

**Bagneris, E.. - Emploi des verres
correcteurs en ophtalmologie**

1883.

***Paris : A. Parent, imprimeur de
la Faculté de médecine, A.
Davy, successeur***

Cote : 90975

Concours d'agrégation

Physique et Chimie

Paris

1883

FACULTÉ DE MÉDECINE

EMPLOI

DES

VERRES CORRECTEURS
EN OPHTHALMOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE AU CONCOURS POUR L'AGRÉGATION
(Physique et Chimie)

PAR

Le D^r E. BAGNERIS

Préparateur des travaux de physique à la Faculté de médecine.



*Bagneris
Bergonié
Blarez
Doumer
Guebard
Imbert
Linossier
Pouchet
Villé*

PARIS

A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A. DAVY, successeur

52, RUE MADAME ET RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 14

1883

FACULTÉ DE MÉDECINE

EMPLOI

DES

VERRES CORRECTEURS
EN OPHTHALMOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE AU CONCOURS POUR L'AGRÉGATION
(Physique et Chimie)

PAR

Le D^r E. BAGNERIS

Préparateur des travaux de physique à la Faculté de médecine.

PARIS

A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A. DAVY, successeur

52, RUE MADAME ET RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 14

—
1883

0 1 2 3 4 5 (cm)



FACULTÉ DE MÉDECINE

EMPLOI

DES

VERRES CORRECTEURS

EN OPHTHALMOLOGIE

THÈSE

présentée au concours pour l'agrégation
(Physique et Chimie)

PAR

LE D^r M. BAGNERIS

Préparateur des travaux de physique à la Faculté de médecine.

PARIS

A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A. DAVY, successeur

52, rue MADAINE ET RUE MONSIEUR LE PRINCE, 12

1888

CONCOURS D'AGREGATION

Physique et Chimie.

MEMBRES DU JURY

Président : M. GAVARRET.

Juges : MM. REGNAULD,

MONOYER (de Lyon).

ENGEL (de Montpellier).

GARIEL (de l'Académie de médecine).

Secrétaire : M. BOURGOIN.

Secrétaire-adjoint : M. PUPIN.

CANDIDATS

PHYSIQUE :

MM. BAGNERIS.
BERGONIE.
DOUMER.
GUÉBHARD.
IMBERT.

CHIMIE :

MM. BLAREZ,
LINOSSIER,
POUCHET.
VILLE.

— 8 —

EMPLOI
DES
VERRES CORRECTEURS
EN OPHTHALMOLOGIE

INTRODUCTION.

L'ophtalmologie scientifique fut créée par Helmholtz, auquel nous devons les deux méthodes d'investigation qui font la base de l'optique physiologique et de l'optique médicale. Tandis que l'ophtalmoscope devenait entre les mains de Græfe et de son école l'instrument des plus belles découvertes de la pathologie oculaire, l'ophtalmomètre nous donnait le moyen de résoudre les problèmes d'optique physiologique. C'est Donders qui le premier, exposa avec clarté et précision l'application des lois physiques à la réfraction et à l'accommodation. Son livre est encore aujourd'hui indispensable à tous, et marqua avec celui de Helmholtz le début d'une série de travaux des plus importants. La pratique a, pour ainsi dire, consacré cette division de l'ophtalmologie; la métrologie a été la préoccupation de bien des savants qui ont perfectionné les méthodes d'exploration de l'œil; elle vient

Bagneris.

1

encore de donner lieu à un nouveau progrès dont profitera l'optique entière, en introduisant le système métrique dans la mesure et la correction des anomalies de la vision.

La vision ne peut s'exécuter parfaitement qu'à deux conditions. Il faut qu'une image nette des objets se forme sur la rétine ; il faut encore que l'impression née dans la rétine soit transportée au cerveau. Tous les défauts de la vision résident dans le trouble apporté au fonctionnement de l'un de ces appareils, optique ou nerveux. Nous laissons complètement de côté le second point, pour ne nous occuper que de l'appareil optique, et encore celui-ci ne sera-t-il envisagé qu'à un point de vue restreint, puisque nous supposerons toujours les milieux transparents intacts.

L'emploi des verres correcteurs devait-il être considéré comme ne comportant que l'application au malade d'un verre déterminé ; devions-nous supposer connus le numéro de ce verre et les procédés de détermination qui avaient conduit à son choix ? Nous ne l'avons pas compris ainsi, car, alors, notre travail se bornait à un chapitre clinique, d'une importance indiscutable il est vrai, mais qui n'avait plus rien à faire avec la physique. Nous avons donc pensé qu'il fallait élargir le cadre, et voici comment nous avons divisé notre étude.

Un premier chapitre résume les conditions nécessaires à la vision distincte ; c'est-à-dire que nous passons en revue l'appareil dioptrique de l'œil normal, son mode d'adaptation aux distances, et le complément de perfection que reçoit la vision par le concours des deux yeux.

Le second chapitre nous montre les verres correcteurs au point de vue physique. C'est l'étude des lentilles, à laquelle se joint la description de quelques autres formes de verres, telles que les cônes et les prismes.

Nous aborderons alors l'étude des modifications que subit le système dioptrique de l'œil, lorsqu'il donne lieu à des images imparfaites.

Tous les symptômes cliniques ont été laissés de côté, pour ne considérer que le point de vue physique du fonctionnement de l'œil.

C'est aussi là ce qui nous a guidé dans le cinquième chapitre où nous donnons les moyens de reconnaître les anomalies précédentes, d'en mesurer le degré, et par conséquent de reconnaître le verre qui doit les corriger. Enfin le dernier chapitre est consacré à l'étude de l'influence de verres correcteurs sur la vision; nous nous efforçons de démontrer les conditions à remplir pour rendre à un œil amétrope le bénéfice d'une vision parfaite et comparable à celle d'un œil normal.

Nous ne pouvons terminer cette introduction sans remercier M. le professeur Monoyer de ses bienveillants conseils; il a bien voulu nous confier la publication d'une partie de ses travaux sur le sujet qui nous occupe. Grâce aussi à l'extrême obligeance de M. le Dr Landolt, il nous a été permis de prendre dans son Traité d'ophtalmologie les figures dont nous avons besoin, en même temps que des démonstrations originales qui ont beaucoup facilité notre tâche.

CHAPITRE PREMIER.

Conditions de la vision distincte.

I.

SYSTÈME DIOPTRIQUE DE L'ŒIL.

L'œil est un appareil de réfraction assimilable à nos systèmes optiques en physique. Il est complexe en ce sens que l'écran sensible, sur lequel doivent se faire les images des objets extérieurs, est plongé dans un autre milieu que ces objets eux-mêmes ; il l'est encore parce qu'il présente, non pas une simple surface réfringente, mais une série de surfaces n'appartenant pas nécessairement à la sphère.

Les rayons lumineux qu'un point éloigné envoie à l'œil sont d'abord réfractés par la cornée, de telle sorte qu'ils iraient se réunir derrière la rétine. Sur leur trajet à travers la chambre antérieure, ces faisceaux convergents rencontrent le cristallin qui les fait converger davantage et les réunit sur la rétine. Le lieu des réfractations est donc principalement sur la cornée et sur les deux faces du cristallin. Le plus souvent les axes de ces surfaces ne coïncident pas, mais les déviations sont assez petites pour qu'on puisse les négliger, et considérer finalement l'œil comme un système optique centré.

La position et la grandeur des images formées par un pareil système peuvent s'obtenir au moyen de règles simples, quand on connaît les points cardinaux du système. Nous n'avons pas l'intention d'entrer dans le détail de l'analyse mathématique, mais nous désirons rappeler très brièvement les propriétés de ces points, afin de justifier l'emploi que nous ferons plus tard des constantes de l'œil dans l'étude des amétropies.

Il y a dans un système centré trois couples de points cardinaux qui sont : les deux *foyers*, les deux *points principaux*, les deux *points nodaux* (1).

Le *premier foyer* est déterminé par cette condition que tout rayon qui y passe, avant d'être réfracté, devient, après réfraction, parallèle à l'axe.

Le *second foyer* est déterminé par cette condition que par lui viennent passer tous les rayons qui, avant réfraction, étaient parallèles à l'axe.

Le *second point principal* est l'image du *premier*, c'est-à-dire que les rayons qui, dans le premier milieu, passent par le premier, passent par le second après leur dernière réfraction. On nomme *plans principaux* des plans perpendiculaires à l'axe menés par les points principaux. Le second plan principal est l'image optique du premier.

Le *second point nodal* est l'image du *premier*. Un rayon qui, dans le premier milieu, est dirigé vers le premier point nodal, passe, après la réfraction, par le second point nodal, et les directions du rayon avant et après réfraction sont parallèles entre elles.

(1) Helmholtz, Optique physiologique. Traduction Javal, p. 56.

La distance du premier foyer au premier point principal se nomme *première distance focale principale*.

La distance du second foyer au second point principal est la *seconde distance focale principale*.

La distance du premier foyer au premier point nodal est égale à la seconde distance focale principale, et la distance du second point nodal au second foyer est égale à la première distance focale principale.

En fin, les deux distances focales principales sont entre elles dans le même rapport que les indices de réfraction du premier et du dernier milieu. Si donc le dernier milieu est de même nature que le premier, les deux distances focales sont égales (et de plus les points principaux et les points nodaux de même nom coïncident). Ceci n'a pas lieu pour l'œil, qui est un système *inéqui-focal*.

Par les points focaux on peut mener des plans perpendiculaires à l'axe qui sont nommés *plans focaux*. Ces plans jouissent, au moins dans les parties voisines de l'axe, de propriétés qui sont utilisées pour la construction géométrique des images.

La position des points cardinaux de l'œil n'est pas constante; elle varie avec les différents individus et, chez la même personne, elle varie suivant la distance de l'objet fixé. Cependant on peut exprimer par des chiffres les valeurs très approchées des constantes optiques de l'œil et Listing a constitué un œil schématique moyen en le considérant comme formé par un milieu unique, séparé de l'air par une surface sphérique, et dans lequel est plongée une lentille biconvexe (cristallin) plus réfringente que le milieu ambiant.

Voici les données de l'œil schématique, telles qu'elles résultent de légères rectifications récentes.

Indices de réfraction de la cornée, de l'humeur aqueuse et du corps vitré.	1,3365
Indice de réfraction total du cristallin.	1,4371
Rayon de courbure de la cornée.	7,829 ^{mm}
Rayon de la surface antérieure du cristallin.	10,0 ^{mm}
Rayon de la surface postérieure du cristallin.	6,0 ^{mm}
Distance de la surface antérieure de la cornée à la surface antérieure du cristallin.	3,6 ^{mm}
Distance de la surface antérieure de la cornée à la surface postérieure du cristallin.	7,2 ^{mm}
Épaisseur du cristallin.	3,6 ^{mm}

Le calcul donne alors les valeurs suivantes en prenant comme origine des distances la cornée :

Le 1 ^{er} point principal.	— 1,7532
Le 2 ^e point principal.	— 2,1101
Différence.	0,3569
Le 1 ^{er} point nodal.	— 6,9685
Le 2 ^e point nodal.	— 7,3254
Différence.	0,3569
Le 2 ^e foyer principal.	— 22 ^{mm} 8237
Le 1 ^{er} foyer principal.	— 13,7451

Seconde distance focale principale. . . . 20^{mm},7136
Première distance focale principale. . . . 15^{mm},4983

La seconde distance focale principale s'obtient en retranchant 2,4101 de 22,8237.

La première distance focale principale s'obtient en ajoutant 1,7532 à 13,7451.

On peut voir aussi que le premier point nodal de l'œil tombe dans l'intérieur du cristallin à 0,2315 en avant de la surface postérieure et que le second point nodal de l'œil tombe en arrière de la surface postérieure du cristallin à 0,1254, mais en avant du centre de courbure de la cornée.

Ces chiffres permettent de résoudre tous les problèmes de réfraction oculaire. Mais, dans la pratique courante, on peut utiliser une simplification à laquelle on donne le nom d'œil réduit.

Le problème consiste à substituer au système schématique précédent un système formé d'un milieu réfringent d'indice convenable, séparé de l'air par une seule surface sphérique d'un rayon de courbure également calculé pour que les positions des foyers principaux soient les mêmes que dans l'œil schématique.

Dans l'œil réduit de Donders, nous avons une cornée de 5 mm. de rayon de courbure, à partir de laquelle nous trouvons le second foyer à 20 mm. en arrière, le premier foyer à 15 mm. en avant. Le rapport de 20 à 15 donne l'indice de réfraction du milieu, soit $\frac{4}{3}$ égal à l'indice de l'eau.

La cornée de l'œil réduit correspond à un plan situé à 2,5 mm. en arrière de la cornée de l'œil schématique.

La figure 1 représente l'œil réduit.

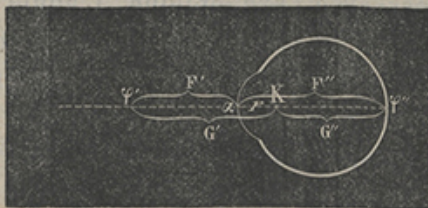


Fig. 1.

$$\begin{aligned} r &= 5 = F'' - F' \\ F' &= 15 = \varphi' \alpha = K \varphi'' = G'' \\ F'' &= 20 = \alpha \varphi'' = K \varphi' = G'. \end{aligned}$$

Avec cet œil réduit, les calculs sont simplifiés : nous verrons plus tard comment nous l'appliquerons à trouver les nouvelles données correspondant au cas des amétropies.

Nous ne pouvons pas quitter le système dioptrique de l'œil sans dire quelques mots du défaut de centrage des surfaces réfringentes et sans donner quelques définitions qui s'y rapportent.

On donne le nom d'*axe optique* à la ligne qui passe par le centre de figure de la cornée, et qui contient les points cardinaux du système entier. Mais le centre de figure de la cornée ne coïncide habituellement pas avec le sommet de l'ellipsoïde cornéen. Par suite, le grand axe de l'ellipse ne coïncide pas avec l'axe optique.

Le pôle postérieur de l'œil où aboutit l'axe optique ne coïncide pas non plus avec la tache jaune qui est le siège

précis de l'attention visuelle; de sorte que la *ligne visuelle*, qui réunit le point fixé avec la fosse centrale, ne se confond pas avec l'axe optique. L'angle que fait la *ligne visuelle* avec le *grand axe de l'ellipse cornéenne* se nomme *angle alpha*, angle de *collimation* de M. Monoyer. Cet angle peut être positif ou négatif. Les autres définitions sortent de notre sujet.

II.

ACCOMMODATION.

Lorsque de la lumière émanée d'une source lumineuse pénètre dans l'œil, l'ouverture de la pupille limite un cône de rayons qui vont converger en un certain point, foyer conjugué de la source. En arrière du point de croisement les rayons divergent. Si la rétine coupe le cône en son sommet, il s'y forme une image nette; si, au contraire, la rétine coupe le cône soit en avant, soit en arrière du sommet, elle est découpée par un cercle de diffusion.

Il est facile de réaliser cette expérience en faisant varier la position de la source lumineuse et de se convaincre, par suite, que nous ne pouvons pas voir distinctement en même temps des objets situés à des distances différentes de l'œil. Deux objets différemment éloignés ne seront donc pas vus nettement simultanément, mais ils seront vus nettement l'un après l'autre. La modi-

fication qui survient dans notre œil, dans ce cas, se nomme *accommodation*. Remarquons ici que si l'objet est originairement très éloigné, il pourra parcourir une distance assez grande sans donner lieu à des cercles de diffusion notables ; que, dès lors, nous pourrions encore le reconnaître malgré une accommodation inexacte. Mais, pour une distance plus petite, il n'en est plus de même, et tout objet autre que l'objet fixé devient confus. On a donné le nom de *punctum remotum* au point le plus éloigné que puisse occuper un objet sans cesser d'être vu nettement. Par opposition le *punctum proximum* correspondra au point le plus voisin de l'œil que puisse occuper cet objet. Ce point répond donc au maximum d'accommodation dont l'individu dispose.

Depuis les importants travaux de Donders, on a considéré que le *punctum remotum* était normalement à l'infini, et Donders appelle *emmétrope* l'œil tellement constitué que, au repos de l'accommodation, il voit nettement à l'infini. Au fur et à mesure qu'un objet se rapproche, l'œil fait un effort d'accommodation jusqu'à ce que, ayant épuisé toute cette faculté, il ne puisse voir plus près. L'objet est alors un *punctum proximum*. La distance respective de ces points se mesure au premier point nodal de l'œil, et l'intervalle qui les sépare mesure l'*amplitude de l'accommodation*.

Nous savons, du reste, qu'il y a lieu de distinguer dans l'accommodation deux valeurs correspondant à la position du *punctum proximum* monoculaire ou du même *punctum proximum* dans le cas de la vision binoculaire.

La détermination de l'amplitude d'accommodation est une partie importante de l'examen fonctionnel d'un

œil ; nous donnerons les moyens de la mesurer et la manière de l'exprimer quand nous étudierons l'état de la réfraction de l'œil.

L'accommodation a son siège dans le cristallin ; elle est produite par un changement de forme qui amène un avancement et une augmentation de courbure de la surface antérieure du cristallin, tandis que la surface postérieure augmente peu en convexité et ne se déplace pas. Pour un œil accommodé à 135 millimètres on a :

Rayon de la surface antérieure ,	6 ^{mm}	au lieu de	10
— — — — — postérieure	5,5	—	6
La surface antérieure avance de	0,4		
La nouvelle épaisseur devient de	4,0		
Le second foyer de l'œil s'avance			
de	2,0		
Les deux points nodaux s'avancent de	0,4		

Pour ce qui concerne le mécanisme de l'accommodation, et l'historique des nombreuses théories auxquelles cette partie de la physiologie oculaire a donné naissance, nous ne pouvons que renvoyer aux ouvrages classiques et notamment à l'Optique physiologique de Helmholtz et au Traité de MM. de Wecker et Landolt, actuellement en cours de publication.

III.

VISION BINOCULAIRE.

Nous ajouterons à ce premier chapitre quelques mots sur la vision binoculaire ; on peut considérer, en effet,

que les verres correcteurs, dans toute leur généralité, doivent comprendre aussi les verres prismatiques. Or, ceux-ci sont fréquemment employés comme moyen de mesure et comme agent thérapeutique, mais ils ne s'adressent qu'à la vision binoculaire.

La vision binoculaire change la forme du champ visuel, en l'augmentant. Son objet principal est de nous donner, d'une façon complète, la notion de position d'un objet, sa localisation dans l'espace, et, par conséquent, la perception de la profondeur.

Dans la vision binoculaire simple, les lignes visuelles des deux yeux se coupent sur l'objet fixé. Celui-ci est alors vu simple, et en général fait son image sur les deux taches jaunes ; ces dernières sont, en effet, le véritable siège de l'attention.

Un autre objet, situé en avant du premier, fera son image sur les deux rétines en dehors de la tache jaune et sera vu double ; de plus, les deux images seront croisées, celle de droite disparaissant si on ferme l'œil gauche et réciproquement. De même un point situé en arrière du point fixé paraîtra aussi double, mais les images ne seront plus croisées, celle de droite appartient à l'œil droit, celle de gauche à l'œil gauche. Plus les points considérés s'éloigneront du point fixé et plus les doubles images s'écarteront. Il est facile de réaliser cette *diplopie* binoculaire en dérangeant un peu avec le doigt un des yeux pendant qu'on fixe un objet. La diplopie s'observe dans le strabisme.

Dans l'exercice habituel de la vision binoculaire, la présence d'images doubles devrait être constante, et cependant nous ne voyons pas doubles les objets qui se

trouvent dans le champ de la vision indirecte. Il est convenable d'ajouter qu'il se fait dans notre jugement une opération spéciale due à l'habitude, et que, d'autre part, nos yeux ne sont jamais dans une immobilité complète, mais se promènent sur tous les objets de manière à ce qu'ils fassent leur image successivement sur les taches jaunes.

Quand les yeux fixent un objet à l'infini, les lignes visuelles (plus exactement les lignes de regard, celles-ci passant par le centre de rotation de l'œil) se coupent à l'infini, en d'autres termes sont parallèles. Mais si l'on considère un objet se déplaçant sur une ligne perpendiculaire à celle qui joint les centres de rotation des deux yeux, les lignes de regard feront un angle dont le sommet s'approchera de plus en plus des yeux. On peut mesurer la convergence, égale pour chaque œil, par l'angle que fait la ligne de regard avec la ligne médiane. Cet angle est dit *angle de convergence*.

La ligne de base est une grandeur constante pour chaque individu; l'angle de convergence trouvera donc sa mesure dans la distance de l'objet fixé: il est inversement proportionnel à la distance qui sépare l'objet de chacun des yeux.

M. Nagel (1) a eu l'ingénieuse idée de rattacher l'angle de convergence au système métrique. Il prend, en effet, pour unité d'angle, et par conséquent pour unité d'effort de convergence, l'angle que fait chaque ligne de regard dirigée sur un objet situé à 1 mètre de distance sur la ligne médiane. C'est *l'angle métrique*.

(1) Nagel, in Græfe et Sæmisch, t. VI.

Si c est l'effort de convergence et am l'angle métrique,

$$\begin{aligned} \text{on a à 1 mètre } c &= 1 \text{ } am \\ \text{à 2 mètres } c &= 1/2 \\ \text{à 1/2 mètre } c &= \frac{1}{1/2} = 2 \\ &\quad \frac{1}{2} \\ \text{à 1/3 mètre } c &= \frac{1}{1/3} = 3 \\ &\quad \frac{1}{3} \end{aligned}$$

Nous verrons que la réfraction nécessaire pour voir nettement un objet est aussi l'inverse de la distance de cet objet. Aussi convergence et réfraction marchent toujours ensemble. Si un objet est situé à 50 centimètres, on fera pour le voir binoculairement un effort de convergence mesuré par un angle = 2 am et la réfraction sera aussi 2 dioptries.

L'*amplitude de convergence* peut se représenter par une expression analogue à celle de l'*amplitude d'accommodation* ; et, de même que chez l'hypermétrope le *punctum remotum* est négatif, de même aussi l'angle de convergence devient négatif (1).

(1) Landolt, in Wecker et Landolt, t. III.

CHAPITRE II.

Des verres correcteurs en général.

Nous allons passer en revue les propriétés des différents verres qui seront indiqués comme verres correcteurs dans l'étude que nous ferons des anomalies de la vision. Nous aurons naturellement à nous demander quelle influence ont ces verres sur le fonctionnement de l'œil, et quelles modifications sont apportées aux constantes dioptriques du système ; il est donc bon de connaître d'abord leurs propriétés générales.

Nous passerons sous silence les verres destinés à modifier la qualité de la lumière, sa couleur. A proprement parler, ce ne sont pas des verres correcteurs, et, sauf quelques exceptions, où le choix de la teinte peut s'imposer au médecin, eu égard à certains phénomènes pathologiques, ils sont laissés à l'entière fantaisie du public.

Nous ne pouvons cependant nous dispenser de dire quelques mots des lunettes sténopéiques, parce qu'elles sont indiquées dans quelques cas où les verres correcteurs perdent leur utilité. Donders a donné le nom de sténopéique à un appareil consistant en un petit diaphragme opaque, placé contre l'œil, et portant un trou ou une fente de petite dimension. On emploie cet appareil pour préserver les images rétiniennes de la réfraction diffuse de la lumière qu'amènent les taches de la cornée. Chez les myopes d'un degré très-élevé, les cercles

de diffusion sont notablement diminués, et l'acuité visuelle y gagne comme avec une correction imparfaite. Quelques astigmatas peuvent aussi trouver avantage dans ces lunettes.

On lira avec intérêt le travail qu'a récemment publié M. Charpentier sur ce sujet dans les Archives d'ophtalmologie, t. II, n° 3.

VERRES SPHÉRIQUES.

On peut employer comme verres correcteurs toutes les formes que présentent, en optique, les lentilles à courbures sphériques. Les lentilles positives plan convexe, biconvexe, ménisque convergent, les lentilles négatives correspondantes, ont été tour à tour essayées et prônées par les opticiens. Mais la forme la plus habituelle est toujours la biconvexe ou la biconcave, les lentilles plan convexe et plan concave, ayant plus d'aberration à égalité de pouvoir dioptrique. Quelques personnes ont vanté l'usage des ménisques, dits verres périscopiques; avec ces verres la vision oblique peut s'effectuer en diminuant l'effet prismatique des verres ordinaires. Mais cet avantage n'aurait de valeur que pour les forts numéros qui seraient alors trop lourds. On manque de renseignements précis sur l'emploi de ces verres. Certains malades ont préféré s'en servir à rebours.

Il ne faut pas oublier de mentionner qu'une combinaison de deux verres cylindriques peut remplir l'office d'un verre sphérique. Cette combinaison est connue sous le nom de verre à la Chamblant; deux verres plan-cylindriques de même rayon et superposés

Bagneris.

3

par leurs faces planes joueront le rôle d'un verre sphérique s'ils ont leurs génératrices dans des plans rectangulaires entre eux.

Enfin on rencontre encore quelquefois des verres dont les parties supérieure et inférieure n'ont pas le même foyer, soit qu'il s'agisse de deux demi-verres rapportés suivant leur diamètre horizontal, soit qu'on ait réellement taillé le verre à double foyer. Ces verres, qui permettent la vision à grande et à courte distance, sont connus sous le nom de verres à la Franklin.

Nous dirons aussi, pour n'y pas revenir, que la matière dont on fabrique les verres peut avoir une certaine influence sur leurs qualités. Le crown-glass est la matière ordinaire; c'est aussi la moins chère. Pour les verres concaves elle ne présente aucun inconvénient, mais les verres convexes sont exposés à être facilement rayés. Le flint vaudrait mieux, et, en outre, il est plus réfringent, ce qui permet de diminuer les courbures. Quant aux verres en cristal de roche (quartz hyalin), ils présentent, pour un léger avantage, celui de ne pas condenser facilement l'humidité, le grand inconvénient qu'ils réclament une habileté particulière d'exécution. Le quartz est, en effet, un cristal à double réfraction, et il faut nécessairement, pour l'usage des lunettes, le tailler en lames perpendiculaires à l'axe cristallographique.

Pour reconnaître si un verre est réellement en cristal de roche, il suffit de le placer entre deux tourmalines croisées; il rétablira le passage de la lumière, et donnera même des couleurs suivant son épaisseur.

Voici les indices de réfraction des substances employées :

Crown-glass	1.53
Flint.	1.60
Quartz (indice ordinaire.)	1.544

FORMULES POUR UN SYSTÈME BINAIRE.

L'étude physique des lentilles conduit à un certain nombre de relations qu'il est utile de connaître. Au lieu de prendre immédiatement les formules telles qu'on les donne habituellement pour les lentilles minces, nous avons pensé qu'il serait intéressant de considérer des relations plus générales et nous devons à l'obligeance de M. le professeur Monoyer la communication suivante sur sa théorie des lentilles. Aujourd'hui que le système métrique est entré dans la pratique journalière de l'ophtalmologie, on ne s'étonnera pas que nous supposions connues les lois du passage de l'ancien système de numérotage au nouveau et que nous exprimions directement en dioptries le pouvoir des systèmes réfringents.

Une seule définition nous sera nécessaire, celle du mot *dioptrie* : Une surface séparant deux milieux inégalement réfringents constitue un *dioptrie simple*. Il y a des dioptries sphériques, des dioptries cylindriques, etc. . Le *pouvoir dioptrique* est l'inverse de la distance focale $\frac{1}{f}$, le numérateur et le dénominateur de cette fraction étant comptés en mètres.

Une lentille est l'association de deux dioptries. Considérons chaque dioptrie en particulier et posons :

Pour le premier, les distances focales.	$f_1 f'_1$.
Pour le second.	$f_2 f'_2$.
La distance des deux dioptries.	d .
La distance de f'_1 à f_2	δ .
Les distances de l'objet et de l'image aux foyers du premier dioptre	$q q'$.
Les distances de cette image fonctionnant comme objet et de l'image définitive aux foyers du 2° dioptre.	$q_2 q''$.

On a immédiatement :

$$q q' = f_1 f'_1 \quad q_2 q'' = f_2 f'_2$$

d'où : $q'' = \frac{f_2 f'_2}{q_2}$

mais, $q_2 = \delta - q'$ remplaçons : $q'' = \frac{f_2 f'_2}{\delta - q'}$

mais, $q' = \frac{f_1 f'_1}{q}$ remplaçons : $q'' = \frac{f_2 f'_2}{\delta - \frac{f_1 f'_1}{q}}$

Enfin en réduisant :

$$f_1 f'_1 q'' + f_2 f'_2 q - \delta q q'' = 0 \quad (1)$$

Telle est l'équation fondamentale des abscisses conjuguées dans un système binaire à δ négatif.

δ prend une valeur positive ou négative suivant que le premier foyer du second dioptre est en arriere ou en avant du deuxième foyer du premier dioptre.

L'équation (1) peut être mise sous la forme :

$$\frac{f_1 f'_1}{q} + \frac{f_2 f'_2}{q''} = -\delta. \dots (2) \quad \text{où} \quad \delta = f'_1 + f_2 - d.$$

En divisant tout par δ , et en désignant par q_φ et q'_φ , les distances des foyers extrêmes aux foyers du système, il vient :

$$\frac{q_\varphi}{q} + \frac{q'_\varphi}{q'} = -1.$$

Quand, au lieu de compter les distances à partir des points focaux extrêmes des dioptries composants, on les compte à partir des point focaux du système, on a pour les nouvelles abscisses :

$$q = \chi - q_\varphi \qquad q' = \chi' - q'_\varphi$$

Les valeurs introduites dans la formule (1) la transforment en formule réduite :

$$\chi\chi' = \varphi\varphi' \dots \dots \dots (3)$$

Si on appelle y et y'' l'objet et la dernière image, on a pour les formules primitives du grossissement :

$$G = \frac{y''}{y} = -\frac{f_1 f_2}{q\delta + f_1 f_1} = -\frac{q''\delta + f_2 f_2}{f_1 f_2} \quad (4)$$

et les formules réduites :

$$G = \frac{y''}{y} = -\frac{\varphi}{\chi} = -\frac{\chi'}{\varphi'} \quad (5)$$

Si les dioptries composants sont équifocaux

$$\begin{array}{ll} f'_1 = f_1 & f'_2 = f_2 \\ f_1 f'_1 = f_1^2 & f_2 f'_2 = f_2^2 \\ \varphi' = \varphi & \varphi\varphi' = \varphi^2 \end{array}$$

On a alors pour les équations des abscisses :

$$\frac{f_1^2}{q} + \frac{f_2^2}{q'} = -\delta. \dots \quad (2 \text{ bis.})$$

$$\chi\chi' = \varphi^2. \dots \quad (3 \text{ bis.})$$

et pour le grossissement :

$$G = -\frac{f_1 f_2}{q\delta + f_1^2} = -\frac{q'\delta + f_2^2}{f_1 f_2} \quad (4 \text{ bis.})$$

$$G = -\frac{\varphi}{\chi} = -\frac{\chi'}{\varphi} \quad (5 \text{ bis.})$$

Cela posé, les abscisses primitives des points cardinaux du système ont pour expressions :

1° Abscisses des points focaux :

$$q_\varphi = -\frac{f_1 f_1'}{\delta} \dots \dots \dots \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} = -\frac{f_1^2}{\delta} \quad (6)$$

$$q'_\varphi = -\frac{f_2 f_2'}{\delta} \dots \dots \dots \left. \begin{array}{l} \text{ou} \\ \\ \end{array} \right\} = -\frac{f_2^2}{\delta} \quad (7)$$

2° Longueurs focales :

$$\varphi = -\frac{f_1 f_2}{\delta} \quad (8)$$

$$\text{ou } \varphi = \varphi' = -\frac{f_1 f_2}{\delta} \quad (9)$$

$$\varphi' = -\frac{f_1' f_2'}{\delta} \quad (10)$$

3° Abscisses des points principaux :

$$h = -(q_\varphi + \varphi) = f_1 \frac{f_1' + f_2}{\delta} \quad (11)$$

$$h' = -(q_\varphi' + \varphi') = f_2 \frac{f_1' + f_2}{\delta} \quad (12)$$

Quant aux autres points dioptriques, spéciaux et secondaires, il est plus simple de les déterminer par rapport aux points cardinaux du système, c'est-à-dire, en fonction des longueurs focales.

Leurs abscisses réduites sont :

	1 ^{er}	2 ^e	G
Points antiprincipaux.	+ φ	+ φ'	- 1
- nodaux	- φ'	- φ	+ $\frac{\varphi}{\varphi'}$
- antinodaux . .	+ φ'	+ φ	- $\frac{\varphi}{\varphi'}$
- équidistants. .	- $\sqrt{\varphi\varphi'}$	- $\sqrt{\varphi\varphi'}$	+ $\sqrt{\frac{\varphi}{\varphi'}}$
- antéquidistants	+ $\sqrt{\varphi\varphi'}$	+ $\sqrt{\varphi\varphi'}$	
- oculaires . . .	$\omega = -(f_1 - q_\varphi)$		
- symptosiques .	$\sigma_1 = -[i - \sqrt{i^2 - \varphi\varphi'}]$		
	$\sigma_2 = [i + \sqrt{i^2 - \varphi\varphi'}]$		
- cofocaux (1) .	$\chi_0 = + q_\varphi$	$\chi'_0 = + q'_\varphi$	

(1) Points symptosiques : Tels que les foyers conjugués se confondent en un seul.

Les expressions de ces derniers points montrent que dans un système binaire les foyers extrêmes des Dioptries composants sont toujours conjugués l'un de l'autre ; ils sont mutuellement l'un le cofocal de l'autre.

On peut donc aussi écrire :

$$\mathcal{X}' = q_0 q_0' \quad (13)$$

On vérifie d'ailleurs que :

$$q_0 q_0' = \varphi \varphi' \quad (14)$$

On sait que :

$$\frac{f_1'}{f_1} = \frac{m_1}{m_0}, \quad \frac{f_2'}{f_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Donc :

$$\frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{f_1' f_2'}{f_1 f_2} = \frac{m_2}{m_0} = n \quad (15)$$

Et :

$$\varrho = \varphi' - \varphi = \frac{f_1' f_2' - f_1 f_2}{\delta} = \frac{m_2 - m_0}{m_0} \varphi = (n - 1) \varphi \quad (16)$$

ou

$$= \frac{n - 1}{n} \varphi'$$

$(\varphi' - \varphi) = \varrho$ représente le rayon de courbure d'un dioptre simple équivalent au système proposé.

- | | |
|-------------------|--|
| Points oculaire : | Le 1 ^{er} est le conjugué du dernier dioptre, et le 2 ^e le conjugué du 1 ^{er} dioptre. |
| Points cofocaux : | Le 1 ^{er} est le conjugué du deuxième foyer du dernier dioptre ; le 2 ^e est le conjugué du premier foyer du premier dioptre. |

Pouvoir dioptrique.

$$\Phi = \delta F_1 F_2 = F_1 + \frac{F_1}{F_1'} F_2 - d F_1 F_2 \quad (17)$$

$$\Phi' = \delta F_1' F_2' = F_2' + \frac{F_2'}{F_2} F_1' - d F_1' F_2' \quad (18)$$

et pour les systèmes équifocaux :

$$\Phi = \Phi' = F_1 + F_2 - d F_1 F_2 \quad (19)$$

— Si

$$d = 0.$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= F_1 + \frac{m_1}{m_0} F_2 \\ \Phi' &= F_2 + \frac{m_1}{m_2} F_1' \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

et pour les systèmes équifocaux :

$$\Phi = \Phi' = F_1 + F_2 \quad (21)$$

LENTILLES.

I. Lentilles positives (dans l'air).

Dans la lentille biconvexe, on a en dioptries :

$$\begin{aligned} 1^{\text{re}} \text{ face : } \quad F_1 &= (n - 1) R_1 = \frac{m_1 - m_0}{m_0} R_1 & R &= \frac{1}{r} \\ &= \frac{\mu_1}{m_0} R_1 \end{aligned}$$

Bagneris.

$$F_1 = \frac{n-1}{n} R_1 = \frac{\mu_1}{m_1} R_1 \quad \frac{F_1'}{F_1} = n$$

2° face : $F_2 = \frac{n-1}{n} R_2 = \frac{\mu_1}{m_1} R_2 \quad \frac{F_2'}{F_2} = n$

$$F_2' = (n-1) R_2 = \frac{\mu_1}{m_0} R_2$$

Donc, le pouvoir dioptrique de la lentille sera :

$$\Phi = (n-1) \left[R_1 + R_2 - \frac{(n-1)}{n} d R_1 R_2 \right]$$

Si $R_1 = R_2$ (Les équilibrés) :

$$\Phi = (n-1) R \left[2 - \frac{n-1}{n} d R \right]$$

et si on néglige l'épaisseur d :

$$\Phi = 2 (n-1) R$$

qui, pour $n = \frac{3}{2}$, donne :

$$\Phi = R \quad \text{d'où :} \quad \varphi = r.$$

II. Lentilles négatives.

Mêmes formules, mais précédées du signe $-$.

$$\Phi = - (n-1) \left[R_1 + R_2 - \frac{n-1}{n} d R_1 R_2 \right]$$

III. *Ménisques.*

Ici, les courbures étant de sens contraire, il en est de même de R_1 et R_2 :

Dans le cas de $R_1 +$ et de $R_2 -$, on a :

$$\Phi = (n - 1) \left[R_1 - R_2 + \frac{n-1}{n} dR_1R_2 \right]$$

VERRES CYLINDRIQUES.

Ici nous n'avons plus affaire à des lentilles terminées par des surfaces sphériques. Les surfaces des lentilles qui nous occupent sont empruntées à des cylindres. La forme peut-être bicylindrique, et les rayons avoir des valeurs différentes, les axes restant parallèles; elle peut être encore plan cylindrique ou enfin être celle d'une ménisque. Dans chacune de ces formes la lentille sera, du reste, positive ou négative. D'après leur construction même, on voit que les lentilles cylindriques auront deux modes d'action différents, suivant leurs méridiens perpendiculaires. Les rayons qui tombent suivant le plan de l'axe ne subiront d'autre réfraction que celle afférente aux lames à faces parallèles. Au contraire, les rayons qui rencontrent la surface sphérique seront réfractés suivant les lois étudiées précédemment. Il en résulte que ces verres n'ont d'action que dans les plans non parallèles à l'axe, l'action étant maximum dans le méridien de plus grande courbure, c'est-à-dire dans le méridien perpendiculaire

à l'axe. En pratique on n'emploie que les plans cylindriques convexes ou concaves ; très fréquemment d'ailleurs le cylindre est associé à une face sphérique, constituant ainsi un verre sphéro-cylindrique. On indique habituellement l'axe par un trait sur le verre, et on constitue des séries cylindriques numérotées en dioptries, comme les séries des verres sphériques.

Les distances focales de ces lentilles se mesurent par les mêmes procédés que ceux employés pour les lentilles ordinaires, ils seront indiqués plus loin. Nous verrons à l'article astigmatisme les précautions à prendre pour leur emploi.

VERRES CONIQUES ET HYPERBOLIQUES.

Dans certains cas de déformation de la cornée on a songé à appliquer des verres dont la forme géométrique serait copiée sur la forme de la cornée.

C'est ainsi que Ræhlmann fut amené à construire des verres coniques et hyperboliques. Pour ces derniers la difficulté de fabrication est si grande que, en réalité, il n'obtint que des verres coniques.

Les verres ont 4 centimètres de diamètre, ce qui est la dimension habituelle des verres de lunettes. Ils représentent une série de cônes rentrants de 0^{mm},5 à 2 millimètres, auxquels M. Dor, de Lyon, ajouta ceux de 3 millimètres.

Dans ces derniers temps Schöler a annoncé qu'il pouvait se procurer des verres hyperboliques bien polis et d'une graduation certaine. La série comportant des hyperboloïdes de 3, 3 1/2, 4, 4 1/2 et 5 millimètres de

profondeur, a été essayée par Schöler qui parvint à satisfaire quelques malades.

Quand on fait usage de ces verres on en tourne la face plane vers l'extérieur. Les rayons parallèles entre eux et à l'axe du cône qui arrivent sur cette face ne subissent pas de réfraction ; mais au niveau de la surface conique, si nous considérons un élément de surface, nous verrons les rayons être déviés comme s'ils provenaient d'un foyer virtuel situé en avant du verre. Seulement le faisceau de rayons considéré n'est pas homocentrique, car la surface n'est pas sphérique, et de plus l'incidence se fait sous un angle égal à l'angle générateur du cône. Dans ces conditions le faisceau réfracté est astigmaté, il présente deux lignes focales. Nous renvoyons pour l'étude détaillée au mémoire de M. Leroy (1), et nous ajouterons seulement que l'action du verre conique dépend du rayon de courbure de la partie du verre utilisée, et du mode de variation de courbure le long de la partie utilisée. Cette dernière considération différencie les verres coniques des cylindriques.

VERRES PRISMATIQUES.

Les verres prismatiques sont constitués soit par de simples prismes à faces planes, soit par ces mêmes prismes dont les faces reçoivent des courbures appropriées.

Dans les cas où on n'a besoin que d'une action très

(1) Leroy. Théorie de l'astigmatisme. Archives d'ophtalmologie, 1881.

faible, on peut se contenter de décentrer les verres ordinaires de lunettes dans leur monture.

On emploie pour fabriquer les prismes le crown qui est moins dispersif que le flint. Ce qu'on recherche dans le verre prismatique c'est uniquement la déviation qu'il impose aux rayons lumineux qui le traversent; l'objet est déplacé virtuellement du côté du sommet du prisme. Pour des prismes faibles, et fabriqués en crown, l'angle de la déviation minima est sensiblement égal à la moitié de l'angle de réfringence. Les boîtes de verre contiennent ordinairement des prismes de 2 à 18 degrés. Leur emploi sera indiqué plus tard.

DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR FOCALE DES LENTILLES.

Cette détermination devrait toujours être faite pour les verres d'essai qui constituent les boîtes d'oculiste, et pour les verres de lunettes d'un numéro un peu élevé.

On emploie avec beaucoup d'avantages l'un des appareils suivants.

Phakomètre de Snellen. — Il est basé sur le principe du focomètre de Silbermann : quand une lentille convexe fournit d'un objet une image réelle qui a la même grandeur que l'objet, la distance qui sépare l'objet de la lentille est égale à celle de l'image à la lentille ; en outre, cette distance est le double de la longueur focale de la lentille supposée sans épaisseur.

Une planchette, montée sur un pied, porte en son milieu une sorte de fourchette dans laquelle on place la lentille à mesurer. On prend pour objet lumineux une

croix figurée dans un diaphragme par une série de petits trous, qu'on éclaire au moyen d'une lampe placée au foyer d'une lentille convergente. L'image qu'en donne la lentille examinée est reçue sur un verre dépoli qui porte en points noirs une reproduction de la croix en vraie grandeur. L'objet et le verre dépoli se déplacent ensemble d'une même quantité de part et d'autre de la lentille, au moyen d'un bouton placé sur le pied. La division que porte la planchette donne immédiatement, en dioptries, la valeur de la lentille quand les points lumineux de la croix tombent exactement sur les points du verre dépoli.

On a placé de chaque côté de la fourche porte-lentille une lentille auxiliaire de +2,75 D, pour empêcher que les foyers conjugués ne sortent de l'appareil, quand on mesure des lentilles faibles. Cet instrument d'un emploi facile et exact est calculé pour les lentilles positives sphériques. Il peut aussi servir pour les lentilles cylindriques positives, mais il se prête mal aux mesures sur les lentilles négatives.

Nous donnons ci-après la théorie exacte de ce phakomètre, que M. Monoyer a bien voulu nous communiquer comme exemple de l'utilité de ses formules générales des systèmes dioptriques.

Théorie du phakomètre de Snellen, par le professeur MONOYER.
— Quand on considère un système ternaire composé de trois dioptries équifocaux, ayant pour longueurs focales f_1, f_2, f_3 et pour distances interfocales mutuelles δ_1, δ_2 , la première expression du grossissement se présente sous la forme :

$$G = - \frac{f_1 f_2 f_3}{(\delta_1 \delta_2 - f_2^2) q - \delta_2 f_1^2} \quad (1)$$

q désignant l'abscisse primitive de l'objet, c'est-à-dire sa distance au premier point focal du premier dioptré F_1 .

Dans le phakomètre de Snellen, l'objet doit être placé au premier point *anti-principal* du système. On sait qu'alors les ordonnées conjuguées sont égales et *antithétiques* (1); en d'autres termes,

il faut qu'on ait :

$$G = -1 \quad (2)$$

En égalant les deux valeurs (1) et (2) du grossissement et en chassant le dénominateur, on obtient :

$$(\delta_1 \delta_2 - f_2^2) q - \delta_2 f_1^2 = f_1 f_2 f_3 \quad (3)$$

La troisième lentille ayant la même longueur focale que la première, $f_3 = f_1$, l'équation précédente peut s'écrire :

$$(\delta_1 \delta_2 - f_2^2) q = f_1^2 (\delta_2 + f_2) \quad (4)$$

d'où l'on tire :

$$q = \frac{f_1^2 (\delta_2 + f_2)}{\delta_1 \delta_2 - f_2^2} \quad (5)$$

ou, en changeant le signe de δ_2 au numérateur, attendu que, dans le système considéré, δ_1 et δ_2 sont tous deux négatifs :

$$q = -\frac{f_1^2 (\delta_2 - f_2)}{\delta_1 \delta_2 - f_2^2} \quad (6)$$

Or, dans le phakomètre de Snellen, les distances mutuelles des lentilles, d_1 , d_2 , sont égales entre elles ; il en résulte :

$$\delta_1 = \delta_2$$

(1) Les points anti-principaux se trouvent au double de la distance focale principale. Dans ce cas les ordonnées sont égales et de part et d'autre de l'axe.

et, par suite, en supprimant l'indice de δ :

$$q = -\frac{f_1^2(\delta - f_2)}{\delta^2 - f_2^2} \quad (7)$$

$$= -\frac{f_1^2}{\delta + f_2} \quad (8)$$

Remplaçons enfin δ par sa valeur :

$$\delta = f_1 + f_2 - d$$

et nous avons :

$$q = -\frac{f_1^2}{f_1 - d + 2f_2} \quad (9)$$

ou, en introduisant les pouvoirs dioptriques des lentilles :

$$q = -\frac{F_2}{F_1 F_2 (1 - d F_1) + 2 F_1^2} \quad (10)$$

En posant, pour simplifier :

$$F_1 (1 - d F_1) = U$$

et divisant haut et bas par F_1 , on a :

$$q = -\frac{1}{U + 2 \frac{F_1}{F_2}} \quad (11)$$

L'une ou l'autre des formules (9) ou (11) permet donc de calculer l'abscisse q du premier point anti-principal du système, comptée à partir du premier foyer du premier dioptré, et par conséquent, de connaître la position à donner à l'objet pour que son image *renversée* ait la même grandeur.

On démontrerait, d'ailleurs, facilement que l'abscisse q''' du second point anti-principal a, dans le cas particulier, la même valeur que q , que, par conséquent, l'objet et l'image occupent toujours,

Bagneris.

5

quelle que soit la force de la lentille à mesurer F_2 , des positions à égale distance de part et d'autre de cette lentille, laquelle est supposée placée au milieu de l'intervalle des deux autres.

Cela posé, les formules (9) ou (11) montrent tout d'abord que, pour

$$f_2 = \infty \quad \text{ou,} \quad F_2 = 0 \\ q = 0$$

ce qui veut dire que le système dioptrique du phakomètre, considéré isolément, sans interposition de lentille à mesurer, a ses points anti-principaux en coïncidence avec les foyers extrêmes des lentilles auxiliaires F_1, F_2 . C'est là un résultat que les propriétés du système binaire, auquel se trouve alors réduit le phakomètre, pouvaient faire prévoir.

On voit encore que, tant que f_1 ou F_1 ne change pas de signe, c'est-à-dire tant que la lentille à mesurer est convergente, q reste négatif: donc, l'objet doit se trouver placé entre la première lentille F_1 et son premier foyer; ce dernier point représente ainsi pour les positions de l'objet leur limite la plus éloignée du milieu de l'appareil.

Enfin, q augmente en valeur absolue, quand on fait décroître f_1 ou croître F_1 , c'est-à-dire quand le pouvoir dioptrique de la lentille à mesurer devient plus grand: l'objet doit alors s'éloigner du foyer de la lentille F_1 , en se rapprochant de cette même lentille.

Quand l'objet arrive au contact de la lentille F_1 ,

$$q = -f_1$$

c'est là une position limite qu'il ne peut pas franchir. A cette position correspond une limite maximum du pouvoir dioptrique de la lentille à mesurer; pour la trouver, il suffit d'égaliser à f_1 l'expression de q , ce qui donne :

$$\frac{f_1^2}{f_1 - d + 2f_2} = f_1$$

d'où $2f_1f_2 = df_1$

par suite : $f_2 = \frac{d}{2}$

ou

$$F_2 = \frac{2}{d}$$

Ainsi, avec le phakomètre de Snellen, où $d = 0^m,025$, on pourrait mesurer jusqu'à 80 dioptries. En effet :

$$F_2 = \frac{2000}{25} = 80$$

Mais, c'est là une limite théorique qu'on ne saurait atteindre, à cause de la diminution de plus en plus considérable de l'intervalle qui représente une dioptrie, à mesure que q augmente.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est que cette limite supérieure de la mesure du pouvoir dioptrique dépend uniquement de la grandeur de l'intervalle d qui sépare la lentille à mesurer de chacune des lentilles auxiliaires. En réduisant cet intervalle à un centimètre, on pourrait élever la limite jusqu'à 200 dioptries.

Les données du phakomètre de Snellen sont :

$$f_1 = f_3 = 0,365 \quad F_1 = F_3 = 2,75$$

$$f_1^2 = 0,1296 \quad F_1^2 = 7,65$$

$$d_1 = d_2 = 0,025$$

d'où :

$$U = 2,59$$

Par conséquent, la formule numérique sera :

$$q = \frac{1}{2,59 + \frac{13,1}{F_2}}$$

En donnant à F_2 des valeurs successivement égales à 1, 2, 3.... dioptries, on pourra calculer les valeurs correspondantes de q et vérifier ainsi la graduation de l'instrument, ou en graduer un construit avec les mêmes données.

Phakomètre de Badal.

Deux tubes glissent à frottement l'un dans l'autre. Le tube fixe porte, à son extrémité libre, un diaphragme dans lequel est ménagée une ouverture de 1 cent. de diamètre. On y place le verre à mesurer. A l'intérieur du tube et à 10 centimètres du diaphragme se trouve une lentille convexe de 10 dioptries que l'on peut enlever à volonté.

Le second tube est muni d'un verre dépoli et porte une division qui marque zéro quand le verre dépoli est au foyer de la lentille intérieure. Quand le verre à mesurer est en place, il s'ajoute à la lentille de 10 D, ou s'en retranche de telle sorte qu'il faudra enfoncer ou retirer le tube pour avoir une image nette. Chaque dioptrie produit un déplacement d'un centimètre sur l'échelle. Pour des verres convexes de plus de 10 D, on enlève la lentille intérieure. Pour des verres concaves de plus de 10 D, on ajoute une seconde lentille de 10 D contre le verre à mesurer et on ajoute 10 D au numéro de la graduation.

L'instrument permet d'apprécier les quarts de dioptrie.

Nous donnons également la théorie de cet instrument.

Théorie du phakomètre de Badal, par le professeur MONOYER. — La lentille à mesurer F_1 constitue avec l'unique lentille de l'instrument, F_2 , un système binaire, caractérisé par la valeur particulière de la distance interfocale δ .

La lentille F_1 étant au premier foyer de la lentille F_2 , il s'ensuit que la distance mutuelle de ces deux lentilles est :

$$d = f_2$$

On a, par conséquent, suivant que la première lentille est convergente ou divergente :

$$\begin{aligned} \delta &= d \mp f_1 - f_2 \\ &= \mp f_1 \end{aligned}$$

Dans ces conditions, les formules du système binaire donnent pour les abscisses primitives des foyers du système :

$$\begin{aligned} q_\varphi &= \frac{f_1^2}{\delta} = \mp f_1 \\ q_{\varphi'} &= \frac{f_2^2}{\delta} = \mp \frac{f_2^2}{f_1} \end{aligned}$$

pour la valeur commune des deux longueurs focales :

$$\varphi = \frac{f_1 f_2}{\delta} = -f_2$$

et pour le pouvoir dioptrique :

$$\Phi = -F_2$$

Il résulte de ces valeurs convenablement interprétées que les premiers points cardinaux du système coïncident avec leurs homologues de la lentille F_1 du phakomètre ; tandis que les seconds points cardinaux sont avancés ou reculés de la quantité $\frac{f_2^2}{f_1}$ suivant que la lentille à mesurer est convergente ou divergente.

Quant au pouvoir dioptrique du système, il est le même que celui de la lentille F_1 , par conséquent indépendant de celui de la lentille à mesurer.

Mais, ce qu'il importe de remarquer dans un système de ce genre, c'est, d'une part, la constance du grossissement, d'autre part, l'équidistance des divisions de la graduation en dioptries ; ces

deux résultats ont pour conséquence de donner toutes les mesures avec le même degré d'approximation, quelle que soit la force de la lentille mesurée.

- Relativement au grossissement, on a :

$$G = \frac{f_1 f_2}{q \delta - f_1^2}$$

et, en remplaçant δ par la valeur $-f_1$:

$$G = - \frac{f_2}{q + f_1}$$

Or $(q + f_1)$ est égal à la distance de l'objet au premier foyer de la lentille F_1 : donc, à égalité de distance de l'objet, le grossissement est le même que si la lentille F_2 était seule ; il est indépendant de F_1 et ne varie qu'avec la distance de l'objet. Mais, attendu que ce dernier est toujours choisi assez éloigné pour être considéré comme situé à l'infini, il s'ensuit que le grossissement est constant.

Quant aux divisions de la graduation, elles sont données par la position du second foyer principal du système, dont l'abscisse est :

$$\begin{aligned} q' &= + \frac{f_2^2}{f_1} \\ &= + f_2^2 F_1 \end{aligned}$$

On voit que cette distance du second foyer est proportionnelle au pouvoir dioptrique F_1 de la lentille mesurée : donc, si on donne à F_1 des valeurs successivement égales à 1, 2, 3, dioptries, la différence entre deux valeurs consécutives de q' sera toujours égale à f_2^2 ; cette différence représente la grandeur de l'intervalle qui mesure une dioptrie.

Quand le second foyer du système arrive au contact de la lentille F_1 , on ne peut pas aller au-delà : la limite de mesure de l'instrument est atteinte. Cette position correspond à :

$$q' = -f_2$$

d'où :

$$F_1 = F_2$$

On ne peut donc pas mesurer de lentille convergente dont le pouvoir dioptrique F_1 soit plus grand que celui de la lentille F_1 du phakomètre.

M. Badal dépasse cette limite en supprimant alors la lentille F_1 ; mais il perd ainsi les avantages de la combinaison de son système dioptrique et notamment la constance du degré d'exactitude des mesures.

En réunissant dans une même monture le principe du phakomètre et celui de l'optomètre de Badal, M. Monoyer n'a eu d'autre but que de rendre plus portatifs ces deux instruments de mensuration.

Qu'on se représente l'optomètre de Badal avec ses deux tubes rentrant l'un dans l'autre et une lentille plan-convexe de 20 dioptries, ce qui donne des divisions de $2,5^{\text{mm}}$ allant jusqu'à 20 dioptries dans les deux sens. Pour le transformer en phakomètre on visse à l'extrémité qui était tournée vers l'œil un bout de tube qu'on avait enlevé pour faire l'optomètre ; ce tube supplémentaire porte la monture dans laquelle se place la lentille à mesurer, puis, tout près de celle-ci, une lentille de + 25 D qui grossit et reporte à l'infini une réduction de l'échelle optométrique qu'on a déplacée pour la visser au foyer de la lentille. L'image de cette échelle est reçue sur un écran en verre dépoli qui a pris la place primitivement occupée par l'échelle optométrique, et on la regarde par l'extrémité opposée du tube rentrant au milieu duquel on engage une nouvelle loupe de 20 D pour faciliter la vision. La même graduation sert pour les deux emplois de l'instrument.

Enfin un procédé, très courant dans les cliniques, mais peu exact, consiste à associer au verre à mesurer des lentilles à courbure inverse, jusqu'à ce que les objets vus à travers le système ne paraissent plus bouger quand on agite les lentilles devant l'œil. Tant que le mouvement apparent des objets est en sens inverse du déplacement imprimé, le système est convergent.

Ce procédé est également applicable aux verres cylindriques, toujours avec la même restriction, quant à l'exactitude.

Voici, du reste, le calcul simple qui indique la valeur de l'erreur qu'on commet :

La formule (19) de la théorie des lentilles devient dans le cas où on associe un verre positif avec un verre négatif :

$$\Phi = F_1 - F_2 + d F_1 F_2$$

d étant la distance entre les points principaux intérieurs.

Pour que ce pouvoir soit nul, c'est-à-dire que le système des deux verres soit sans effet dioptrique sensible il faut que l'on ait non pas $F_1 = F_2$

$$\text{mais } F_1 = \frac{F_2}{1 - d F_2} \text{ en valeur absolue.}$$

Le verre négatif qui neutralise $+ F_2$ doit donc être

$$\frac{F_2}{1 - d F_2} \text{ plus grand que } F_2$$

Et si l'on prend $F_1 = F_2$ le pouvoir du système est toujours positif et égal à

$$\Phi = d F_1 F_2$$

Pour des lentilles de 20 D, où d ne saurait être moindre que 4^{mm} , on aurait

$$\Phi = 1,6 \text{ D}$$

Afin d'avoir sous la main tous les éléments dont le médecin a besoin pour faire un examen de malade ou une prescription, on a l'habitude de réunir toute la série des verres correcteurs dans une boîte qui porte, en oculistique, le nom de boîte d'essai.

Les verres sont numérotés en dioptries, et pour les verres faibles par demi et par quart de dioptrie. On sait que la dioptrie est l'unité de mesure pour le pouvoir dioptrique comme sa longueur focale, le mètre, est l'unité de mesure pour les distances focales. Si l'on considère la déviation imprimée par une lentille positive aux rayons incidents qui la rencontrent, on démontre que cette déviation est représentée proportionnellement par le pouvoir dioptrique $\frac{1}{f}$ de la lentille.

M. Imbert (1), à qui appartient cette démonstration, l'a utilisée pour définir la série des verres: « Les verres de la série métrique sont tels que, en passant de l'un quelconque d'entre eux au suivant, l'accroissement de déviation imprimé aux rayons incidents est égal à la déviation imprimée par le verre unité. »

(1) A. Imbert. De l'interprétation et de l'emploi du pouvoir dioptrique en ophthalmologie, 1883.

CHAPITRE III.

Des modifications de l'appareil dioptrique qui apportent un trouble dans la netteté des images.

Nous avons indiqué les caractéristiques de l'œil normal, et nous avons pris, comme type de cet œil, l'œil *emmétrope*, celui dont le *punctum remotum* est situé à l'infini. Les rayons lumineux issus d'objets à l'infini tombent sur lui à l'état de parallélisme et vont se réunir dans le plan focal du système. Puisqu'il voit nettement, il est évident, d'ailleurs, que sa rétine occupe la position de ce plan focal. Ainsi nous pouvons donner de l'œil *emmétrope* deux définitions :

Une définition physique ou optique : l'œil *emmétrope* est celui dont la rétine est au second foyer principal du système dioptrique.

Une définition physiologique : l'œil *emmétrope* est celui dont le *punctum remotum* est à l'infini.

Nous avons vu dans l'œil schématique que le second foyer est distant de la cornée de $22^{\text{mm}}8237$. Ce chiffre exprime donc la longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil *emmétrope*.

Mais, avons-nous dit aussi, il est commode dans les calculs, de se servir de l'œil réduit où l'on considère des chiffres plus simples et suffisamment exacts. Le second foyer principal a alors pour expression de sa distance à la cornée 20 millimètres. Si on compte cette

distance à partir du centre de courbure qui représente le point nodal unique de l'œil réduit, on aura pour valeur celle de la première distance focale ou 15 millimètres. Nous adopterons ce dernier chiffre pour caractériser l'œil emmétrope, et nous dirons que, dans ce cas, la rétine est à 15 millimètres en arrière du point de croisement des lignes de direction visuelles.

Grâce à son accommodation l'œil emmétrope reçoit sur sa rétine des images nettes des objets qui s'approchent depuis l'infini jusqu'au punctum proximum. Celui-ci ne peut être fixé d'une manière absolue, car, nous le verrons plus tard, ce punctum proximum se déplace avec l'âge. Donders, qui a découvert ce fait, admet qu'un jeune homme de 20 ans voit distinctement encore à 10 cent. L'amplitude d'accommodation serait donc, chez l'émétrope de 20 ans, représentée par le pouvoir dioptrique d'une lentille convexe ayant 10 cent. de distance focale, soit 10 dioptries.

On a donné le nom d'*amétropes* aux yeux qui ne présentent pas la conformation de l'œil emmétrope. Le mot d'amétropie ne s'applique du reste qu'aux vices de conformation de l'œil au point de vue de l'appareil dioptrique, par exclusion de tous les défauts qui peuvent provenir d'un manque de transparence des milieux réfringents. On dit aussi que ces yeux présentent une anomalie de réfraction. Dans l'étude de ces anomalies il faut se rappeler que l'œil se montre à nous sous deux états différents : à l'état de repos, à l'état d'accommodation. Lors donc qu'il nous arrivera de parler de réfraction de l'œil, de mesure de la réfraction, nous entendons dire que nous envisageons seulement l'état statique de l'œil avec repos

de l'accommodation. Réfraction et accommodation sont deux choses absolument distinctes; cette distinction se poursuit en pathologie, il y a des anomalies de la réfraction et des anomalies de l'accommodation.

« Il doit y avoir, dit Donders, entre les anomalies de la réfraction et de l'accommodation une distinction bien tranchée, attendu que, dans leur essence, les idées de réfraction et d'accommodation sont tout à fait différentes. La réfraction oculaire proprement dite est la réfraction de l'œil à l'état de repos : c'est une propriété de l'appareil dioptrique qui tient à la forme même de cet appareil; mais elle est indépendante de toute action musculaire. L'accommodation de l'œil repose, au contraire, sur les variations de réfraction que peut déterminer une intervention musculaire volontaire ».

Nous rangerons les anomalies et nous les étudierons dans l'ordre suivant :

- 1° Changements dans la longueur de l'axe.
- 2° Changements dans la courbure des surfaces.
- 3° Changements dans la valeur des indices de réfraction.
- 4° Inégalité de réfraction dans les divers méridiens d'un même œil (astigmatisme).
- 5° Changements dans l'amplitude d'accommodation (presbytie).
- 6° Inégalité de réfraction dans les deux yeux (anisométrie).

I.

CHANGEMENTS DANS LA LONGUEUR DE L'AXE ANTÉRO-POSTÉRIEUR DE L'ŒIL. AMÉTROPIES ANISOAXILES DE M. MOYER

L'œil amétrope, tel que nous l'avons défini, est presque une exception; dans l'immense majorité des cas, et des mesures très nombreuses l'ont prouvé, l'axe de l'œil est plus long ou plus court. Si donc on considère des rayons parallèles, leur foyer se fera soit en avant soit en arrière de la rétine. Les yeux dans lesquels la rétine est en arrière du foyer principal sont dits *myopes*; ils sont trop longs. Les yeux dans lesquels la rétine est en avant du foyer principal sont dits *hypermétropes*; ils sont trop courts.

Pour former leur foyer sur la rétine il faut donc, pendant le repos de l'accommodation, que les rayons lumineux soient divergents dans l'œil myope, convergents dans l'œil hypermétrope. Le degré de divergence et de convergence exprimera le degré d'amétropie de ces yeux. Cela revient encore à dire que le punctum remotum est, chez le myope, à une distance finie; qu'il est chez l'hypermétrope au delà de l'infini. La distance à l'œil du punctum remotum est aussi la mesure de l'amétropie.

L'œil réduit nous a fourni un moyen d'exprimer l'état d'emmétropie par la distance qui sépare la rétine du point nodal unique ou centre de courbure. Nous pouvons nous

proposer de calculer la nouvelle longueur de l'axe qui correspond à un œil amétrope donné; nous aurons ainsi des valeurs qui seront une nouvelle expression du degré d'amétropie.

Prenons un œil myope; et supposons que nous avons constaté que son punctum remotum était situé à 140 mm. en avant de sa cornée. Pour rendre cet œil emmétrope il faut reculer son punctum remotum jusqu'à l'infini, c'est-à-dire donner aux rayons parallèles une direction telle qu'ils semblent provenir du punctum remotum fini. Ce résultat sera atteint par l'adjonction à l'œil myope d'une lentille divergente dont le foyer coïncide avec le punctum remotum. Dans notre exemple la lentille correctrice aura une longueur focale de 140 millimètres. Si nous

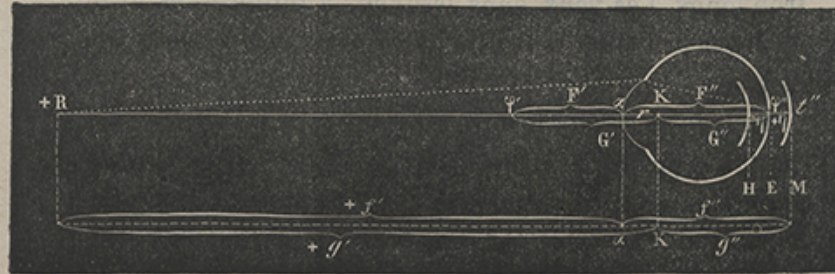


Fig. 2.

considérons que la lentille se place habituellement dans le premier foyer de l'œil, nous diminuerons de 15 millimètres ces 140 millimètres ce qui donne finalement 125 millimètres. Quand on connaît la distance focale du verre correcteur, il suffit d'appliquer une formule très-simple de Donders pour connaître la différence de lon-

gueur de l'œil emmétrope et de l'œil myope qui nous occupe.

Désignons cette différence par η .

Dans la figure (2):

F' et F'' sont les deux longueurs focales de l'œil emmétrope.

f et f'' sont les deux distances focales conjuguées de l'œil amétrope.

Dans la formule qui donne f''

$$f'' = \frac{fF''}{f' - F'} \quad (1)$$

tout est connu, sauf f'' .

Soit ϕ' l'emplacement de la lentille correctrice dont le foyer coïncide avec R: Sa distance focale est $\phi'R = F$.

Or, $\phi'R = \alpha R = \phi'\alpha$,

Puisque $\alpha R = f'$ et $\alpha\phi' = F'$, on peut écrire :

$$F = f' - F' \quad f'' = F' + F.$$

Introduisons ces valeurs dans (1)

$$f'' = \frac{F''(F' + F)}{F}$$

$$f'' - F'' = \frac{F'F''}{F} = \eta.$$

Faisons le produit des deux distances focales de l'œil réduit $15 \times 20 = 300$. Divisons ce produit par la distance focale du verre correcteur (en général $\frac{300}{F}$) nous aurons

la différence de longueur cherchée, $\frac{300}{125} = 2,48$.

Un œil myope de telle sorte que son punctum remotum soit à 140 millimètres a un axe dont la longueur surpasse celle de l'emmetrope de 2,48 millimètres, soit au total un axe de 22,48 millimètres.

Ici nous avons ajouté cette différence à 20 millimètres parce que nous considérons le cas d'une myopie; il faudrait la retrancher si nous avions affaire à une hypermétropie.

En ajoutant nos 2,4 à 15 millimètres, nous aurions un chiffre 17,4 qui exprimerait en millimètres la distance qui sépare le point nodal de la rétine.

On conçoit qu'il y ait quelque intérêt à rechercher ces longueurs. Le point nodal est en effet le point de croisement des rayons de direction, ou axes visuels, qui vont, sans déviation, d'un point de l'objet au point correspondant de son image. Si dans les différents états de réfraction (emmétropie et amétropie axiale), la distance du point nodal à la rétine varie, il est facile de voir (fig. 3) que, à angle visuel égal, l'œil hypermétrope a une image rétinienne plus petite que l'emmetrope, et ce dernier une plus petite que le myope.

Nous aurons à étudier l'influence que les verres correcteurs ont sur cette grandeur et, partant, sur l'acuité visuelle.

Le myope, avec son œil trop long, ne peut pas voir nettement au delà d'une certaine distance où se trouve son punctum remotum. Qu'est devenu son punctum proximum? Celui-ci, avons-nous dit, est lié à l'accommodation, et comme nous supposons jusqu'à présent l'ap-

pareil accommodateur normal, nous voyons que le punctum proximum sera d'autant plus rapproché de l'œil que celui-ci sera plus myope. On se tiendra donc en garde quand on mesurera l'amplitude d'accommodation de quelqu'un, et on ne l'exprimera que quand on se sera assuré de l'état de la réfraction.



Fig. 3.

De même, chez l'hypermétrope, on s'exposerait à trouver une amplitude d'accommodation trop petite ; aussi n'oubliera-t-on pas, qu'étant normalement adapté pour des rayons convergents, l'hypermétrope a un punctum remotum négatif situé derrière l'œil, là où se réuniraient les rayons lumineux qui tombent sur l'œil à l'état de convergence. Pour recevoir sur sa rétine l'image d'un objet formée par des rayons parallèles, il lui faudra rendre son système dioptrique plus convergent, à un degré tel que les rayons semblent provenir du punctum remotum négatif ; en d'autres termes, pour voir à l'infini et se rendre emmétrope, l'hypermétrope devra déjà faire usage de son accommodation. Le punctum proximum sera chez lui plus éloigné de l'œil que chez

Bagnéris.

7

l'emmétrope, mais cela ne veut pas dire qu'il jouit d'un pouvoir accommodateur moindre.

En résumé nous voyons que le changement de longueur de l'axe de l'œil entraîne avec lui deux états amétropiques, la myopie et l'hypermétropie, caractérisés par ce fait que les deux punctum proximum et remotum ont changé de situation. Le myope, malgré ses efforts, ne réussira à voir qu'à une distance finie ; l'hypermétrope ne verrait jamais s'il n'avait la ressource de mettre en jeu son accommodation.

II.

CHANGEMENTS DANS LA COURBURE DES SURFACES ET DANS LA VALEUR DES INDICES DE RÉFRACTION.

L'amétropie s'est présentée à nous jusqu'à présent comme résultant d'une modification dans la longueur de l'axe. Mais tout se passait comme si l'amétropie consistait en un déficit ou en un excès de force réfringente du système dioptrique de l'œil relativement à sa longueur. Que l'œil soit trop long ou que son appareil optique soit trop réfringent, le foyer principal tombera toujours en avant de la rétine, il y aura myopie.

Inversement que l'œil soit trop court ou que son appareil optique soit trop peu réfringent, il y aura hypermétropie.

Une modification dans les rayons de courbure des surfaces donnera lieu à la même division des anomalies résultantes ; nous aurons encore une hypermétropie et une myopie, que nous distinguerons des précédentes, en

les nommant amétropies de courbure, amétropies isoaxiales de M. Monoyer.

Si nous voulons nous reporter à l'œil réduit, nous laisserons à ces yeux amétropes la longueur normale de 20 millimètres, et nous chercherons quelle sera la nouvelle courbure à donner à la surface réfringente, connaissant du reste la distance du punctum remotum de ces yeux.

Reprenons le myope de tout à l'heure. Son punctum remotum était à 140 millimètres en avant. La longueur de l'œil est 20 millimètres, il faut donc que le rayon de courbure soit plus petit,

La formule $\frac{n'}{f} + \frac{n''}{f''} = \frac{n'' - n'}{r}$ (1) contient tous

les éléments de la question.

Nous y ferons $n'' = \frac{4}{3}$, $n' = 1$, $f' = F'' = 20$, ce qui

donne $r = \frac{3f'}{15 + f'}$ (2).

Ici $f' = 140$ mm. Remplaçant dans (2) nous obtenons pour le rayon de courbure nouveau : $r = 4,51$.

Nous laissons f' en évidence dans la formule (2) parce qu'il doit être pris avec son signe ; chez l'hypermétrope, en effet, où le punctum remotum est négatif on prendra f' avec le signe —.

Nous utiliserons ces considérations en étudiant l'influence des verres correcteurs, et nous montrerons qu'il

(1) Helmholtz. Optiq. phys., p. 62.

Il y a une différence à ce point de vue entre les amétropies axiales et les amétropies de courbure. En ce moment nous désirions seulement appeler l'attention sur cette manière d'envisager la myopie et l'hypermétropie, bien qu'elle s'applique moins fréquemment que le cas où la longueur de l'axe est en jeu.

Il n'y a rien à dire de particulier sur les amétropies par altération de l'indice de réfraction. Elles se confondent dans leurs effets avec les précédentes. Donders a pensé que l'hypermétropie qui se développe dans l'âge avancé doit être attribuée à une diminution de l'indice de réfraction total du cristallin.

Pour la myopie, on l'a quelquefois constatée dans le cours du développement d'une cataracte, alors qu'elle n'existait pas auparavant.

Ici se présente à l'étude un cas toutparticulier d'amétropie, nous voulons parler de cet état de l'œil connu sous le nom d'*aphakie*. Ce mot a été introduit en ophthalmologie par Donders pour indiquer que l'œil est privé de son cristallin, soit congénitalement, soit par luxation ou extraction.

L'œil aphake devient un système optique des plus simples. Un seul dioptré, une surface réfringente unique, en tout comparable à notre œil réduit. Nous voyons immédiatement que si un pareil œil conserve la longueur emmétropique il doit être hautement hypermétrope. Nous connaissons le rayon de courbure de la cornée et ses distances focales :

$$r = 7,8; f = 23^{\text{mm}}26; f' = 31^{\text{mm}}09$$

La rétine est d'ailleurs distante de la cornée de 22,82.

Cherchons le punctum remotum de cet œil, c'est-à-dire le point dont la rétine est le foyer conjugué. Il suffira d'appliquer la formule pour un dioptré simple $qq' = ff'$ q' est la distance de l'image (rétine) au second foyer $31,09 - 22,82 = 8,27$.

q est l'inconnue, la distance du punctum remotum au premier foyer.

$$q = \frac{ff'}{q'} = \frac{23.26 \times 31.09}{8.27} = 87,44^{mm}.$$

L'hypermétropie serait donc exprimée en dioptries par $\frac{1000}{87.5} = 11,4$ D, comptée à partir du premier foyer de la cornée. Comptée du point nodal elle serait 17,73.

III.

INÉGALITÉ DE RÉFRACTION DANS LES MÉRIDIDIENS D'UN MÊME ŒIL.

Nous avons jusqu'à présent envisagé la réfraction oculaire en partant de ce principe que l'appareil réfringent est formé de surfaces sphériques, symétriques autour d'un axe de révolution qui leur est commun. Alors le faisceau lumineux réfracté appartient à la forme conique, c'est-à-dire qu'il possède un sommet unique, qui est le point de rencontre de tous les rayons composant le faisceau.

Mais il peut arriver, il arrive souvent, que deux sections méridiennes prises dans la cornée ne soient pas

identiques ; que dans un méridien le rayon de courbure soit différent du rayon du méridien voisin. Alors le foyer du premier méridien ne coïncide plus avec le foyer de l'autre, et le faisceau réfracté n'a plus la forme conique, il n'a plus un sommet unique ; c'est ce qu'exprime le mot *astigmatisme* employé pour définir cette anomalie de réfraction.

Nous avons vu que la rétine d'un œil myope et celle d'un œil hypermétrope découpaient le cône réfracté appartenant à un faisceau parallèle suivant des cercles, il n'en est pas de même chez l'astigmaté dont la cornée peut être supposée représenter un ellipsoïde à axes inégaux.

Ce qui serait le point focal est un petit cercle ; plus près ou plus loin on aurait des ellipses à grand axe dirigé en sens contraires. A mesure qu'on s'éloigne du cercle focal, le grand axe s'allonge et le petit se raccourcit de façon à donner une ligne droite dans chacun des foyers appartenant aux deux méridiens de plus grande et de plus petite courbure. — Ainsi, pour l'astigmaté, l'image d'un point sera une ligne horizontale si le point fait son foyer exact dans le méridien vertical, et une ligne verticale si l'image est au foyer du méridien horizontal. Il est habituel que les deux méridiens de plus grande et plus petite courbure soient deux méridiens perpendiculaires entre eux, et assez généralement ces méridiens sont l'un dans la verticale, l'autre dans l'horizontale.

Nous voyons, d'après les considérations précédentes, qu'un œil astigmaté peut être regardé comme la combinaison d'un œil emmétrope avec un œil amétrope, ou de deux yeux amétropes, à des degrés différents. C'est ce

qu'enseigne la classification adoptée pour l'astigmatisme en *simple* (avec un méridien emmétrope) et en *composé* (avec tous les méridiens amétropes.)

L'astigmatisme *régulier classique* est celui dans lequel les aberrations maxima se relient entre elles d'une manière uniforme et continue et peuvent ainsi être soumises à nos moyens correcteurs.

Il y a une autre forme d'astigmatisme qui doit rentrer dans l'astigmatisme régulier, bien que tous les auteurs ne l'admettent pas, c'est l'astigmatisme par variation de courbure dans le même méridien. Lorsque la variation de courbure suit une loi géométrique, l'anomalie résultante peut être accessible à la correction.

L'astigmatisme est dit *irrégulier*, quand l'aberration est caractérisée par des irrégularités de réfringence entre deux méridiens successifs, aberration dans laquelle nulle loi géométrique ne préside au passage d'un méridien au suivant et qui échappe ainsi à toute correction.

L'astigmatisme a été découvert par Thomas Young, en 1800. Depuis, un très grand nombre de physiciens se sont occupés de faire des mensurations ophthalmométriques de la cornée. Citons entre autres, les travaux de Donders, Knapp, Middelburgh, Mauthner, Woinow et Reuss. Cependant l'astigmatisme mesuré subjectivement donnait lieu à des valeurs souvent différentes de celles obtenues par la mensuration de la cornée; aussi avait-on admis la participation du cristallin dans cet état asymétrique.

Tout récemment, M. E. Javal a doté l'ophtalmologie d'un nouvel instrument de mesure qui permet d'obtenir exactement et rapidement la valeur des courbures cor-

néennes, partant de l'astigmatisme, sans passer par toutes les difficultés inhérentes au maniement de l'ophthalmomètre d'Helmholtz. Il résulte des derniers travaux faits que la cornée est le véritable siège de l'astigmatisme, et que l'astigmatisme cristallinien est un astigmatisme fonctionnel correcteur du premier.

Ce point recevra des développements suffisants quand il sera question de la détermination des anomalies de la réfraction.

IV.

MODIFICATIONS DANS LE POUVOIR ACCOMMODATIF.

L'accommodation a été définie le changement qui se produit dans l'œil quand celui-ci passe de la vision éloignée à la vision rapprochée. Elle s'effectue par une augmentation de la force réfringente du système dioptrique.

L'amplitude d'accommodation d'un œil a été aussi définie la totalité d'accommodation dont un œil dispose, c'est-à-dire la force qui change l'adaptation de l'œil à son punctum remotum en adaptation à son punctum proximum. Il faut évaluer cette plus grande variation de réfraction dont l'œil est capable.

On peut à la réfraction statique de l'œil, celle à laquelle correspond le punctum remotum, exprimée en pouvoir dioptrique d'une lentille qui lui serait égale, ajouter le pouvoir dioptrique de la lentille capable d'effectuer ce travail réfringent maximum de l'œil.

La force d'une lentille est en raison inverse de sa lon-

gueur focale ; c'est-à-dire qu'on peut l'exprimer par une fraction ayant l'unité pour numérateur, et, pour dénominateur, la distance du foyer, exprimée en mètres. Ainsi une lentille de 50 centimètres de distance focale aura la fraction $\frac{1}{0,50} = \frac{100}{50}$ pour expression de son *pouvoir dioptrique* (c'est le nom substitué par M. Monoyer au mot force ou pouvoir réfringent). — L'unité (1 mètre), divisée par la distance focale exprimée en mètres, est, en dioptries, le numéro de la lentille. Dans l'exemple ci-dessus, la lentille sera dite de 2 dioptries.

Appelons r la première distance focale conjuguée correspondant à l'image sur la rétine du *punctum remotum*, nous aurons pour expression de l'état de réfraction statique de l'œil : $\frac{1}{r} = R$. (dioptries).

De même, à l'état d'accommodation maximum, la première distance focale conjuguée est la distance qui sépare l'œil de son *punctum proximum*; appelons-la p . La réfraction de l'œil sera alors : $\frac{1}{p} = P$. (dioptries).

La différence de pouvoir dioptrique entre ces deux états minimum et maximum de réfraction de l'œil est le *pouvoir accommodatif*.

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{r} \dots \dots \quad (1)$$

formule classique de Donders, ou en dioptries :

$$A = P - R \dots \dots \quad (2)$$

Bagneris.

De la formule (1) on tire :

$$A = \frac{r - p}{pr}$$

Ou en représentant par L . le parcours de l'accommodation qui est égal à $r - p$.

$$A = \frac{L}{pr} = LPR.$$

On voit donc que le pouvoir accommodatif est égal au produit du parcours de l'accommodation par les inverses des limites de la vision.

Telle est la relation qui existe, d'après M. Monoyer, entre la longueur ou parcours de l'accommodation et le pouvoir accommodatif.

Reprenons la formule (2).

Dans l'emmétropie, la distance du punctum remotum r est infinie, $R = \frac{1}{\infty} = 0$.

Dans la myopie r est positif : $R = + \frac{1}{r} = + R$.

Dans l'hypermétropie r est négatif : $R = - \frac{1}{r} = - R$.

Le pouvoir accommodatif a donc pour expression :

chez l'emmétrope : $A = P$

chez le myope : $A = P - R$

chez l'hypermétrope : $A = P - (-R) = P + R$

ou encore : $A = R - P$

quand R est négatif (hypermétropie absolue de Donders).

La mesure du pouvoir accommodatif emporte avec elle la mesure des deux punctum proximum et remotum. Nous l'effectuerons plus tard : nous voulons, auparavant, rechercher quelles sont les causes qui peuvent modifier le pouvoir accommodatif. Parmi celles-ci il en est une d'ordre presque physiologique, constituant l'anomalie d'accommodation connue sous le nom de *presbytie*.

Les recherches de Donders lui ont montré que déjà, à partir de 10 ans, l'œil perd de sa force accommodative. Les lois de cette diminution de l'amplitude sont représentées dans le schéma suivant qui représente, en fonction de l'âge, la marche du punctum remotum, et celle du punctum proximum. Ce schéma, qui est le dernier présenté par Donders au congrès ophthalmologique de Heidelberg, est emprunté à l'ouvrage de MM. de Wecker et Landolt, ainsi que son interprétation (p. 664.)

Les chiffres placés en haut du tableau indiquent l'âge ; ceux de gauche des dioptries. La courbe *rr* correspond à la réfraction de l'œil à l'état de repos. Celle-ci ne change pas jusque vers 50 ans, à partir de cet âge elle diminue ; l'emmetrope devient hypermetrope, l'hypermetrope voit augmenter son hypermétropie, le myope diminuer sa myopie qui peut même passer à l'emmétropie.

La courbe *pp* indique la réfraction de l'œil à l'état d'accommodation maximum. Elle diminue graduellement et devient même, à partir de 65 ans, plus faible que n'était pendant les années précédentes la réfraction de l'œil dépourvu d'accommodation. Il y a cependant encore accommodation aussi longtemps que les deux courbes restent séparées. Elle cesse complètement à 75 ans.

Le tableau se lit comme une table de multiplication.

Voici la série des amplitudes correspondant aux différents âges :

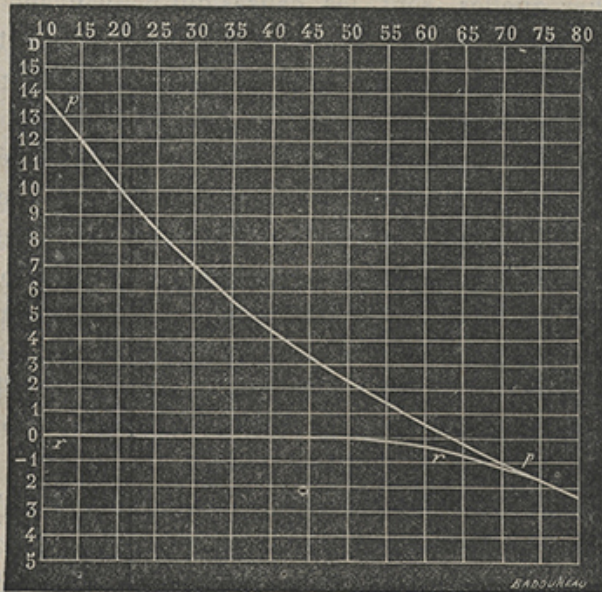


Fig .4.

Années :	10.	Amplitude.	14	D
—	15.	—	12	
—	20.	—	10	
—	25.	—	8.5	
—	30.	—	7	
—	35.	—	5.5	
—	40.	—	4.5	
—	45.	—	3.5	
—	50.	—	2.5	
—	55.	—	1.75	
—	60.	—	1	
—	65.	—	0.75	
—	70.	—	0.25	
—	75.	—	0	

L'amplitude d'accommodation reste la même pour l'amétropie et pour l'emmétropie. Mais la distance du punctum proximum change, on la déduit des formules précédentes.

La presbytie a donc pour cause une diminution dans la force accommodative, et pour effet un recul progressif de punctum proximum; elle n'est pas en réalité une anomalie de l'accommodation. Tant que le pouvoir accommodatif sera suffisant pour maintenir le punctum proximum à une distance en rapport avec les occupations journalières de la vie chez un individu, le pouvoir accommodateur sera lui-même le correcteur de la presbytie. On peut dire seulement que plus il y aura d'accommodation employée à faire cette correction, moins il en restera en réserve pour soutenir l'effort prolongé du travail.

La presbytie devient manifeste seulement au jour où le punctum proximum a atteint la limite de la distance du travail.

On voit par là que nous n'envisageons pas la presbytie comme commençant à un âge fixe, au moment où le punctum proximum est plus éloigné que 25 centimètres, quand la force accommodative n'est plus que de 4 dioptries.

Il n'y a donc pas de commencement pour la presbytie. Mais on peut, avec Donders, lui considérer une phase pratique, et dire qu'une personne donnée devient presbyte quand elle ne jouit plus que de 4 dioptries d'accommodation. Ceci s'entend, naturellement, de l'emmétrope; l'hypermétrope qui ne porte pas de verres correcteurs, a déjà besoin d'une partie de son accommo-

dation pour neutraliser son hypermétropie, et il deviendra d'autant plus tôt presbyte, dans le sens vulgaire du mot, qu'il sera plus hypermétrope. C'est là le secret des presbyties prématurées. Si ce symptôme hypermétropie fait défaut, cherchez alors du côté de la pathologie proprement dite.

La régularité de la décroissance du pouvoir accommodatif avec l'âge est telle qu'on peut presque sûrement, dans les cas normaux, déduire de celui-ci l'amplitude d'accommodation d'un individu. Ceci dit sans prétendre qu'il faille négliger la mesure directe, mais seulement pour appliquer une sorte de contrôle aux mesures qu'on a effectuées.

M. Monoyer a représenté la variation du pouvoir accommodatif avec l'âge par la formule suivante :

$$A = \alpha - \beta x + \gamma x^2$$

dans laquelle A est le pouvoir accommodatif

x l'âge

$$\alpha = 16 \text{ dioptries}$$

$$\beta = \frac{3}{10} = 0,3$$

$$\gamma = \frac{1}{1000} = 0,001$$

Cette formule donne des chiffres un peu différents de ceux de Donders, mais elle est plus exacte pour le punctum proximum binoculaire.

Lorsque nous avons voulu exprimer le surcroît de

réfraction apporté à l'œil par l'accommodation au moyen du pouvoir dioptrique de la lentille qui aurait produit le même effet, nous avons établi la formule $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{r}$.

On peut aussi se demander quel serait le pouvoir dioptrique de la lentille qui exprimerait l'accommodation partielle d'un presbyte qui voudrait ramener son punctum proximum actuel à une distance donnée plus petite de son œil. Si cette dernière distance est celle de son travail habituel, la lentille considérée exprimera son degré de presbytie ou le déficit de son accommodation pour le point considéré.

Appelons p la longueur focale de cette lentille
 l la distance à l'œil à rétablir
 r la distance du punctum proximum actuel.

Le degré de presbytie sera :

$$P = \frac{1}{p} = \frac{1}{l} - \frac{1}{r} \text{ ou en dioptries}$$

$$P_r = L - L'$$

Exemple. — Quel est le degré de presbytie d'une personne qui, ayant besoin de voir à 25 centimètres, a un punctum proximum à 50 cent.

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{25} - \frac{1}{50} = \frac{1}{50} \text{ ou } 4 - 2 = 2 \text{ D.}$$

Le déficit d'accommodation chez le presbyte donné

est comblé par l'effet d'une lentille de $\frac{1}{50}$ de foyer, soit 2 dioptries supposées placées dans l'air, mais en coïncidence avec le point nodal de l'œil. C'est le degré de sa presbytie. Cette formule appartient aussi à M. Monoyer.

Il vaut mieux y faire entrer d'une façon explicite la fraction du pouvoir accommodatif KA qu'emploie le presbyte lorsqu'il regarde à travers le verre un objet situé à la distance de L dioptries de son œil. La formule pratique est alors :

$$P_r = -KA - R + L.$$

On y fait ordinairement $K = \frac{2}{3}$ et $L = 3,3$ dioptries.

V

ANISOMÉTROPIE.

Il arrive le plus souvent que les deux yeux présentent un égal degré de réfraction ; ils sont tous deux emmétropes, tous deux hypermétropes ou myopes. Cependant les cas ne sont pas rares dans lesquels on observe une amétropie plus forte sur un œil que sur l'autre, et même une amétropie de sens contraire, l'un des yeux étant myope et l'autre hypermétrope. C'est ce défaut de symétrie qui porte le nom d'*anisométrie*.

Les milieux réfringents ne sont le plus souvent pas en cause, et presque toujours on trouve chez les porteurs de cette affection une asymétrie dans le développement du crâne et de la face.

Il résulte de cet état trois modes possibles dans l'exercice de la vision; celle-ci se fera: 1° binoculairement; 2° alternativement avec les deux yeux; 3° avec exclusion permanente d'un œil.

1° On a nié longtemps la possibilité de la vision binoculaire. Cependant il est certain qu'une image légèrement diffuse ne gêne pas beaucoup, et que tout est là affaire d'habitude et d'exercice. La vision peut s'exercer dans la partie commune du champ d'accommodation, tant que la différence de réfraction est petite, et qu'il n'y a pas de tendance à la déviation d'un œil.

2° Lorsqu'il y a une grande différence dans la position du punctum proximum, on observe généralement la vision alternante. L'un des yeux sert pour la vision à distance, l'autre pour les objets plus rapprochés, mais il existe habituellement une légère déviation.

3° Enfin il est des cas où la différence de réfraction est telle que l'individu atteint d'anisométrie se sert exclusivement d'un œil; l'autre a ordinairement une acuité visuelle inférieure, présente une sorte d'amblyopie par défaut d'usage et finalement se dévie considérablement.

Nous devons signaler l'anisométrie parmi les causes qui apportent un trouble dans la vision, mais l'on voit bien que ce trouble existe surtout dans l'exercice de la vision binoculaire; chacun des yeux sera séparément soumis à l'examen, comme nous l'indiquons plus loin, et corrigé séparément. Il est à peine utile d'ajouter qu'il faut ici chercher le rétablissement de la vision binoculaire, et que celle-ci ne pourra pas toujours être restituée par les seuls moyens optiques. C'est pourquoi nous ne

pouvons insister longuement sur l'emploi des verres correcteurs, simples ou prismatiques. Les cas compliqués qui sont justiciables d'une intervention chirurgicale, ne doivent pas nous occuper.

CHAPITRE IV

Des troubles résultant de la dissociation de la vision binoculaire.

Les quelques mots que nous avons déjà dits au sujet de la vision binoculaire nous ont servi à montrer comment la vision ne pouvait exister binoculaire et simple qu'à la condition d'une fusion complète des images peintes sur chaque rétine. Les facteurs nécessaires de cette fusion sont : l'exacte régularité des mouvements associés des yeux et l'exact entrecroisement des lignes visuelles sur le point fixé. Quand ces conditions cessent d'exister il y a dissociation de la vision binoculaire; les axes visuels cessent de converger vers un même point : il y a strabisme; et les images ne sont plus fusionnées: il y a diplopie.

Ce vaste sujet de la pathologie oculaire ne sera point étudié ici dans ses détails. Le seul point qui nous intéresse est le suivant : application des propriétés reconnues aux prismes à la mesure et à la correction du strabisme, au moins dans certaines limites.

La diplopie est dite homonyme, quand l'image formée dans l'œil dévié est projetée du même côté que cet œil; elle est dite croisée quand cette image est projetée du côté de l'œil sain, par rapport à l'objet fixé. Voici une règle générale, facile à retenir : La diplopie est toujours de sens opposé à celui de la déviation : strabisme con-

vergent, diplopie homonyme; strabisme divergent, diplopie croisée.

Comme la distance entre les doubles images est en relation avec le degré du strabisme, celui-ci peut être mesuré par celle-là en clinique.

Laissant de côté cette méthode, occupons-nous seulement des prismes.

En regardant à travers un prisme, celui-ci produit un effet analogue à celui de la déviation de l'œil. En renversant l'effet on peut neutraliser la diplopie. Les prismes, nous le savons, dans les conditions où ils sont employés en ophtalmologie, produisent une déviation mesurée par la moitié de leur angle réfringent; on dirigera du reste le sommet du prisme dans le sens de la déviation, en l'appliquant, cela va sans dire, à l'œil dévié. Si la correction devait être importante rien ne s'opposerait à ce qu'on la répartît sur les deux yeux.

En employant la série des prismes (de 2 à 14 degrés) qui figurent dans les boîtes d'essai, on finit par en trouver un (ou une combinaison de plusieurs) qui corrige la diplopie, si celle-ci n'est pas trop considérable. Le numéro du prisme indique immédiatement, en le divisant par deux, le degré du strabisme. Nous ne discutons pas l'exactitude du procédé puisque nous ne voulons pas empiéter sur le terrain de la clinique.

Pour faciliter la recherche précédente on a imaginé de monter ensemble deux prismes de 15 degrés, de façon à les laisser libres de tourner l'un sur l'autre. On obtient ainsi très rapidement toutes les valeurs intermédiaires de 0 à 30 degrés. L'instrument a la forme que l'on connaît à la lentille de Stokes.

A un degré moindre que le strabisme, l'insuffisance des muscles droits internes si fréquente chez les myopes, amène la déviation d'un œil. Celle-ci ne se manifeste généralement pas spontanément, non plus que la diplopie. Il est cependant fort utile de la mesurer et de la corriger. Voici par quel artifice on y arrive. On produit une diplopie artificielle dans le sens vertical au moyen d'un prisme de 10 à 12 degrés. Par suite de la notion qu'a le malade de son impuissance à fusionner des images superposées, il laisse ses yeux suivre le jeu des muscles, et la diplopie croisée se manifeste. Comme cette insuffisance n'existe guère que pour la vision à courte distance, il faut faire l'expérience en faisant fixer au malade un point sur un papier qu'il tient à la main. Le point est vu double, et les deux images ne sont pas sur une même verticale. Il ne reste plus qu'à chercher quel est le prisme, à sommet en dehors, qui ramène les points sur la verticale, pour avoir du même coup le degré de l'insuffisance et le prisme correcteur. Si celui-ci ne dépasse pas deux degrés (ce qui est rare), on pourra se contenter de décentrer convenablement les verres de lunette du malade, quand il en porte ; dans le cas contraire, ou si les verres des lunettes sont trop faibles, on prescrit les prismes trouvés dont on répartit l'action sur les deux yeux.

CHAPITRE V.

Détermination de la réfraction de l'œil et des verres correcteurs de l'amétropie.

Rappelons le principe suivant :

Le punctum remotum de l'œil et son image sur la rétine sont des foyers conjugués de l'œil à l'état de repos.

L'œil emmétrope a son punctum remotum à l'infini.

L'œil myope, qui peut toujours être considéré comme trop long relativement à son système réfringent, a son punctum remotum à une distance finie en avant.

L'œil hypermétrope, qui peut toujours être considéré comme trop court, relativement à son système réfringent, a son punctum remotum à une distance finie en arrière.

La mesure de la réfraction de l'œil revient donc à rechercher la situation du punctum remotum. Si nous ajoutons l'intérêt que peut présenter la connaissance du punctum proximum, nous voyons que le problème, dans sa généralité, se pose ainsi : déterminer les limites de la vision distincte.

Cela fait, le problème de la correction est aussi résolu; car corriger un œil amétrope veut dire : ramener le second foyer principal du système dans la rétine, ou encore : donner aux rayons parallèles la même direction que s'ils provenaient du punctum remotum de cet œil.

MÉTHODES SUBJECTIVES.

A. *Méthode basée sur l'acuité visuelle.*

Au premier abord, il semble que la mesure du punctum remotum s'obtiendra facilement en faisant fixer un objet quelconque de petite dimension, qu'on reculera jusqu'à ce qu'il cesse d'être vu nettement. Ce procédé est encore employé quelquefois pour les myopes, mais il n'est pas général. En outre, on ne sait pas ici s'il faut attribuer la perte de la netteté à l'excès relatif de la réfraction ou à la diminution de l'image. Il faudrait donc, à chaque augmentation de distance, augmenter la dimension de l'objet dans un rapport donné.

On se sert généralement dans les cliniques d'une méthode qui donne du même coup l'acuité visuelle, et le verre correcteur.

Snellen a proposé une échelle typographique dont les caractères de grandeur croissante expriment par leur numéro la distance à laquelle ils sont vus sous un angle de 5 minutes. On admet qu'en moyenne un œil emmétrope d'acuité normale distingue nettement les caractères n° 5, à 5 mètres. M. Monoyer a indiqué une échelle du même genre, mais disposée de manière qu'à une distance, toujours la même, de 5 mètres, elle donne la valeur de l'acuité visuelle en dixièmes de l'unité physiologique.

Il est bon de remarquer que la distance de 5 mètres peut être regardée comme analogue à l'horizon. En effet, un cône de rayons divergents ayant 5 mètres de hauteur

et la pupille comme base diffère trop peu du parallélisme pour altérer le foyer conjugué. L'exactitude absolue serait $\frac{1^m}{5^m} = 0,2 \text{ D}$ à ajouter à la réfraction de l'œil.

Appliquons maintenant la méthode de Donders au moyen de cette échelle. La personne à examiner, placée à 5 mètres de l'échelle bien éclairée, déclare distinguer les caractères correspondant à cette distance. Elle n'a pas une myopie supérieure à 0,2 D, mais elle peut être emmétrope et même hypermétrope. Nous ne serons en droit de la considérer comme emmétrope que si un verre convexe très faible brouille complètement la vision. Dans ce cas, son punctum remotum correspond avec celui de l'œil emmétrope.

Si la personne examinée est hypermétrope, elle accommode déjà pour l'infini; on s'aperçoit de ce fait en plaçant successivement devant l'œil des verres convexes de plus en plus forts. Chacun d'eux a pour effet de produire un relâchement de l'accommodation, et le plus fort des verres qui permettent encore de voir nettement exprime que nous avons neutralisé toute l'accommodation. L'hypermétrope est alors emmétrope. Mais sa rétine n'est devenue le foyer conjugué de l'infini qu'à la condition d'ajouter au déficit relatif de la réfraction oculaire un certain nombre de dioptries, et cette dernière lentille, la lentille correctrice, doit avoir son foyer en coïncidence avec le punctum remotum de notre hypermétrope.

Exemple. Une lentille convexe de 6 D est le verre le plus fort qui permette encore la lecture des lettres du tableau : nous disons que l'œil examiné présente un

déficit relatif de réfraction de 6 D, qu'il a une hypermétropie de 6 D. Son punctum remotum est à 166 millimètres en arrière.

Il faut faire ici une remarque importante. Chez un hypermétrope jeune une partie de l'accommodation subsiste encore malgré l'emploi des verres convexes. Donders a donné le nom d'*hypermétropie latente* à cette partie de l'hypermétropie qui est masquée par l'accommodation. Aussi le verre, trouvé plus haut, n'est-il que l'expression de l'*hypermétropie manifeste*. Pour s'assurer que cette dernière représente en réalité l'*hypermétropie totale*, il faut recommencer l'expérience précédente après l'action de l'atropine qui paralyse l'accommodation.

C'est dans cette dernière condition que le verre correcteur pourra indiquer la véritable valeur du degré de l'hypermétropie totale. (Voir plus loin : mesure par l'ophtalmoscope.)

L'examen se fait de la même façon avec un myope. Généralement il ne reconnaît sur l'échelle que quelques lignes, celles qui devraient être vues à plus grande distance. On fait alors passer devant son œil la succession des verres concaves, en commençant par le plus faible, jusqu'à ce qu'il ait une vision nette (l'acuité étant supposée normale). On s'arrête au verre concave le plus faible qui procure cette vision nette et qui réunit par conséquent sur la rétine les rayons parallèles. Nous savons que la longueur focale de ce verre, placé généralement au premier foyer de l'œil, mesure précisément la distance à ce même point du punctum remotum.

En effet ce verre donne, à leur émergence, aux rayons

parallèles qui le rencontrent, la même divergence qu'ils auraient s'ils partaient du punctum remotum.

C'est le verre correcteur de l'amétropie.

Exemple. Le verre concave de 6 dioptries est le verre le plus faible qui permette la lecture des lettres du tableau; nous disons que l'œil examiné présente un excès relatif de réfraction de 6 D, qu'il est myope de 6 dioptries. Son punctum remotum est à 166 millimètres en avant de son premier foyer (13 millimètres).

Nous avons aussi une remarque à faire ici, c'est que le myope continue à voir nettement quand on dépasse le degré de correction; il lui suffit pour cela d'accommoder. Au point de vue de la prescription du verre cela a une grande importance, c'est pourquoi on doit toujours s'arrêter au verre le plus faible qui rende la vision nette.

Détermination du punctum proximum.

Un moyen d'un emploi très facile consiste à prendre un petit cadre portant des crins tendus. Au manche du cadre on adapte un ruban métrique (optomètre à réseau de Græfe). Quand les crins fixés par l'œil lui paraissent troubles, on a atteint la limite du punctum proximum.

On se sert aussi avec grand avantage pour cet objet d'un trou ou d'une petite ligne lumineuse. Si on détermine par ce moyen le punctum proximum binoculaire, la ligne se dédouble très nettement.

Il arrive que ces objets assez petits ne soient plus distingués par un œil dont le punctum proximum est éloigné, ou dont l'acuité visuelle est affaiblie. On a alors recours à un artifice qui consiste à rendre myope la per-

sonne examinée au moyen d'un verre convexe. On rapproche ainsi le punctum proximum d'une quantité connue qu'il sera facile de retrancher du résultat quand la mesure aura été effectuée.

Soit, par exemple, une lentille auxiliaire positive de 3 dioptries nécessaire pour faire voir au patient les crins de l'optomètre de Græfe. Le parcours de l'accommodation varie maintenant de 0 à 333 millimètres. Dans ces limites l'objet est vu nettement au plus près à 143 millimètres. La réfraction totale du système serait égale à 7 dioptries; retranchons en 3 pour la part de la lentille, il reste 4 dioptries appartenant au patient et correspondant à un punctum proximum distant de 25 centimètres.

B. *Méthode chromatique de Helmholtz.*

Cette méthode s'applique aux deux limites de la vision; elle est très sensible et nous l'avons employée souvent avec succès. Elle est basée sur ce fait que, en dehors des limites de l'accommodation, l'œil n'est pas exempt d'aberration chromatique.

Une petite source lumineuse est masquée par un verre bleu cobalt qui laisse passer surtout le bleu, le violet et le rouge extrême. Tant que la source est dans les limites de l'accommodation on l'aperçoit bleu-pourpre. Mais si elle dépasse le punctum remotum on voit un centre rouge avec une auréole bleue, tandis que, en avant du punctum proximum, le centre est violet avec une auréole rouge.

C. Optomètres.

La méthode basée sur l'acuité visuelle a le grand avantage de se pratiquer à une distance assez grande pour que l'accommodation se relâche facilement ; de plus elle permet d'obtenir du même coup la réfraction et l'acuité visuelle. Mais elle exige une place dont on ne dispose pas toujours en dehors des cliniques, aussi a-t-on songé à mesurer la réfraction en se tenant dans des limites de distance moins grandes. Les *optomètres* remplissent ce but. On pourrait cependant, comme le fait M. Javal, doubler la distance en faisant réfléchir l'échelle dans un miroir.

Il y a un très grand nombre d'optomètres, et, dans une étude spéciale sur ce sujet, il faudrait nécessairement introduire dans ces instruments une classification qui n'est pas d'ailleurs difficile à établir. Parmi ceux qui utilisent l'action d'une simple lentille convergente nous choisirons l'optomètre de Badal ; il est le plus simple et très exact. La coïncidence du foyer de la lentille avec le premier point nodal de l'œil fait que la grandeur de l'angle visuel sous lequel est vu l'objet d'épreuve est constant, quelle que soit la position de cet objet. Cela est vrai pour un même œil ; mais si l'on compare des yeux différemment longs, l'image rétinienne d'un même objet n'a plus la même grandeur, et ce reproche fait à l'optomètre de M. Badal ne me paraît fondé qu'en ce qui concerne la mesure de l'acuité visuelle. Or, cette dernière pourrait se mesurer en éloignant l'œil de l'instru-

ment jusqu'à ce que le premier foyer de l'œil coïncidât avec le foyer de la lentille.

Voici la description de l'instrument (1).

Il se compose d'un tube cylindrique en cuivre de 30 centimètres de longueur, terminé par un œillette. Une lentille convergente de 0^m063 de longueur focale est placée dans le tube à une distance de l'œillette telle qu'il y ait coïncidence entre son foyer et le point nodal de l'œil.

En arrière de la lentille se met à l'aide d'une crémaillère une plaque de verre dépoli renfermée dans un second tube et portant une réduction photographique des nouvelles échelles métriques de Snellen. Selon sa position, les rayons lumineux réfractés en arrivant à la cornée présentent tous les degrés de divergence qui correspondent aux différents états de réfraction statique et dynamique de l'œil.

La graduation de l'instrument est conforme au système métrique et va de + 15 D à — 20 D.

L'instrument mesure aussi l'astigmatisme par le moyen d'une plaque tournante à fente sténopéique placée dans l'œillette.

On mesure généralement chaque œil séparément; bien que cette pratique soit dépourvue d'inconvénient quelques auteurs ont cherché à faire des optomètres binoculaires. Le contrôle est fort difficile dans ces appareils parmi lesquels nous mentionnons les optomètres de Græfe et de Hirschberg. Les optomètres monoculaires eux-mêmes ne sont pas à l'abri de tout reproche. Il est bien rare, en effet, que la personne examinée ne fasse

(1) Badal. Annales d'oculistique, 1876.

pas un effort d'accommodation qui vient troubler le résultat ; il suffit de mettre l'œil à un simple tube pour s'en convaincre, et ceux qui font un fréquent usage de jumelles et de microscopes savent qu'il faut une certaine habitude pour ne plus ressentir de fatigue de leur emploi.

MÉTHODE OBJECTIVE.

Nous avons dans l'emploi de l'ophtalmoscope un moyen de déterminer la réfraction de l'œil.

L'individu examiné est entièrement passif et son jugement n'intervient pas ; il suffit de supposer que l'observateur est emmétrope, ou, tout au moins, rendu emmétrope par un verre convenable, et qu'il sait relâcher son accommodation.

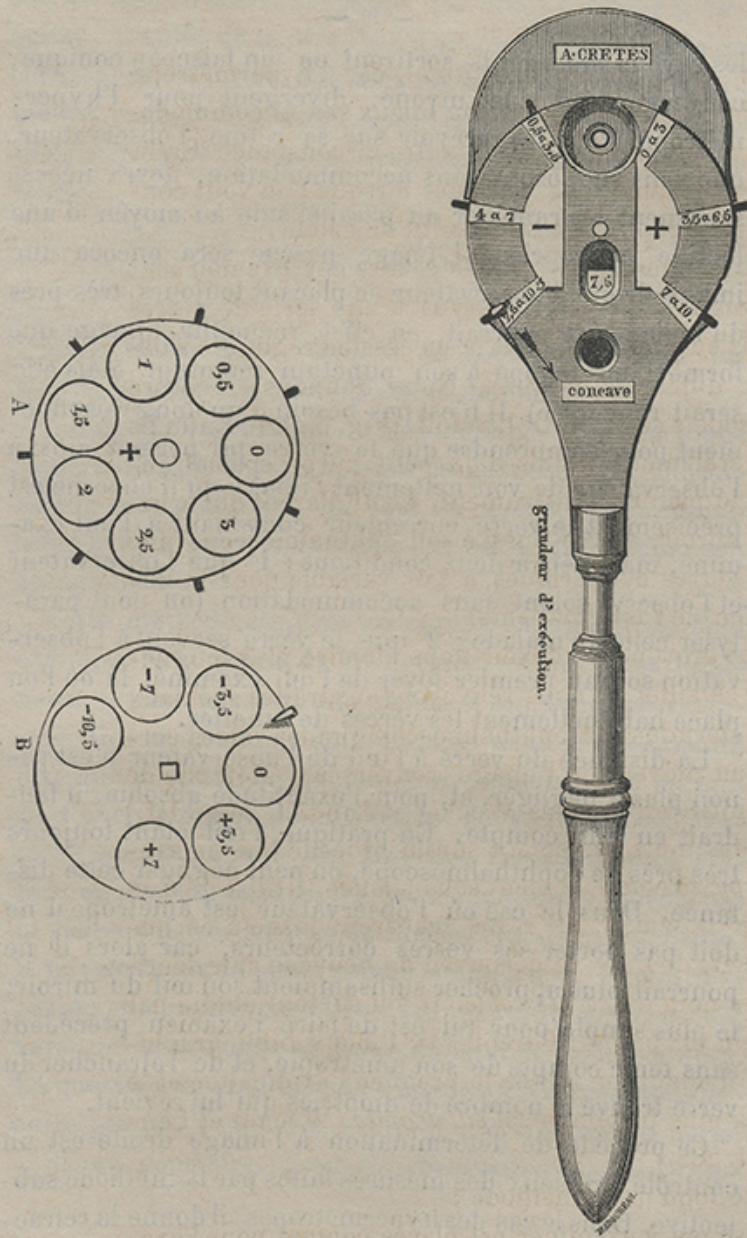
Cette méthode emploie les rayons émergents de l'œil examiné. Si la rétine de ce dernier est un objet lumineux, il s'en formera une image à son punctum remotum. Des propositions déjà établies nous ont permis de dire que la situation du punctum remotum est en rapport avec le degré de réfraction de l'œil. Si l'œil examiné est emmétrope son punctum remotum est à l'infini, en d'autres termes, les rayons lumineux fournis par la rétine éclairée sortent de l'œil à l'état de parallélisme. Il suit de là qu'un observateur emmétrope, c'est-à-dire adapté aux rayons parallèles, les recevant sur son œil, aura une image nette et droite du fond de l'œil examiné. La question de grandeur de l'image qu'il voit ne nous importe pas ici, l'essentiel est qu'il voie une image nette.

Si, au contraire, l'œil en observation est amétrope

les rayons émergents sortiront en un faisceau conique, convergent pour le myope, divergent pour l'hypermétrope. Pour les recevoir sur sa rétine, l'observateur, que nous supposons sans accommodation, devra nécessairement les ramener au parallélisme au moyen d'une lentille appropriée. L'image perçue sera encore une image droite, l'observateur se plaçant toujours très près du malade (on pourrait, en effet, recueillir l'image que forme l'œil myope à son *punctum remotum*, mais elle serait renversée). Il n'est pas besoin d'un long raisonnement pour comprendre que le verre qui permet ainsi à l'observateur de voir nettement l'image qu'il cherche est précisément le verre correcteur convenant à l'œil examiné, mais cela à deux conditions : 1° que l'observateur et l'observé soient sans accommodation (on peut paralyser celle du malade); 2° que le verre servant à l'observation soit au premier foyer de l'œil examiné, là où l'on place habituellement les verres de lunettes.

La distance du verre à l'œil de l'observateur n'est pas non plus à négliger, et, pour l'exactitude absolue, il faudrait en tenir compte. En pratique, l'œil étant toujours très près de l'ophtalmoscope, on peut négliger cette distance. Dans le cas où l'observateur est amétrope il ne doit pas porter ses verres correcteurs, car alors il ne pourrait plus approcher suffisamment son œil du miroir; le plus simple pour lui est de faire l'examen précédent sans tenir compte de son amétropie, et de retrancher du verre trouvé le nombre de dioptries qui lui revient.

Ce procédé de détermination à l'image droite est un contrôle précieux des mesures faites par la méthode subjective. Dans le cas des hypermétropes il donne la réfrac-



tion totale avec plus de certitude, car l'hypermétrope n'ayant rien à fixer relâche bien mieux son accommodation qu'il ne le fait dans toute autre circonstance. Enfin c'est la seule manière de procéder lorsque l'on veut connaître la réfraction d'un œil atteint de cécité.

Les ophthalmoscopes destinés à faire cet examen sont dits à *réfraction*. Ils sont pourvus d'une série de verres numérotés en dioptries, dont la succession régulière s'obtient par différents moyens. Nous donnons ci-contre comme modèle celui du D^r Landolt. (Fig. 5 et 6). Enfin ils sont généralement munis d'un petit miroir spécial, incliné sur le plan de l'instrument. Le D^r Parent qui a indiqué ce miroir, ajoute aussi à son ophthalmoscope une série de verres cylindriques à axe variable pour la détermination de l'astigmatisme.

Nous ne croyons pas devoir nous étendre plus longuement sur ce sujet, et nous renvoyons aux traités spéciaux pour la détermination ophthalmoscopique des verres correcteurs au moyen de l'image renversée. (Méthode de M. Schmidt-Rimpler dans Wecker et Landolt, tome III.)

Quelques mots seulement sur un procédé qui ne saurait être passé complètement sous silence. Utilisé déjà en 1859 par Bowman, il resta inaperçu jusqu'à ce que M. Cuignet, de Lille, le découvrit de nouveau et le décrivit sous le nom de *kératoscopie*. Il fut surtout étudié par M. Mengin et par M. Parent. (V. l'index bibliographique.) M. Landolt en donna le premier l'explication et le dénomma plus justement *pupillescopie*. (Wecker et Landolt t. III. 265.)

Voici le fond de la méthode :

La personne à examiner est placée comme pour l'exa-

Bagnéris.

11

men ophthalmoscopique. L'observateur se met à une certaine distance et projette la lumière sur l'œil en tournant lentement le miroir concave de l'ophthalmoscope ; la pupille s'éclaire par un reflet du fond de l'œil, et ce reflet se meut tantôt dans le même sens, tantôt dans le sens inverse du mouvement du miroir. Dans quelques cas la pupille paraît s'illuminer de tous les côtés à la fois. Or, cette variété dans l'aspect de la pupille est en relation avec l'état de réfraction de l'œil. En effet, le miroir concave donne de la source lumineuse une image réelle et renversée qui se meut dans le même sens que lui et sert d'objet pour l'œil examiné. Celui-ci en reçoit une image qui se peint sur sa rétine, plus ou moins nette mais toujours renversée, et dont les mouvements sont renversés par rapport à ceux de l'objet et du miroir.

Maintenant qu'est-ce que voit l'observateur ?

Si l'œil examiné est emmétrope ou hypermétrope, l'observateur voit, à l'image droite, ce qui se passe au fond de l'œil ; il voit par conséquent la lueur oculaire qui éclaire la pupille marcher dans le même sens que l'image de la flamme au fond de l'œil, c'est-à-dire en sens inverse des mouvements du miroir.

Si l'œil examiné est myope et que l'observateur soit au delà de son punctum remotum, il voit en ce point l'image réelle et renversée de ce qui est au fond de l'œil qu'il regarde, tandis qu'il voit la pupille telle qu'elle est. Ce double renversement est cause que le mouvement de la lueur oculaire est du même sens que celui du miroir.

Entre ces deux états amétropiques où la lueur pupillaire marche dans le sens du miroir ou en sens inverse, il y a des états intermédiaires où les mouvements sont de

plus en plus indistincts. En se basant sur cette limite où le mouvement change de sens, on peut déterminer le degré de l'amétropie; on fait passer des verres numérotés devant l'œil du malade jusqu'à ce que le mouvement de la lumière de la pupille examinée cesse, et on soustrait toujours du résultat 1 dioptrie positive si on se tient à un mètre du malade.

Cette méthode est applicable à la mesure de l'astigmatisme si on opère dans chacun des méridiens principaux.

Nous n'ajouterons rien sur la détermination du pouvoir accommodateur; les méthodes qui donnent ou permettent de calculer les limites reculée et rapprochée de la vision, ci-dessus indiquées, comportent tous les éléments nécessaires à cette détermination.

Il nous faut cependant faire une remarque concernant la correction de la presbytie. Nous avons indiqué par quelle formule M. Monoyer calcule le degré de la presbytie $P_r = L - L'$; nous avons dit, en outre, que le degré trouvé avait pour expression la lentille correspondante, à la condition que le second point principal de cette lentille fût en coïncidence avec le premier point nodal de l'œil. Cette condition ne peut être remplie en pratique; il en résulte que le verre correcteur placé à la distance d du premier point nodal de l'œil doit être plus faible que P_r .

Pour tenir compte de cette distance il suffit de remplacer les quantités L et L' par:

$$\frac{L}{1 - dL} \quad \text{et} \quad \frac{L'}{1 - dL'}$$

Car les distances des points de vision et d'accommodation à la lentille sont alors : $l-d$ et $l'-d$.

On a donc :

$$F = \frac{L}{1-dL} - \frac{L'}{1-dL'} = \frac{L-L'}{(1-dL)(1-dL')}$$

où $L-L' = P_r$

Telle est la formule du verre correcteur (1).

On le place ordinairement au premier foyer de l'œil.

La différence entre F et P_r reste d'ailleurs assez faible, ne dépassant pas 0,175 dioptrie, pour qu'on puisse la négliger en pratique dans les degrés faibles de presbytie.

Cette formule s'applique aussi à tous les états de la réfraction statique et dynamique. Si on y fait $L = 0$, c'est que la distance l à l'objet est infinie ; alors $L' = R$, et, compte tenu de la distance du verre à l'œil, la formule donne :

$$F = \frac{-R}{(1-dR)}$$

Le verre correcteur est de signe contraire à l'état de la réfraction.

DÉTERMINATION DE L'ASTIGMATISME ET DES VERRES QUI LE CORRIGENT.

Nous avons déjà dans le chapitre III défini l'astigmatisme et montré les imperfections des images fournies par l'œil astigmaté. Géométriquement parlant, nous avons fait rentrer dans l'astigmatisme régulier la cornée coni-

(1) Monoyer. Mesure et correction de la presbytie, (en cours de publication).

que ; mais, en pratique, il faut bien admettre que sa correction est très imparfaite auprès de celle qu'on obtient dans l'astigmatisme régulier classique. Aussi n'est-il, pour le moment, question que de ce dernier.

Il suffit de déterminer la réfraction dans les deux méridiens, généralement perpendiculaires entre eux, de maximum et de minimum de courbure. On peut employer à cet effet deux méthodes : l'une, subjective comparable à celle que nous avons utilisée dans les amétropies simples (essai aux verres) et donnant l'astigmatisme total (cornée et cristallin); l'autre, objective fondée sur la mesure des rayons de courbure de la cornée et donnant l'astigmatisme cornéen. (Nous nous abstenons de donner tous les procédés ophtalmoscopiques et optométriques qui rentreraient dans une étude spéciale de l'astigmatisme).

M. Javal a démontré par le calcul que, dans le cas d'astigmatisme régulier, le verre cylindrique convenable pour ramener à l'égalité la réfraction des deux méridiens principaux jouit de la propriété d'égaliser, en même temps, la réfraction dans tous les autres méridiens. C'est pourquoi la correction de l'astigmatisme se réduit à la recherche du verre cylindrique approprié. Si l'astigmatisme réside uniquement dans la cornée il est évident qu'après la correction pour les grandes distances, il restera corrigé pour toutes les autres.

On reconnaît qu'un œil est astigmaté en lui présentant une figure composée de lignes rayonnantes noires sur un fond blanc; cette figure est placée à la même distance de 5 mètres que le tableau des lettres-types. Un œil non astigmaté voit toutes les lignes également bien; un œil astigmaté n'en voit généralement qu'une. S'il la

voit nettement, c'est que le méridien perpendiculaire à sa direction est exactement adapté (par conséquent, emmétrope). Si l'astigmate ne voit aucune ligne nettement, on commence par chercher quel verre *sphérique* convexe ou concave lui permet de voir au moins une des lignes.

Supposons qu'avec le concave 3 D il voie la ligne horizontale : le méridien vertical offre donc une myopie de 3 D. Ajoutons maintenant à ce verre, laissé en place, des verres cylindriques à axe dirigé verticalement ; si le méridien horizontal est plus myope il faudra un cylindre concave, s'il l'est moins un convexe. On s'arrêtera au numéro avec lequel le malade voit également toutes les lignes. En règle générale, c'est dans le méridien horizontal que la réfraction est le plus faible. Supposons que nous ayons trouvé un cylindre convexe 1 D axe vertical. Ce verre exprime la différence de réfraction entre les deux méridiens principaux, c'est le degré de l'astigmatisme ; ici nous aurions 1 D d'astigmatisme. Le méridien vertical a une myopie de 3 D, le méridien horizontal une myopie de 2 D. Le verre correcteur à prescrire sera :

Sph. concave 3 combiné avec cyl. convexe 1 axe vertical.

Ou : sph. concave 2 combiné avec cyl. concave 1 axe horizontal,

Il faut, du reste, faire le contrôle de la détermination par l'examen de l'acuité visuelle, et à plusieurs reprises.

Pour le genre d'examen dont nous parlons on peut se servir de la lentille de Stokes, ou mieux encore de celle de Snellen dans laquelle les deux cylindres associés tournent tous deux d'une quantité égale dans des direc-

tions contraires; on a alors une lentille cylindrique variant de 0 à la somme des deux effets. Cet instrument est d'une médiocre valeur, mais portatif.

Nous ne pouvons omettre ici de signaler au moins l'astigmomètre de M. Javal. Dans cet instrument une ingénieuse combinaison donne 32 numéros différents de verres cylindriques dont l'axe peut être orienté dans toutes les directions. Le grand avantage de cet appareil est que le malade y regarde binoculairement, ce qui fixe la tête et restreint l'accommodation. (V. l'article astigmatisme de M. Gavarret, dans le dictionnaire Dechambre.)

En 1881 M. Javal fit connaître un nouvel ophthalmomètre qui réunit toutes les conditions désirables de rapidité et de précision, en même temps qu'il donne, sans difficulté aucune, la valeur du rayon de courbure de la cornée et les différences de réfraction entre les divers méridiens. Voici la description très rapide de cet appareil: Deux mires rectangulaires blanches dont l'une est découpée en escalier, sont mobiles sur un arc de cercle divisé en degrés. L'arc lui-même est mobile autour d'un axe horizontal, et inscrit sur un petit cadran l'angle qu'il fait avec l'horizon. L'œil à examiner est placé au centre du cercle, et l'on étudie les images des mires sur la cornée au moyen d'une lunette qui contient un prisme biréfringent de Wollaston dédoublant exactement un objet de trois millimètres situé à l'endroit où doit se trouver l'œil du patient. Supposons, ce qui est le cas le plus fréquent 77 0/0, que le méridien horizontal de l'œil examiné soit celui du minimum de courbure; on déplace la mire en escalier le long de l'arc jusqu'à ce

que, vue à travers la lunette, elle soit exactement tangente à l'autre. Déplaçons l'arc de 90 degrés, il viendra dans le plan vertical, et, si l'œil est astigmaté, il y aura empiètement des deux mires l'une sur l'autre. Les mires ont été établies de telle sorte que à chaque marche de l'escalier correspond une dioptrie d'astigmatisme. Rien n'est donc plus simple que de déterminer le degré de l'astigmatisme cornéen (1).

Les nombreuses mesures d'astigmatisme cornéen exécutées aujourd'hui et comparées aux mesures d'astigmatisme total obtenues par la méthode subjective, ont montré qu'il n'y avait pas toujours concordance entre les chiffres trouvés. Il existe donc aussi une asymétrie du cristallin qui peut s'ajouter ou se retrancher à celle de la cornée. Mais des expériences entreprises d'abord par Dobrowolsky, et fréquemment répétées depuis, sont de nature à faire admettre que cet astigmatisme cristallinien est dynamique, qu'il résulte d'une contraction inégale du muscle ciliaire ; il peut y avoir accommodation astigmatique et aussi spasme astigmatique, comme il y a spasme de l'accommodation dans les yeux non astigmatés. Le cristallin peut arriver à corriger si complètement l'asymétrie de la cornée qu'on a trouvé de l'astigmatisme après atropinisation alors que rien ne le révélait avant. Dans ses recherches sur l'astigmatisme des écoliers, M. Nordenson a trouvé souvent l'acuité visuelle supérieure à 1 avec des astigmatismes cornéens de 1, 5 D. Il fallait bien que l'accommodation se chargeât de régulariser la réfraction, et du reste la correction

(1) Voir le cours de M. le professeur Gavarret, dans la Revue scientifique de juillet 1882.

par les verres était mal supportée. Les expériences de Woinow neutralisant sa cornée avec un orthoscope à eau, prouvent directement l'influence de l'accommodation. Admettons donc avec M. Leroy que « le cristallin « muni de son muscle ciliaire représente un véritable « régulateur dioptrique de l'œil, dont la fonction com- « prend, non seulement la mise au point, mais aussi la « correction des images au point de vue des troubles « que pourraient y apporter, sous forme d'astigmatisme, « les imperfections de courbure et de centration des « surfaces réfringentes de l'œil. » Le cristallin joue le rôle d'un verre convexe et cylindrique, d'un pouvoir dioptrique variable et d'une orientation variable des axes principaux; il fonctionne de manière à faire parvenir à la rétine des rayons homocentriques (1).

Ces considérations doivent-elles nous empêcher de rechercher l'astigmatisme et de le corriger? Evidemment non. D'abord il y aura toujours avantage à soulager le muscle accommodateur dans les cas d'astigmatisme un peu fort, et puis, pour la vision à distance, l'hypermétrope seul se trouve dans la nécessité d'accommoder. Un emmétrope avec astigmatisme myopique simple, ne peut pas augmenter son acuité visuelle en accommodant, il ne pourrait ainsi que se rendre plus myope. Et enfin, au fur et à mesure que le pouvoir accommodateur diminue, comme nous l'avons vu en étudiant la presbytie, l'astigmatisme se démasque de plus en plus et avec lui l'asthénopie accommodative.

(1) Nordenson. Recherches ophthalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée chez les écoliers. Annales d'oculist., 1883.

C'est alors que l'astigmatisme viendra nous trouver et que nous pourrons lui être utiles par les verres cylindriques, d'autant plus utiles qu'il aura été plus ignorant de son astigmatisme et qu'il aura vainement cherché un soulagement dans les verres ordinaires.

L'ophthalmomètre de M. Javal est appelé à rendre des services incontestables au médecin en abrégant le temps passé aux essais et en diminuant le nombre des fausses déterminations qui sont fréquentes avec les malades inintelligents.

Pratiquement l'astigmatisme n'est mesuré et corrigé que dans une petite étendue de la cornée correspondant à peine au champ pupillaire. Il est intéressant de pousser l'étude plus loin et de faire, pour ainsi dire, la topographie de la cornée. C'est à quoi on arrive encore avec l'appareil de M. Javal. On supprime le prisme biréfringent et on adapte à l'extrémité du tube de la lunette un disque portant une série de cercles concentriques dont l'épaisseur croît suivant la loi des tangentes. L'image qu'en donne la cornée montre immédiatement la forme générale de celle-ci; en outre, il est très facile de faire regarder le malade dans tous les azimuths, de toutes les quantités angulaires voulues. On peut aussi chercher la position du regard pour laquelle la pupille paraît centrée.

M. Javal a publié dans les annales d'oculistique de 1883 une étude sur ces images kératoscopiques accompagnée de figures très intéressantes; la nature de notre travail ne nous permet pas d'entrer dans ces détails qui se recommandent à l'attention des spécialistes.

L'astigmatisme irrégulier se décèle immédiate-

au moyen des images kératoscopiques. Celles-ci nous montrent combien, au point de vue clinique, le kératocône est vraiment un astigmatisme irrégulier. Les cercles qui se transforment en ellipses ou en figures ovales dans l'astigmatisme régulier présentent souvent ici des incurvations qui échappent à l'analyse géométrique.

Les symptômes subjectifs, tels que la polyopie monoculaire et le peu d'amélioration que les malades éprouvent par le fait des verres cylindriques et même des verres coniques, sont là pour témoigner que la cornée conique s'accompagne habituellement d'une déformation irrégulière. Ce n'est que dans les cas très légers qu'on cite une augmentation sensible d'acuité visuelle, et alors celle-ci est obtenue aussi bien par les verres cylindriques; le plus grand bénéfice obtenu, cité par Bénaky, était de 0,2.

CHAPITRE VI.

Influence des verres correcteurs sur la vision.

Nous avons eu déjà l'occasion de signaler l'influence que pouvait avoir la distance du verre à l'œil. Quand nous avons admis, dans nos examens de malade, que le verre ramenant les rayons parallèles à passer par le punctum remotum était le verre correcteur, nous n'avancions rien qui ne fût exact. Ce qui serait inexact serait de prendre pour le degré d'amétropie la valeur dioptrique du verre considéré, car celui-ci n'était correcteur que pour la distance à l'œil à laquelle nous l'avons essayé. La distance focale du verre correcteur sera d'autant plus petite que le verre sera placé plus loin de l'œil. Une même myopie de deux dioptries sera aussi bien corrigée par un verre de 5 dioptries placé à 30 centimètres que par un verre de 2,5 dioptries placé à 10 centimètres. Quel sera donc le véritable verre correcteur? Ce sera celui qui neutralise l'amétropie, quand il occupe par rapport à l'œil la position dans laquelle on met ordinairement les verres de lunettes. Or, ceux-ci sont presque toujours à une distance de 15 millimètres, ce qui correspond sans erreur sensible avec le premier foyer de l'œil. Si donc nous avons affaire à un verre concave, sa distance focale sera toujours plus courte de 15 millim. que la distance du punctum remotum à l'œil. Le verre concave sera toujours plus fort que la myopie qu'il cor-

rige. L'inverse a lieu pour les verres convexes de l'hypermétrope.

Cela posé, nous admettons que le verre choisi est placé dans le premier foyer de l'œil, position remarquable, du reste, au point de vue de la combinaison œil plus lentille.

a. Influence des verres sur les limites de la vision.

Il est à peine besoin de démontrer que les limites rapprochées et éloignées de la vision sont modifiées par l'interposition d'un verre devant l'œil. Nous n'avons qu'à nous rappeler comment les verres corrigent l'amétropie : en reculant le punctum remotum pour les myopes, en le rapprochant pour les hypermétropes. Pour une même lentille l'action sera toujours la même ; une lentille convergente rapprochera toujours le P. R : l'emmetrope deviendra artificiellement myope ; le myope le sera davantage ; l'hypermétrope sera moins hypermétrope. Quant au punctum proximum il suit les mêmes oscillations, se rapprochant avec le P. R., s'éloignant avec lui.

b. Influence des verres sur l'amplitude et le parcours de l'accommodation.

D'après Donders l'amplitude d'accommodation augmente avec l'usage des verres concaves, et diminue avec l'usage des verres convexes. Le parcours de l'accommodation est influencé de la même manière. Chez le myope le P. R. a été reculé à l'infini, et pour quelques

centimètres qu'il perd dans une région qui lui est peu nécessaire, il gagne considérablement dans le champ utile de la vision. L'hypermétrope participe au même avantage; peu lui importe d'être adapté pour des rayons convergents qui n'existent pas, tandis que le P. R. rentre dans les limites de ses occupations habituelles, et que l'accommodation primitivement dépensée devient utilisable.

Quant au presbyte il perd, à l'usage des verres convexes, une grande partie du parcours accommodatif, même en ajoutant peu à son amplitude d'accommodation.

c. Influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle.

L'amétropie dépend d'une modification dans la longueur de l'axe, ou dans le pouvoir réfringent de l'œil. La correction a eu pour effet de ramener les rayons lumineux sur la rétine; l'amétrope a-t-il trouvé aussi par ce fait une acuité visuelle égale à celle de l'emmétrope auquel il est maintenant assimilé? L'acuité visuelle est liée à la grandeur des images rétiniennes, et cette dernière dépend de l'angle visuel et de la distance qui sépare le point nodal de la rétine (γ''). La réponse à notre question sera donc dans le résultat du calcul de la grandeur des images dans les yeux corrigés.

Quant à vouloir faire entrer ici des considérations sur le plus ou moins grand nombre d'éléments rétiniens que recouvrent les images dans des yeux de différentes longueurs, nous ne l'essayerons pas. Rien n'est moins sûr que ce fait de rétine condensée chez l'hypermétrope et étirée

chez le myope. On lira à ce sujet l'article de Knapp, analysé dans les Annales d'oculistique, 1872, p. 191.

Déterminons les nouvelles constantes optiques du système résultant : lentille plus œil (réduit).

La lentille a deux distances focales égales, soient :

F cette distance focale.

a son point principal unique.

d la distance ax . (V. fig. 7.)

Dans le système œil :

α le point principal.

φ et φ' les foyers.

F' la première distance focale.

F'' la seconde distance focale.

Dans le système combiné :

F_1 la première distance focale $= h't'$.

F_2 la seconde distance focale $= h''t''$.

$h'h''$ les points principaux.

$k'k''$ les points nodaux.

$t't''$ les foyers principaux.

Les constantes du système sont données par (1) :

$$ah' = \frac{dF}{d - F' - F}$$

$$ah'' = \frac{dF''}{d - F' - F}$$

(1) Helmholtz. Optiq. phys. — Wecker et Landolt, t. I, 487.

$$F_1 = \frac{F'F}{F' + F - d}$$

$$F_2 = \frac{F''F}{F' + F - d}$$

Si nous plaçons notre verre correcteur en φ' , la distance $ax = d = F'$. (fig. 7.)

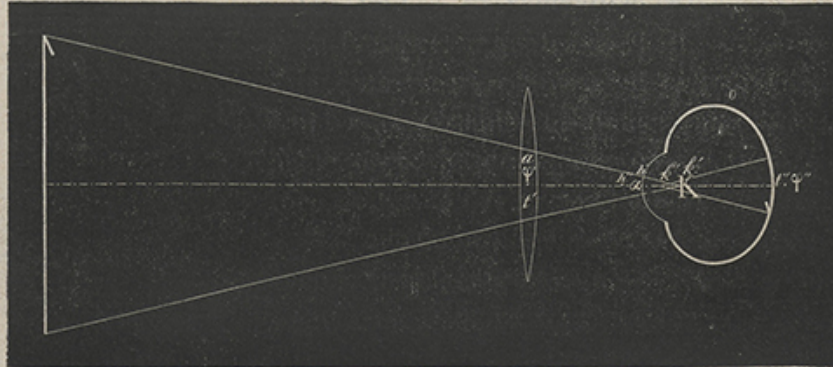


Fig. 7.

Dans le cas de F positif (hypermétropie) on a :

$$ah' = \frac{F'F}{F' - F' - F} = -F' \quad (1)$$

$$ah'' = \frac{F'F''}{F' - F' - F} = -\frac{F'F''}{F} \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{F'F}{F' + F - F'} = F' \quad (3)$$

$$F_2 = \frac{F''F}{F' + F - F'} = F'' \quad (4)$$

La formule (1) montre que h' coïncide avec α .

La formule (2) montre que h'' avance d'une quantité $\frac{F' F''}{F}$ qui n'est autre que la différence de longueur de de l'œil hypermétrope. C'est la formule qui donne η déjà indiquée dans un chapitre précédent. Ainsi $h' h'' = \eta$.

La formule (3) montre que t' coïncide avec ϕ' .

La formule (4) montre que $F_2 = F''$ qui est la longueur de l'œil emmétrope.

Ainsi les 3 seconds points se sont avancés d'une quantité égale à η . Dans le cas de myopie on aurait un recul de η .

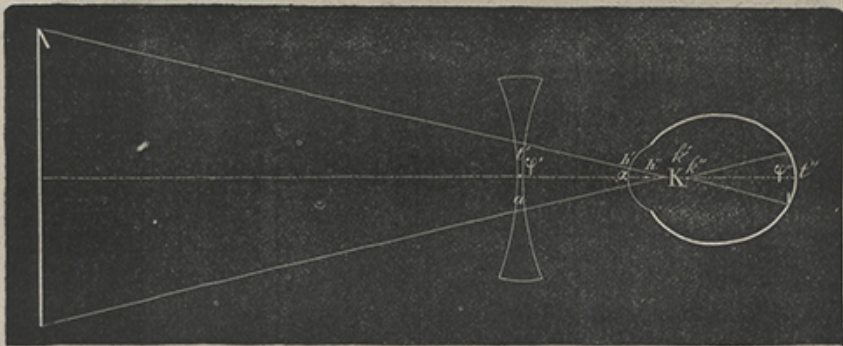


Fig. 8.

Donc, dans un œil amétrope axiale, corrigé par un verre en ϕ' , la distance qui sépare le second point nodal de la rétine devient égale à la grandeur correspondante de l'œil emmétrope. En outre, le premier point nodal de l'œil corrigé coïncide avec le point nodal de l'œil emmétrope.

Et par conséquent, le verre correcteur en ϕ rend l'angle visuel et la distance γ'' (c'est-à-dire les images rétinienne) de l'œil amétrope axile, exactement de même grandeur que celles de l'œil emmétrope. (Snellen et Landolt.)

Qu'est devenue l'acuité visuelle? On peut écrire dans les triangles semblables limités par l'objet AB et l'image rétinienne ab , et ayant leurs sommets aux points nodaux $\frac{ab}{AB} = \frac{\gamma''}{\gamma}$. Ce dernier rapport est celui des distances des points nodaux à l'objet et à la rétine.

En faisant $AB = 1$ il vient :

$$ab = \frac{\gamma''}{\gamma}$$

C'est-à-dire qu'à grande distance la grandeur de l'image est sensiblement proportionnelle à γ'' : par conséquent aussi l'acuité visuelle.

Appelons V l'acuité visuelle de l'emmétrope.

— V' — l'amétrope.

$$\frac{V}{V'} = \frac{G''}{\gamma''}$$

Si donc le verre correcteur de tout à l'heure a eu pour résultat de rendre γ'' de l'amétrope = G'' de l'emmétrope, le rapport $\frac{V}{V'} = 1$, c'est-à-dire, qu'après la correction en ϕ l'acuité visuelle de l'amétrope est devenue égale à celle qu'il aurait eue s'il eût été emmétrope.

Soit, par exemple, un hypermétrope corrigé en ϕ' par + 8 D :

$$\left. \begin{array}{l} F = 125^{\text{mm}} ; n = 2^{\text{mm}},4 \\ F_1 = 15 \quad F_2 = 20 \end{array} \right\} \frac{G''}{\gamma''} = 1.$$

Mais si le verre correcteur change de place, le rapport précédent s'altère.

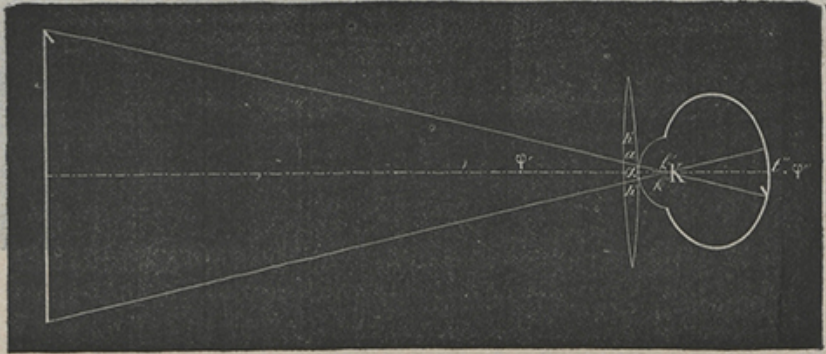


Fig. 9.

Si chez le même hypermétrope le verre correcteur est placé contre la cornée, il faudra une lentille de 9 D ; le calcul, que nous ne répétons pas, donne :

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = 13,2 \\ F_2 = 17,6 \end{array} \right\} \frac{G''}{\gamma''} = \frac{15}{13,2} = 1,13.$$

C'est-à-dire que si son acuité visuelle est égale à 1, elle est en réalité 1,13 comparée à celle de l'emmétrope.

En éloignant au contraire la lentille correctrice celle-ci devient plus faible et le calcul donnerait au rapport $\frac{G''}{\gamma''}$ une valeur plus petite que 1.

Le déplacement du verre correcteur concave produirait chez le myope un effet inverse de celui que nous venons de noter.

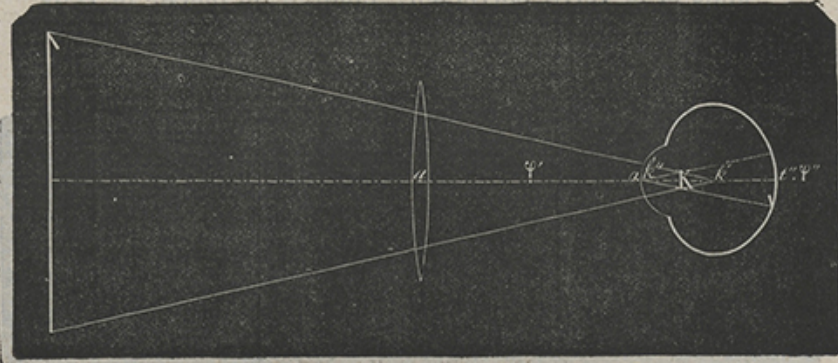


Fig. 10.

Ces relations restent-elles les mêmes dans le cas de l'amétropie de courbure, où la longueur G'' ne change pas de valeur?

Prenons le cas d'un hypermétrope dont le punctum remotum soit à 110^{mm} en arrière.

Nous avons pour l'œil réduit.

$$f' = 110 ; f'' = 20.$$

Nous savons que le nouveau rayon de courbure nécessaire pour que l'image se forme sur la rétine est donné par :

$$r = \frac{5f'}{15 + f'} \text{ où } f' \text{ est négatif.}$$

Nous avons donc :

$$r = \frac{550}{95} = 5,789^{\text{mm}}.$$

$$g'' = 20 - 5,8 = 14,2.$$

Cela donne pour les distances focales de l'œil :

$$F' = 3 \times 5,8 = 17,4$$

$$F'' = 4 \times 5,8 = 23,2$$

Le verre correcteur placé en φ' (à $17^{\text{mm}},4$ de l'œil) doit avoir une distance focale $110 + 17,4 = 127,4$.

La première distance focale du système est

$$F_1 = F' = \gamma'' = 17,4.$$

Dans ce cas le rapport $\frac{G''}{\gamma''} = \frac{15}{17,4} = 0,86$.

Si nous mettons le verre correcteur tout contre l'œil, il aura pour $F = 110^{\text{mm}}$. Alors $\gamma'' = 15$ et $\frac{G''}{\gamma''} = 1$.

Ainsi, dans l'hypermétropie de courbure, les images rétiniennes de l'amétrope sont égales à celles de l'œil emmétrope quand le verre correcteur est contre l'œil; pour toute autre position l'hypermétrope reçoit des images rétiniennes plus grandes, en d'autres termes, il est toujours avantagé.

On trouverait au contraire que le myope par excès de courbure est toujours en désavantage sur l'émétrope, sauf pour la position du verre contre la cornée, cas auquel $\gamma'' = G''$.

En résumé :

Amétropies axiales.

1° Les verres convexes augmentent toujours la grandeur des images rétiniennes, mais, par rapport à celles de l'emmétrope, elles sont :

Égales, quand le verre correcteur est au premier foyer.

Plus grandes, quand le verre passe au delà du premier foyer.

Plus petites, quand le verre est en deçà du premier foyer.

2° Les verres concaves diminuent toujours les images rétiniennes ; ces dernières sont, par rapport à l'emmétrope :

Égales quand le verre correcteur est au premier foyer.

Plus grandes, quand le verre est en deçà du premier foyer.

Plus petites, quand le verre est au delà du premier foyer.

Amétropies de courbure.

1° Les verres convexes donnent des images rétiniennes toujours plus grandes que celles de l'emmétrope, en pratique du moins.

2° Les verres concaves donnent des images rétiniennes toujours plus petites que celles de l'emmétrope.

D'une façon générale, les amétropies axiales étant de beaucoup les plus fréquentes, nous pouvons admettre que les verres correcteurs ramènent les yeux qui en sont atteints dans les conditions normales d'acuité qui appartiennent à l'emmétrope.

M. Monoyer vient de publier une note sur le *pouvoir amplifiant des instruments d'optique* (1), dans laquelle il donne la formule

$$\Gamma = 1 + d_0 F (1 - d_0 R)$$

pour évaluer ce qu'il appelle le *pouvoir amplifiant absolu*, lequel n'est autre que le rapport de grandeur des images rétiniennes d'un même objet vu successivement à l'œil armé de l'instrument et à l'œil nu, la distance de l'objet étant la même dans les deux cas.

Cette formule permet de calculer l'effet des verres de lunettes.

Le pouvoir dioptrique de la lentille F qui corrige un degré R d'amétropie a pour expression :

$$F = \frac{-R}{1 - d_0 R}$$

En mettant cette valeur de F dans la première formule, on trouve pour la myopie, où R est positif :

$$\Gamma = 1 - d_0 R$$

ce qui montre que les verres négatifs ont un pouvoir amplifiant plus petit que l'unité; en d'autres termes, l'image rétinienne de l'objet vu à travers la lentille est plus petite que celle de l'objet vu à l'œil nu, la distance étant la même dans les deux cas.

Dans l'hypermétropie, où R est négatif, la formule devient

(1) Monoyer. Du pouvoir amplifiant des instruments d'optique. Compt. rend., 18 juin 1883.

$$\Gamma = 1 + d_0 R.$$

Le pouvoir amplifiant d'un verre positif est donc plus grand que l'unité, et par suite ce verre augmente la grandeur de l'image rétinienne.

Ces mêmes formules montrent que, si on fait varier la distance d_0 de la lentille au point nodal de l'œil, le pouvoir dioptrique du verre correcteur varie dans le même sens, pour les verres *negatifs* et en sens inverse pour les verres positifs; le pouvoir amplifiant varie, à son tour, en sens inverse du pouvoir dioptrique.

De là, M. Monoyer conclut que, au lieu de placer toujours le verre au premier foyer de l'œil, il serait préférable

- 1° De rapprocher le plus possible les verres négatifs.
- 2° D'éloigner autant que faire se pourra les verres positifs.

d. Influence de la position de l'axe du verre.

Jusqu'ici nous avons supposé, au moins implicitement, que l'axe du verre correcteur coïncidait avec l'axe optique de l'œil. En réalité il n'en est jamais ainsi. D'abord, il est rare que les lunettes soient ainsi faites que la distance entre les centres des verres soit la même que la distance des centres des yeux; ensuite, il est aussi rare que ces mêmes centres ne soient pas plus haut ou plus bas que ceux des yeux. Et enfin, quand nous regardons sur un livre, par exemple, les verres, fussent-ils bien centrés, sont inclinés sur notre ligne de regard.

Qu'advient-il de ce fait? Il est facile de s'en rendre

compte. Si nous déplaçons un verre devant notre œil, tout en maintenant son axe parallèle à notre axe visuel, les objets vus à travers le verre semblent se déplacer aussi, en sens inverse ou dans le même sens suivant que le verre est convexe ou concave. Il suit de là que si, dans une paire de lunettes, les deux verres convexes, je suppose, sont très rapprochés l'un de l'autre, les objets seront pour les deux yeux déplacés en dehors, et que leur vision nécessitera une moindre convergence; l'inverse arrivera si les deux verres sont trop éloignés l'un de l'autre. Les verres concaves agiront, d'ailleurs, d'une manière opposée.

Dans beaucoup de cas il est avantageux de profiter de cette disposition, et de décentrer les verres afin d'agir sur une insuffisance musculaire, comme si nous avions à prescrire un faible prisme. Quant à la déviation axiale en hauteur, il faut avoir soin de l'éviter, car elle est une cause de gêne sans aucun profit.

Quant à l'inclinaison de l'axe sur la ligne de regard elle relève d'une autre considération. Il y a là un double effet : un effet analogue au précédent en ce sens qu'il y a déviation de l'objet ; un second effet beaucoup plus gênant parce qu'il tend à déformer les objets. Les astigmatiques d'un degré léger savent profiter de cette circonstance pour produire une correction fort appréciable.

Nous voyons, comme conséquence de ces remarques, que les lunettes destinées au travail devraient être fabriquées de manière à donner aux axes des verres une direction convergente et oblique en bas, tandis qu'au contraire celles destinées à la vision lointaine auront leurs verres dans un même plan et à axes parallèles.

INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES.

Je me borne à donner l'indication des travaux les plus intéressants à consulter, car la bibliographie est tellement fournie sur les sujets qui touchent à cette thèse, qu'une longue suite de pages n'y suffirait pas.

1864. DONDERS. — On the anomalies of accommodation and refraction of the eye.
1865. LAURENCE. — The optical defects of the eye, and their consequences.
1866. JAVAL. — Histoire et bibliographie de l'astigmatisme. Annales d'ocul., LV, 105.
1867. HELMHOLTZ. — Optique physiologique, traduction de Javal et Klein.
1868. SCHEFFLER. — Die theorie der Augenfehler und der Brille.
1870. WOINOW. — Détermination de l'acuité visuelle dans l'amétropie. Annales d'ocul., LXIV.
- KNAPP. — Influence des lunettes sur les constantes optiques et sur l'acuité visuelle, analysé dans les Annales d'ocul., 1872, LXVII.
1872. WOINOW. — De l'influence des verres optiques sur l'acuité visuelle. Ann. d'ocul., 1873, LXX.
- MAUTHNER. — Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges. Archiv. f. Ophthalm., XVIII, 2.
1873. STAMMESHAUS. — Ueber den Einfluss der die Ametropie corrigirenden Brillen auf die grösse der Netzhautbilder.
- ZEHENDER. — De l'introduction du système métrique dans l'étude des anomalies de la réfraction. Annales d'ocul., 1874, LXXII.
- CUIGNET. — Kératoscopie. Recueil d'ophthalm., p. 14, — et la suite 1874, p. 316, — 1877, p. 59.
1874. WOINOW. — La dioptrique de l'œil. Annales d'ocul., LXXI, 146.
- Remarques succinctes sur l'emploi des verres correcteurs. Annales d'ocul., LXXI, 49.

- GARIEL. — Des phénomènes physiques de la vision. Mouvement médical, 33-102.
- DONDERS. — Considérations pratiques touchant l'influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle. Annales d'ocul., LXXI, 89.
- THOMSON. — Three cases of conical Cornea corrected by suitable glasses. Transact. of the Amer. opt. Soc., 132.
- 1877. LANDOLT. — Leçons sur le diagnostic des maladies des yeux (recueillies par M. Charpentier).
- 1878. ARMAIGNAC. — Traité d'ophtalmoscopie et d'optométrie.
- PARENT. — Kératoscopie. Pratique et théorie. Recueil d'ophtalm., 65, et 1881, 15.
- 1879. ZEHENDER. — Lehrbuch der Augenheilkunde.
- 1880. GRÆFE ET SCHEMISCH. — Handbuch der gesammten Augenheilkunde, article de *Nagel* : Die anomalien der refraction.
- REHLMANN. — Zur correction der Keratoconus durch Glaeser. (Berlin, Klin. Woch.)
- DE WECKER ET LANDOLT. — Traité complet d'ophtalmologie, t. I.
- 1881. BENAKY. — Du kératecone et de sa correction par les verres coniques (thèse de Lyon).
- DOR. — Traitement du kératecone par les verres coniques. Lyon médical.
- MENGIN. — Quelques considérations pratiques sur le choix des lunettes. Rec. d'opht.
- GIRAUD-TEULON. — La vision et ses anomalies.
- SOUS. — Traité d'optique considéré dans ses rapports avec l'œil.
- JAVAL ET SCHIOTZ. — Un ophtalmomètre pratique (Annales d'ocul., juill.-août 1881) et diverses brochures depuis.
- 1882. CHARPENTIER. — Sur quelques usages du trou sténopéique. Arch. d'opht.
- 1883. IMBERT. — De l'interprétation et de l'emploi du pouvoir dioptrique et de la dioptrie métrique en ophtalmologie.
- JAVAL. — Description de quelques images kérateoscopiques. Annales d'ocul., fév. 1883.
- NORDENSON. — Recherches ophtalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée chez les écoliers. Annales d'ocul., mars.

TABLE DES MATIÈRES

	pages
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE PREMIER. — Conditions de la vision distincte.....	4
I. Système dioptrique de l'œil.....	4
II. Accommodation.....	10
III. Vision binoculaire.....	12
CHAPITRE II. — Des verres correcteurs en général.....	16
Verres sphériques.....	17
Formules pour un système binaire.....	19
Verres cylindriques.....	27
Verres coniques et hyperboliques.....	28
Verres prismatiques.....	29
Détermination de la longueur focale des lentilles.....	30
CHAPITRE III. — Des modifications dans l'appareil dioptrique qui apportent un trouble dans la netteté des images.....	42
I. Changements dans la longueur de l'axe.....	45
II. Changements dans la courbure et l'indice.....	50
III. Inégalité de réfraction dans un même œil.....	53
IV. Modifications du pouvoir accommodatif.....	56
V. Anisométries.....	64
CHAPITRE IV. — Des troubles résultant de la dissociation de la vision binoculaire.....	67
CHAPITRE V. — Détermination de l'amétropie et des verres cor- recteurs.....	70
Méthodes subjectives.....	71
Méthode objective.....	78
Détermination de l'astigmatisme.....	84
CHAPITRE VI. — Influence des verres correcteurs sur la vision.....	92
Influence sur les limites de la vision.....	93
Influence sur l'accommodation.....	93
Influence sur l'acuité visuelle.....	94
Influence de la position de l'axe du verre.....	104
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	106