

du côté droit a son image sur le *punctum cæcum* et, par suite, ne peut être aperçu.

Pour les autres parties de la rétine, la sensibilité est très différente; elle est à son maximum sur la *tache jaune* (qui est précisément au *pôle postérieur* de l'œil) et va en diminuant vers la partie antérieure; ainsi au niveau de l'équateur de l'œil, elle est 150 fois moins considérable que vers la *macula lutea*; en effet, en regardant deux fils très rapprochés, mais que l'on distingue cependant l'un de l'autre, si l'on dispose l'œil de manière à ce que leur image vienne se produire successivement sur la tache jaune et puis vers l'équateur de l'œil, on constatera que, dans ce dernier cas, pour que les deux fils restent distincts, il faut qu'il soit 150 fois plus écartés l'un de l'autre que lorsqu'ils se peignent sur la tache jaune; cette expérience est tout à fait identique à celle des pointes de compas dont l'écartement nous a servi à mesurer le degré de sensibilité de la peau (V. p. 532).

La tache jaune doit donc être le point essentiel de la vision directe. Aussi ce n'est guère que d'elle que nous nous servons pour voir nettement, et les mouvements du globe oculaire sont destinés à amener toujours l'image des objets examinés sur ce point extrêmement sensible. La surface entière de la rétine est à peu près égale à 15 centimètres carrés; la surface de la tache jaune n'est que de 1 millimètre; nous ne nous servons donc, pour la vue distincte, que de la 1500^e partie de la surface rétinienne. Aussi, en lisant, ne voyons-nous distinctement à la fois que deux ou trois mots, dont l'image se fait précisément sur la tache jaune, et pour lire toute la ligne, il faut que l'œil la parcoure successivement, c'est-à-dire amène l'image de tous les mots sur le point sensible. Pour déterminer exactement le nombre de lettres, c'est-à-dire la longueur, la surface qui peut venir se peindre distinctement sur la rétine, on fixe, dans l'obscurité, les yeux sur la page d'un livre, puis à la lueur d'un éclair ou d'une étincelle électrique, on distingue un certain nombre de lettres; les dimensions calculées en partant de cette donnée correspondent exactement aux dimensions connues de la tache jaune.

Ce n'est pas tout que de connaître les variations de sensibilité que présentent les diverses régions de la rétine, il faut encore considérer cette membrane dans son épaisseur et voir si, parmi les nombreuses couches que nous avons précédemment énumérées, il n'en est pas une qui soit plus spécialement sensible, qui renferme l'élément essentiellement impressionnable à la lumière. Une expérience très simple nous permet d'arriver à une solution assez satisfaisante de ce problème :

c'est l'expérience connue sous le nom d'*arbre vasculaire de Purkinje*, qui consiste dans la perception des vaisseaux ou plutôt de l'ombre des vaisseaux de la rétine elle-même. Ces vaisseaux, situés dans les couches antérieures de la rétine, projettent continuellement leur ombre sur les couches postérieures de cette membrane, et il est à supposer *a priori* que si nous ne percevons pas normalement cette ombre, c'est par le fait de l'habitude; il s'agissait donc de savoir si elle ne peut pas être visible par quelque artifice, qui consisterait à la projeter sur des points autres que les points habituels. C'est ce qu'on obtient de la manière suivante¹ : Si, dirigeant le regard vers un fond obscur, on place une bougie allumée, soit au-dessous, soit à côté de l'œil (fig. 160), les rayons partis de cette source lumineuse (B) sont concentrés par le cristallin sur une partie très latérale de la rétine, puisque la source lumineuse (la bougie) est très en dehors du centre visuel. Cette image rétinienne de la bougie constitue alors elle-même une source lumineuse intérieure (B') assez forte pour envoyer dans le corps vitré une quantité de lumière relativement considérable. Sous l'influence de cette lumière, il est facile de le comprendre, les vaisseaux rétiens (C et D) projettent leur ombre sur les couches postérieures de la rétine, mais la projettent en des points autres que les points habituels (C' et D'). Cette ombre sera déplacée et portée

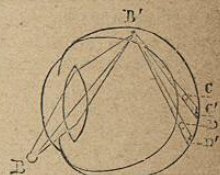


FIG. 160 — Expérience de Purkinje *

du côté opposé à celui de la source lumineuse rétinienne, c'est-à-dire du même côté que la bougie (source lumineuse primitive). On voit alors apparaître dans le champ visuel, éclairé d'un rouge jaunâtre, un réseau de vaisseaux sombres qui représentent exactement les vaisseaux rétiens, tels qu'on les dessine d'après une préparation anatomique (*arbre vasculaire de Purkinje*).

Les *couches postérieures* de la rétine sont donc sensibles à la lumière; mais cette même expérience nous permet d'indiquer avec plus de précision quelle est, parmi les couches postérieures, la couche sensible. Des mouvements que manifestent les ombres des vaisseaux, quand on déplace la source lumineuse, c'est-à-dire de la grandeur apparente du mouvement qu'elle effectue, dans le champ visuel l'arbre vas-

¹ V. Helmholtz, *Optique physiologique*. Traduct. franç. par E. Javal et Th. Klein. Paris, 1867, p. 214.

* B, Bougie placée à côté de l'œil, c'est-à-dire aussi latéralement que possible par rapport au centre de la cornée; — B', source lumineuse intérieure, formée par les rayons lumineux que le cristallin concentre sur une partie très latérale de la rétine; — C, D, deux vaisseaux de la rétine (l'épaisseur de la rétine a été extrêmement exagérée ici, pour donner de la clarté à ce dessin schématisé). On voit que l'ombre de ces deux vaisseaux est projetée en D' et C'.

culaire, Helmholtz, par un procédé mathématique que nous ne pouvons indiquer ici, a pu déduire que la couche qui perçoit ces ombres est éloignée de ces vaisseaux d'une distance précisément égale à celle que les mensurations microscopiques (sur les coupes de rétine) nous montrent entre la couche où se trouvent les vaisseaux et la membrane de Jacob; *la couche sensible de la rétine est donc représentée par la couche des cônes et des bâtonnets.*

Du moment que nous arrivons à localiser la sensibilité dans l'une des couches de la rétine, dans sa couche la plus postérieure, nous ne pouvons plus nous contenter de cette vaine formule que *la rétine est un écran*, et nous regarder comme satisfaits après avoir conduit la lumière, à travers les milieux de l'œil, jusqu'à la surface de la sphère rétinienne. Ainsi que Desmoulins, puis Rouget l'ont établi, les rayons lumineux traversent sans les impressionner toutes les couches de la rétine; ils arrivent ainsi jusqu'à la surface de contact des bâtonnets et de la choroïde; là ils sont réfléchis, et, le centre optique coïncidant sensiblement avec le centre de courbure de la rétine, la réflexion a lieu sensiblement dans la direction de l'axe des bâtonnets et des cônes. Mais les *segments externes* des cônes et des bâtonnets, ainsi que l'a démontré Schultze¹, se composent de petites lamelles superposées, qui, vu leur structure et leurs propriétés optiques, ne peuvent être considérées comme des éléments impressionnables: ces appareils ne peuvent servir qu'à modifier la lumière. On tend généralement aujourd'hui à admettre qu'il se passe à ce niveau, au moment où la lumière réflétée par le *miroir choroïdien* (Rouget) revient à travers la rétine, une transformation particulière qui est comme l'intermédiaire obligé entre le phénomène physique de la lumière et le phénomène physiologique de l'excitation nerveuse. Sans vouloir préciser la nature intime de l'acte qui se produit à ce niveau, on peut penser qu'il s'agit là d'une *transformation de force*; en d'autres termes, le mouvement lumineux (vibrations de l'éther) se transforme en mouvement nerveux (vibration nerveuse, V. p. 33 et 138). Les portions externes des cônes et des bâtonnets sont incapables de recevoir elles-mêmes les impressions lumineuses, mais elles constituent des appareils de transformations des ondulations lumineuses, c'est-à-dire les agents spéciaux de transmission du mouvement de la lumière au nerf optique.

Les récents travaux de Boll et Kühne semblent de nature à fournir quelques renseignements sur cet acte de *transformation* du mouvement lumineux en mouvement nerveux, ou du moins sur un acte chimique corrélatif à cette transformation: nous voulons parler de la découverte du *rouge* ou *pourpre rétinien*, des conditions de sa production et de sa destruction. Ces auteurs ont montré, en effet, que, dans l'obscurité, les segments externes des bâtonnets se chargent, par le

¹ V. le résumé de ces recherches in Duval. *Structure et usage de la rétine*. Paris, 1873, thèse d'agrég. et art. RÉTINE, du *Nouveau Dict. de médecine et de chirurgie pratiques*.

fait de leur nutrition chez l'animal vivant, d'une matière rouge (pourpre rétinien) qui, lorsque l'animal est amené à la lumière, disparaît seulement dans les parties frappées par les rayons lumineux (parties claires de l'image rétinienne); c'est donc la destruction du pourpre rétinien qui représente l'acte chimique corrélatif à la transformation en question. Ajoutons que ce fait a fourni à ces auteurs le sujet de très curieuses expériences: comme l'immersion dans une solution d'alun rend le pourpre rétinien inaltérable à la lumière, le fixe, en un mot, ils ont pu, après avoir placé un animal (grenouille ou lapin) devant une fenêtre vivement éclairée, en sacrifiant aussitôt après cet animal et immergeant le globe oculaire dans l'alun, obtenir des rétines qui donnaient une véritable épreuve photographique (rouge) de l'image de la fenêtre (avec ses barres transversales et ses ouvertures éclaircies); ils ont donné à ces images le nom d'*optographes*.

Les segments internes des cônes et des bâtonnets seraient donc les organes essentiellement impressionnables à la lumière. Quant aux différences de fonctions correspondant aux différences de formes et de structure que l'on trouve entre les *cônes* et les *bâtonnets*, elles paraissent se rapporter, d'après les recherches de Schultze, à ce que les bâtonnets percevraient seulement les *différences d'intensité* que peut présenter la lumière, tandis que les cônes seraient impressionnés par les *différences qualitatives* de la lumière, c'est-à-dire par les *couleurs*. Ainsi l'histologie comparée nous montre que les cônes manquent complètement chez les nocturnes (chauve-souris, hérisson, taupe). Or, nous savons que l'on ne peut dans l'obscurité distinguer les couleurs. De même les oiseaux de nuit manquent complètement de cônes et n'ont que des bâtonnets: cela doit leur suffire pour distinguer des différences quantitatives et non qualitatives de lumière. Au contraire, les oiseaux diurnes, surtout ceux qui font leur proie de petits insectes aux couleurs brillantes, possèdent un nombre relativement beaucoup plus grand de cônes que l'homme et les autres mammifères.

Et en effet les expériences de Charpentier ont montré que les sensations de lumière et les sensations de couleur sont le résultat de deux fonctions bien distinctes, qui, intimement fusionnées dans l'exercice habituel de la vision, peuvent être nettement isolées l'une de l'autre par l'analyse physiologique, la sensation de couleur étant essentiellement variable suivant le point de la rétine considéré et suivant de nombreuses conditions expérimentales, indépendamment de la sensibilité lumineuse; mais, réciproquement, la sensibilité lumineuse peut changer dans certaines conditions pendant que la sensibilité aux couleurs reste constante. Ainsi l'œil reposé dans l'obscurité jouit d'une sensibilité lumineuse très supérieure à celle de l'œil qui n'a pas cessé d'être en activité, mais pour l'un comme pour l'autre œil, on trouve le même minimum pour l'appréciation de chaque couleur, c'est-à-dire que la sensibilité chromatique n'est pas modifiée par l'exercice ou par le repos. Pour expliquer l'action du repos de l'œil sur la sensibilité lumineuse, on peut invoquer les faits signalés par Boll, à savoir qu'il

existe dans la rétine une substance chimique de couleur rouge, que la lumière decolore et qui se régénère dans l'obscurité, et admettre par suite que le nerf optique est excité, non pas directement par la lumière, mais indirectement par la modification chimique que la lumière produit dans le rouge rétinien : le repos de l'œil, dans l'obscurité, produirait donc une augmentation de la sensibilité lumineuse par le fait de la présence, dans cet œil, d'un excès de substance rouge photochimique ¹.

Cette hypothèse est confirmée par l'expérience suivante : Quand on présente à un œil qui sort du repos de l'obscurité une couleur pure, cet œil ne voit pas une couleur saturée, mais une couleur fortement mélangée de blanc ; c'est qu'il s'ajoute à l'impression chromatique pure une forte impression de lumière blanche, comme on l'obtiendrait à l'aide des mélanges de couleur et de blanc par les disques rotatifs de Chevreul.

Les impressions produites sur la rétine présentent certaines particularités intéressantes à étudier : ainsi ces impressions *persistent* un certain temps après que l'objet lumineux a cessé d'agir, et si des impressions lumineuses très courtes se succèdent rapidement, elles finissent par se confondre en une impression continue. Tout le monde sait qu'un charbon ardent agité vivement devant les yeux produit l'effet d'un ruban ou d'un cercle de feu, parce que l'impression qu'il a produite en passant devant un point de la rétine persiste encore lorsqu'il y revient après une révolution, et qu'ainsi ces impressions successives se continuent les unes avec les autres de manière à représenter tout entier, et sous des traits de feu, le chemin parcouru par le point lumineux.

D'autre part, un objet très lumineux, placé sur un fond noir, nous paraît toujours plus grand qu'il n'est en réalité ; au contraire, un objet noir ou peu éclairé, placé sur un fond très lumineux, nous paraît plus petit qu'il n'est. On admet pour expliquer ce fait que les parties très lumineuses ébranlent non seulement les points de la rétine où elles viennent se peindre, mais encore les points les plus voisins, de façon à empiéter sur les images des parties moins éclairées : aussi a-t-on désigné ce phénomène sous le nom d'*irradiation*. C'est ainsi qu'un triangle blanc, placé sur un fond noir, nous paraît plus grand qu'il n'est, et de plus ne se présente pas avec des bords rectilignes, mais comme limité par des lignes courbes, avec des bords convexes, en un mot ; un triangle noir, sur un fond blanc, nous paraîtra, au contraire, plus petit et avec des bords plus concaves. Dans la figure 161, le carré blanc sur fond noir paraît plus grand que le noir sur blanc, quoique les deux carrés aient exactement les mêmes dimensions. Une surface partagée en lignes également épaisses et alternativement blanches et noires nous semblera cependant contenir plus de blanc que de noir, les lignes blanches paraissant plus larges que les autres : c'est pour cela que les monuments gothiques, noircis par le temps, se projetant

¹ Aug. Charpentier, *Les sensations lumineuses et les sensations chromatiques* (Compt. rend. Acad. des sciences, mai 1878, et nov. 1881).

sur un ciel brillant, nous paraissent plus légers, plus élancés que les monuments récents de pierres blanches.

Presque tous les phénomènes si nombreux connus sous le nom d'*illusions d'optique*, peuvent se ramener aux phénomènes de *persistance* et d'*irradiation* des images sur la rétine. Il faut y ajouter des excitations qui ont leur source dans la rétine même (*images subjectives*,

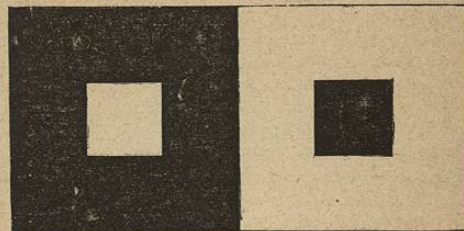


FIG. 161. — Irradiation.

perceptions entoptiques). Les principales sont dues aux modifications de la circulation. Les vaisseaux de la rétine (p. 584) peuvent se congestionner et exercer alors sur les éléments rétinien des compressions qui, faibles, excitent la membrane sensible, fortes, la paralysent. Ainsi quand on baisse et relève brusquement la tête, on obtient des *sensations visuelles subjectives*, composées de points brillants et de points noirs qui semblent se peindre dans l'œil. Beaucoup de cécités tiennent à des troubles vasculaires de la rétine, troubles qu'on peut constater sur le vivant par l'usage de l'ophtalmoscope. D'autres images entoptiques curieuses se présentent lorsqu'on regarde au microscope, surtout lorsqu'on n'a pas placé d'objet au foyer de cet instrument : ce sont des *mouches volantes*, sous l'aspect d'amas de petits globules ronds, tous à peu près d'égal volume, et mêlés à quelques filaments flexueux. Ch. Robin a démontré que ces images sont dues à la projection sur la rétine de l'ombre des globules et des filaments (éléments du tissu muqueux, ou tissu connectif embryonnaire) qui sont suspendus dans le *corps vitré*.

Un point qui a beaucoup intrigué les physiologistes, c'est que nous voyons les objets droits et dans leur position normale, quoique sur la rétine les images soient renversées ; l'explication est facile. Nous voyons les objets droits et non renversés, parce que notre esprit transporte à l'extérieur toutes les impressions qui se font sur la rétine, et en transporte tous les points dans la direction que les rayons lumineux ont dû suivre, pour venir impressionner telle ou telle partie de la membrane sensible : en d'autres termes, à chaque partie du champ rétinien correspond une partie du champ visuel extérieur, et ces

deux champs sont liés si nécessairement l'un à l'autre, que tout ce qui se passe dans le premier est reporté au second dans la place qu'il doit y occuper. Ainsi quand nous regardons un objet au point de fatiguer la rétine et d'y faire persister l'image, alors même que nous fermons les yeux, cette image continue à être vue droite et non renversée. On ne saurait dire s'il y a un effet de l'*habitude* et de l'*éducation* des sens, car on rapporte des cas d'aveugles de naissance qui, au moment où la vue leur fut rendue, virent aussitôt les objets droits et non renversés¹.

Il faut aussi rechercher quelles sont les conditions de la *vue simple avec les deux yeux* : pour qu'un point, qui vient faire son image dans les deux yeux et par suite donne lieu à deux impressions rétinienne, ne produise qu'une seule impression dans les organes nerveux centraux, sur le cerveau, il faut qu'il vienne se peindre sur *deux points similaires* des deux rétines : chaque fois que nous voyons double, comme dans le *strabisme*, c'est qu'il y a défaut de symétrie entre les

¹ Nous nous sommes élevés plus haut. (Voy. p. 588) contre la vieille formule qui identifiait la rétine à un écran pur et simple ; nous avons vu qu'il ne suffit pas de conduire le rayon lumineux jusqu'à la rétine, qu'il faut le suivre et l'étudier dans cette membrane. Or, cette étude, faite précédemment (p. 588), nous donne précisément les éléments capables de nous expliquer la nécessité de la *vue droite avec les prétendues images renversées*. On sait que la compression mécanique d'un point de la rétine donne lieu à une image lumineuse (phosphène, p. 584), qui nous semble située dans le champ visuel du côté opposé à celui où se fait la compression (V. Serre d'Uzès, *Essai sur les phosphènes ou anneaux lumineux de la rétine*. Paris, 1853). « Cette situation de l'image subjective des phosphènes, dit Rouget, image diamétralement opposée à la région de la rétine excitée (quoique cette image soit complètement indépendante des phénomènes optiques de la vision) démontre que toutes les impressions communiquées aux extrémités des nerfs rétinien par l'intermédiaire des bâtonnets (V. p. 587) sont reportées au dehors de l'œil dans la direction des axes prolongés des bâtonnets. Les axes prolongés s'entre-croisent au centre de courbure de la rétine (dans l'œil), puisque les bâtonnets sont ordonnés suivant les rayons de cette courbure ; après leur entre-croisement, ils ont, en dehors de l'œil, dans la place où se produit l'image subjective, une direction inverse à celle des bâtonnets eux-mêmes, les axes prolongés des bâtonnets de la région supérieure de la rétine correspondant à la partie inférieure de l'image subjective (phosphène), ceux de la région inférieure à la partie supérieure, etc. Cette inversion se produit également quand, au lieu d'un corps solide (extrémité du doigt pour les phosphènes), c'est une image renversée formée sur le miroir choroidien (p. 588) qui fait vibrer, après réflexion, les bâtonnets dans la direction de leur axe. De cette façon, le *renversement physique* (optique), résultant de l'entre-croisement des rayons lumineux au point nodal, est composé et annulé. En un mot, l'image, renversée par les conditions optiques de l'œil, est redressée par le mécanisme physiologique des sensations reportées à distance du point excité, comme sont reportées loin du point excité les sensations de fourmillement périphérique (Voy. p. 96, *Excentricité des sensations*) résultant de congestions médullaires : ou, mieux encore, comme les sensations des moignons des amputés sont rapportées à l'extrémité des doigts. »

points ébranlés dans chaque rétine (Voy. p. 44). Mais il faut ajouter que la nécessité de l'impression sur *deux points similaires, identiques* des deux rétines, n'est que le résultat de l'*habitude*, que rien sous ce rapport n'est *préétabli* et fatalement lié à une disposition anatomique, comme le voulait la *théorie nativistique* de J. Müller. Aujourd'hui, après les belles études de Helmholtz, la *théorie empiristique* doit remplacer la *théorie nativistique*. Ne nous suffit-il pas de faire des préparations sous le microscope composé, qui renverse les images, pour apprendre à diriger, sans réflexion, nos mouvements d'après une perception visuelle qui est l'inverse de celle à laquelle nous sommes habitués ? Les strabiques ne s'habituent-ils point à fusionner les images fournies par des points non identiques des deux rétines, et cette habitude ne devient-elle pas assez grande pour que la diplopie se manifeste lorsque, après opération et retour de l'œil à sa position normale, les images viennent se faire, cette fois, sur des points identiques¹ ?

Quant à la vue des reliefs, c'est une perception de l'esprit. Le stéréoscope ne produit une illusion aussi complète que parce qu'il offre à l'esprit, tout résolu ; le travail que celui-ci eût dû résoudre lui-même. En un mot, d'après la conclusion même de Helmholtz, dans la stéréoscopie, deux sensations, reconnaissables l'une de l'autre, arrivent simultanément à notre conscience ; leur fusion en une notion unique de l'objet extérieur ne se fait pas par un *mécanisme préétabli* de l'excitation de l'organe des sens, mais par un *acte de conscience*.

Sur toutes les questions de ce genre, l'histoire des aveugles-nés qu'on vient d'opérer est décisive. Au moment où ils recouvrent la vue, ils éprouvent les mêmes *impressions* visuelles que nous ; mais leurs centres des *perceptions* visuelles n'ont pas fait, dans leurs rapports avec les autres centres, la même éducation que les nôtres : ce qui leur manque, c'est ce que nous avons acquis. Le plus souvent, au moment où, pour la première fois, ils voient le monde extérieur, ils croient que tous les objets qu'ils aperçoivent touchent leurs yeux ; ils ne savent ni situer, ni interpréter leurs impressions rétinienne².

Annexes de l'œil. — Les annexes de l'œil sont : les *muscles* destinés à mouvoir le globe oculaire ; et l'*appareil lacrymal*, qui protège la partie antérieure, la partie libre de ce globe.

Muscles de l'œil. — Si l'on réfléchit un peu d'étendue de la partie vraiment sensible de la rétine, on concevra de quelle utilité sont les mouvements du globe oculaire. En effet, l'œil peut être considéré comme un tube assez étroit, que nous tournons dans tous les sens, pour faire parvenir dans sa partie profonde médiane

¹ Voy. E. Javal, art. *DIPLOPIE* du *Nouv. Dict. de méd. et de chirur. prat.*, t. XI, p. 653.

² Voy. l'histoire bien connue de l'aveugle de Cheselden, in H. Taine, *De l'intelligence*, t. II, ch. II.

l'image des objets extérieurs. Ces mouvements sont opérés par les muscles du globe oculaire. Ce sont d'abord les *muscles droits*, dont l'action est facile à comprendre; les uns sont *élevateurs* ou *abaisseurs* (droit supérieur et inférieur); les autres *abducteurs* ou *adducteurs* (droit externe et droit interne); les droits internes sont surtout importants, car ils servent à faire converger les deux axes visuels vers un objet que l'on regarde avec les deux yeux. Par leurs combinaisons, ces muscles donnent lieu à tous les mouvements possibles. Cependant on trouve un second groupe de deux muscles destinés à opérer les mouvements de *rotation du globe sur son axe antéro-postérieur*. Ce sont les deux *obliques*. L'étude exacte des points d'insertion ou de réflexion de ces muscles (poulie du grand oblique) montre qu'ils doivent tous deux diriger la pupille en dehors, et lui faire subir de plus un mouvement de rotation qui, pour l'œil droit, par exemple, sera dans le même sens que les aiguilles d'une montre sous l'influence du grand oblique, et en sens inverse sous l'influence du petit oblique. Ces mouvements de rotation paraissent destinés à contre-balancer ceux de la tête et à maintenir l'œil droit lorsque nous inclinons la tête d'un côté ou de l'autre.

De plus, les muscles obliques se dirigent d'avant en arrière, puis- qu'ils vont s'insérer à l'hémisphère postérieur du globe de l'œil; ils doivent donc tirer ce globe en avant, et si ce mouvement coïncide avec celui des muscles droits, qui tirent légèrement le globe en arrière, et surtout avec celui du sphincter palpébral qui le comprime d'avant en arrière, il doit en résulter une sorte de compression du globe de l'œil. Cette compression est destinée à éviter les trop violentes congestions de l'œil, qui est alors serré comme une éponge que l'on exprime. Et en effet, dans les efforts violents qui congestionnent la tête, on ferme instinctivement les yeux et on contracte avec force toute les puissances musculaires qui y sont annexées; les enfants, qui crient parfois avec une telle violence que leur face en devient toute turgide, ferment alors énergiquement les yeux et contractent sans doute en même temps les muscles obliques¹.

¹ Voy. à ce sujet une étude très originale de Darwin sur les mouvements de la face, dans leurs rapports avec l'expression des émotions pénibles et tristes: « Quand les enfants crient fortement, l'action de crier modifie profondément la circulation, le sang se porte à la tête et principalement vers les yeux, d'où résulte une sensation désagréable; on doit à Ch. Bell l'observation que, dans ce cas, les muscles qui entourent les yeux se contractent de manière à les protéger; cette action est devenue, par l'effet de la sélection naturelle et de l'hérédité, une habitude instinctive. Parvenu à un âge plus avancé, l'homme cherche à réprimer en grande partie sa disposition à crier, parce qu'il a reconnu que les cris sont pénibles; il s'efforce aussi de réprimer la contraction des muscles corrugateurs, mais il ne peut arriver à empêcher celle des

A l'étude des muscles de l'œil se rattache celle des muscles des paupières; ces muscles sont au nombre de deux: le *releveur de la paupière supérieure* et le *sphincter palpébral* ou *orbiculaire*. Le *releveur* ne se repose à l'état de veille que dans des instants très courts, et par saccades, au moment du clignement. Le *sphincter palpébral* est, comme tous les sphincters, formé de fibres en anse ou en anneau, mais il présente de chaque côté, et surtout en dedans, des adhérences osseuses, de vraies insertions, de telle sorte qu'en ce contractant il réduit l'ouverture palpébrale à une fente transversale et non à un point; c'est que, de plus, les voiles palpébraux contiennent dans leur épaisseur de fortes couches de tissus fibreux résistants (dits *cartilages torses*). Les fonctions de ce sphincter semblent supplémentaires de celles de l'orbiculaire de l'iris; il se contracte comme ce dernier d'une manière réflexe, sous l'influence de sensations rétinienne, par exemple, lorsque la lumière est trop vive; mais il se contracte aussi sous l'influence de réflexes dont le point de départ est sur la cornée. Aussi est-il difficile de tenir l'œil ouvert quand un corps étranger touche la surface antérieure de la cornée; les maladies de cette surface donnent souvent lieu à de véritables spasmes des paupières.

Appareil lacrymal. — Cet appareil se compose: d'une *glande* sécrétant le liquide lacrymal ou larmes; des *paupières*, destinées à répandre ce fluide sur la surface antérieure du globe de l'œil; et enfin d'une série de *canaux*, qui pompent ce liquide et le font passer dans les fosses nasales.

La *glande lacrymale*, formée de lobules analogues à ceux des glandes salivaires, est placée à la partie supérieure de l'angle externe de l'œil; la pesanteur est donc suffisante pour conduire sur la partie externe du globe le produit de sécrétion, liquide limpide, incolore, alcalin, contenant un peu d'albumine et de sels, surtout du chlorure de sodium. De l'angle externe de l'œil, les *larmes* sont étalées jusqu'à l'angle interne par les seuls mouvements de l'orbiculaire, qui, en produisant le clignement, les répand dans le sac conjonctival; en effet, les surfaces que lubrifient les larmes sont recouvertes par une muqueuse, la *conjonctive*, qui, passant de la face postérieure des paupières sur la face antérieure du globe de l'œil (culs-de-sac con-

muscles pyramidaux du nez, très peu soumis à la volonté, que par la contraction des fibres internes du muscle frontal; c'est précisément la contraction du centre de ce muscle qui relève les extrémités intérieures des sourcils et donne à la physionomie l'expression caractéristique de la tristesse. » (Léon Dumont, *Expression des sentiments d'après Darwin*, in *Revue des cours scientifiques*, mai 1873.)

jonctivaux supérieur et inférieur), tapisse la partie tout antérieure de la sclérotique, et même la cornée, comme nous l'avons vu à propos de cette membrane (épithélium antérieur). Ainsi le clignement des paupières assure la transparence de la cornée, car il y étale un liquide qui en prévient le dessèchement, tout en restant en couche assez mince et assez égale pour ne pas troubler la vision. On peut donc dire que le *clignement* est à l'œil ce que la *déglutition* est à l'oreille (Voy. p. 555), et les deux mouvements se produisent d'une façon intermittente et très fréquente. L'un des premiers effets de la paralysie des paupières est l'inflammation de la cornée, qui, par défaut de circulation et d'étalement des larmes, se trouve soumise aux injures de l'air et des poussières ambiantes.

La sécrétion des larmes est continue; elle est augmentée parfois par des causes morales, ou des réflexes dont le point de départ est le plus souvent sur la cornée, mais parfois aussi sur la muqueuse nasale ou sur la rétine. Si un corps étranger vient s'arrêter sur la cornée et l'irrite, il y a aussitôt une hypersécrétion de larmes qui viennent le dissoudre ou l'entraîner. Cette sécrétion se fait par un phénomène réflexe identique à celui qui préside à la sécrétion de la salive. Le nerf centrifuge de ce réflexe est le *nerf lacrymal* (de l'ophtalmique de Willis, première branche du trijumeau). En effet, l'hypersécrétion lacrymale qui survient par action réflexe à la suite de l'excitation d'un grand nombre de nerfs crâniens (frontal, sous-orbitaire, nasal, lingual, glosso-pharyngien, pneumogastrique), cesse de se produire après la section du nerf lacrymal. L'excitation du grand sympathique, d'après Demtschenko, produit aussi une hypersécrétion lacrymale, de même que nous avons vu qu'elle amène la production de la salive (V. p. 321); mais dans ce cas, les larmes présentent des caractères particuliers, semblables à ceux de la salive dans les mêmes circonstances; elles sont troubles et épaisses, tandis que celles qui résultent de l'excitation du trijumeau sont limpides et transparentes¹ (comparer avec ce qui a été dit p. 321).

Les larmes s'évaporent en grande partie, mais il y en a toujours un excès qui reste, et qui, ne pouvant s'écouler normalement sur les joues par le bord libre des paupières, vu la présence sur ces bords de la sécrétion grasse des *glandes de Meibomius* (V. *Glandes sébacées*), s'accumule dans l'angle interne de l'œil, au niveau de cette excavation que l'on nomme le *lac lacrymal*. De là les larmes pénètrent par les *points lacrymaux* (fig. 162), et suivent les *canaux*

¹ Demtschenko, *Zur Innervation der Thränenendrüse* (Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bonn, sept. 1872).

lacrymaux, le *sac lacrymal* et le *canal nasal*, pour arriver dans les fosses nasales, au niveau de la partie antérieure du méat inférieur. Pour se rendre compte de la marche du liquide lacrymal, on a invoqué bien des raisons qui n'ont pas toutes une égale valeur; on a parlé de *capillarité*, mais cette force physique, capable de faire pénétrer un liquide dans un petit tube vide, devient une cause

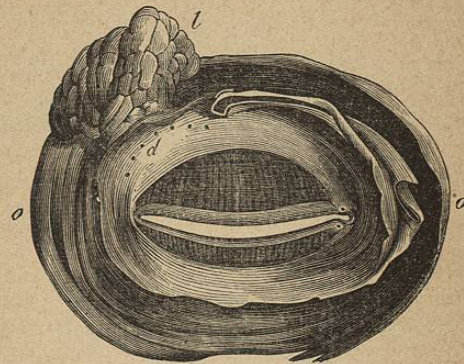


FIG. 162. — Appareil lacrymal *.

d'arrêt plutôt que de mouvement dès que ce tube est plein¹. Il en est de même de l'assimilation des conduits lacrymaux avec un *siphon*. Il est évident, au contraire, que dans les mouvements d'inspiration, la raréfaction de l'air des fosses nasales produit une *aspiration* sur le canal et, par suite, sur toute la série des canaux et sacs qui le précèdent, et que cette légère aspiration suffit pour établir le cours des larmes à l'état normal; aussi, lorsque les larmes sont plus abondantes, faisons-nous pour faciliter leur passage de brusques inspirations, comme dans le *sanglot*. Les voies lacrymales sont garnies de valvules dont le nombre est variable, mais qui sont

¹ Voy. Foltz, *Des voies lacrymales* (Journal de physiologie de Brown-Séquard, t. V. Paris, 1862).

* Appareil lacrymal vu par la surface conjonctivale des paupières. Les glandes de Meibomius sont vues courant vers le bord des paupières; — l, glande lacrymale; — d, orifices de ses 7 ou 8 conduits excréteurs, dans l'angle externe du cul-de-sac conjonctival supérieur; à l'extrémité interne des bords des paupières, on voit les orifices des points lacrymaux (sur les tubercules lacrymaux); — o, o, muscle orbiculaire (portion orbitaire).

toutes disposées de manière à ne permettre le cours des larmes que dans un seul sens, et à s'opposer à tout reflux.

Non seulement c'est le passage de l'air dans les narines qui permet de comprendre la progression des larmes dans le conduit nasal, mais il semble, d'autre part, que les larmes servent à lubrifier les voies respiratoires, et à s'opposer à l'action desséchante du courant d'air de la respiration; nous avons déjà vu que les fosses nasales sont un appareil destiné à échauffer et à rendre humide l'air inspiré; la présence des larmes, en humectant l'entrée des voies aériennes, contribue puissamment, par la vapeur d'eau qu'elles cèdent à l'air inspiré, à en entretenir jusque dans les poumons l'humidité si favorable à l'échange des gaz (L. Bergeon). Les organes lacrymaux, dont le produit est déversé dans les narines, se rencontrent même chez les ophidiens, quoique leur globe oculaire, caché derrière le système tégumentaire, soit à l'abri de l'évaporation. Au contraire, les mammifères qui respirent un air saturé d'humidité, comme les cétacés, sont dépourvus de glandes lacrymales ¹.

RÉSUMÉ. — Les différentes surfaces muqueuses ne nous donnent que des *sensations générales*, c'est-à-dire vagues, douloureuses ou agréables, mais nullement *localisées*. Les tissus musculaires, osseux, *tendineux*, etc., ne sont que très vaguement sensibles, et seulement sous l'influence de quelques formes spéciales d'irritation (le *tiraillement*, la *torsion*), mais ils deviennent très sensibles (sources de douleurs vives) lorsqu'ils sont atteints d'inflammation. Il faut cependant noter le *sens musculaire* (sens de la contraction) comme une sensibilité spéciale du muscle.

Sensations spéciales :

1° TACT OU TOUCHER. — Développé sur tout le tégument externe, mais spécialement à la pulpe des doigts, sur les lèvres et sur la langue, ce sens a pour organes : 1° les terminaisons nerveuses intra-épidermiques (pour les sensations de chaleur); 2° pour les impressions de contact, les papilles dermiques nerveuses contenant les *corpuscules tactiles* de Meissner; 3° les corpuscules de *Pacini* (placés sur les nerfs collatéraux des doigts) et destinés à donner les impressions de compression.

La peau, par sa sensibilité, nous donne, en effet, des *notions spéciales de pression* (toucher proprement dit : forme des corps), de *pression*, et de *température*. Le dos de la main est plus apte à apprécier les différences de température; la paume de la main (pulpe des doigts) est plus apte à apprécier la forme des corps. L'habitude est

¹ V. A. Estor, *Physiologie pathologique des fistules lacrymales*, in *Journal de l'anat. et de la physiol.* de Ch. Robin, janvier 1866.

pour beaucoup dans les notions de forme et de relief (*expérience d'Aristote*).

2° GUSTATION. — Sens localisé à la surface de la langue : en distinguant les sensations qui nous sont données par le tact lingual, par le goût et par l'odorat, on voit qu'il n'y a de véritablement sapides que les corps dits *amers* ou *sucrés*. Ces sensations, réellement gustatives, se localisent dans les papilles linguales (surtout les *papilles caliciformes*) et ont pour agents nerveux le *nerf lingual* et le *glosso-pharyngien* (celui-ci surtout apte à percevoir les saveurs amères). La *corde du tympan* joue, dans la gustation, un rôle important; le lingual doit sa sensibilité gustative à cette corde du tympan, laquelle peut être considérée comme une sorte de filet erratique du glosso-pharyngien : le glosso-pharyngien serait donc, dans ce cas, le seul véritable nerf de la sensibilité spéciale réveillée par les corps sapides.

3° OLFACITION. — Siège à la partie supérieure des *fosses nasales* (nerf olfactif); les branches du trijumeau, qui se distribuent à la muqueuse olfactive, lui donnent seulement la *sensibilité générale* (impression caustique de l'ammoniac) et président à la nutrition de cette muqueuse. Ces nerfs sont donc indispensables à l'intégrité de l'olfaction, mais n'y servent que d'une manière indirecte.

4° AUDITION, OÛIE. *Oreille externe*. — Le pavillon de l'oreille sert à recueillir les ondes sonores, à les concentrer; son intégrité paraît nécessaire pour une juste appréciation de la *direction des sons*.

Oreille moyenne. — La *membrane du tympan*, placée dans une position très oblique au fond du conduit auditif, recueille les vibrations de l'air et les transmet, par la *chaîne des osselets*, à la *fenêtre ovale*. Sa convexité en dedans (sa tension) est variable et peut être modifiée (augmentée) par la contraction du *muscle interne du marteau*; il en résulte une sorte d'*adaptation* de la membrane selon l'*amplitude* ou la *fréquence* (hauteur du son) des vibrations à recevoir. Les *cellules mastoïdiennes* ont pour effet d'augmenter la capacité de la caisse et de rendre moins sensibles les changements de pression atmosphérique. La *trompe d'Eustache*, qui ne s'ouvre qu'à chaque mouvement de déglutition, établit la communication entre la caisse et l'air extérieur de façon à amener l'*équilibre de tension* de l'air extérieur avec celui de la cavité tympanique.

Oreille interne. — Le *limaçon* est l'organe essentiel de la *perception musicale* (par les fibres radiées de sa lame basilaire et les arcs de Corti), et les calculs établis entre le nombre des éléments de l'organe de Corti et l'échelle des sons musicaux confirment cette manière de voir. Les *sacs vestibulaires* jugent plus spécialement de l'intensité des sons, ou mieux des bruits. Peut-être les trois canaux semi-circulaires sont-ils disposés pour donner la notion de la situation de la tête dans l'espace; ils constitueraient alors un appareil sensitif spécial, distinct de celui de l'audition, présidant aux impressions qui régissent

l'équilibration du corps, et mériteraient le nom d'*organe périphérique du sens de l'espace* (le cervelet étant l'organe central).

5° VISION. — Les milieux de l'œil forment un appareil de *réfraction*; mais, pour que cet appareil amène sur la rétine le sommet des cônes formés par les rayons partis des différents points d'un corps qui peut être situé à diverses distances, il faut une *adaptation* pour chacune de ces distances (expérience de Scheiner). Cette adaptation se produit essentiellement par un *changement de forme du cristallin*, dont la *face antérieure* augmente de convexité quand on adapte l'œil pour la vision d'un objet très rapproché (expériences des *images de Purkinje*). Ces modifications du cristallin sont produites par le *muscle ciliaire* qui forme la partie antérieure de la *choroïde*, et peut agir sur la périphérie du cristallin par l'intermédiaire des *processus ciliaires*.

Le *pigment choroïdien* sert, comme surface noire, soit à absorber des rayons irrégulièrement réfractés, soit, comme miroir, à réfléchir les rayons dans la rétine.

L'*iris* joue le rôle de *diaphragme* à ouverture variable qui se dilate, sous l'influence du *nerf grand sympathique*, quand on regarde un objet *éloigné* ou *peu éclairé*, et se *rétrécit* sous l'influence du *nerf moteur oculaire commun*, dans les cas inverses (*vive lumière, objet proche*).

La *rétine* est la membrane *sensible spécialement à la lumière*; elle n'a sa sensibilité spéciale que par les organes terminaux des fibres du nerf optique (*cônes et bâtonnets*); aussi la *papille* (entrée du nerf et épanouissement) est-elle insensible à la lumière (*punctum caecum*, expérience de Mariotte). La partie la plus sensible de la rétine est la *tache jaune*, placée exactement au pôle postérieur de l'œil, et remarquable par sa richesse en *cônes*. L'impression lumineuse se fait uniquement dans la couche des cônes, dont le *segment interne* paraît seul sensible, le segment externe représentant un appareil destiné à effectuer la *transformation* des vibrations lumineuses (études récentes sur le *rouge* ou *pourpre rétinien*).

La *persistance* et l'*irradiation* nous rendent compte d'un grand nombre d'illusions optiques; il faut encore tenir compte de *perceptions entoptiques* (circulation de la rétine, leucocytes du corps vitré, etc.).

La question de la *vue droite avec les images renversées* s'explique par l'étude des *phosphènes* et par le *mécanisme physiologique des sensations reportées à distance du point excité* (V. p. 592, en note). La vue des *reliefs* ne résulte pas d'un mécanisme préétabli; c'est un acte de conscience.

Le *cours des larmes* (sécrétion lacrymale), leur entrée dans le sac lacrymal et le canal nasal, a pour agent mécanique spécial l'*inspiration*, qui raréfie l'air dans les fosses nasales.

ONZIÈME PARTIE

APPAREIL GÉNITO-URINAIRE EMBRYOLOGIE

ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL GÉNITO-URINAIRE

Il est impossible d'étudier les diverses parties de l'appareil génito-urinaire et de se rendre compte des homologies entre les organes mâles et femelles sans examiner à fond les origines embryonnaires de cet appareil; c'est pourquoi nous ferons dès maintenant ici l'histoire complète du développement du *corps de Wolff*, lequel commence par le *canal de Wolff*, et donne ensuite naissance, avec le canal de Müller (future *trompe utérine*), à toutes les parties internes sexuelles et urinaires.

Pour se rendre compte de l'origine du canal de Wolff, il faut examiner les coupes d'embryon de poulet à l'époque où le feuillet moyen vient de se diviser en deux lames: l'une fibro-cutanée, l'autre fibro-intestinale. La figure 163 (A) nous représente une coupe de ce genre sur un embryon de poulet environ à la quarante-huitième heure de l'incubation. La couche *ee* représente le *feuillet externe du blastoderme* (feuillet corné, épiblaste, ectoderme), qui par une involution particulière a formé le tube médullaire (M); la couche *ii* représente le feuillet interne (feuillet glandulaire, intestinal, hypoblaste, entoderme), constitué par une simple rangée de cellules. Tout le reste de la figure (163, A) représente des parties formées par le feuillet moyen (mésoblaste, mésoderme): 1° Sur les parties latérales, ce feuillet *m* est divisé en deux couches dont l'une est accolée au feuillet externe (*ee*), c'est la lame fibro-cutanée ou musculo-cutanée (somato-pleure, V. fig. C, en *m*), dont l'autre est accolée au feuillet interne, c'est la lame fibro-intestinale (splanchno-pleure, en *m'*, fig. C). Entre la somato-pleure et la splanchno-pleure se trouve l'espace (P) qui deviendra plus tard la cavité péritonéale et la cavité pleurale (fente pleuro-péritonéale, cœlome ou cavité innominée, en P'). 2° La partie centrale du feuillet moyen est restée indivise, en ce sens que la fente pleuro-péritonéale ne pénètre pas jusqu'à l'axe du corps de l'embryon; mais cette partie centrale s'est cependant partagée en diverses formations, qui