

la cornée, de façon à constituer un anneau solide (fig. 226). Dans l'intérieur de l'œil on voit une partie surajoutée : c'est une membrane plissée qui traverse l'humeur vitrée ; elle porte le nom de *peigne de l'œil*. Enfin, on observe chez ces animaux une troisième paupière à l'angle interne de l'œil.

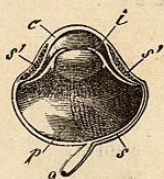


Fig. 226 (\*).

Chez les animaux articulés, on distingue deux sortes d'yeux : 1° les yeux simples ou lisses ; 2° les yeux composés. — Les premiers, constitués par une cornée dont la face postérieure est enduite de pigment, sont en nombre variable (voy. 1<sup>re</sup> partie, fig. 308).

Les autres sont formés par la réunion d'un grand nombre d'yeux simples ; aussi leur surface semble composée d'une foule de petites facettes (fig. 227).

#### THÉORIE OPTIQUE DE LA VISION.

§ 172. La lumière, pour déterminer les sensations visuelles, doit traverser toutes les parties transparentes de l'œil dont nous venons de parler, et aller frapper la rétine. La quantité de cet agent physique qui arrive à la cornée transparente est subordonnée à la grandeur de l'espace laissé libre entre les paupières, et en tombant sur cette tunique elle est en partie

(\*) Coupe de l'œil d'un oiseau : *c*, cornée transparente ; — *i*, iris ; — *e*, nerf optique ; — *p*, peigne ; — *s*, sclérotique ; — *s',s'*, cercle osseux de la sclérotique.

(\*\*) Yeux composés des insectes ; — *a*, facettes de la cornée ; — *b*, cônes transparents ; — *c*, fibres du nerf optique ; — *d*, pigment qui les sépare.

réfléchi, circonstance dont dépend le brillant de l'œil ; mais la majeure partie des rayons la traverse, ainsi que l'humeur aqueuse contenue dans la chambre antérieure, et arrive de la sorte à l'iris. Là, les rayons qui correspondent à la pupille continuent leur route vers le cristallin, mais ceux qui tombent sur l'iris sont arrêtés en route et renvoyés vers l'extérieur ; ils ne servent donc pas à la vision, et la quantité de lumière utilisable pour le travail visuel est proportionnelle à l'état de dilatation ou de contraction de la pupille qui fait fonction de fenêtre contractile. Or, les mouvements de l'iris sont réglés par des nerfs particuliers (*les nerfs ciliaires*) qui sont reliés à des centres nerveux en connexion avec la rétine par l'intermédiaire de l'axe cérébro-spinal, et par suite de ces connexions ils sont mis en action par les excitations déterminées dans la rétine par la lumière. Il en résulte que la pupille se contracte dès que la rétine est fortement impressionnée par la lumière, et qu'au contraire cette ouverture se dilate par suite de la contraction des fibres radiales de l'iris, dès que l'obscurité se fait dans le fond de l'œil. Ces mouvements ne sont pas soumis à l'influence de la volonté et, par suite des actions nerveuses réflexes produites de la sorte, l'iris devient un régulateur automatique placé sur le passage de la lumière vers la rétine.

La physique nous apprend que les mouvements vibratoires, dont dépendent les phénomènes lumineux, tendent toujours à se propager en ligne droite, mais qu'un rayon de lumière, en passant obliquement d'un milieu dans un autre milieu dont la densité est différente, est réfracté, c'est-à-dire dévié de sa route primitive et qu'il se rapproche alors de la normale au point d'immersion lorsque ce second milieu transparent est plus dense que le premier, ou s'éloigne de cette normale lorsque ce dernier milieu est plus dense que l'autre. La réfraction est d'autant plus forte que l'angle compris entre cette normale et la surface du milieu réfringent est plus ouvert ; par conséquent la forme de cette surface influe beaucoup sur

la direction des rayons déviés de la sorte, et c'est ainsi que des rayons parallèles ou même divergents en traversant une lentille convexe peuvent être rendus convergents et réunis tous en un point que l'on appelle le *foyer* de la lentille. En se concentrant ainsi sur un écran placé au fond d'une chambre noire, ils y produisent une image du corps dont les rayons proviennent, et pour qu'il y ait vision distincte il faut que les choses se passent de la même manière dans l'intérieur de notre œil. Or, c'est ce qui a lieu par suite des actions réfringentes exercées sur les rayons lumineux pendant leur passage à travers les diverses parties transparentes du globe de l'œil; l'instrument d'optique qui contribue le plus à l'obtention de ce résultat est le cristallin qui a la forme d'une lentille biconvexe, et dans un œil bien conformé, le foyer se trouve correspondre à la surface de l'espèce d'écran constitué par la rétine.

§ 173. Pour faciliter autant que possible l'étude des phénomènes optiques dont nous avons à nous occuper ici, nous ne prendrons d'abord en considération que la vision monoculaire et monochromatique, ou en d'autres mots la vision s'effectuant avec un seul œil et à l'aide d'une seule espèce de rayons lumineux.

D'après les lois de la physique que nous supposons connues, nous savons que les rayons venant d'un point situé à peu de distance de l'œil et arrivant sur la cornée transparente, constituent un cône lumineux dont le sommet correspond à ce point et la base à la surface de cet organe, et pour nous rendre compte de la marche ultérieure de tous ces rayons, il suffit de prendre en considération deux d'entre eux occupant un même plan sur les deux côtés opposés du cône. Soit les rayons *ad* et *ag* de la figure 228; chacun de ces rayons, le rayon *ad*, par exemple, en pénétrant dans la cornée transparente *bb*, dont la surface est convexe, sera dévié de sa route et au lieu de progresser en ligne droite vers *d*, *g*, se rapprochera de la normale *e* abaissée sur le point d'immersion et se dirigera sur un

point que nous supposerons situé en *f*; le rayon *ag* se comportera de la même manière, ainsi que tous les autres rayons du cône; ils se rapprocheront de l'axe de ce cône, soit de la ligne *ac*, et à une certaine distance ils se rencontreront sur un point de cette ligne qui sera le point focal de la lentille *bb*, mais en sortant de la substance de la cornée pour entrer dans l'humeur

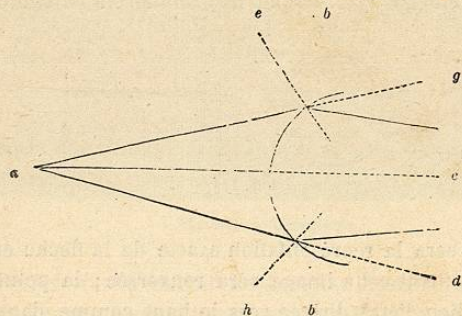


Fig. 228.

aqueuse contenue dans la chambre antérieure de l'œil, ces rayons passeront dans un milieu moins dense et seront réfractés en sens contraire, c'est-à-dire qu'ils s'écarteront de l'axe du cône; seulement l'humeur aqueuse étant un fluide plus dense que l'air, la déviation sera moindre que lors de leur pénétration dans la substance de la cornée. Suivons maintenant le faisceau lumineux *a* (fig. 229) après qu'il aura traversé la pupille et qu'il sera arrivé sur la surface antérieure du cristallin, lentille diaphane dont la densité est considérable. Là ces rayons seront réfractés de nouveau, comme lors de leur passage dans la cornée, et en quittant ensuite la surface postérieure de cette lentille ils rencontreront une surface concave constituée par la partie adjacente du corps vitré dont le pouvoir réfringent est moindre que celui du cristallin; ils se rapprocheront par conséquent davantage encore de l'axe lumineux

qui alors aura pour base cette surface et pour sommet un certain point que nous supposons représenté par le point *b* dans la figure ci-jointe, et ils y formeront une image lumineuse correspondant à leur point de départ en *a* situé à l'extrémité de la flèche représentée dans cette même figure. Tous les autres faisceaux lumineux arriveront de cet objet dans l'intérieur de l'œil et par conséquent ils y donneront naissance à une

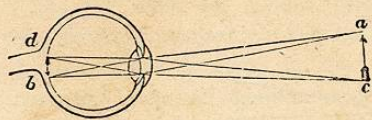


Fig. 229.

image qui sera la représentation exacte de la flèche en question, seulement cette image sera renversée; la pointe de la flèche au lieu d'être dirigée vers le haut comme dans l'objet sera dirigée vers le bas. Effectivement, c'est de la sorte que dans l'intérieur de l'œil, comme dans la chambre noire, les figures se présentent, et pour constater expérimentalement qu'il en est ainsi, il suffit d'observer l'image projetée par la flamme d'une bougie au fond du globe de l'œil d'un animal dont la sclérotique est translucide, par exemple l'œil d'un Pigeon ou mieux encore l'œil d'un Lapin albinos.

Pour que l'image produite de la sorte soit nette, condition nécessaire pour toute vision distincte, il faut que le foyer du cristallin, c'est-à-dire le point occupé par le sommet du cône lumineux transmis au fond de l'œil par cette lentille et ses annexes, coïncide exactement avec la surface de l'écran situé en arrière de celle-ci et constitué par la rétine. Or, la longueur focale d'une lentille convexe dépend de deux choses : du pouvoir réfringent de la substance constitutive de cet instrument d'optique et du degré de courbure de ses deux surfaces. On conçoit donc que la vue ne puisse être bonne que lorsque

l'harmonie est complète entre la puissance réfringente du cristallin et sa position par rapport à la rétine. Or, cette condition n'est pas toujours remplie, et lorsque le cristallin réfracte trop fortement la lumière, les rayons lumineux qui le traversent

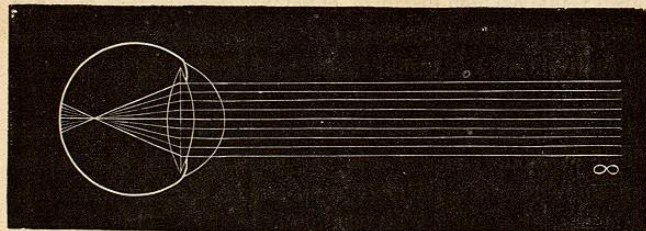


Fig. 230. — Œil myope.

sont réunis avant d'avoir atteint la rétine et, en s'entre-croisant, sont divergents lorsqu'ils arrivent sur cet écran comme dans la figure 230 ; tandis que dans le cas contraire ces rayons ne sont qu'incomplètement rassemblés lorsqu'ils rencontrent la

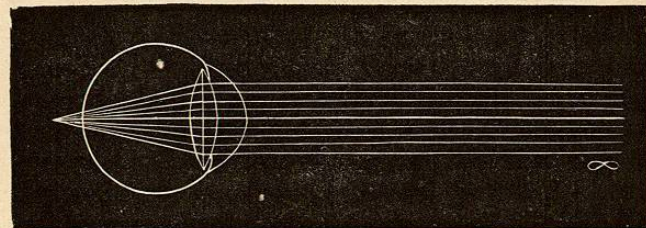


Fig. 231. — Œil presbyte.

rétine, ainsi que cela se voit dans la figure 231. Si le pouvoir réfringent de l'œil restait toujours le même, la vision ne pourrait être distincte que lorsque les rayons arrivent à cet organe, soit parallèlement, comme cela a lieu quand ils viennent d'un objet très éloigné, ou en divergeant de façon à former entre eux

un angle donné, et la personne dont les yeux seraient organisés ainsi ne verrait que fort mal les objets situés près d'elle, si elle voyait les objets lointains *et vice versa*.

§ 174. Ces deux défauts constituent l'un le *presbytisme*, l'autre la *myopie*. Mais ils n'existent pas chez les personnes dont l'appareil visuel est bien organisé, car alors l'œil est apte à changer automatiquement sa puissance réfringente et à s'adapter ainsi alternativement à la vision distincte d'objets dont la distance varie.

Le mécanisme par lequel cette *accommodation* de l'appareil visuel s'effectue n'est connu des physiologistes que depuis peu d'années et a été découvert au moyen d'observations minutieuses faites sur les images produites dans l'intérieur de l'œil par un objet très lumineux, tel que la flamme d'une bougie.

En employant à cet usage un appareil très simple appelé *ophthalmoscope* qui permet de voir le fond de l'œil, et en disposant l'expérience convenablement, on aperçoit très bien dans l'œil trois images de cette flamme; l'une est située sur la surface externe de la cornée transparente qui renvoie une partie de la lumière dont elle est frappée et qui fait ainsi office de miroir. La seconde image est produite de la même manière par la surface antérieure du cristallin, et la troisième image résulte du renvoi d'une certaine quantité de lumière par la paroi postérieure de la capsule de ce dernier organe. Or, on peut constater au moyen de l'ophthalmoscope que la position de la seconde image change toutes les fois que la personne soumise à ce genre d'investigation regarde alternativement un objet placé loin de l'œil ou très près de cet organe. Cela implique un changement correspondant dans le cristallin qui fait en ce cas office de miroir, et on a reconnu ainsi que la courbure de cette lentille diminue lorsque l'œil s'accommode pour la vue longue, tandis qu'au contraire la convexité de sa surface augmente lorsque l'observateur fixe un objet placé très près de lui. L'apla-

tissement du cristallin est déterminé par la contraction des fibres musculaires situées dans l'espèce de cadre annulaire constitué par le corps ciliaire (voyez fig. 232), et l'aplatissement de la lentille cristalline a pour effet de diminuer le pouvoir réfringent de cet instrument d'optique, ce qui entraîne un allongement correspondant de la distance à laquelle son foyer se trouve placé. Par conséquent ce changement de courbure ap-

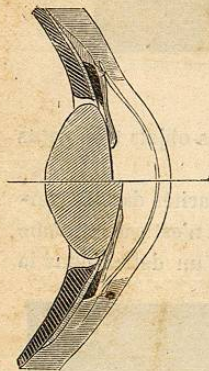


Fig. 232 (\*).

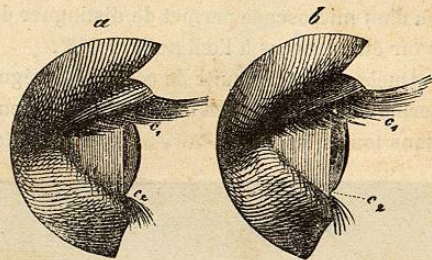


Fig. 233. — Accommodation de l'œil (\*\*).

proprie le cristallin à la vision des objets qui envoient à l'œil des rayons lumineux parallèles ou peu divergents, tandis qu'en se bombant par suite du relâchement du muscle ciliaire cette même lentille devient apte à réfracter suffisamment les rayons très divergents arrivant d'un objet situé à une petite distance.

§ 175. La *myopie* résulte donc d'un excès du pouvoir réfringent de l'œil, et pour y remédier on se sert utilement de lunettes à verres concaves qui ont pour effet d'augmenter la divergence

(\*) Dans la moitié inférieure de cette figure le cristallin est représenté pendant que le muscle ciliaire est en repos et dans la moitié supérieure cette lentille est aplatie par la contraction du muscle susnommé.

(\*\*) a, œil regardant au loin; — b, œil regardant de près.

des rayons lumineux (fig. 234). Dans le cas de **presbytisme** le défaut contraire est corrigé par l'emploi de lunettes à verres convexes, et c'est de la même manière que l'emploi d'une loupe

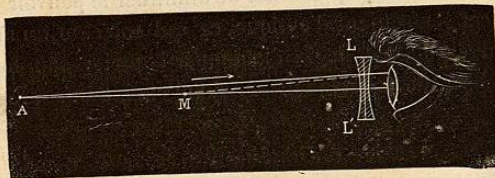


Fig. 234. — OEil myope (\*).

ou d'un microscope permet de distinguer des objets trop petits pour être aperçus à l'œil nu (fig. 235).

Quelquefois, par suite de certaines irrégularités dans la conformation du cristallin, le pouvoir réfringent n'est pas le même dans toutes les directions, et il en résulte un défaut dans la

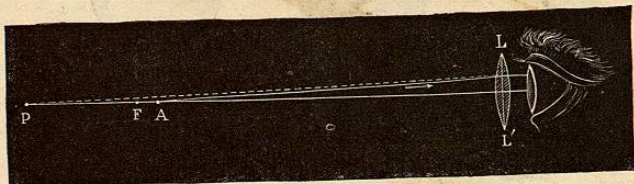


Fig. 235. — OEil presbyte (\*\*).

vision appelé *aberration de sphéricité*; l'image rétinienne d'un cercle, par exemple, devient plus ou moins ovale, et la di-

(\*) A est un point lumineux placé sur l'axe d'un œil myope, mais trop loin pour être vu distinctement; si entre ce point et l'œil on interpose une lentille biconcave L, L', les rayons incidents deviendront plus divergents et ils sembleront partir d'un point M placé plus près de l'œil, à une distance convenable pour la vision distincte.

(\*\*) A est un point lumineux placé sur l'axe d'un œil presbyte, mais trop près pour être vu distinctement; si entre ce point et l'œil on interpose une lentille biconvexe L, L', dont la distance focale soit assez grande pour que le foyer principal F se trouve au delà de A, elle diminuera la divergence des rayons incidents, comme si ces rayons émanaient d'un point P situé de l'autre côté de F et à une distance convenable pour la vision distincte.

rection de la déviation varie avec la position de l'œil. Mais d'ordinaire ce défaut n'est pas assez grand pour nuire notablement à la vision.

Enfin il est également à noter que le cristallin peut perdre sa transparence et, en devenant opaque, faire obstacle au passage de la lumière vers la rétine. Cette altération est une cause de cécité et constitue l'état pathologique appelé *cataracte*: on peut y remédier en enlevant le cristallin, de façon à permettre aux rayons lumineux d'atteindre le fond de l'œil.

§ 176. La rétine sur laquelle viennent se peindre en quel-

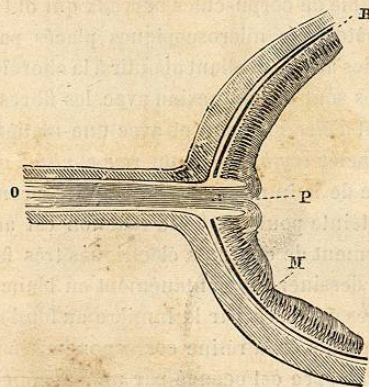


Fig. 236. — Coupe de la rétine (\*).

que sorte les images des objets qui envoient de la lumière dans l'œil est une membrane sensible à l'action de la lumière et mise en relation avec le cerveau par l'intermédiaire du nerf optique dont elle est une dépendance (fig. 236). Elle tapisse tout le fond du globe oculaire et, ainsi que nous l'avons déjà dit, elle est séparée de la sclérotique par la choroïde, membrane imprégnée d'une substance noire qui la rend opaque et absorbe

(\*) B, couche des bâtonnets et des cônes; — M, tache jaune et fossette centra; — O, nerf optique; — P, papille.

la lumière, de sorte que celle-ci en arrivant là n'est pas réfléchi sur d'autres parties de l'appareil visuel, circonstance qui est très favorable à la netteté de la vision, mais qui n'est pas toujours réalisée, car chez les *albinos* ce pigment noir fait défaut.

Le nerf optique pénètre dans la partie postérieure du globe de l'œil en traversant la sclérotique ainsi que la choroïde pour gagner la rétine, et ce sont ses fibres élémentaires qui en se dispersant constituent la couche interne de la rétine. Une autre couche de la même membrane est formée par une multitude incalculable de corpuscules nerveux qui ont la forme de cônes ou de bâtonnets microscopiques placés parallèlement les uns à côté des autres et allant aboutir à la choroïde (fig. 237). Ces corpuscules sont en connexion avec les fibres élémentaires dont il vient d'être question et avec une matière colorante particulière appelée *erythropsine* ou *rouge visuel* qui blanchit sous l'influence de la lumière, mais reprend promptement, à l'obscurité, sa teinte pourpre. Cette réaction est accompagnée d'un développement de courants électriques très faibles et elle a pour effet de dessiner momentanément en blanc sur un fond rouge les images formées par la lumière au fond de l'œil.

Chacun des points de la rétine correspondant à l'image fugace ainsi développée est occupé par un des cônes ou des bâtonnets optiques qui se trouve relié par une fibre spéciale du nerf optique, et chacun de ces corpuscules sensitifs stimulés par les réactions que détermine la lumière transmet à l'encéphale l'impression qu'il a reçue. Le cerveau ressent donc autant d'excitations distinctes qu'il y a de bâtonnets rétiens ou de cônes optiques mis en jeu par la lumière et le *Conscient*, ou le *Moi*, perçoit ces impressions et les apprécie. Si deux ou plusieurs rayons lumineux vont frapper un même bâtonnet optique, il n'en résulte qu'une seule sensation, mais les impressions produites sur divers bâtonnets déterminent autant de sensations individuelles et par conséquent, pour que nous puis-

sions distinguer entre eux deux points objectifs, il faut que l'image de ces points occupe tout au moins sur la rétine l'espace correspondant à deux bâtonnets. De là l'utilité de verres grossissants pour la vision d'objets très petits.

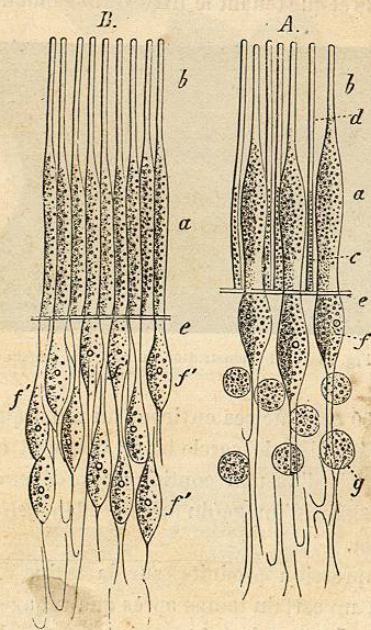


Fig. 237 (\*).

§ 177. Les récepteurs nerveux élémentaires dont nous venons de parler manquent dans le point de la rétine qui correspond à l'entrée du nerf optique, et la sensibilité visuelle fait également défaut dans cet endroit appelé pour cette raison le

(\*) Éléments de la couche des bâtonnets et couche granuleuse externe de la rétine grossie 500 fois et prise en A au bord de la tache jaune et en B au milieu de cette tache ; — a, corps du cône ; — b, bâtonnet du cône ; — c, d, segments interne et externe du bâtonnet.

**punctum cæcum.** On peut facilement reconnaître à l'aide de l'expérience suivante qu'il est un point de la rétine qui n'est pas impressionné par les images qui s'y forment. Que l'on fixe avec l'œil droit, l'œil gauche étant fermé, la croix blanche de la figure 238 et que tenant le livre verticalement on l'éloigne

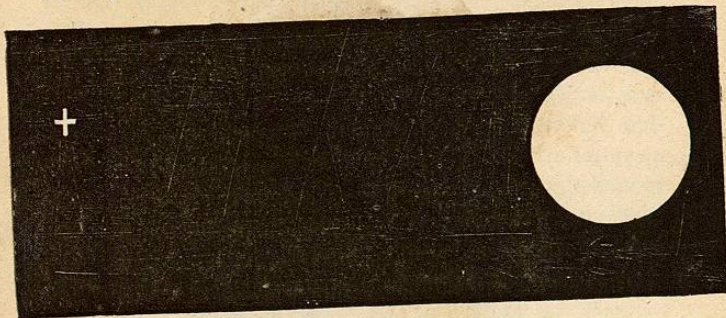


Fig. 238. — Démonstration du punctum cæcum.

lentement à 30 centimètres environ; on remarquera que dans une certaine position le cercle blanc disparaît complètement et le fond semble d'un noir continu; cela dépend de ce que, dans cette position, l'image du cercle blanc se forme sur le *punctum cæcum*.

§ 178. L'impression produite sur la rétine par la lumière dure pendant un certain temps après que cet agent physique a cessé d'agir et lorsque le même point sensitif de cette membrane vient à être excité avant l'extinction de l'excitation précédente (soit environ 1 dixième de seconde), les sensations visuelles déterminées ainsi se confondent. Il en résulte des illusions d'optique par suite desquelles des objets discontinus peuvent paraître continus. Si on fait tourner rapidement un disque mi partie blanc, mi partie noire (fig. 239), il paraîtra d'un gris uniforme. C'est ainsi qu'en décrivant rapidement un cercle avec un corps lumineux on produit sur la rétine

l'image d'un cercle non interrompu, et c'est par suite de phénomènes analogues qu'en faisant tourner rapidement de-

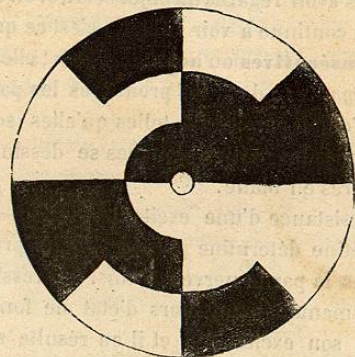


Fig. 239. — Disque rotatif.

vant l'œil une série d'images représentant un objet dans diver-

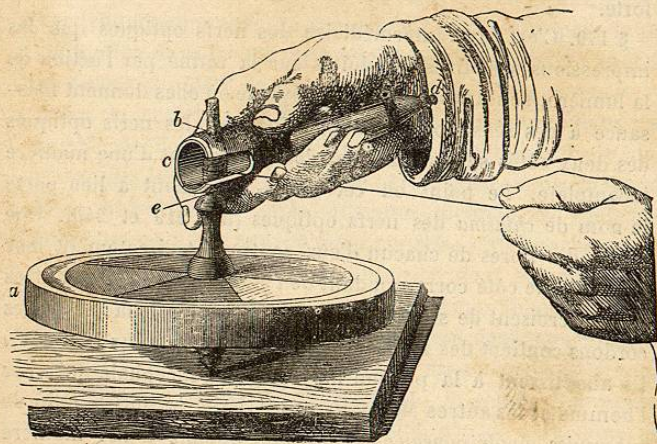


Fig. 240. — Toupie portant le disque rotatif.

ses positions on produit sur la vue le même effet que si cet

objet était lui-même en action. L'instrument appelé *phénakisticope* est fondé sur ce fait.

Quand, après avoir regardé un objet éclairé, on couvre rapidement l'œil, on continue à voir l'objet, c'est ce que l'on appelle les **images consécutives** ou **accidentelles** ; elles peuvent être *positives* ou *negatives* : dans les premières les parties claires et obscures de l'objet paraissent telles qu'elles sont en réalité, dans les secondes les parties blanches se dessinent en noir et les parties noires en blanc.

Enfin la persistance d'une excitation portant sur un même point de la rétine détermine plus ou moins promptement de la fatigue dans la partie nerveuse ainsi impressionnée et peut la mettre momentanément hors d'état de fonctionner ; elle perd alors de son excitabilité et il en résulte souvent divers phénomènes optiques dont l'explication est facile lorsqu'on tient compte de l'espèce d'incapacité temporaire, produite soit par une excitation trop prolongée, soit par une excitation trop forte.

§ 179. C'est par l'intermédiaire des nerfs optiques que les impressions sensitives, produites sur la rétine par l'action de la lumière, sont transmises à l'encéphale où elles donnent naissance à des sensations. Avant d'y arriver, les nerfs optiques des deux côtés se réunissent et s'entre-croisent d'une manière incomplète. Le point où cet entre-croisement a lieu porte le nom de *chiasma* des nerfs optiques (fig. 219 et 246). Une partie des fibres de chacun d'eux continuent directement leur route vers le côté correspondant de l'encéphale, mais les autres s'entre-croisent de sorte qu'au delà de ce point chacun de ces cordons contient des fibres provenant des deux yeux (fig. 246). Ils aboutissent à la portion moyenne de l'encéphale qui chez l'homme et les autres Mammifères est désignée sous le nom de *tubercules quadrijumeaux* et que l'on appelle d'une manière plus générale les *lobes optiques*.

FONCTIONS DES CENTRES NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAUX. — ENCÉPHALE. — HÉMISPHÈRES CÉRÉBRAUX ; SUBSTANCE GRISE ET SUBSTANCE BLANCHE ; LEURS FONCTIONS. TENTATIVES DE LOCALISATIONS CÉRÉBRALES.

§ 180. L'encéphale, c'est-à-dire la portion du grand centre nerveux cérébro-spinal qui est logée dans la tête et qui est en continuité avec la moelle épinière, se compose, comme nous l'avons vu précédemment, de plusieurs parties bien distinctes entre elles, savoir le *bulbe rachidien* ou *moelle allongée*, les *lobes optiques*, le *cervelet* et le *cerveau* proprement dit.

La substance constitutive du cerveau, ainsi que nous l'avons déjà dit, n'est pas sensible ; elle peut être lésée sans qu'il en résulte ni douleur, ni sensation quelconque. Mais chez l'homme ainsi que chez tous les autres Vertébrés supérieurs l'activité fonctionnelle du cerveau est nécessaire pour la manifestation de la faculté de sentir et de la faculté de vouloir ; la désorganisation de cette partie du système nerveux entraîne la cessation de tout mouvement volontaire dans l'ensemble de l'organisme et la perte de l'aptitude à avoir conscience des impressions sur une partie quelconque du corps ; toute manifestation de la puissance mentale est également subordonnée à son activité fonctionnelle ; cette activité est liée à l'accomplissement du travail nutritif dont son tissu est le siège et ce travail est accompagné des mêmes phénomènes chimiques et thermiques qui l'accompagnent dans tous les autres tissus vivants. Ainsi la circulation du sang dans son intérieur est nécessaire à son fonctionnement ; la combustion physiologique caractérisée par la production d'acide carbonique est aussi une condition de ce fonctionnement et son activité vitale y détermine un dégagement de chaleur.