et se perdent dans la couche moyenne de la choroïde, au delà de l'*ora serrata*, avant d'arriver à l'équateur de l'œil. Les fibres *circulaires* du muscle ciliaire (décrites d'abord par M. H. Müller et par M. Rouget) sont placées sous les précédentes. Le muscle ciliaire est beaucoup plus développé chez certains oiseaux que chez les mammifères et que chez l'homme [1].

Entre la cornée et l'iris on trouve un espace rempli d'un liquide transparent, l'*humeur aqueuse a* (fig. 201), qui ne renferme que de très faibles proportions de matières organiques et de matières salines.

Derrière l'iris et immédiatement appliqué contre la portion pupillaire de sa face postérieure on trouve le *cristallin d* (fig. 201) entouré d'une membrane d'enveloppe (capsule cristallinienne ou cristalloïde) amorphe, élastique, transparente comme le cristallin lui-même (tapissée intérieurement d'une couche de cellules capables de reproduire le cristallin quand il est enlevé). Le cristallin est constitué par une substance molle, butyreuse, dont la consistance augmente de la superficie vers la profondeur. Examiné à l'aide des instruments grossissants, on constate que cette substance est composée d'éléments transparents disposés en couches concentriques très régulières, séparables (quand on a solidifié le cristallin à l'aide de la chaleur ou de l'alcool) comme les couches d'un oignon (Voyez fig. 202). Chaque couche est elle-même composée d'éléments prismatiques disposés comme des rayons autour du point central; ces éléments forment plusieurs groupes, qui dans l'ensemble du cristallin représentent des hyperboles

[1] Chez beaucoup d'oiseaux de haut vol, ce muscle est composé de fibres musculaires striées. Il en est de même de l'iris.

qui figurent en avant et en arrière du cristallin une sorte d'étoile à 3 branches dont le point central correspond à l'axe antéro-postérieur de la la lentille [1].

Le cristallin est maintenu en place par une membrane transparente, élastique, très résistante, *la zône de Zinn*. La zône de Zinn résulte de l'union de la membrane limitante interne de la rétine très épaissie avec la membrane hyaloïde [2]. Elle va de l'*ora serrata* au cristallin, au niveau de la circonférence duquel elle se fixe à la cristalloïde. La zône de Zinn par sa face externe offre des replis qui s'engrennent avec les lamelles des procès ciliaires.

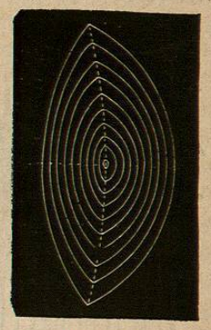

Fig. 202.

Le *corps vitré* (V, fig. 201), placé entre la face postérieure du cristallin et la rétine, remplit la plus grande partie du globe de l'œil. C'est une humeur demi-solide contenue dans une membrane transparente, *membrane hyaloïde*. Cette membrane présente quelques prolongements transparents dans le corps vitré, et adhère intimement par sa face externe avec la membrane limitante interne de la rétine.

La *rétine* (*r*, fig. 201), qu'on peut considérer comme une sorte d'épanouissement du nerf optique *o*, est une membrane nerveuse très compliquée. Lorsque le nerf a traversé la sclérotique et la choroïde il s'épanouit, entre la membrane hyaloïde qui est en avant et la choroïde qui est en arrière, de telle sorte que les fibres nerveuses arrivées au contact de la membrane hyaloïde, s'infléchissent en arrière pour se *terminer* au contact des éléments pigmentaires de la choroïde (voy. fig. 203).

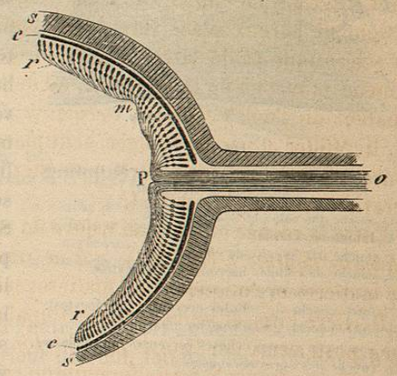

Fig. 203.

FIGURE SCHÉMATIQUE (Mathias Duval).

S, sclérotique.
c, choroïde.
r, rétine.
o, nerf optique
P, papille du nerf optique d'où rayonnent les fibres.
m, fosse ou fossette centrale.

Sur le vivant, la rétine est une membrane transparente, que la lumière traverse comme elle traverse les milieux transparents qui la précèdent; et l'impression lumineuse se fait sur la surface de la rétine au contact de la choroïde pigmentée. Telle est la disposition générale de la rétine. Un mot sur l'arrangement anatomique des éléments nerveux qui la composent. Les anatomistes distinguent dans la rétine un certain nombre de couches superposées depuis la surface de la membrane hyaloïde jusqu'à la surface de la choroïde. Cette expression de *couches* ne doit pas être prise à la lettre. Ces couches ne sont pas des plans distincts et

[1] On trouve *sur le cadavre* de l'homme, entre la capsule cristallinienne et le noyau central du cristallin une couche tout à fait liquide. C'est là une altération cadavérique. Sur l'œil très frais des suppliciés, il n'y a pas de liquide, mais seulement une différence de consistance.

[2] La membrane hyaloïde après avoir concouru à la formation de la zône de Zinn s'en sépare pour recouvrir la partie antérieure du corps vitré en passant derrière la cristalloïde postérieure (c'est cette séparation qui engendre le canal godronné).

absolument isolables. Cela veut dire qu'examinées à l'aide des instruments grossissants, les coupes ou tranches de la rétine présentent des zônes successives dans lesquelles les éléments nerveux, *en continuité les uns avec les autres*, présentent (de la surface hyaloïdienne à la surface choroïdienne) des aspects particuliers.

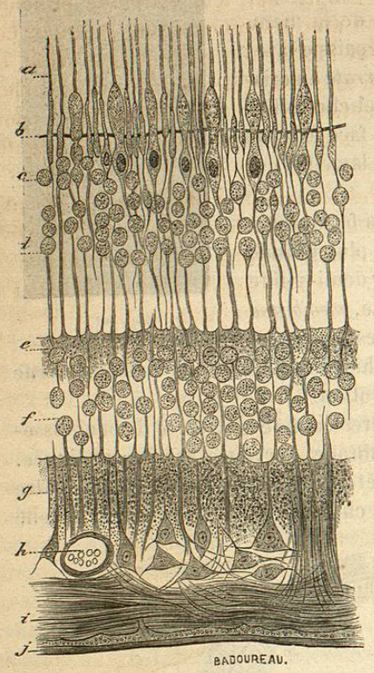

Fig. 204.

LA RÉTINE (d'après une préparation de M. Desfossés, et un dessin de M. Cadiat).

a, couche des cônes et des bâtonnets.
b, limitante externe.
c, couche des noyaux de cônes.
d, couche de cellules nerveuses (myélocytes).
e, couche granuleuse ou amorphe.
f, autre couche de cellules nerveuses (myélocytes).
g, autre couche granuleuse ou amorphe.
h, couche de grosses cellules nerveuses multipolaires.
i, couche des fibres nerveuses.
j, limitante interne.

On peut ainsi distinguer dans la rétine, dix couches, ou tout au moins huit couches ou zônes, qui sont, à partir de la surface hyaloïdienne à la surface choroïdienne : 1° la limitante interne ; 2° la couche des fibres nerveuses ; 3° une couche de cellules nerveuses ; 4° la couche granuleuse ou amorphe ; 5° une nouvelle couche de cellules nerveuses ; 6° la couche des noyaux de cônes ; 7° la limitante externe ; 8° la couche des bâtonnets et des cônes (Voy. fig. 204).

La *limitante interne*, extrêmement mince, hyaline, transparente, en rapport en avant avec la membrane hyaloïde, se confond avec elle au niveau de l'*ora serrata*, pour former la zone de Zinn ; elle paraît être un plan de séparation de nature conjonctive plutôt qu'une membrane nerveuse. La couche des fibres nerveuses paraît constituée non par des fibres nerveuses complètes, mais par des cylindres-axes transparents, grisâtres, qui se sont dépouillés de leur gaîne de Schwann au moment où le nerf optique perfore les membranes oculaires, et de leur myéline pendant le trajet intra-oculaire du nerf optique. Irradiés en tous sens les cylindres-axes peuvent être suivis jusqu'aux confins de la rétine c'est-à-dire jusqu'à la zone de Zinn. A la couche des fibres nerveuses succède une *première couche de cellules* nerveuses séparée d'*une seconde couche* par une *couche granuleuse* très mince composée d'une matière amorphe parcourue par des prolongements fibrillaires. La première couche de cellules renferme des cellules plus grosses que la seconde [1].

La *couche des noyaux de cônes* (*grains de cônes* de M. Kölliker) se relie par des prolongements avec les cellules dont nous venons de parler, et, de l'autre côté, avec les cônes, au travers de la *limitante externe*.

Les *cônes et bâtonnets* constituent au point de vue physiologique la partie la plus intéressante de la rétine. Ils représentent l'extrémité terminale de l'épa-

[1] Les cellules de la première couche mesurent environ $0^{mm},05$ de diamètre ; celles de la seconde couche environ $0^{mm},02$.

nouissement du nerf optique : ils sont, en d'autres termes, la porte d'entrée des impressions du sens de la vue. Les *bâtonnets* sont des cylindres allongés, réguliers, homogènes, très altérables, d'une longueur de $0^{mm},05$, d'une épaisseur de $0^{mm},01$. Leur extrémité choroïdienne est coupée net, leur extrémité profonde s'effile pour se mettre en communication avec les couches sous-jacentes. Les *cônes* sont des bâtonnets dont le segment interne (ou profond) est renflé en forme de massue. Les cônes sont également constitués par une substance homogène, brillante, très altérable. Ils se mettent, comme les bâtonnets, en communication, au dedans, avec les autres couches de la rétine par des extrémités effilées qui se portent vers les *noyaux de cônes*.

Du côté de l'extrémité choroïdienne des bâtonnets et des cônes existe une couche très abondante de pigment qui s'infiltre en quelque sorte entre les extrémités des cônes et des bâtonnets et leur forme comme des gaînes qui appartiennent plutôt à la rétine qu'à la choroïde. Il est vraisemblable que les cônes et les bâtonnets ne sont pas des éléments essentiellement différents.

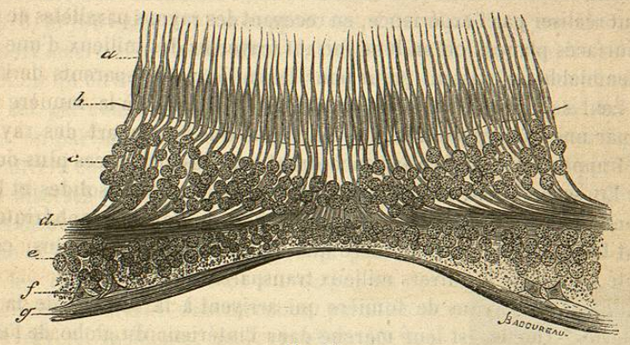

Fig. 205.

LA RÉTINE, AU NIVEAU DE LA PARTIE CENTRALE DE LA TACHE JAUNE (d'après M. Cadiat).

a, couche de cônes (les bâtonnets n'existent pas).
b, limitante externe.
c, couche de cellules nerveuse.
d, couche intermédiaire granuleuse ou amorphe (parcourue par des éléments nerveux très fins).
e, couche de cellules nerveuses.
f, cellules nerveuses multipolaires et couche des fibres nerveuses.
g, limitante interne.

Le point de la rétine correspondant à l'entrée du nerf optique, situé un peu en dedans et en bas de l'axe antéro-postérieur de l'œil, fait une légère saillie qu'on désigne sous le nom de *papille* (ou de punctum cœcum). Dans la papille qui mesure environ $1^{mm},5$ de diamètre on ne trouve pas les divers éléments de la rétine, mais seulement les fibres du nerf optique.

Un peu en dehors de la papille du nerf optique, à $2^{mm},5$ de l'entrée du nerf optique, à l'extrémité du diamètre antéro-postérieur de l'axe optique de l'œil, on voit sur la rétine une petite surface de 1 millimètre carré de surface jaunâtre, elliptique, qu'on désigne sous le nom de *tache jaune*. La partie moyenne de cette tache est légèrement déprimée et forme ce qu'on appelle la *fossette centrale*. Au niveau de la fossette, ou *fovea centralis*, il y a une diminution d'épaisseur de toutes les couches de la rétine (Voy. fig. 205) ; en outre, on n'y trouve pas de bâtonnets, mais seulement des cônes, et ces cônes y sont plus minces et plus nombreux que partout ailleurs. Dans les parties marginales de la tache jaune on distingue quelques bâtonnets. La rétine entière mesurant