

polaires de la troisième couche, qui sont en relation directe avec les fibres du nerf optique (deuxième couche).

Les cônes et les bâtonnets sont inégalement répartis sur toute la surface rétinienne, la présence simultanée de ces deux éléments différenciés ne paraît pas nécessaire à la vision, on ne trouverait que des cônes chez les sauroïdes : reptiles et oiseaux, tandis que les animaux nocturnes n'auraient que des bâtonnets.

La fovea centralis où l'acuité est si intense, est constituée essentiellement par des cônes, puis le nombre des cônes va en diminuant jusqu'à l'ora serrata, occupée presque uniquement par les bâtonnets. A la partie moyenne de la rétine, on compte environ un cône pour trois ou quatre bâtonnets.

Une expérience due à Purkinje établit que c'est dans cette zone que l'image est perçue (fig. 118).

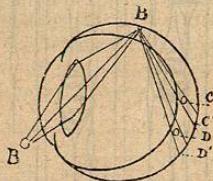


Fig. 118. — Expérience de Purkinje.

B, bougie placée sur le côté de l'œil. — B', source lumineuse intérieure formée par les rayons lumineux que le cristallin concentre sur la partie latérale de la rétine. — C, D, vaisseaux rétiens. — C', D', ombre de ces vaisseaux. L'épaisseur de la rétine est exagérée intentionnellement.

Les vaisseaux de la rétine sont situés uniquement dans les couches antérieures. Leur ombre est donc portée sur les couches postérieures, c'est uniquement par le fait de l'habitude que nous ne la percevons pas. Mais si nous projetons ces ombres sur les régions qui ne les reçoivent pas normalement, l'œil perçoit alors. On voit dans le champ visuel une arborisation très marquée.

Helmholtz, puis Muller calculant la distance qui sépare les

vaisseaux rétiens de la surface impressionnable, avaient trouvé  $0^m,17$  à  $0^m,36$ . Or la distance entre la zone vasculaire et l'extrémité postérieure des cônes oscille entre 0,20 et 0,30.

**Excitabilité des diverses régions rétiennes.** — La rétine n'est pas également excitable dans toute sa surface. Ainsi que devait le faire supposer sa constitution même, la papille ne l'est pas.

La papille a été appelée également punctum coecum, terme approprié puisque toute image qui vient se former en ce point n'est pas perçue par elle, il suffit de se rappeler que les éléments impressionnables de la rétine sont les cônes et les bâtonnets, or ils manquent totalement à ce niveau.

*Expérience de Mariotte.* — Sur une feuille de papier noir, on colle un rond blanc et on dessine à gauche une croix à  $0^m,05$  du bord de ce rond. En fixant l'œil droit (l'œil gauche étant fermé) sur la croix, on aperçoit les deux marques mais si on fait varier la distance de l'œil à la carte, il arrive un moment où le rond cesse d'être perçu et ne reparait que si l'on fait varier en plus ou en moins la distance. C'est vers  $0^m,30$  avec un œil sain que le rond disparaît. L'expérience inverse peut être faite avec l'œil gauche fixant le rond. La croix disparaît vers la même distance. Le calcul permet d'établir que l'image du second point doit venir alors sur la papille de la rétine.

La preuve directe a été donnée par Donders. A l'aide de l'ophthalmoscope on projette l'image d'une flamme exactement sur la papille. A ce moment le sujet cesse de percevoir cette image.

Cette lacune est inconsciente. On conçoit qu'il y a correction dans la vision binoculaire; mais dans la vision monoculaire, chez les borgnes, l'explication est plus difficile et il faut admettre que par suite des mouvements incessants de l'œil, nous ne nous rendons pas compte de cette absence.

*Tache jaune.* — La tache jaune est le point où l'acuité visuelle atteint son maximum, on sait que les cônes seuls y représentent la membrane de Jacob, les bâtonnets font défaut. Elle est située sur l'axe antéro-postérieur de l'œil, présentant une dépression centrale, la fovea centralis, elle affecte la forme d'une ellipse au grand axe horizontal ( $D=0^m008$ ,  $d$  vertical = 0,8). C'est dans cet espace fort petit, qu'est concentrée pour ainsi dire toute l'acuité du champ visuel, encore faut-il ajouter que l'acuité atteint son maximum surtout dans la fovea centralis. C'est la fovea qui constitue la région visuelle par excellence, car la tache jaune n'a été constatée que chez l'homme et les anthropoïdes. Ainsi l'angle dans lequel est compris le champ visuel qui permet de voir avec netteté atteint-il à peine 12'. Quand on lit, toute la page est vue, mais quelques lettres seulement sont perçues avec netteté, et c'est par un mouvement continu de l'œil que l'on remédie à la petitesse de l'angle d'acuité réelle.

Une expérience permet de se rendre compte de cette étendue. On fixe dans l'obscurité la page d'un livre, et avec les poudres au magnésium si usitées actuellement pour les photographies instantanées, on éclaire brusquement la page et l'on note le mot ou les mots et par suite le nombre des lettres que l'on a pu percevoir dans ce court espace de temps.

Le reste de la rétine est sensible à la lumière, mais la netteté des impressions diminue à mesure que l'on s'éloigne de la fossette centrale pour devenir presque nulle en avant de l'équateur de l'œil. Instinctivement quand nous fixons un point, nous faisons en sorte que son image vienne se former sur la tache jaune.

On a pu déterminer ainsi l'acuité visuelle des diverses parties du champ rétinien. On fixe deux fils parallèles très fins et que l'on approche l'un de l'autre à la limite du moment où les deux fils peuvent encore être perçus. Si en

imprimant à l'œil des mouvements divers, on fait porter l'image sur des points divers de la rétine, on voit que pour que les deux fils paraissent séparés il faut les éloigner plus ou moins, cet écart atteint cent cinquante fois l'intervalle primitif dans la région équatoriale.

**Accommodation.** — Dans l'œil normal, les rayons lumineux venus d'un point situé à l'infini, c'est-à-dire les rayons parallèles viennent former leur image sur la rétine. Mais si le pouvoir réfringent de l'appareil dioptrique oculaire restait fixe, on conçoit que les objets placés à une distance assez rapprochée de l'œil ne formeraient plus leur image sur l'écran rétinien, ou tout au moins qu'ils donneraient lieu à une image diffuse. Les rayons lumineux en chemin dans l'œil forment en effet, ainsi que l'indique la construction géométrique, un cône dont le sommet se trouve sur la rétine pour l'œil normal, tandis que cette dernière coupe le cône primaire ou secondaire dans les autres conditions, il en résulte des cercles de diffusion.

L'existence des cercles de diffusion explique pourquoi il est impossible de voir avec netteté simultanément deux objets situés à des distances différentes.

*Expérience de Scheiner.* — On prend une carte de visite que l'on perce de deux trous situés à une distance inférieure au diamètre de la pupille et l'on regarde une épingle placée perpendiculairement à la direction de la ligne réunissant les deux trous, en tâtonnant, on trouve une distance où elle apparaît simple, tandis qu'à une distance plus courte, on voit l'image double. Il en est de même encore si l'on regarde en même temps un objet plus éloigné. Il est facile par l'examen de la figure 119 de se rendre compte de ce phénomène. L'épingle donne lieu à deux faisceaux lumineux qui pour une distance donnée  $a$  viennent s'entre-croiser sur un point unique de la rétine  $a'$ . Au contraire, pour une distance plus

longue  $b$ , les deux faisceaux arrivent sur la rétine après leur intersection  $b''$ ,  $b'$ , d'où deux régions de la rétine impressionnées simultanément et deux sensations optiques, toutefois et par suite de la dimension des trous pratiqués dans la carte, ces deux images, formées de minces faisceaux lumineux, sont nettes et c'est la raison pour laquelle l'œil ne modifie pas de lui-même son appareil d'accommodation.

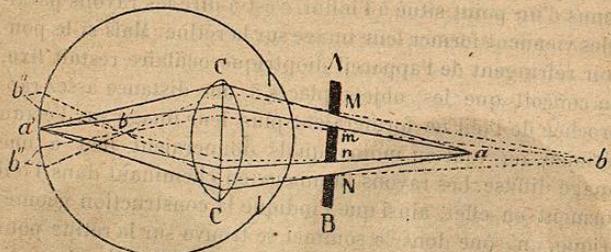


Fig. 119. — Expérience de Scheiner.

Mais, si au lieu de regarder simultanément deux objets situés à des distances différentes, on les observe successivement, les deux objets sont alors distinctement perçus. Ce résultat ne peut être obtenu que par une modification de l'appareil dioptrique, un changement dans son pouvoir de réfraction tel, que les images de chaque objet viennent se faire sur l'écran rétinien. Théoriquement on peut concevoir plusieurs procédés optiques qui permettraient aux images de se former toujours sur la rétine.

L'œil pourrait s'allonger ou se raccourcir par suite de variation dans la pression intra-oculaire, ou par la compression des muscles extrinsèques de l'œil.

Les milieux transparents changer d'indices de réfraction.

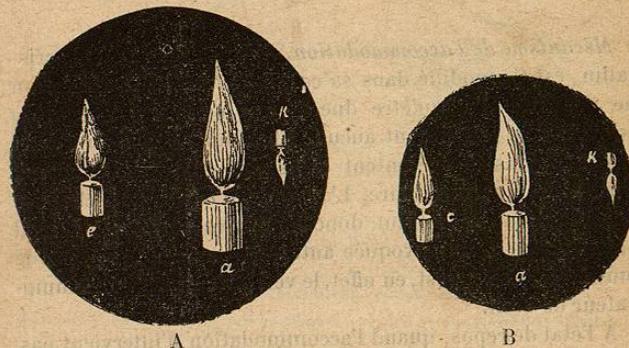
La cornée varier de courbure.

Le cristallin s'avancer, reculer, ou varier de courbure.

L'expérimentation a montré que c'est par ce dernier

processus, variation de la courbure de la lentille cristallienne que l'accommodation optique est obtenue.

*Expérience de Purkinje.* — Lorsqu'on place un objet lumineux, une bougie, par exemple, devant l'œil d'une personne, et que l'on regarde latéralement cet œil, on peut distinguer trois images dans l'œil, deux droites et une renversée. Des images droites, l'une petite, très éclairée est formée sur la face convexe de la cornée, la seconde, plus grande, moins éclairée se produit sur la face antérieure



A, vision éloignée.

B, vision rapprochée.

$a$ , image cristallinienne antérieure. —  $k$ , cristallinienne postérieure. —  $c$ , cornéenne.

Fig. 120. — Images de Purkinje.

convexe du cristallin, enfin la troisième, renversée, se forme sur la face postérieure concave du cristallin<sup>1</sup>.

Or, si l'on fait regarder successivement un objet rapproché, puis brusquement un objet éloigné, on voit que l'image cornéenne ne se modifie pas, tandis que les images cristalli-

<sup>1</sup> On peut observer une quatrième image qui se forme sur la face postérieure de la cornée, théoriquement, il doit se former dans l'œil sept images (Tschering).

niennes deviennent plus grandes pour la vision éloignée. Or, l'on sait que la grandeur d'une image dépend du rayon de courbure des surfaces réfléchissantes, il en résulte donc qu'il se produit dans l'accommodation un changement dans les rayons de courbure des deux faces du cristallin : le cristallin se bombe pour les objets rapprochés (image plus petite), s'aplatit pour la vision éloignée (image plus grande).

Helmholtz a pu, à l'aide d'un appareil nommé ophtalmomètre, calculer les différentes variations de courbure du cristallin, cette variation est surtout marquée pour la face antérieure.

*Mécanisme de l'accommodation.* — Par quel procédé le cristallin est-il modifié dans sa courbure ? Cette modification ne peut en effet qu'être due à une cause extrinsèque, le cristallin ne renfermant aucune fibre musculaire. Or, deux appareils voisins présentent seuls des fibres musculaires : l'iris et le muscle ciliaire. L'absence d'iris n'empêche pas l'accommodation, il faut donc récuser ce premier appareil dont l'action a été invoquée autrefois par Cramer ; reste le muscle ciliaire qui est, en effet, le véritable muscle accommodateur de l'œil.

A l'état de repos, quand l'accommodation n'intervient pas, le cristallin est maintenu aplati par la tension de la membrane conjonctive qui entoure la zonula, par suite pour la vision éloignée, aucun phénomène actif n'intervient.

Pour la vision rapprochée, au contraire, le muscle ciliaire se contracte en prenant son point fixe sur l'angle irido-cornéen amenant le relâchement de la zonula par la traction qu'il exerce sur le bord antérieur de la choroïde qu'il attire en avant, grâce à son élasticité propre le cristallin se bombe alors autant que le permet le relâchement de son anneau tenseur.

Quant au rôle que l'on a voulu faire jouer aux fibres musculaires circulaires des procès ciliaires dans le bombement

du cristallin, il paraît bien problématique, étant donné le petit nombre de ces fibres.

D'après Rouget, les organes vasculaires désignés sous le nom de procès ciliaires, prendraient une part plus ou moins active à l'accommodation. La contraction du muscle ciliaire

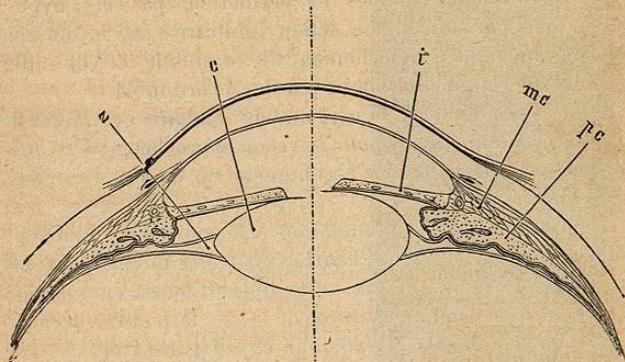


Fig. 121. — Schéma de l'accommodation.

*mc*, muscle ciliaire. — *pc*, procès ciliaire. — *i*, iris. — *c*, cristallin. — *Z*, zonula.

amènerait leur turgescence, et ils viendraient exercer une compression régulière sur le cristallin. Mais les observations ophtalmoscopiques faites sur des iridectomisés et des albinos ont montré que à aucun moment de la vision les procès ciliaires ne viennent en contact immédiat avec le cristallin (Berlin).

*Innervation.* — Le muscle ciliaire est innervé directement par un centre ganglionnaire, le *plexus ciliaire*, qui reçoit lui-même ses nerfs de deux sources différentes : le moteur oculaire commun et le grand sympathique.

L'excitation du moteur oculaire commun amène l'augmen-

tation de courbure du cristallin, par le mécanisme que nous venons d'indiquer. Quant à l'excitation du sympathique, elle déterminerait au contraire une diminution dans ce rayon de courbure (Morat et Doyon). L'aplatissement serait obtenu non par une contraction musculaire, les dispositions anatomiques connues ne permettent pas cette hypothèse, mais par suite d'une action inhibitrice sur le muscle ciliaire, amenant le relâchement de ce muscle et par suite permettant l'augmentation de tension de la zonula.

D'après ces données, le nerf moteur oculaire commun est le nerf accommodateur pour la vision rapprochée, tandis que le sympathique est le nerf accommodateur de la vision éloignée.

L'amplitude de l'accommodation ou le pouvoir accommodateur varie d'un individu à l'autre, mais il se modifie surtout avec l'âge, et, point curieux, cette diminution est en quelque sorte continue pendant la durée de la vie; le pouvoir accommodateur commence à s'affaiblir en effet dès l'âge de dix ans pour devenir nul vers soixante-dix ans. Cette diminution qui, lorsqu'elle atteint un certain degré, est désignée sous le nom de presbytie, étant générale et normale, doit être considérée « non comme une maladie, mais comme un état physiologique, aussi physiologique que l'apparition de la barbe à un certain âge » (Nuel).

Cette diminution dans le pouvoir accommodateur ne viendrait pas d'un défaut d'activité du muscle ciliaire, mais tiendrait à des modifications intérieures et graduelles du cristallin, qui perdrait peu à peu son élasticité.

Les calculs théoriques sur l'œil schématique de Listing, ainsi que l'observation montrent qu'un œil normal n'a pas lieu d'accommoder pour tout objet situé au delà de 65 mètres. A partir de cette distance, en effet, les images formées sur la rétine ne peuvent subir qu'un déplacement suivant l'axe, inférieur à  $0^{\text{mm}},005$  de la couche sensible rétinienne, et se trouvent par suite toujours sur cette

couche. En effet, deux objets situés au loin et à des distances différentes sont perçus simultanément avec netteté.

En deçà de cette limite l'œil doit accommoder, mais l'amplitude d'accommodation a nécessairement une limite et à une certaine distance très rapprochée de l'œil les objets ne sont plus distincts, cette distance minimum constitue le *punctum proximum*, qui pour un œil normal est de 22 centimètres. Pour ce même œil, le point le plus éloigné de la vision distincte est à l'infini, mais dans la plupart des yeux, cette vision cesse à une certaine distance, ce point est le *punctum remotum*.

**Imperfections de l'appareil optique.** — L'œil normal, ou emmétrope (εὐ μέτρον, en mesure) existe rarement. La distance de la limite de la vision distincte, c'est-à-dire la distance du *punctum remotum* au centre optique varie avec les yeux. Il y a lieu de distinguer parmi les yeux anormaux, ou amétropes, trois variétés : le myope, l'hypermétrope et l'astigmat. La presbytie doit être classée à part, résultant d'un défaut dans l'accommodation.

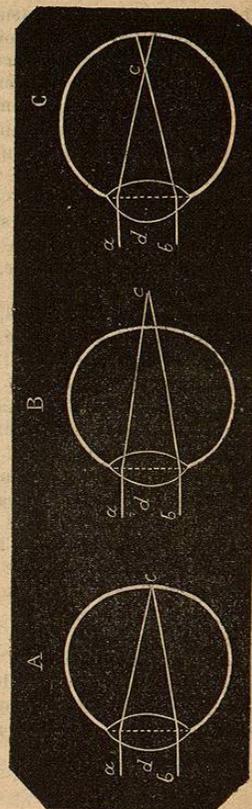


Fig. 122. — Rapport entre les dimensions du globe de l'œil et la fonction visuelle.

A, œil emmétrope. — B, œil hypermétrope (trop court). — C, œil myope (trop long).  
Les deux rayons lumineux *a* et *b*, venus de l'infini après avoir traversé la lentille *d* (œil réduit de Listing), donnent un cône dont le sommet tombe sur la rétine dans l'œil emmétrope A, en arrière de la rétine dans l'œil hypermétrope B, en avant de la rétine dans l'œil myope C.

L'œil myope est optiquement caractérisé par ce fait que les rayons parallèles viennent former leur foyer en avant de la rétine ; il en résulte que seuls les rayons divergents, c'est-à-dire partant d'une distance finie, donnent une image nette. Chez le myope sont donc seuls vus distinctement les objets rapprochés, le *punctum remotum* est plus du moins approché, suivant le degré de la myopie. La myopie peut tenir à un excès de réfraction : diminution du rayon de courbure des surfaces réfringentes, augmentation du pouvoir réfringent des milieux, ou encore à un raccourcissement de l'œil suivant son axe (myopie axiale), c'est le cas le plus fréquent.

Dans l'œil *hypermétrope*, c'est l'inverse qui se produit, les images vont se peindre au delà de la rétine. La rétine ne reçoit que des rayons convergents, c'est-à-dire émanés d'objets éloignés. La vision de près est diffuse. Le *punctum remotum* est alors négatif en arrière de la rétine. L'hypermétropie est due aux causes inverses de la myopie.

On remédie à ces anomalies par des verres concaves (divergents) pour le myope, convexes (convergents) pour l'hypermétrope. On mesure l'amétropie en prenant le pouvoir réfringent d'une lentille qui rend cet œil emmétrope. La distance focale du verre qui corrige l'amétropie est égale à la distance du *punctum remotum*. Les anciennes mesures des opticiens donnaient cette distance en pouces; on a pris aujourd'hui comme unité la *dioptrie*, c'est la puissance réfringente d'une lentille dont le foyer principal est à un mètre ? Un verre de dix dioptries est celui dont la réfringence est dix fois plus forte, c'est-à-dire dont la distance focale est 0,10.

La caractéristique d'une lentille est donc donnée par l'inverse de sa distance focale. C'est ainsi que pour l'œil normal dont la seconde distance focale est de 20 centimètres, on trouve 5 dioptries.

Pour transformer en dioptries le numéro d'une lentille ancien système, on divise 40 par ce nombre  $l$ , c'est la formule de Javal :

$$D = \frac{40}{l}$$

En réalité, les verres du commerce portent des numéros indiquant en pouces leur rayon de courbure; pour avoir en centimètres la distance focale  $l$ , d'une telle lentille, il faut employer la formule de Sous :

$$F = \frac{5}{2} l$$

La distance focale des lentilles s'obtient à l'aide d'instruments désignés sous le nom phacomètres.

Le phacomètre de Snell en est fondé sur ce fait que lorsque l'objet se trouve à une distance double de la distance focale, pour une lentille convergente, l'image est égale, renversée et située à une égale distance derrière la lentille. L'instrument se compose d'une règle graduée au milieu de laquelle on place le verre à examiner, et l'on fait mouvoir de chaque côté sur la règle deux verres portant une même gravure et dont l'un est éclairé; l'une des gravures est renversée et quand l'image de l'autre coïncide exactement avec elle on n'a plus qu'à lire l'intervalle qui est égal à *quatre fois la distance focale*. Dans la pratique on arrive à cette détermination plus rapidement en employant une *boîte d'optique*, c'est-à-dire une collection de lentilles convergentes et divergentes dont les puissances sont connues. On accole à la lentille dont on cherche la puissance une lentille de nature opposée, telle que le système ainsi constitué ait une puissance nulle, ce que l'on constate en regardant un objet, en déplaçant le système de lentille; si la compensation est exacte, la grandeur de l'objet doit rester invariable.

*Astigmatisme*. — Si l'on regarde avec soin les barreaux d'une fenêtre, ou les rayons d'une roue, on constate que les différentes lignes ne sont pas vues avec la même netteté. Le trouble peut être plus ou moins accusé, mais il est constant et théoriquement il doit en être ainsi. Dans l'étude optique de l'œil, en assimile toujours les surfaces réfringentes à des segments sphériques, et nous avons vu qu'en réalité, ce sont des segments d'ellipsoïdes de révolution, que par suite les différents méridiens de l'œil ont une réfraction inégale, et que nécessairement dans ce cas les différents rayons d'une image, en traversant un appareil à réfractions variables viendront former l'image à des distances variables sur la rétine. C'est cette aberration de sphéricité de l'œil qui est désigné sous le nom d'astigmatisme. Dans la plupart des yeux, elle est trop faible pour nuire à la vision et elle est suffisamment corrigée par les mouvements des globes oculaires. On remédie à l'astigmatisme quand il est trop accentué par des verres cylindriques dont l'axe est perpendiculaire au méridien défectueux.

*Chromatisme*. — A côté de l'aberration de sphéricité, il

faut signaler l'*aberration de réfrangibilité de l'œil*. L'œil n'est pas un appareil achromatique parfait. Dans les conditions ordinaires il est difficile de s'en apercevoir, car si les rayons des différentes couleurs du spectre ont une réfrangibilité  $f$  variable, elle est assez faible néanmoins pour qu'à la distance de la vision nette, l'intervalle focale des rayons rouges et des rayons violets n'atteignent pas  $0^{\text{mm}},5$ .

Pour se rendre compte de ce chromatisme, il suffit de fixer un objet délicat, éclairé par de la lumière rouge, puis de changer brusquement la couleur de l'éclairage (lumière violette), l'objet n'est plus vu aussi nettement et il faut l'écarter pour retrouver la netteté de l'image.

*Des excitants de la rétine.* — La vibration lumineuse est l'excitant spécifique de la rétine; comme toutes les terminaisons nerveuses nettement différenciées, la rétine donne pour tous les autres excitants, la sensation lumineuse seule. Magendie piquant chez un malade le fond de l'œil avec une aiguille déterminait la sensation d'une vive lumière, mais sans aucune douleur. Le nerf optique dans sa continuité se comporte de même.

Il est facile d'établir l'action exercée par un excitant mécanique ou électrique. La rupture et la fermeture d'un courant de faible intensité, quand les électrodes sont appliquées aux tempes, donnent lieu à la sensation d'une lumière dont l'éclat varie avec l'intensité du courant. Un coup violent sur l'œil fermé « fait voir trente-six chandelles ». Enfin une pression localisée et légère, exercée sur un des points du globe de l'œil fait apparaître des images lumineuses persistantes, quoique variant de forme, que l'on appelle les phosphènes. Par suite du renversement des images rétinienne, on a la sensation que le phosphène se produit au côté opposé du point comprimé.

L'examen méthodique de l'apparition des phosphènes per-

met quelquefois d'explorer le champ de la sensibilité rétinienne.

Czermack a décrit sous le nom de phosphène d'accommodation la brusque apparition d'un cercle lumineux à la périphérie du champ visuel, quand, dans l'obscurité, l'œil étant accommodé pour la vision rapprochée, on regarde subitement l'infini.

Il est nécessaire de rappeler ici très brièvement quelques notions fondamentales sur la composition de la lumière.

La lumière naturelle c'est-à-dire la lumière solaire est une lumière composée. On peut en effet à l'aide d'un prisme décomposer la lumière blanche en une série de couleurs qui constituent le spectre et qu'on peut ramener à sept fondamentales, classées ainsi suivant leur degré de réfrangibilité : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Ces variations sont dues à des différences dans le nombre des vibrations lumineuses et de la longueur d'onde.

Le nombre des vibrations lumineuses qui est de 450 billions à la seconde pour le rouge atteint 790 billions pour le violet, tandis que la longueur d'onde qui est de 5,878 cent millièmes de millimètre pour le rouge est de 3,928 pour le violet. En deçà de ces limites, il existe encore des rayons, les rayons ultraviolets, possédant une grande action chimique d'où leur désignation de rayons chimiques et les rayons ultra-rouges, qui sont des rayons caloriques; mais notre œil ne perçoit que les rayons compris entre les chiffres cités pour le rouge et le violet. Sans doute parce que les terminaisons sensibles (sans rien préjuger) ne sont modifiées que par des rayons compris entre ces chiffres, comme les terminaisons auditives ne perçoivent les sons qu'entre certaines limites. On a supposé également que les rayons infrarouges et ultra-violets étaient absorbés par les milieux réfringents de l'œil et ne parvenaient pas jusqu'à la rétine.

La sensation lumineuse au point de vue de la qualité dépend de trois grandeurs variables : le ton ou qualité des

couleurs qui dépend de la longueur d'onde ; le degré ou saturation, qui relève du mélange de lumières de longueur d'ondes différentes ; enfin l'intensité, liée à l'amplitude des vibrations.

Parmi les couleurs du spectre, les physiologistes ont distingué des couleurs principales qui seraient perçues au détriment des autres, quand on regarde simultanément un spectre entier. Mais ils sont loin d'être d'accord sur le nombre et la désignation de ces couleurs principales. Helmholtz admet quatre couleurs : le rouge, le vert, le bleu, le violet. Pour Wundt ce serait le rouge, le vert le bleu et le jaune.

Dans le mélange des couleurs, on obtient une série de sensations, qui sont les couleurs résultantes, sans qu'on puisse distinguer les couleurs simples composantes.

Avec trois couleurs suffisamment éloignées entre elles dans le spectre, on peut obtenir toutes les combinaisons imaginables, seulement aucune de ces couleurs n'est évidemment saturée, elles sont toutes plus ou moins pâles. Ces trois couleurs, dites *fondamentales*, peuvent être prises arbitrairement, on peut du moins choisir à volonté deux d'entre elles, car la troisième est alors imposée. Avec le rouge et le vert, il faudra nécessairement le violet.

On appelle complémentaires les couleurs qui, mélangées dans un certain rapport, donnent le blanc. Parmi les couleurs du spectre, on obtient le blanc avec le rouge et le bleu verdâtre — l'orange et le bleu de Prusse — le jaune et le bleu indigo — le jaune vert et le violet. Le vert n'a pas de couleur complémentaire simple, mais il en a une composée, le pourpre.

*Pourpre rétinien.* — Nous ignorons encore complètement comment la vibration lumineuse agit sur l'élément nerveux de la rétine ; dire qu'il y a en cet endroit une transformation de l'énergie lumineuse en énergie nerveuse n'est pas résoudre la question. Les segments externes des cônes et des bâton-

nets sont sans doute les appareils où cette transformation s'opère ; et il est certain d'autre part qu'il se produit dans cette région des réactions chimiques qui doivent intervenir dans cette transformation.

Il existe dans l'article externe des bâtonnets une matière colorante rouge qui, sous l'influence de la lumière, se décolore.

Cette substance, l'érythrospine de Kuhne, le rouge rétinien, se régénère très vite, aussi longtemps que la rétine est en contact avec l'épithélium pigmenté. La lumière blanche et les divers rayons colorés, à l'exception des rayons jaunes, agissent sur elle.

Les expériences de Boll et de Kuhne sont très curieuses à cet égard. Le pourpre rétinien se conserve intact dans la rétine, si l'œil enlevé à l'obscurité ou dans la lumière jaune est porté dans une solution d'alun.

Si on place un animal, lapin ou grenouille, devant une fenêtre vivement éclairée, puis que l'on sacrifie rapidement l'animal, qu'on enlève l'œil en opérant sous la lumière jaune on voit sur la face de la rétine traitée par l'alun, l'image fixée de la fenêtre ; les parties éclairées de la fenêtre sont incolores, les barreaux, les parties obscures sont restés rouges. Cet *optographe* montre bien que seul, le pourpre des bâtonnets, impressionné par les rayons lumineux, a été modifié.

Si importante que soit cette transformation du pourpre rétinien, elle ne suffit pas à expliquer les phénomènes psychoptiques. La vue est continue, tandis que la rénovation de l'érythrospine ne paraît pas se faire immédiatement. Objection plus grave, cette substance n'existe que dans les bâtonnets, les cônes en sont dépourvus ; or ce sont eux précisément qui constituent la tache jaune, le lieu de la vision distincte. Peut-être ces derniers renferment-ils d'autres substances photo-esthésiques encore inconnues et qui subissent des modifications analogues à celles du pourpre rétinien.

La lumière détermine encore dans la membrane sensible d'autres modifications encore mal connues, mais qui jouent peut-être un rôle dans la transformation de l'énergie.

C'est ainsi que Kuhne a montré que sous l'influence de la lumière, les cellules pigmentées envoient des prolongements filiformes jusqu'à la limitante externe, isolant en quelque sorte chaque cône ou bâtonnet et jouant le rôle que le pigment joue vis-à-vis de la rétine totale.

Les articles internes des cônes s'allongent dans l'obscurité, se raccourcissent à la lumière, et l'écart est considérable, la longueur varie du simple au quadruple (Engelmann).

D'après Angelucci, les parties constituantes de la couche neuro-épithéliale réagissent d'une manière toute particulière à toute excitation lumineuse ou colorée, soit par des mouvements protoplasmiques, soit par l'altération du pourpre rétinien, ou de la lutéine. Les mouvements de la couche des cônes, des bâtonnets et des prolongements protoplasmiques intercalés sont d'autant plus accentués que l'intensité lumineuse est plus grande. Au point de vue des couleurs du spectre, l'activité de ces mouvements serait inversement proportionnelle à la longueur d'onde de chaque couleur. Le violet est par suite le plus actif. Les sensations de couleurs seraient donc déterminées par les mouvements de ces éléments rétinien, et la sensation négative de l'obscurité s'expliquerait par le repos de ces mêmes éléments.

Il faut rappeler en outre les travaux de Holmgren, de Dewar, de Chatin sur les phénomènes de variation négative observés dans le nerf optique de la grenouille, toutes les fois que la rétine est impressionnée par un rayon lumineux. Du Bois, dans ses belles recherches sur la vision dermatoptique de la pholade, a vu également ces déviations électriques se produire sous l'influence des rayons lumineux.

*Hypothèses de Young.* — Partant de cette donnée que le mélange de trois couleurs élémentaires suffit pour obtenir

toutes les sensations visuelles, Young a émis une théorie sur l'excitabilité de la rétine qui a été reprise et développée par Helmholtz, et qui peut se résumer ainsi :

Chaque élément rétinien possède trois fibres élémentaires, ayant chacune une énergie spécifique et étant excitable à des degrés divers par les trois couleurs fondamentales : le rouge, ou ce qui revient au même, les rayons lumineux à grandes longueurs d'ondes et à petit nombre de vibrations, exciteraient spécialement l'une de ces fibres, une autre répondrait surtout aux rayons à petite longueur d'onde et à vibrations nombreuses, c'est-à-dire au violet, tandis que la troisième serait adaptée pour les rayons verts, qui tiennent le milieu entre les deux précédents. La sensation de couleur blanche est perçue quand ces trois fibres sont excitées également, le rouge quand la première espèce est spécialement excitée, etc. Les variations infinies que peuvent présenter les excitations, donnent lieu aux nuances multiples.

Toutefois, dans la théorie de Young, il ne s'agit pas pour chaque fibre d'une énergie spécifique complète, c'est-à-dire que les rayons rouges n'impressionnent pas seulement une des fibres, mais ils agiraient également, quoique plus faiblement, sur les deux autres, donnant lieu forcément à une sensation mélangée. Nous ne connaissons donc pas le rouge pur, le rouge saturé suivant l'expression admise; on peut toutefois approcher très près de cette sensation du rouge saturé, en fatiguant les deux autres fibres, en épuisant leur excitabilité par une longue excitation vert bleuâtre. Si, en effet, l'on regarde la bande rouge d'un spectre après avoir fixé longtemps la zone vert bleuâtre, le rouge paraît beaucoup plus intense qu'avant cette fixation, cette fatigue rétinienne.

Cette théorie permet encore d'expliquer un autre phénomène très facile à réaliser; si l'on fixe pendant un certain temps une lumière ou une surface rouge vivement éclairée, et que l'on regarde ensuite une surface blanche, on voit