

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.

De même lorsqu'une fusée volante s'élance dans les airs, elle semble conduire à sa suite une longue traînée de feu; lorsqu'une voiture se meut avec une grande rapidité, les jantes qui réunissent la circonférence des roues avec les moyeux disparaissent; lorsque les cordes vibrantes résonnent, elles paraissent amplifiées à leur partie moyenne; si sur une telle corde on marque un point en blanc, ce point ressemble à une ligne.

C'est sur ce fait de la persistance des images rétinienne qu'est basé l'emploi des disques rotatifs pour l'étude du mélange des couleurs. Supposons d'abord un disque divisé en secteurs blancs et noirs alternativement disposés: si l'on fait tourner le disque pendant qu'on le regarde, les parties rétinienne qui, un instant auparavant, se couvraient avec les secteurs noirs et qui par conséquent n'étaient pas excitées, sont bientôt, par le fait de la rotation, impressionnées par les secteurs blancs et vice

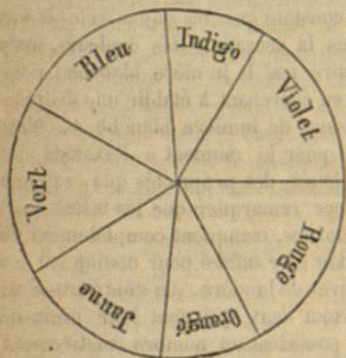


FIG. 171. — Disque relatif de Newton pour le mélange des couleurs.

versus. Si la vitesse de rotation est assez grande pour que deux excitations successives produites par deux secteurs blancs (séparés par un noir) soient telles que la seconde ait lieu alors que la première persiste encore, on aura l'impression d'une excitation continue, mais plus faible que s'il n'y avait pas eu interposition d'un secteur noir, c'est-à-dire que le disque ne paraîtra plus divisé en parties blanches et noires, mais bien uniformément teinté d'un mélange de blanc et de noir; il sera vu uniformément gris. De même quand on fait tourner des disques qui portent des secteurs différemment colorés; quand la vitesse de la rotation est

suffisante, les impressions produites par les différentes couleurs sur la rétine éveillent une impression unique, celle de la couleur mixte. Ainsi, quand on dispose sur le disque des secteurs colorés correspondant aux principales couleurs du spectre, comme dans la figure 171, la sensation résultante est celle de la lumière blanche. C'est également sur le fait de la persistance des images sur la rétine qu'est basée la construction de divers appareils curieux connus sous les noms de thaumatrope, phénakisticope, anorthoscope, stroboscope, etc.: dans ces appareils on voit venir se peindre successivement sur une même partie de la rétine des images d'un sujet représenté dans les différents stades d'un mouvement accompli, de sorte que, l'impression rétinienne étant continue, on croit voir réellement l'image exécuter le mouvement en question. Le phénakisticope n'a été jusqu'à présent qu'un jouet; nous

avons pour notre part essayé d'en faire l'application à la physiologie, pour la synthèse de certains mouvements complexes dont la méthode graphique avait donné l'analyse: c'est ainsi que, sous la direction du professeur Marey, nous sommes parvenu à reproduire les allures du cheval et de la marche de l'homme (*Voy. Marey, La Machine animale, 1873, pages 184-186*). Nous croyons que le phénakisticope, pourrait devenir un utile appareil de démonstrations physiologiques pour tout ce qui a rapport aux mouvements, non seulement de la locomotion, mais même de la circulation, par exemple, pour la théorie de la succession des contractions auriculaire et ventriculaire du cœur.

*Images accidentelles ou consécutives, positives et négatives; fatigue de la rétine.* — Cette persistance des images se constate alors même qu'on ferme les yeux ou qu'on porte le regard sur un fond obscur: l'excitation continuant un certain temps dans la rétine, nous voyons encore l'objet éclairé qui a produit cette excitation. C'est là ce qu'on a appelé les *images accidentelles* ou *consécutives*; le type le plus frappant en est donné par l'expérience suivante: après avoir regardé un instant le soleil ou une flamme très brillante, on ferme les yeux qu'on recouvre des deux mains, et alors on continue à voir pendant un court espace de temps une *image brillante* du soleil. On obtient le même résultat avec des objets moins lumineux, à condition de laisser d'abord l'œil quelque temps dans l'obscurité, et de regarder ensuite momentanément l'objet lumineux. L'image persistante ou accidentelle présente encore très nettement les divers détails de l'objet lumineux; bien plus, elle permet parfois de reconnaître, par le fait de sa longue persistance, certains détails qu'on n'avait pas eu le temps de remarquer lors de l'impression très courte faite par l'objet lui-même.

Ces images persistantes ou consécutives, ou accidentelles, qui se produisent aussitôt après l'impression, qui ne sont que cette impression continuée, et qui se peignent par des parties lumineuses correspondant aux parties lumineuses de l'objet, sont dites *images positives*; mais bientôt cette image positive pâlit peu à peu, puis est remplacée par une image *consécutrice* dite *négative*, c'est-à-dire dans laquelle les parties précédemment lumineuses sont vues en noir, tandis que les parties noires sont vues en blanc, en un mot, cette nouvelle image est à la première ce qu'un cliché négatif de photographie est à une épreuve photographique. « Pour obtenir, dit Helmholtz, une image négative très nettement dessinée, il est nécessaire, pendant l'éclaircissement, de fixer invariablement un point déterminé de l'objet éclairé. Alors, dans l'image accidentelle négative obtenue, on peut, mieux encore que dans l'image positive, reconnaître des détails qu'on n'a pas remarqués dans l'observation directe. »

L'explication des images consécutives négatives n'est pas difficile, si l'on tient compte de la fatigue des éléments rétinienne (ou des éléments du nerf optique, ou même des éléments centraux), c'est-à-dire de ce que, après l'action de la lumière sur ces éléments, il y a d'abord en eux persistance de l'excitation (image consécutrice positive), puis diminution de l'excitabilité: on sait que cette diminution d'excitabilité après une excitation se constate pour tous les nerfs, moteurs ou sensitifs, et c'est elle

qu'on désigne en physiologie sous le nom de *fatigue*: dans tous les appareils nerveux ou autres elle doit être rapportée à l'usure de certains éléments chimiques, à la présence desquels est due la sensibilité de l'organe (pour la rétine en particulier, il n'est pas difficile de préciser quel peut être l'un de ces éléments chimiques, puisque nous connaissons aujourd'hui le rouge rétinien). — Partant de ces données sur la fatigue des éléments sensitifs, il faut, pour expliquer les images négatives, considérer successivement les deux cas où elles peuvent se produire.

1° L'image négative se produit surtout nettement lorsque, au moment où l'image positive observée les yeux fermés va disparaître, on ouvre les yeux et dirige le regard sur une surface uniformément claire, ou même simplement si, écartant les mains qui couvrent les yeux, on laisse pénétrer dans ceux-ci, à travers les paupières, une faible quantité de lumière. Il y a donc alors dans tous ces cas une lumière uniforme qui vient impressionner toute la rétine; c'est ce qu'on appelle la *lumière réagissante*. Or, tandis que la lumière réagissante excite les parties non fatiguées de la rétine, elle est impuissante à faire naître une excitation dans les parties fatiguées: ces parties se traduiront donc dans le champ visuel par des places obscures: c'est pourquoi, si après avoir regardé le soleil, et alors que son image consécutive positive a disparu, on regarde la voûte céleste uniformément claire, on croit voir dans le ciel une tache (image négative du soleil) qui accompagne partout le regard.

2° Mais on observe aussi les images consécutives négatives dans le champ visuel complètement obscur, les yeux fermés et recouverts des mains, et en apparence en l'absence de toute lumière réagissante. C'est que, dans ce cas, s'il n'y a pas de lumière réagissante venant de l'extérieur, il n'en existe pas moins une lumière réagissante pour ainsi dire intérieure. C'est qu'en effet l'appareil sensitif du nerf optique n'est jamais dans un repos absolu, mais est soumis, par le fait même de sa circulation et de sa nutrition, à des causes d'excitation propre qui y font naître une impression lumineuse constante plus ou moins prononcée. Lorsqu'une partie de la rétine a été épuisée par une forte excitation extérieure, cette partie devient moins sensible à la lumière propre, c'est-à-dire que celle-ci joue alors le rôle de lumière réagissante et, qu'en définitive, les conditions des images négatives dans le champ visuel dit obscur se trouvent ainsi identiques à celles de leur production dans le champ visuel uniformément clair; il n'y a de particulier que l'origine de la lumière réagissante, qui est d'origine extérieure dans un cas, d'origine intérieure dans l'autre. On peut, du reste, et c'est là une expérience très démonstrative, emprunter à n'importe quelle source d'excitations artificielles (phosphènes, électricité) la lumière réagissante nécessaire pour développer les images consécutives négatives: ainsi, lorsqu'après avoir fait naître dans l'œil une image négative on fait traverser l'œil et le nerf optique par un courant électrique ascendant, ce qui produit l'éclairement bleuâtre du champ visuel, on voit l'intensité de l'image négative augmenter considérablement.

Nous l'avons dit précédemment, dans tous ces phénomènes d'images persistantes et d'images négatives, on ne saurait faire exactement la part

de ce qui revient aux éléments rétiens, nerveux (nerf optique) ou centraux (cerveau). C'est donc à tort que Plateau, dont nous résumerons plus loin les théories dans une vue d'ensemble, n'a voulu voir dans ces faits que des manifestations de l'excitabilité rétinienne. Il semblerait même qu'ici, comme pour les images consécutives colorées dont nous aurons encore à parler, c'est la rétine qui prend la moindre part au phénomène. Nous ne citerons à l'appui de notre manière de voir que deux expériences: — 1° Quand une image consécutive s'est produite, la grandeur de cette image paraît varier avec la distance de la surface sur laquelle on jette les yeux; cette circonstance avait été invoquée par J. Plateau pour prouver que le fait de la persistance est bien un fait rétinien, quant à son siège: « Car, disait-il, la partie modifiée (de la rétine) ayant une étendue constante, si nous attribuons successivement aux images des distances différentes, en les projetant sur des surfaces plus ou moins éloignées, nous devons nécessairement juger leur grandeur absolue plus ou moins considérable ». Mais cela ne prouve rien: car, en admettant que le cerveau seul soit le siège de cette réviviscence de l'image, nous savons que tout organe central rapporte ses perceptions subjectives à l'extrémité des nerfs sensitifs correspondants et précisément dans une étendue périphérique en rapport avec l'étendue de l'organe central mis en action. Mais il est des preuves directes que la grandeur variable de l'image dépend d'un effet moral, et que, par suite, cette image elle-même est principalement de nature centrale. Van Breda a remarqué qu'il voyait, en se couvrant parfaitement les yeux, l'image accidentelle se rapetisser ou s'agrandir lorsqu'il exécutait des mouvements qui le rapprochaient ou qui l'éloignaient d'un objet réel occupant le lieu apparent de l'image. — 2° Si l'on examine une image stéréoscopique transparente, lorsque l'une des rétines est affectée par une image accidentelle, on voit celle-ci dans l'un des plans de l'image stéréoscopique sur lesquels on fixe particulièrement les yeux; il est curieux de voir l'image suivre les reliefs donnés par le stéréoscope; lorsqu'elle se rapproche des plans situés sur le devant, sa grandeur diminue; elle est plus grande incontestablement quand on l'observe dans les derniers plans, dans ceux qui paraissent les plus éloignés. « Il semblerait, dit Melsens, auquel nous empruntons cette expérience, et qui se montre cependant très partisan de la théorie de Plateau, il semblerait donc que l'imagination a une part très considérable dans l'apparence, la petitesse et la grandeur de l'image accidentelle. »

Un phénomène très remarquable, et dont l'explication est également facile par les données de la physiologie générale des nerfs, est celui connu sous le nom d'*alternance des images consécutives*. Nous en empruntons à Helmholtz la description et l'explication: « Dans l'état où l'on a rendu visible pour un instant, sous sa forme négative, au moyen de la lumière réagissante, une image consécutive persistante, on voit quelquefois apparaître, aussitôt après, une image accidentelle positive dans le champ visuel obscur. Il faut conclure de là que l'excitation des parties fatiguées de la rétine, au moyen de la lumière réagissante, excitation qui est plus faible que celle des parties non fatiguées, présente cependant une durée plus longue, circonstance analogue à ce qui se passe pour les nerfs moteurs,

puisque la secousse d'un muscle fatigué, moins énergique que celle d'un muscle qui ne l'est pas, présente une durée plus considérable. »

*Couleurs des images consécutives et images consécutives des objets colorés.* — Au moment où les images consécutives passent du positif au négatif, elles présentent des alternances de phases colorées dans leurs parties primitivement claires, c'est-à-dire que les parties blanches passent successivement par un bleu verdâtre à l'indigo, puis au violet, à l'orangé et finalement au vert jaunâtre. Il est facile de se rendre compte de ces phénomènes en admettant que, pour les fibres qui président à l'impression par chacune des couleurs fondamentales, les périodes d'excitation persistantes et d'épuisement ou fatigue consécutive, c'est-à-dire, en un mot, les différentes périodes des images consécutives (positive et négative) ont des durées différentes : ainsi une partie impressionnée par le blanc, c'est-à-dire par du rouge, du vert et du violet, présentera d'abord une image persistante positive blanche; puis la persistance de l'excitation sur la fibre rouge cessant plus vite que sur les deux autres fibres, l'image positive perdra son élément rouge, c'est-à-dire passera au vert bleuâtre, etc. Mais l'arrivée d'une lumière réagissante pourra modifier l'aspect ou l'accroître davantage. Si, pendant la présence de l'image accidentelle, dit Helmholtz, on laisse pénétrer peu à peu de la lumière réagissante, en écartant doucement les mains dont on a recouvert les yeux, on voit cette image accidentelle passer à des phases plus avancées de son développement chromatique; elle revient au contraire à des phases moins avancées, lorsqu'on affaiblit la lumière réagissante. Si on laisse pénétrer la lumière au moment où les parties claires de l'image sont bleues, on les voit devenir jaunes; si l'on recouvre alors les yeux, on retrouve le bleu.

C'est qu'en effet ce que nous avons dit pour les images consécutives des corps simplement lumineux se reproduit, avec une modification facile à comprendre, pour les objets colorés. Si l'on regarde un objet rouge, puis qu'on ferme les yeux, par le fait de la persistance de l'excitation, on continue à voir l'objet avec sa couleur rouge; c'est ici l'image consécutive positive, dite dans ce cas *homochroïque* (de même couleur que l'objet); mais, dès que cette image disparaît et est remplacée par une négative, cette dernière prend la couleur complémentaire, c'est-à-dire que, dans l'exemple choisi, elle est vue verte ou d'un bleu verdâtre. Pour obtenir ce résultat, il faut que la lumière réagissante, qui développe le négatif, soit assez intense; il faut, par exemple, après avoir regardé un objet coloré, porter le regard sur du papier blanc ou gris clair: si donc on a regardé du papier rouge, l'image consécutive négative obtenue en fixant du papier gris sera d'un bleu verdâtre. Du papier rose, au contraire, donnera une image négative complètement verte; du vert en donnera une rosée, du bleu une jaune, et du jaune une bleue. La rétine (ou le nerf optique) peut donc éprouver une fatigue partielle pour les couleurs; si, par exemple, d'après l'hypothèse de Th. Young, les fibres sensibles au vert ont subi une grande excitation et une grande fatigue en présence d'une lumière verte, lorsque cette même partie de la rétine reçoit ensuite de la lumière blanche, l'impression du vert est affaiblie ou supprimée, et celles du rouge et du violet sont vives et dominantes; leur somme donne

alors l'impression du pourpre, qui en se mélangeant avec le blanc invariable du fond, produit la couleur rose. Il va presque sans dire que, si l'on emploie comme lumière réagissante non de la lumière blanche, mais de la lumière colorée, l'image négative aura une couleur mixte, résultant de la couleur du fond et de la couleur que doit avoir l'image négative en raison de la nature des fibres qui ont été précédemment épuisées par l'impression directe.

*Contrastes.* — C'est encore par la fatigue rétinienne que s'expliquent la plupart des phénomènes connus sous le nom de *contrastes des couleurs*. Cependant il faut distinguer ce que Chevreul a appelé le contraste successif et le contraste simultané.

Tous les faits que nous venons d'indiquer relativement aux images consécutives colorées et négatives (non homochroïques) rentrent dans la classe des *contrastes successifs*; ce sont des phénomènes grâce auxquels une partie de la rétine, selon qu'elle vient d'être fatiguée par l'impression d'une couleur, devient par cela même plus ou moins apte à être impressionnée par une autre couleur; si l'on a regardé une surface rouge, puis qu'on regarde une surface bleu vert, les fibres du rouge étant fatiguées par la première impression, il n'y a que les fibres du vert et du violet qui entrent fortement en action, et alors le bleu vert est vu avec une netteté, une saturation toute particulière; on dit alors que ce bleu vert est vu plus fortement par un *effet de contraste*, ce qui revient à dire que l'impression du bleu vert objectif est comme renforcée par l'image accidentelle négative du rouge, puisque cette image négative est précisément complémentaire du rouge, c'est-à-dire formée de vert et de violet. — C'est encore dans la classe des *contrastes successifs* que rentrent les modifications qu'imprime à une couleur une autre couleur placée dans son voisinage immédiat: c'est qu'en effet, dans l'usage habituel de nos yeux, nous laissons toujours le regard errer sans cesse d'un point à un autre; le regard glissant ainsi sur des surfaces et des objets clairs, sombres et colorés, l'impression de chaque couleur est modifiée, puisqu'elle vient successivement exciter des parties de la rétine qui immédiatement auparavant avaient été frappées par d'autres couleurs et dont la sensibilité est ainsi modifiée: chaque champ coloré donne ainsi une image consécutive négative, qui, par suite des oscillations du regard, arrive à être couverte par le champ coloré voisin et en change la teinte perçue. — De même nature est le phénomène qu'on observe lorsqu'un champ très petit, d'une couleur déterminée, se présente sur un fond large d'une autre teinte: si, par exemple, il y a un espace rouge (un petit carré de papier rouge) sur un fond gris, notre regard passant toujours, par des oscillations presque insensibles de l'œil, par dessus le bord du rouge au gris, les parties grises les plus voisines du rouge sont atteintes par une image consécutive négative du rouge, et apparaissent avec une faible teinte de vert bleuâtre. Inversement, si l'on fixe un morceau de papier blanc ou gris avec un œil et qu'on glisse derrière un verre coloré, le morceau de papier prend immédiatement la couleur complémentaire du verre coloré, et la prend seulement sur ses bords, si le papier a une large surface, sur toute son étendue, si cette surface est peu considérable. — Tous ces phénomènes sont des *contrastes successifs*, quoiqu'à première vue on soit tenté de les prendre pour des contrastes simultanés, si l'on ne

tient pas compte de ce fait que, dans l'usage habituel de nos yeux, nous laissons toujours le regard errer d'un point à un autre.

Quels sont donc les phénomènes qui méritent le nom de *contrastes simultané*s? Ce sont ceux dans lesquels les mouvements de l'œil sont absolument exclus, de sorte qu'il n'y ait pas modification de l'excitabilité d'une région rétinienne par la fatigue résultant d'une impression colorée antérieure. Ces contrastes sont rares, et nous n'en citerons qu'un exemple destiné à montrer qu'il s'agit, non pas de phénomènes rétinien, mais d'actes purement psychiques dans lesquels le jugement joue le rôle le plus important. Nous voulons parler de la célèbre expérience des ombres colorées. Si, à la clarté du jour, on allume une bougie dont la lumière est rougeâtre, et si l'on fait tomber l'ombre d'un corps éclairé par cette bougie sur un papier blanc, l'ombre devrait paraître grise, puisqu'elle n'est due qu'à la lumière diurne, et cependant elle est bleuâtre. La cause en est évidemment dans la comparaison avec la lumière rougeâtre ambiante que provient de la bougie. Cette lumière nous semble blanche, parce que nous sommes habitués à considérer la lumière diffuse comme blanche. Or, du moment que notre jugement est altéré au point qu'une lumière rougeâtre nous semble blanche, toute lumière qui, en réalité, est blanche, doit nécessairement nous paraître vert bleuâtre. Si l'on ne produit l'ombre qu'après avoir rendu impossible toute comparaison avec la lumière ambiante de la bougie (en regardant, au travers d'un tube noir à l'intérieur, l'ombre portée), cette ombre paraît grise (Fechner); mais, si on la regarde au contraire par le tube après que déjà on a jugé qu'elle est bleue, elle restera de cette teinte alors même que la lumière de la bougie est enlevée.

On voit que, à part les phénomènes dans lesquels le jugement ou acte psychique intervient d'une manière à peu près exclusive (il a certainement une part plus ou moins grande dans tous), nous pouvons expliquer toutes les particularités, parfois si bizarres, des images consécutives, positives ou négatives, ainsi que la plupart des phénomènes de contraste, par deux propriétés des éléments nerveux (terminaux ou conducteurs), à savoir la *persistance de leur excitation*, et la *diminution de leur excitabilité par la fatigue*. Cette théorie, développée par Helmholtz, et aujourd'hui adoptée par la majorité des physiologistes, a pris la place d'une autre théorie célèbre, qui régna longtemps sans conteste, la théorie de Plateau, à laquelle nous devons au moins une courte mention. D'après Plateau, il y aurait des transformations spontanées dans l'état de l'appareil nerveux terminal pendant la durée des effets dits consécutifs, c'est-à-dire que les images consécutives seraient dues à une nouvelle action de la rétine, action qui serait opposée à la première : après chaque sensation vive de lumière, la rétine reviendrait au repos qu'en accomplissant une série d'oscillations qui la feraient passer alternativement par des états opposés, et ces états opposés correspondraient aux sensations d'images consécutives négatives et d'images consécutives colorées avec couleurs complémentaires. « Lorsque la rétine, dit Plateau, est soumise à l'action des rayons d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action et tend à regagner l'état normal avec une force de plus en plus intense. Alors, si elle est subitement soustraite à la

cause excitante, elle revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergique que l'action s'est prolongée davantage, mouvement en vertu duquel l'impression passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue généralement à osciller d'une manière plus ou moins régulière en s'affaiblissant. » Ce sont surtout les phénomènes d'alternance des images consécutives, positives et négatives (ci-dessus p. 615), qui avaient amené Plateau à concevoir cette théorie des oscillations rétinien, pour ainsi dire autour du centre de gravité représenté par l'état de repos; nous avons vu que les notions de physiologie générale relatives à l'influence de la fatigue sur la durée de l'excitation surajoutée nous permettent d'expliquer ces faits sans hypothèses. Plateau avait été également amené à sa théorie par l'étude des phénomènes d'*irradiation* sur lesquels nous dirons encore quelques mots.

*Phénomènes d'irradiation.* — 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

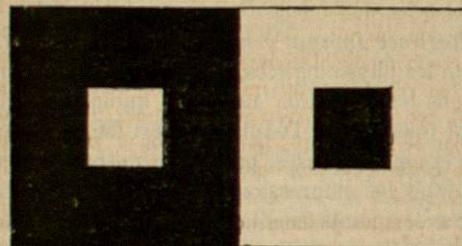


FIG. 172. — Irradiation.

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 concaves. Dans la figure 172, 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 sur un ciel brillant, nous paraissent plus légers, plus élancés que les monuments récents de pierres blanches.

*Illusions d'optique.* — Presque tous les phénomènes si nombreux connus sous le nom d'*illusions d'optique*, peuvent se ramener aux phéno-

mènes 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, perceptions entoptiques*). Les principales sont dues aux modifications de la circulation. Les vaisseaux de la rétine (p. 597) 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 l'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 production 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*.

**Vision droite (avec images renversées).** — 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 là 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 renversés<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nous nous sommes élevés plus haut (Voy. p. 601) contre la vieille formule qui identifie 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. 601), 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 lumi-

**Vision avec les deux yeux.** — 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 rétinien, 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 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 *prétabli* et fatalement lié à une disposition anatomique, comme le voulait la *théorie nativiste* de J. Müller. Aujourd'hui, après les belles études de Helmholtz, la *théorie empiristique* doit remplacer la théorie nativiste. 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

neuse (phosphène, p. 597), 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. 600) 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 choroïdien (p. 601) 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. 100, *Excentricité des sensations*) résultant de congestions médullaires ou, mieux encore, comme les sensations des moignons des amputés sont rapportées à l'extrémité des doigts. »

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 se 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,

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 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.)

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 conjonctivaux 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. 567), 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 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. 317); 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 transparentes<sup>1</sup> (comparer avec ce qui a été dit p. 317).

Les larmes s'évaporent en grande partie, mais il y en a toujours

<sup>1</sup> Demtschenko, *Zur Innervation der Thränenrüse* (*Pflüger's Archiv. für die gesammte Physiologie*, Bonn, sept. 1872).

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. 174), et suivent les *canaux 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



FIG. 174. — Appareil lacrymal\*.

une cause d'arrêt plutôt que de mouvement dès que ce tube est plein<sup>1</sup>. 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 nasal et, par suite, sur toute la série des canaux et sac qui le précèdent, et que cette légère aspiration suffit pour établir le cours des larmes à l'état normal; aussi, lorsque les

<sup>1</sup> 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, en voit les orifices des points lacrymaux (sur les tubercules lacrymaux); — o, o, muscle orbiculaire (portion orbitaire).

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 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 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<sup>1</sup>.

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, sous le derme, 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 contact* (toucher proprement dit : forme des corps), de *pression*, et de *température*. Le dos de la main est plus apte à apprécier les différences

<sup>1</sup> V. A. Estor, *Physiologie pathologique des fistules lacrymales*, in *Journ. de la nat. et de la physiol.* de Ch. Robin, janvier 1865.

de température; la paume de la main (pulpe des doigts) est plus apte à apprécier la forme des corps. L'habitude est 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* et *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° OLFACATION. — 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 méri-

teraient 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 procès 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. 620, 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.