



Thèse de privat-docent

1892

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

La forme de la cornée humaine et son influence sur la vision

Sulzer, David-Emile

How to cite

SULZER, David-Emile. La forme de la cornée humaine et son influence sur la vision. Privat-docent Thesis, 1892. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:21423

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:21423>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:21423](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:21423)

LA

FORME DE LA CORNÉE HUMAINE

ET SON INFLUENCE SUR LA VISION

Par le Dr **SULZER**

1^{re} PARTIE. — *La forme de la cornée.*

Les premiers essais de mensuration de la cornée sont dus à J.-L. Petit (1). Dans ce but il employait des lames de cuivre dans lesquelles on avait découpé des segments de cercle de différents rayons. Ceux des segments qui, appliqués sur la cornée s'y adaptaient le plus exactement donnaient par cela même le rayon de courbure de la partie considérée de la cornée. Les recherches s'étendaient ainsi à un nombre considérable d'éléments de la surface de chaque cornée mesurée. Les résultats que ce savant a pu déduire de ses recherches sont entièrement justes quoique incomplets à cause de l'insuffisance des appareils employés. Cette méthode ne permettait pas de déceler les irrégularités de courbure qui plus tard ont conduit à la théorie de la décentration de la cornée. Elle nous apprend cependant, que les rayons de courbure de la cornée augmentent du centre à la périphérie.

Les observateurs qui sont venus après J.-L. Petit ont employé une méthode différente : Après avoir mesuré très

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1723, p. 51; 1725, p. 18; 1726, p. 375; 1728, p. 408; 1730, p. 4.

exactement les distances géométriques ou les rayons de courbure d'un nombre restreint d'éléments de la surface cornéenne, ils en déduisaient la forme de cette membrane par le calcul en lui substituant une surface connue, soit une sphère, soit un ellipsoïde.

Ainsi Thomas Young (1) déterminait le rayon de courbure de sa propre cornée après en avoir mesuré à l'aide d'un compas et d'une règle le diamètre et la hauteur. Il considérait sa cornée comme une calotte sphérique, ce qui, pour les parties centrales de la plupart de ces membranes, s'éloigne très peu de la vérité comme on le verra plus tard.

Après lui Kohlrausch (2), Senff (3), M. v. Helmholtz (4) et ses élèves (5), Donders (6) et d'autres ont mesuré la cornée de l'œil humain à l'aide d'une méthode dont le principe est dû à Home et Ramsden (7) : l'observation de la distance des images de deux objets lumineux réfléchis par la cornée. En mesurant de cette manière les rayons de courbure de quelques points de la cornée, ordinairement trois, ils en déterminaient la forme à l'aide de calculs, en l'assimilant à un segment d'ellipsoïde.

Cette méthode a été suivie avec des modifications plus ou moins considérables par tous les auteurs qui se sont occupés de mensurations de la cornée sans qu'on ait jamais cherché à contrôler par des mensurations directes, jusqu'à quel degré les parties de la cornée non mesurées se rapprochaient des corps géométriques qu'on leur avait substitués.

Il est vrai que M. Aubert (8) a mesuré les rayons de courbure pour plusieurs points d'un même méridien cornéen. Ses mensurations ont démontré que les sections cornéennes mesurées s'écartaient considérablement des ellipses qui leur devaient être substituées d'après la méthode classique. Mais le

(1) *Miscellaneous Works of the late Thomas Young*, edited by Georges Peacock, t. I, p. 25.

(2) *Oken's Isis Jahrgang*, 1840, S. 886.

(3) *Wagners Handwoerterbuch der Physiol.* B. III, Abth. 1, S. 271.

(4) *Physiol. Optik*, II Aufl. S. 8 et *Wissenschaftl. Abhandlungen*.

(5) KNAPP. *Die Krümmung der Hornhaut*. Heidelberg, 1859, et autres.

(6) *Anomalien der Refraction u. Accommodation*, traduit par Becker. S. 385.

(7) *Phil. Trans. for 1796*, p. 2.

(8) *Pflügers Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd XXXV, S. 597.

nombre d'yeux et de points mesurés par M. Aubert est trop petit pour en pouvoir déduire des règles générales sur la forme de la cornée. Sans tirer de ses mensurations des conclusions sur la forme d'ensemble de la cornée, il se bornait à constater que les parties centrales de la cornée ressemblent à une calotte sphérique, la courbure ellipsoïdale ne commençant qu'à 16° en moyenne du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

De l'ensemble de ces travaux qui ont passé dans l'enseignement classique, ainsi que de ceux de Mauthner (1), d'Aubert (2), de Mandelstamm (3) et de Leroy (4), on peut résumer comme suit l'état actuel de la question : La forme de la cornée est assimilable à celle d'un ellipsoïde de révolution pour un œil non astigmat, à celle d'un ellipsoïde à trois axes inégaux pour l'œil astigmat. La ligne visuelle ne coïncidant pas ordinairement avec l'axe de ces surfaces, forme avec ce dernier un angle, variable pour chaque cas, qu'on appelle angle α . Le sommet de la cornée occupe le centre de la surface limitée par ses bords.

Les difficultés de prendre un grand nombre de mesures de la cornée ont été bien amoindries par les perfectionnements apportés à l'ophtalmomètre pendant ces dix dernières années, ce qui nous a engagé à oser affronter l'étude de la forme de la cornée à l'aide de mensurations directes d'un nombre de points suffisant pour déterminer cette forme sans intervention d'aucune hypothèse.

Pour éviter de fatiguer le lecteur par de longues séries de chiffres et de calculs, nous avons tâché de représenter la forme et les qualités dioptriques de la cornée, résultant de nos mensurations, par une méthode graphique. Avant d'entrer en matière il est indispensable de dire quelques mots de cette méthode qui repose sur ce que nous appellerons le diagramme dioptrique.

(1) *Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges*, p. 43.

(2) *Graefe Sämisch, Handb. d. ges. Augenheilk.*

(3) *Graefe's Archiv*, XI, 2, S. 259, 265.

(4) *Archives de physiologie*, janvier 1889.

Le diagramme dioptrique.

Dans ce qui suit j'appellerai méridiens principaux de la cornée les méridiens de courbure minima et de courbure maxima passant par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

Pour représenter une cornée donnée par un diagramme dioptrique, nous procédons de la manière suivante :

Nous commençons par mesurer à l'aide de l'ophtalmomètre la réfraction des deux méridiens principaux (du méridien horizontal et du méridien vertical quand il s'agit d'une cornée sans astigmatisme), au point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée, point qui coïncide avec l'axe prolongé de l'instrument quand l'œil observé fixe le centre de l'objectif. Ensuite on fait successivement fixer par l'œil observé des points situés dans les plans des méridiens principaux à 5°, 10°, 15°, 25° et 30° du côté temporal et nasal, en haut et en bas de l'axe de l'ophtalmomètre. De cette manière se présentent successivement devant l'axe de l'instrument les points de la cornée observée, situés dans les plans des méridiens principaux aux distances angulaires nommées de part et d'autre de la ligne visuelle. Avec la fixation à 30°, on atteint ordinairement la limite des images suffisamment distinctes pour permettre une mensuration exacte. Quand l'œil observé est dirigé en bas, la paupière supérieure met souvent fin aux mensurations à partir de 20°. Comme objet de fixation, on peut utiliser le système de divisions du disque kératoscopique de l'ophtalmomètre Javal (modèle 1889).

Il est impossible de mesurer avec un ophtalmomètre à dédoublement fixe toute l'étendue de la cornée. Dès que l'image d'une des mires tombe sur des parties voisines du limbe cornéen, elle devient trop peu distincte pour servir à une mesure. A ce moment, le centre des parties cornéennes fournissant la mesure ophtalmométrique, point auquel nous attribuons la réfraction trouvée, est à 1^{mm},5 en dedans du bord cornéen. Et encore ce bord, c'est-à-dire l'endroit où les images réfléchies commencent à devenir flou, est situé plus près du centre de la cornée que le limbe dans le sens anato-

mique du mot. De cette manière, il s'explique que tous nos diagrammes n'ont qu'une étendue maximale de 65° , tandis que l'étendue maximale de la cornée est d'environ 100° .

Les distances linéaires par rapport à la ligne visuelle des 24 points cornéens qui se présentent de cette façon successivement devant l'axe de l'instrument peuvent être déterminées à l'aide des principes suivants :

Si l'on dispose l'ophthalmomètre de manière que les images cornéennes des mires se trouvent pour chaque observation au centre du champ de la lunette, l'axe de l'instrument est normal à l'élément observé de la cornée (1). Par la position des points fixés, nous connaissons de plus l'angle que forme cet axe avec la ligne visuelle, ce qui suffit à déterminer à l'aide du calcul la situation exacte du point observé par rapport à la ligne visuelle.

Pour chacun de ces points, ainsi que pour le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée, on mesure la force dioptrique dans les deux méridiens principaux par la mise en contact des images des mires dans la position sans dénivellation et par la lecture sur la division de l'arc de cercle.

De nombreux essais ont montré qu'il est possible de mesurer de cette façon les dixièmes de dioptrie.

Les chiffres ainsi obtenus servent directement à la construction du diagramme dioptrique représentant la forme de la cornée.

Pour suivre les explications qui vont venir, le lecteur voudra bien consulter la planche II qui contient un grand nombre de ces diagrammes.

D'abord on inscrit les chiffres obtenus pour le méridien principal horizontal. (Lorsqu'aucun des méridiens principaux n'est horizontal ou vertical, nous appellerons horizontal le méridien se rapprochant le plus de l'horizontale, et vertical le méridien se rapprochant le plus de la verticale.) Dans le système de coordonnées rectangulaires qui sert de base pour le diagramme dioptrique du méridien horizontal les chiffres 5° , 10° , 15° , etc. inscrits sur l'axe horizontal, ou axe des abscisses, représentent les distances angulaires par rapport à la ligne visuelle des

(1) V. HELMHOLTZ. *Wissenschaftliche Abhandl.*, Bd I, p. 298.

points observés sur la cornée, tandis que les longueurs des verticales élevées en ces points 5°, 10°, 15°, etc., représentent les nombres de dioptries obtenus en chacun de ces points.

Il va de soi que le nombre de dioptries du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée s'inscrit sur l'axe vertical des coordonnées. Pour l'œil droit les observations relatives au côté temporal se trouvent sur la moitié droite du schéma, et les observations du côté nasal sur la moitié gauche du même schéma.

Pour l'œil gauche c'est l'inverse, de sorte que les diagrammes représentent les cornées telles que le sujet observé les verrait dans un miroir plan.

Pour ne pas donner trop d'extension à nos figures, le chiffre 40 dioptries a été placé sur l'axe horizontal à la place usuelle du chiffre 0. De cette façon les points de la cornée mesurant plus de 40 dioptries se trouvent inscrits au-dessus de l'axe horizontal, ceux mesurant moins de 40 dioptries au-dessous de cet axe. Après avoir inscrit de la manière indiquée les chiffres pour tous les points mesurés, situés dans le méridien principal horizontal, pour la direction horizontale de l'arc de l'ophthalmomètre on les réunit par une courbe pleine.

En procédant de la même manière seulement l'arc de cercle étant perpendiculaire à la position qui a servi à tracer la courbe pleine, on obtient la courbe pointillée.

La distance comprise entre les deux courbes représente l'astigmatisme de chaque point.

Pour registrer les mesures obtenues pour les points situés dans le méridien principal vertical on tourne le système de 90°, alors l'axe vertical devenu horizontal dans le nouveau schéma, représente les distances angulaires, tandis que l'axe horizontal, devenu vertical, représente les dioptries.

On voit par les explications que nous venons de donner que nos diagrammes dioptriques sont des représentations anamorphosées.

La représentation réelle de la cornée aurait présenté des difficultés d'exécution insurmontables et n'aurait pas mis en lumière tous les détails de courbure qu'on voit si facilement à la simple inspection des diagrammes. L'avantage de ces diagrammes est de donner immédiatement sans l'intervention

d'aucun calcul, une représentation de la forme d'une cornée mesurée.

Pour faciliter l'interprétation de ces courbes nous avons représenté comme diagrammes types sur la planche I les diagrammes dioptriques d'une calotte sphérique (fig. 1), d'un ellipsoïde de révolution (fig. 2), d'un ellipsoïde à trois axes inégaux et d'un tore (fig. 4 et 5), tous de dimensions comparables à celles d'une cornée humaine.

Une comparaison entre ces diagrammes types et ceux des cornées mesurées montre du premier coup d'œil les ressemblances, et surtout les différences qui existent entre la cornée humaine et les corps géométriques auxquels on a assimilé jusqu'ici cette membrane.

La calotte sphérique représentée par la figure 3 de la planche II, d'un rayon de 7^{mm},17, nous donne pour tous les points mesurés dans les deux méridiens une réfraction invariable de 43,8 dioptries. Par conséquent les deux points indiquant les réfractions dans les deux directions principales de chaque élément de la surface coïncident. Le diagramme de la calotte sphérique se compose donc de 4 lignes droites se réduisant à deux par superposition de celles appartenant à un même méridien.

Pour l'ellipsoïde de révolution (fig. 2), les chiffres obtenus pour les réfractions dans les deux méridiens perpendiculaires coïncident seulement pour le sommet. Pour les éléments de cette surface situés en dehors du sommet on obtient entre ces deux chiffres un écart augmentant au fur et à mesure qu'on va du sommet à la périphérie. L'écartement entre les deux courbes représentant les réfractions des éléments de la surface situés dans un même méridien est partout égal à la différence de réfraction dans les deux directions mesurées, c'est-à-dire à l'astigmatisme.

Les diagrammes de l'ellipsoïde à trois axes inégaux et du tore n'exigent aucune explication. La distance entre la courbe pleine et la courbe pointillée représente l'astigmatisme, qui augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe. La disposition de l'astigmatisme dans l'ellipsoïde de révolution et à trois axes inégaux montre que, pour le premier, l'astigmatisme peut être dû à la décentration, pendant que, pour

le second, la décentration peut produire une augmentation d'astigmatisme. Mais la cornée humaine ressemble trop peu à ces corps pour qu'on puisse parler d'astigmatisme par décentration.

LA COURBURE DE LA CORNÉE

En jetant un coup d'œil sur les diagrammes dioptriques d'un grand nombre de cornées on s'aperçoit que quelques-unes se rapprochent jusqu'à un certain point de la forme ellipsoïdale, tandis que la plupart s'en écartent considérablement ; en outre il est facile de reconnaître une propriété commune à toutes les cornées mesurées : leur forme asymétrique. Si dans quelques cas cette asymétrie est peu prononcée, elle est caractéristique pour le plus grand nombre.

Quand nous parlons ici d'asymétrie de la cornée, il ne s'agit pas de différences de forme et de dimensions entre les deux sections principales d'une cornée, mais de l'absence de symétrie au sens géométrique du mot dans une même section cornéenne. Habituellement quand on parle de l'asymétrie de l'ellipsoïde à trois axes inégaux, c'est pour désigner les différences de courbure entre les deux sections principales de ce corps, sections qui, considérées séparément, sont complètement symétriques, possédant un axe de symétrie qui est commun à la surface entière. Ici, quand nous parlons d'asymétrie nous voulons dire que toutes les sections des cornées mesurées sont asymétriques en ce sens qu'elles ne possèdent pas d'axe de symétrie, sur l'existence duquel on a basé la théorie de l'angle α et nombre de problèmes d'optique physiologique.

Puisqu'on a employé l'expression asymétrie cornéenne pour désigner l'astigmatisme cornéen, nous appellerons dissymétrie de la cornée le manque de symétrie dans les sections principales de la cornée.

La planche II contient une série de diagrammes de plus en plus dissymétriques. Ces graphiques montrent que la dissymétrie prononcée n'est pas caractéristique de l'astigmatisme cornéen, même élevé, ainsi qu'on aurait pu s'y attendre. Elle se montre le plus souvent dans des cornées à astigmatisme

faible, tandis que les cornées excessivement astigmatiques présentent presque sans exception des courbures assez symétriques. Les cornées présentant à la fois un astigmatisme moyen et une forte dissymétrie forment une classe à part, heureusement peu nombreuse, car les résultats de la correction cylindrique sont peu satisfaisants pour ce genre d'yeux. Ce sont les cornées décentrées de M. Javal.

Pour essayer de classer les différentes formes cornéennes nous comparerons leurs diagrammes avec les diagrammes types en laissant de côté sur les diagrammes les petites irrégularités résultant des mesures voisines de la périphérie. Dans son ensemble aucune cornée n'est assimilable à un corps géométrique, mais la plupart d'entre elles contiennent des éléments plus ou moins étendus qui se rapprochent d'une surface connue.

Nous grouperons ces cornées dont la planche II, fig. 1 à fig. 16 (1), montre plusieurs exemples, sous la désignation de cornées régulières pendant que nous rangerons sous la dénomination de cornées irrégulières un nombre plus restreint de cornées présentant dans leur courbure des écarts plus considérables par rapport aux surfaces types (fig. 17 à fig. 20). Pour éviter toute confusion nous ajoutons qu'il ne s'agit nullement ici de cornées déformées par un travail cicatriciel quelconque, état pour lequel je voudrais réserver la désignation d'astigmatisme cicatriciel.

Parlons d'abord d'une propriété commune à ces deux grandes classes : la dissymétrie, de laquelle résulte ce qu'on a nommé angle α ou ce que M. Javal entend par la décentration de la cornée.

D'après tous nos diagrammes, il est impossible de substituer à la cornée une surface symétrique même décentrée. Il faut donc chercher à caractériser la dissymétrie de la cornée d'une autre façon, ce qui peut se faire de la manière suivante :

1° Les parties nasales de la cornée sont plus aplaties que les

(1) Ces diagrammes sont groupés de manière que la fig. 1 représente la cornée la moins dissymétrique, tandis que les fig. 9 à 12 montrent les cornées les plus dissymétriques.

parties temporales et les parties supérieures plus aplaties que les parties inférieures.

2° La ligne visuelle ne passe pas par le point de courbure maxima de la cornée, mais est déviée ordinairement en dedans et en haut ou en bas de ce point.

Le diagramme de la fig. 10 de la planche II nous montre l'exemple le plus frappant de cette dissymétrie.

Le sommet de courbure du méridien horizontal se trouve à 5° du côté nasal de la ligne visuelle, à 20° du bord nasal et à 35° du bord temporal de la cornée (1).

Du côté nasal du sommet la courbure de la cornée diminue de 3,7 dioptries pour une étendue de 17° pendant que du côté temporal la même diminution de courbure est répartie sur une étendue de 34°.

La dissymétrie est encore bien plus prononcée dans le méridien principal vertical de la même cornée. Ici le point de courbure maxima est situé à 15° au-dessus de la ligne visuelle, à 10° du bord supérieur et à 45° du bord inférieur de la cornée, c'est-à-dire que dans le méridien vertical la distance angulaire entre le sommet de courbure et le bord inférieur de la cornée est bien plus grande que celle entre le sommet et le bord supérieur. Les parties de la cornée situées au-dessus du sommet montrent un aplatissement rapide commençant immédiatement au delà du sommet pendant que les parties situées au-dessous du sommet de courbure varient peu jusqu'à 35°. Et même au delà de ce point l'aplatissement reste moindre que celui des parties situées de l'autre côté du point de courbure maxima. Il est de 4,1 dioptries sur une étendue angulaire de 10° dans les parties supérieures et de 5,6 dioptries sur une étendue angulaire de 45° dans les parties inférieures, ce qui correspond à une décroissance de courbure relative moyenne de 0,41 et de 0,124. Dans presque toutes les cornées on constate, comme dans cet exemple, une situation excentrique du sommet de courbure, mais à un degré moins considérable.

(1) Comme il est dit page 423 les points mesurés les plus périphériques de la cornée sont situés à une certaine distance du limbe : il en résulte que ces distances sont trop petites d'une quantité à peu près constante.

La règle générale, donnée plus haut pour la dissymétrie de la cornée, diminution de courbure plus rapide des parties nasales et des parties supérieures de la cornée, s'applique aux trois quarts environ des cornées mesurées. Pour le quatrième quart nous trouvons une dissymétrie en sens inverse dans un des méridiens principaux ou dans tous les deux.

Les diagrammes de cornées de ce genre se trouvent à la fin de la série de la planche II ; ce sont les figures 14 à 16.

Dans aucun de ces derniers cas il n'a été possible de constater une anomalie considérable de l'équilibre musculaire, de petits écarts dynamiques se trouvant dans les deux catégories. De même les cas de strabisme dont la forme de la cornée a été déterminée ne montrent pas une déformation de la cornée que l'on puisse attribuer à l'action du muscle prépondérant. Rien n'autorise donc à admettre une relation entre la dissymétrie de la cornée et le système des muscles moteurs du globe, quoique l'idée d'expliquer l'aplatissement plus marqué des parties nasales par la prépondérance d'action des droits internes soit très séduisante (1).

Il serait désirable de partir du point de courbure maxima pour nos mesures au lieu du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée et de déterminer la situation de ce point par rapport à la ligne visuelle.

Mais, s'il est facile de déterminer le point de courbure maxima pour une section cornéenne donnée, il est au contraire difficile, pour ne pas dire impossible, avec nos moyens actuels, de déterminer le point de courbure maxima pour toute l'éten due cornéenne. Si ce point était déterminé et si l'idée de l'angle α était exacte la cornée serait symétrique par rapport à ce point-là, c'est-à-dire qu'en faisant passer un plan quelconque par ce point et le centre de la figure de la cornée on obtiendrait une ellipse. En particulier, si on faisait passer ce plan par ce point et par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée on obtiendrait une ellipse dont l'axe formerait un certain angle avec la ligne visuelle, angle peu différent de ce qu'on était convenu de nommer angle α .

(1) C.-J.-A. LEROY. Recherches sur l'influence exercée par les muscles de l'œil sur la forme normale de la cornée humaine. *Archives de physiologie*, janvier 1889.

Et encore par ce point on pourrait faire passer deux plans perpendiculaires entre eux qui seraient les plans principaux d'un ellipsoïde auquel on assimilerait la cornée. C'est le cas surtout pour le méridien principal horizontal.

En réalité, aucun de ces plans ne coupe la cornée suivant des courbes qui soient symétriques par rapport à un axe, passant soit par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée, soit par le point de courbure maxima. Mais les courbes qui seraient obtenues par des sections ainsi faites seraient souvent plus près d'être symétriques par rapport à une ligne passant par le point de courbure maxima que par rapport à une ligne passant par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

Il y a cependant des cas où nos mesures quoique incomplètes à un certain point de vue que nous venons d'indiquer, démontrent de la manière la plus certaine qu'une ligne passant par le point de courbure maxima est bien plus loin de constituer un axe de symétrie qu'une ligne passant par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

De ces faits résulte donc que la dissymétrie de la cornée, soit l'absence d'un axe de symétrie, n'est pas attribuable à la méthode de mensuration suivie, mais est bien l'expression d'une réalité.

Substitution d'un segment d'ellipsoïde à la cornée humaine.

Les dimensions de l'ellipsoïde substitué à une cornée et l'angle que forme son grand axe avec la ligne visuelle ont été rangés parmi les constantes optiques de l'œil.

Ces constantes optiques de l'œil sont une création tout à fait artificielle. En calculant ces constantes optiques d'un même œil on obtient des valeurs très différentes suivant qu'on fonde le calcul sur la mesure d'éléments situés plus ou moins loin du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

M. V. Helmholtz (1) déterminait d'abord le rayon de courbure pour le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée et mesurait ensuite les rayons de courbure pour deux

(1) *Physiol. Optik. et Wissensch. Abhandlungen*, 1. c.

points situés symétriquement par rapport au premier et à une distance considérable de celui-ci. Partant de ces trois mesures il calculait l'excentricité de l'ellipse, substituée à la section mesurée de la cornée ainsi que l'angle que formait la ligne visuelle avec le grand axe de cette ellipse. Nous avons fait les mêmes calculs pour un certain nombre de cornées en partant toujours du rayon de courbure du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée et y joignant successivement les rayons de courbure des éléments cornéens situés à 10, 15, 20, 25, 30° de part et d'autre. Les cinq calculs nous donnaient pour l'excentricité des valeurs d'autant plus grandes que les points périphériques étaient situés plus loin du centre. Les valeurs obtenues pour l'angle α donnaient des variations non seulement pour sa grandeur, mais même pour sa direction : une même cornée avait un angle α tantôt positif, tantôt négatif, selon la situation des éléments cornéens choisis pour sa détermination.

Pour le méridien horizontal de ma cornée gauche dont je dois les mesures à la parfaite amabilité du docteur Chibret, ces chiffres sont les suivants.

Méridien principal horizontal.

I	II	III	α	ϵ^2
30° temporal.	S ⁶ 10,47	S° S ^{II} S ²	— 1° 9' 30"	0, 18266
25° »	S ⁵ 9,17	S° S ^{III} S ³	+ 1° 34' 20"	0, 23667
20° »	S ⁴ 8,48	S° S ^{IV} S ⁴	+ 4° 10'	0, 32348
15° »	S ³ 8,05	S° S ^V S ⁵	+ 4° 48' 40"	0, 41826
10° »	S ² 7,87	S° S ^{VI} S ⁶	+ 6° 02'	0, 52476
5° »	S ¹ 7,79			
0° »	S ⁰ 7,82			
5° nasal.	S ^I 7,82			
10° »	S ^{II} 7,90			
15° »	S ^{III} 7,97			
20° »	S ^{IV} 8,09			
25° »	S ^V 8,46			
30° »	S ^{VI} 8,88			

I. Situation des points mesurés indiquée par la position du point fixé par l'œil observé.

II. Rayons de courbure de ces points en m/m.

III. Rayons de courbure qui ont servi de base aux calculs.

Il suffit d'ailleurs d'examiner les diagrammes cornéens pour voir que pour les parties centrales l'angle α est égal à 0 ou bien est très petit, négatif ou positif. Pour les parties de la cornée intermédiaires entre la région centrale et la région périphérique l'angle α oscille ordinairement autour d'une valeur moyenne tout en restant positif. Enfin les parties périphériques conduisent à des valeurs très différentes, souvent de signes contraires.

Résumons les résultats de nos recherches sur la forme de la cornée :

1° Les parties centrales de la cornée s'éloignent peu de la forme d'une calotte sphérique (abstraction faite de l'astigmatisme).

2° A une certaine distance du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée, en moyenne à une distance angulaire de 15° (ce qui pour une cornée de réfraction moyenne correspond à une distance linéaire de 2^{mm}), le rayon de courbure de la cornée commence à augmenter brusquement. A partir de ce point la surface cornéenne présente des courbures assimilables à celles d'ellipsoïdes dont les excentricités augmentent au fur et à mesure qu'on se rapproche du limbe cornéen.

3° Si l'on passe soit du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée, soit du point de courbure maxima, à des éléments cornéens situés à égale distance du point de départ, la courbure ne diminue pas de quantités égales ni le long des deux méridiens principaux, ni sur les deux moitiés d'un même méridien principal; c'est ce que nous avons exprimé en disant que la cornée est dissymétrique.

Il reste encore quelques mots à dire des *cornées irrégulières*.

On peut les diviser en deux classes.

Les cornées aplaties au centre (fig. 18 et 19) et les cornées à changements discontinus de courbure (fig. 20).

Les cornées à centre aplati.

Dans cette singulière forme de cornée le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée est environné d'une zone

où les courbures sont plus fortes qu'en ce point, zone ordinairement assez symétrique par rapport à la ligne visuelle.

Le cas le plus prononcé de ce genre est représenté par la figure 18 de la planche II.

Cet œil appartient à un homme de 85 ans, possédant une acuité visuelle normale et présentant la même anomalie de la forme cornéenne aux deux yeux.

Comme nous avons trouvé des cornées à centre aplati sur des personnes de tout âge et exclusivement sur des yeux ne présentant aucune trace de lésions antérieures, il n'y a pas lieu de considérer cette anomalie de forme comme pathologique.

Les cornées à changement discontinu de courbure.

De même que pour les cornées à centre aplati, il s'agit ici de cornées saines, tout soupçon d'un changement de courbure par cicatrisation ou un travail inflammatoire étant exclu.

Le méridien principal vertical de la cornée représentée par le diagramme 20 de la planche II donne un exemple frappant, unique jusqu'à présent, d'une cornée à changement discontinu de courbure.

L'aberration de sphéricité de la cornée.

Une surface réfringente ayant la forme d'un segment de sphère réunit dans un point ceux des rayons lumineux émanant d'un point situé sur son axe, qui sont très voisins de celui-ci. Pour les rayons de plus en plus divergents les distances focales deviennent de plus en plus courtes par rapport aux distances focales des rayons voisins de l'axe.

Cette différence de réfraction entre les parties centrales et les parties périphériques d'une surface réfringente sphérique a été désignée sous le terme d'aberration de sphéricité.

On nomme aplanétique une surface réfringente qui réunit en un même point les rayons lumineux émanant d'un point situé sur son axe.

Pour un point lumineux situé à l'infini, sur l'axe, c'est-à-dire pour des rayons parallèles à l'axe, cette condition est remplie par un ellipsoïde dont l'excentricité numérique est égale à

l'inverse de l'indice de réfraction du milieu réfringent dont il est constitué.

La cornée est-elle aplanétique pour des rayons parallèles?

On peut résoudre cette question, soit par le calcul, soit en comparant le diagramme dioptrique de l'œil avec celui d'un ellipsoïde aplanétique ayant la même réfraction centrale.

Pour toutes les cornées mesurées nous avons employé une de ces méthodes et le résultat obtenu est que, à partir d'une distance angulaire moyenne de 15° de la ligne visuelle les parties périphériques de la cornée tendent vers l'aplanétisme et l'atteignent ou le dépassent dans un certain nombre de cas dans le voisinage du limbe.

Les parties centrales de la cornée, qui, sous l'influence d'une ouverture pupillaire moyenne contribuent seuls à la vision directe sont pour la grande majorité de cas assimilables à une calotte sphérique.

On trouve dans la figure 21 de la planche II des diagrammes qui mettent en évidence la différence d'aberration de sphéricité des diverses parties cornéennes.

L'un de ces diagrammes (*bb*) représente une cornée à courbure rapidement décroissante, l'autre (*aa*) une cornée voisine de la forme sphérique. Enfin une ligne ponctuée (*cc*) indique la courbure d'un ellipsoïde aplanétique de la même puissance réfringente que les parties centrales des deux cornées considérées.

Comme les surfaces aplanétiques pour des rayons divergents (ovale de Descartes) montrent une diminution de courbure plus rapide que les ellipsoïdes aplanétiques pour des rayons parallèles, il en résulte que la cornée humaine, n'étant pas aplanétique pour les rayons parallèles (dans les parties participant ordinairement à la vision), l'est encore moins pour les rayons divergents.

2^e PARTIE. — *Influence de la cornée sur la vision.*

Nos mesures des parties périphériques de la cornée ont révélé la dissymétrie de cette membrane comme une de ses propriétés les plus constantes. Or, comme la cornée produit environ les trois quarts de la réfraction totale de l'œil, les images dioptriques formées au fond de l'œil seront très différentes selon le degré de la dissymétrie cornéenne.

Très vraisemblablement les écarts considérables constatés journellement entre les acuités visuelles d'yeux soi-disant normaux sont dus généralement aux degrés de dissymétrie cornéenne de ces yeux.

Pour les cornées dont nous avons déterminé la forme il en a été généralement ainsi.

La principale aberration optique engendrée par la forme de la cornée est l'astigmatisme.

Pendant que les premiers observateurs de cette anomalie de la vision en plaçaient le siège dans le cristallin, les travaux classiques de Knapp et de Donders ont assigné à la cornée un rôle prépondérant dans la production de l'astigmatisme et les recherches faites avec l'ophtalmomètre Javal et Schiotz ont accentué davantage encore l'influence de la cornée quant à la valeur et surtout à la direction de l'astigmatisme total.

Le théorème de Sturm qui a servi de base à tous les travaux ultérieurs n'est applicable qu'à des éléments de surface infiniment petits.

D'après ce théorème, l'astigmatisme peut être défini comme la différence entre la réfraction du méridien de courbure maxima et la réfraction du méridien de courbure minima d'un élément de surface infiniment petit. En appliquant le théorème de Sturm à la vision, c'est-à-dire à des surfaces qui sont loin d'être infiniment petites dans les circonstances données, on sort des restrictions sans lesquelles le théorème cesse d'être exact. Par conséquent son application à la cornée est faussée principalement par la dissymétrie de cette membrane qui entraîne des variations de l'astigmatisme dans ses différentes parties. Ce sont ces variations qui nous ont amené à diviser la cornée en une série de zones concentriques et à déterminer l'astigmatisme de chaque zone séparément. Figurons-nous la cornée divisée en une série de zones concentriques par rapport à la ligne visuelle ; l'astigmatisme du cercle intérieur sera d'après le théorème de Sturm la différence entre la réfraction maxima et minima, différence qui peut être mesurée à l'aide de l'ophtalmomètre. En appliquant la même définition sur les zones concentriques nous sommes amenés à dire que l'astigmatisme d'une zone sera égal à la différence entre la réfraction maxima et la réfraction minima de cette

zone. Supposons un plan passant par la ligne visuelle et tournant autour de cette dernière comme axe, le plan coupera la zone considérée suivant une série de courbes. Si la cornée se rapprochait sensiblement d'un ellipsoïde à trois axes inégaux dont un axe coïnciderait avec la ligne visuelle, pour une certaine position, le plan produirait deux sections de courbure maxima ; la position du plan perpendiculaire à la précédente renfermerait deux sections de courbure minima.

Les deux maxima et les deux minima seraient égaux. Leur différence représentera l'astigmatisme de la zone considérée.

Est-ce que les mensurations de deux séries de points situées chacune dans le plan d'un des méridiens principaux nous donnent les maxima et les minima de réfraction des zones dans lesquelles ces points sont situés ? Il est clair que cette condition doit être remplie si nous voulons faire usage des chiffres obtenus par nos mesures pour l'évaluation de l'astigmatisme.

Cela sera le cas si les maxima et les minima de courbure des parties périphériques sont situés dans les plans des méridiens principaux relatifs à la partie centrale de la cornée. Des mesures de contrôle nous ont montré qu'il en est sensiblement ainsi pour les trois quarts environ des cornées mesurées. Pour le reste, les maxima et les minima de courbure des parties périphériques sont situés en dehors des plans des méridiens principaux du centre, fait qui explique les différences de directions constatées souvent entre l'astigmatisme ophtalmométrique et l'astigmatisme subjectif. En faisant des mesures cornéennes de la façon décrite dans la première partie de ce travail, on remarque facilement la différence entre les cornées dans lesquelles les maxima et minima de réfraction sont situés dans les plans des méridiens principaux du centre et les cornées pour lesquelles ce n'est pas le cas : dans la première catégorie, la direction des maxima et minima reste la même pour tous les points mesurés ; pour la seconde, ces directions changent quand on va du centre vers la périphérie.

Les conclusions de cette publication sont exclusivement basées sur des cornées dans lesquelles les maxima et minima de réfraction des parties périphériques sont situés dans les plans des méridiens principaux du centre.

Dans tous les essais faits jusqu'aujourd'hui dans le but d'in-

interpréter les phénomènes subjectifs de l'astigmatisme par la forme de la cornée on n'a fait intervenir qu'une partie de la réfraction astigmatique de la cornée : l'astigmatisme obtenu par l'ophtalmomètre quand l'œil observé fixe le centre de l'objectif de l'instrument. On n'a jamais contrôlé si l'astigmatisme de l'aire cornéenne participant à la vision directe était égal à l'astigmatisme obtenu à l'aide de l'ophtalmomètre lorsque l'œil observé fixe le centre de l'objectif de l'instrument.

On a oublié que dès leur première publication MM. Javal et Schiotz ont recommandé l'emploi d'une série de prismes à dédoublements différents, et la plupart des observateurs ont employé exclusivement le prisme dédoublant 3^{mm} que ces messieurs ont indiqué comme suffisant pour les mesures d'astigmatisme régulier.

Dans ces conditions l'astigmatisme mesuré est celui d'une zone annulaire de la cornée ayant un diamètre d'environ $2^{\text{mm}},4$. Par le fait que la courbure des méridiens principaux soit dans ces limites généralement sphérique l'astigmatisme peut être considéré comme étant égal dans toute l'étendue de cette aire, abstraction faite de l'aberration de sphéricité.

Nous avons du reste constaté directement, par l'emploi d'un dédoublement de $1^{\text{mm}},5$, que pour la grande majorité des cas dans une aire cornéenne de $2^{\text{mm}},4$ de diamètre, concentrique par rapport à la ligne visuelle, l'astigmatisme varie peu. C'est en dehors et tout près de cette limite qu'on rencontre souvent des changements d'astigmatisme considérables.

Dans les comparaisons entre l'astigmatisme des parties centrales et des parties périphériques (fig. 1, 2, 3 et 4) nous attribuons l'ast. trouvé lorsque l'œil fixe le centre de l'objectif à une aire centrale de la cornée d'un diamètre d'environ $1^{\text{mm}},2$, c'est-à-dire à une distance angulaire de 10° (5° de part et d'autre de la ligne visuelle). Les mesures obtenues par la fixation des points situés à 5° du côté temporal, nasal, en haut et en bas de la ligne visuelle sont attribuées à une zone concentrique par rapport à la ligne visuelle dont la limite interne est un cercle d'environ $0,6^{\text{mm}}$ de rayon, la limite externe un cercle d'environ $1,8^{\text{mm}}$ de rayon et ainsi de suite. Ces cercles sont tous situés à des distances angulaires de 5° , 10° , 15° , 20° , 25° et 30° de la ligne visuelle. La distance linéaire correspondant à une distance

angulaire de 5° varie avec la courbure de la cornée. Pour une réfraction de 40 D. elle est de $0^{\text{mm}},7369$, pour 46 D. $0^{\text{mm}},6408$.

C'est par une approximation que nous avons attribué les mesures obtenues par la fixation des points situés à 5° de la ligne visuelle à une zone située entre les distances angulaires de 5° et de 10° de la ligne visuelle. Ces mesures représentent en vérité la réfraction d'une zone annulaire d'environ $1^{\text{mm}},2$ de rayon qui est concentrique à chacun des points situés à 5° de la ligne visuelle.

Mais par le fait, que les différences entre les rayons de courbure d'une série de points situés du côté périphérique du point mesuré sont bien plus grandes que les différences existant entre les rayons de courbure situés du côté central de ce point, l'approximation faite est très peu éloignée de la vérité. Pour contrôler la répartition des différentes réfractions sur l'étendue cornéenne, il serait nécessaire de prendre des mesures successives avec une série de dédoublements croissants; de cette manière on obtiendrait par chaque mesure la réfraction et la situation des maxima et minima pour une zone concentrique à la ligne visuelle, dont le diamètre résulterait du dédoublement employé. Nous nous réservons de contrôler nos mesures de cette manière.

La connaissance de la forme des parties périphériques de la cornée nous fournit les moyens pour décider, si toutes les parties de la cornée présentent le même astigmatisme que celui obtenu à l'aide de l'ophtalmomètre quand l'œil observé fixe le centre de l'objectif (1).

Le fait constaté dans la première partie de ce travail, que la courbure cornéenne ne diminue pas de quantités égales, quand du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée on passe à des éléments cornéens situés à égale distance du point de départ, entraîne pour l'astigmatisme cornéen les conséquences suivantes :

1) Des cornées, ne présentant pas d'astigmatisme dans les parties centrales, sont astigmatiques dans leurs parties périphériques.

2) Les diverses zones périphériques d'une cornée astigmati-

(1) C. TSCHERNING, in *Mémoires d'ophtalmométrie*, p. 576.

que présentent des degrés différents d'astigmatisme, différents de celui des parties centrales, obtenu quand l'œil observé fixe le centre de l'objectif.

Prenons quelques exemples. Deux méridiens d'un ellipsoïde de révolution ont rigoureusement la même forme. Des points situés à égale distance du sommet, soit sur un même méridien ou sur différents méridiens, ont le même rayon de courbure, par conséquent la même réfraction.

Ces propriétés constituent une absence totale d'astigmatisme dans toutes les parties de la surface pour des rayons incidents, émanant d'un point situé sur l'axe. Considérons une cornée sans astigmatisme en son point d'intersection avec la ligne visuelle, mais telle qu'il y ait une diminution de courbure différente dans les divers méridiens. Des éléments périphériques situés à égale distance du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée et situés dans les deux méridiens principaux présenteront des rayons de courbure différents, ou, en d'autres termes, ces parties périphériques sont astigmatiques même pour des rayons émanant d'un point situé sur la ligne visuelle.

- Supposons une surface qui, pour son sommet, montre un certain astigmatisme. Si la courbure des méridiens principaux diminue de quantités égales lorsqu'on s'éloigne de distances égales du sommet vers la périphérie, la différence de la réfraction maxima et minima, c'est-à-dire l'astigmatisme sera invariable pour toute l'étendue de cette surface.

- Pour le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée on obtient à l'aide de l'ophtalmomètre les deux réfractions maxima et minima, dont la différence représente l'astigmatisme de ce point. Si on mesure ensuite sur les deux méridiens principaux les rayons de courbure d'éléments cornéens situés à égale distance du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée on trouve les augmentations différentes des rayons de courbure. La différence entre la réfraction maxima et minima d'une zone concentrique à la ligne visuelle renfermant les éléments des réfractions mesurés, ne sera donc pas égale à celle du centre, c'est-à-dire que l'astigmatisme des parties périphériques sera différent de celui du centre même pour des rayons émanant d'un point situé sur la ligne visuelle.

Pour représenter les variations de l'astigmatisme dans les différentes parties de la cornée, j'ai adopté le schéma suivant (voir fig. 1 à 4, p. 25 et suivantes) :

Le long des deux lignes droites perpendiculaires (fig. 1 à 4) nous inscrivons à égales distances le nombre de dioptries obtenu pour la réfraction des différents éléments cornéens situés dans les plans des deux méridiens principaux. La ligne verticale représente le méridien principal vertical ; les chiffres obtenus pour le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée s'inscrivent au point d'intersection des deux lignes. Des cercles équidistants et concentriques à ce point (qui représente la ligne visuelle) divisent la figure en 6 zones. La différence entre deux chiffres inscrits le long des lignes droites représente l'astigmatisme du quadrant de zone dans lequel ils sont situés. Ces différences, représentant l'astigmatisme, sont inscrites dans les directions diagonales. Comme la diminution de courbure est différente non seulement pour des points situés à égale distance de la ligne visuelle le long des deux méridiens, mais aussi pour des points situés à égale distance de la ligne visuelle dans les deux moitiés du même méridien, on obtient généralement 4 chiffres différents pour l'astigmatisme de chaque zone, un pour chaque quadrant de zone. C'est la moyenne de ces quatre chiffres que nous adopterons pour mesure de l'astigmatisme de chaque zone.

Les conséquences dioptriques de ce fait, dû à la dissymétrie de la cornée, sont très compliquées : les axes optiques des différentes zones ne coïncident pas entre eux ni avec celui du centre. En réduisant ces différents axes à un seul et en attribuant à chaque zone le degré moyen d'astigmatisme mentionné ci-dessus, nous obtenons une approximation.

Avant de discuter des exemples, il nous reste quelques mots à dire des chiffres qui servent à la construction de ces schémas.

Les chiffres obtenus à l'aide de l'ophtalmomètre comme mesures de la réfraction d'un élément cornéen sont relatifs à l'incidence normale à cet élément, l'axe de l'ophtalmomètre étant toujours normal à l'élément mesuré (voir p. 5). Pour la vision directe un seul rayon peut être considéré comme étant normal à la cornée : le rayon qui coïncide avec la ligne visuelle.

Il est vrai que la supposition, que la ligne visuelle soit normale à la cornée, est une approximation. Dans un œil aphaque la ligne visuelle doit être normale à la cornée par sa définition même. En la supposant normale dans l'œil normal, nous faisons abstraction de la position oblique et de la décentration du cristallin. Les autres rayons formeront avec les normales à la cornée des angles d'autant plus grands qu'ils rencontrent la cornée en des points plus éloignés de la ligne visuelle. Pour tous ces points les chiffres obtenus à l'aide de l'ophtalmomètre ont donc à subir une réduction, avant de pouvoir être appliqués à la vision à incidence parallèle à la ligne visuelle. Cette réduction a été faite pour des rayons parallèles à la ligne visuelle à l'aide du calcul suivant.

Soit ζ^o le rayon de courbure du point d'incidence normale de rayons parallèles à la ligne visuelle, c'est-à-dire du point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée; ζ^n le rayon de courbure de l'élément pour lequel la réfraction à incidence normale doit être réduite à la réfraction à incidence parallèle à la ligne visuelle; N la normale au même élément; en assimilant à une section conique quelconque la section cornéenne passant par les points dont les rayons de courbure sont ζ^o et ζ^n on a

$$\zeta^n = \frac{N^3}{\zeta^o^3} \quad (1)$$

$$N = \sqrt[3]{\zeta^n \zeta^o^2}$$

Quand i est l'angle d'incidence d'un rayon parallèle à l'axe et b l'angle de réfraction dans un point quelconque de la surface, la réfraction en dioptries R de ce point est

$$R = \frac{\sin(i-b)}{\sin b} \cdot \frac{10^3}{N} \quad I$$

On a d'autre part

$$\zeta^o = \frac{337}{R_o}$$

et

$$\zeta^n = \frac{337}{R_n}$$

1,337 étant l'indice de réfraction de la cornée et de l'humour aqueuse.

Ro la réfraction en dioptries du point dont le rayon de courbure est ς_0 .

Rn la réfraction du point dont le rayon de courbure est ς_n .

En remplaçant N dans l'équation I par l'expression $\sqrt[3]{\varsigma_n \varsigma_0^2}$ on obtient l'équation

$$R = \frac{\sin(i-b)}{\sin b} \cdot \frac{10^3}{\sqrt[3]{\varsigma_n \varsigma_0^2}}$$

où l'on peut remplacer ς_n et ς_0 par les expressions

$$\frac{337}{R_n} \text{ et } \frac{337}{R_o}$$

On obtient ainsi :

$$R = \frac{\sin(i-b)}{\sin b} \cdot \frac{10^3}{\sqrt[3]{\frac{337}{R_n} \frac{337}{R_o^2}}} = \frac{\sin(i-b)}{\sin b} \cdot \frac{\sqrt[3]{R_n R_o^2}}{0,337}$$

où l'angle d'incidence i est égal à l'angle que forme la ligne visuelle avec l'axe de l'ophtalmomètre pendant la mensuration du point considéré.

Passons à un exemple.

Le schéma de la figure 1 représente une cornée de dissymétrie faible, qui pour le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée mesure 43,3 dioptries dans tous les méridiens, ne présente par conséquent pas d'astigmatisme pour ce point.

Pour le point situé à 5° du côté temporal de la ligne visuelle dans le méridien horizontal la réfraction cornéenne est 43,43 dioptries.

Pour le point situé à 5° du côté nasal de la ligne visuelle dans le méridien horizontal la réfraction cornéenne est 43,39 dioptries.

Pour le point situé à 5° en haut de la ligne visuelle dans le méridien vertical la réfraction cornéenne est 43,29 dioptries.

Pour le point situé à 5° en bas de la ligne visuelle dans le méridien vertical la réfraction cornéenne est 43,43.

Ce qui donne pour la zone comprise entre les deux cercles situés à 5° et 10° de la ligne visuelle qui passe par leur centre, un astigmatisme inverse moyen de 0,08 dioptrie. En faisant le

même calcul pour les autres zones de cette cornée on trouve que l'astigmatisme inverse des parties périphériques augmente du

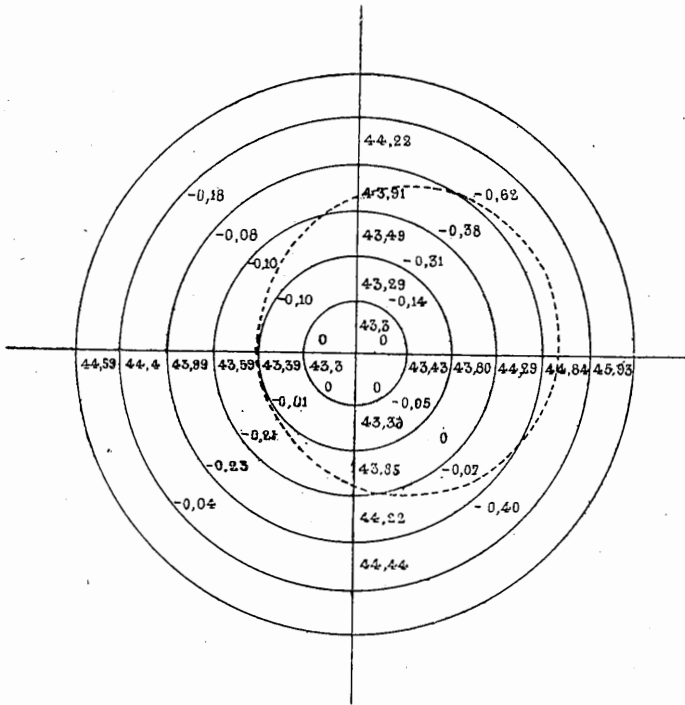


FIG. 1. — Schéma d'une cornée sans astigmatisme central.

centre vers la périphérie pour atteindre dans la zone située entre les cercles passant par les points 20° et 25° la valeur de 0,3 dioptrie. Cette différence entre les parties centrales et les parties périphériques de la cornée tient à la circonstance, que la courbure diminue plus rapidement dans le méridien vertical que dans le méridien horizontal.

La même dissymétrie cornéenne a été constatée dans toutes les cornées ne présentant pas d'astigmatisme au point d'intersection de la ligne visuelle. Généralement la dissymétrie est plus marquée et la différence d'astigmatisme entre les parties centrales et périphériques plus prononcée que dans l'exemple choisi.

La relation entre la diminution de courbure dans les deux

méridiens constatée pour les cornées sans astigmatisme au centre se trouve de même dans les cornées à astigmatisme central direct faible et à astigmatisme central inverse. Pour la première catégorie la décroissance de courbure plus rapide dans le méridien principal vertical, qui est le plus réfringent, fait, qu'à une certaine distance de la ligne visuelle l'astigmatisme devient zéro. Dans un certain nombre de cas, surtout parmi les cornées présentant un astigmatisme central direct inférieur à une dioptrie, l'astigmatisme direct du centre est remplacé dans les parties périphériques par un astigmatisme inverse.

(Les chiffres désignant l'astigmatisme inverse sont précédés du signe —.)

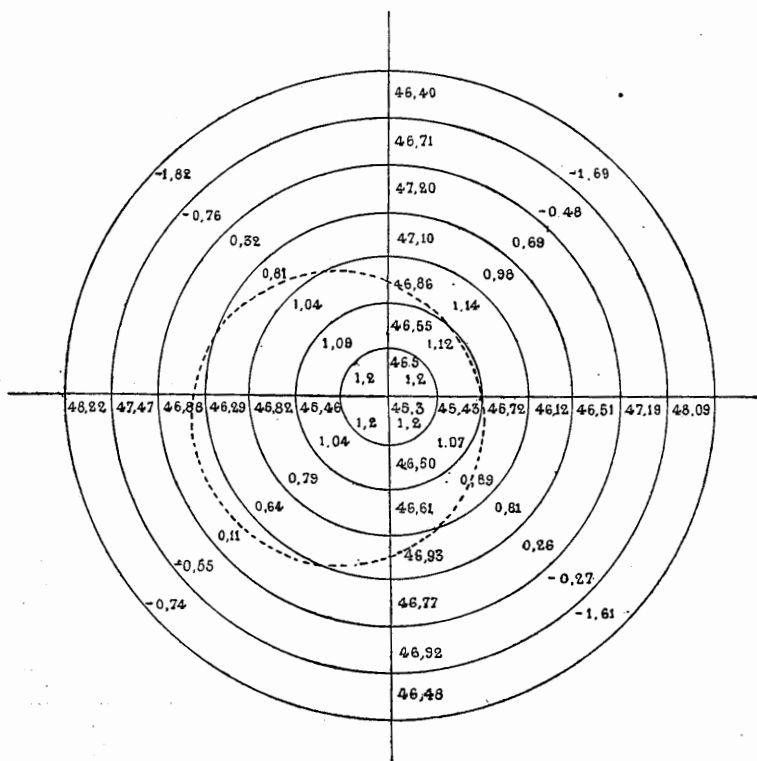


FIG. 2. — Schéma d'une cornée à astigmatisme central direct faible.

Le schéma de la fig. 2 nous donne un exemple frappant de

ligne verticale passant par le point d'intersection de la ligne visuelle avec la cornée.

Les parties cornéennes périphériques, situées du côté nasal de cette ligne, présentent un astigmatisme tantôt égal à celui des parties centrales, tantôt plus petit que celui-ci. Nous verrons plus tard que ce sont surtout les parties temporales de la cornée, qui prennent part à la vision directe, phénomène qui est dû à une décentration de la pupille par rapport à la ligne visuelle.

Pendant que dans les trois catégories d'astigmatisme dont nous venons de parler, la diminution de courbure est plus rapide

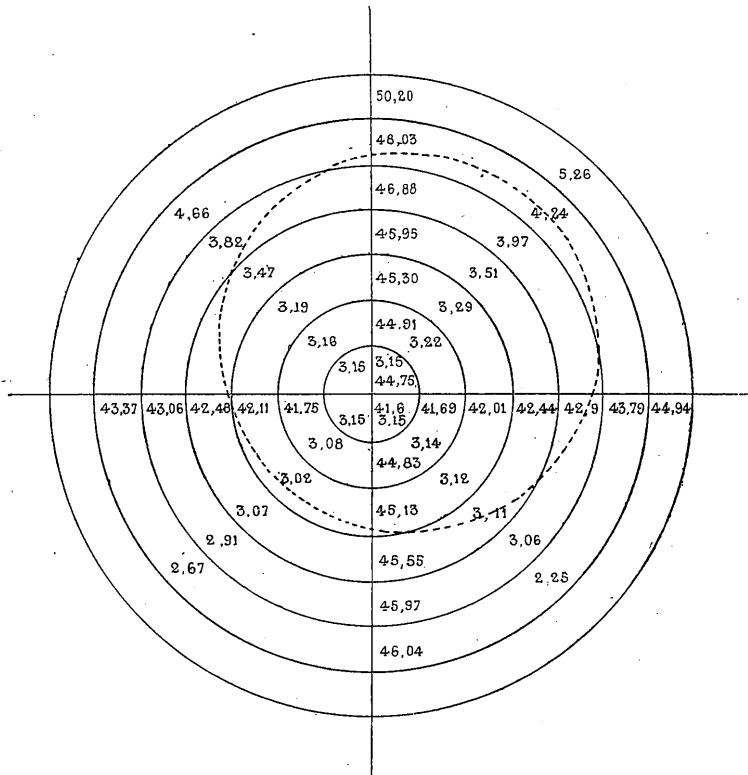


FIG. 4. — Schéma d'une cornée à astigmatisme central fort.

dans le méridien vertical que dans le méridien horizontal, cette relation devient inverse pour les cornées présentant un astigmatisme direct moyen ou fort des parties centrales.

La limite entre les deux classes d'astigmatisme direct, le faible d'un côté, le moyen et le fort de l'autre, est située aux environs de 2 dioptries. Dans cette dernière classe la diminution de courbure, plus rapide dans le méridien horizontal, qui est le moins réfringent, entraîne une augmentation de l'astigmatisme des parties périphériques (fig. 4).

Résumons :

1) Les parties périphériques des cornées sans astigmatisme central présentent un astigmatisme inverse.

2) Les parties périphériques des cornées à astigmatisme direct faible au centre sont non astigmatiques ou présentent un astigmatisme inverse.

3) Les parties périphériques des cornées à astigmatisme central inverse sont plus astigmatiques (dans le même sens) que les parties centrales.

4) Les parties périphériques des cornées à astigmatisme central direct moyen ou fort sont plus astigmatiques (dans le même sens) que les parties centrales.

Ces conclusions constituent des règles applicables à la grande majorité des cas. Pour les cornées sans astigmatisme central, nous n'avons pas constaté d'exceptions; celles-ci se montrent surtout pour les cornées présentant un astigmatisme central direct de 1,5 à 3,0 dioptries et pour l'astigmatisme inverse.

En présence du fait que l'astigmatisme des parties périphériques de la cornée diffère de celui des parties centrales, nous nous sommes demandé si les écarts constatés journellement entre les mesures ophtalmométriques, attribués jusqu'aujourd'hui à un astigmatisme statique du cristallin (1) ne pouvaient pas être causés par la forme de la cornée. Comme les différences constatées entre l'astigmatisme central et l'astigmatisme périphérique entraînent nécessairement des changements de l'astigmatisme subjectif quand le diamètre pupillaire varie, nous nous sommes demandé en même temps, si ces différences suffisent à expliquer les changements d'astigmatisme observés à la suite de l'emploi des mydriatiques, changements sur lesquels se fonde l'hypothèse des contractions astigmatiques du cristallin.

(1) JAVAL. *Mémoires d'ophtalmométrie.*

Pour décider ces questions il était indispensable de connaître exactement l'aire cornéenne, qui, pour un diamètre pupillaire donné, participe à la vision directe. La détermination de cette aire, que nous nommerons aire pupillaire de la cornée, dépend directement de la situation du centre de l'ouverture pupillaire par rapport à la ligne visuelle et de son diamètre.

Comme l'optique physiologique ne donne pas de règles générales sur la situation du centre pupillaire, nous en avons déterminé la situation à l'aide de l'ophtalmomètre Javal pour les yeux dont nous avons mesuré les parties périphériques de la cornée. Nous procédions de la manière suivante :

Après avoir enlevé le prisme biréfringent nous faisons fixer le centre de l'objectif par l'œil observé. Si la pupille était concentrique par rapport à la ligne visuelle elle devrait coïncider avec un des cercles de l'image du disque kératoscopique, car pour la position choisie de l'œil observé la ligne visuelle coïncide avec l'axe de l'instrument. Pour la grande majorité des yeux examinés ce n'était pas le cas. Le point qu'il fallait faire fixer par l'œil observé, pour faire coïncider un des cercles du disque avec le bord pupillaire de l'iris était situé, à une exception près, du côté nasal de l'axe de l'instrument. De là suit, que le centre de l'ouverture pupillaire se trouve du côté temporal de la ligne visuelle. Sa situation exacte est relevée pour 22 yeux dans la figure 5. Il se trouve en moyenne à environ 5° du côté temporal de la ligne visuelle (maximum 9°, minimum 2°), tantôt sur l'horizontale passant par le point d'intersection de la ligne visuelle avec le plan pupillaire, tantôt plus haut ou plus bas.

Sur un schéma représentant l'astigmatisme de différentes parties cornéennes on peut délimiter l'aire pupillaire par un cercle d'un diamètre correspondant à l'ouverture pupillaire mesurée. De la situation excentrique du centre pupillaire par rapport à la ligne visuelle il résulte que cette aire ne coïncide pas avec la zone annulaire de la cornée, concentrique par rapport à la ligne visuelle, qui fournit les mesures ophtalmométriques. (L'aire pupillaire de la cornée est indiquée dans les figures par une ligne pointillée.) L'écart existant entre ces deux aires cornéennes, en connexion avec les différences d'astigmatisme dans les diverses parties de la cornée, suffit

peut-être pour expliquer les écarts si fréquents entre les mesures ophtalmométriques et l'astigmatisme subjectif, sans faire appel au cristallin.

En évaluant l'influence des diverses parties de la cornée sur la formation des images il faut bien considérer que l'in-

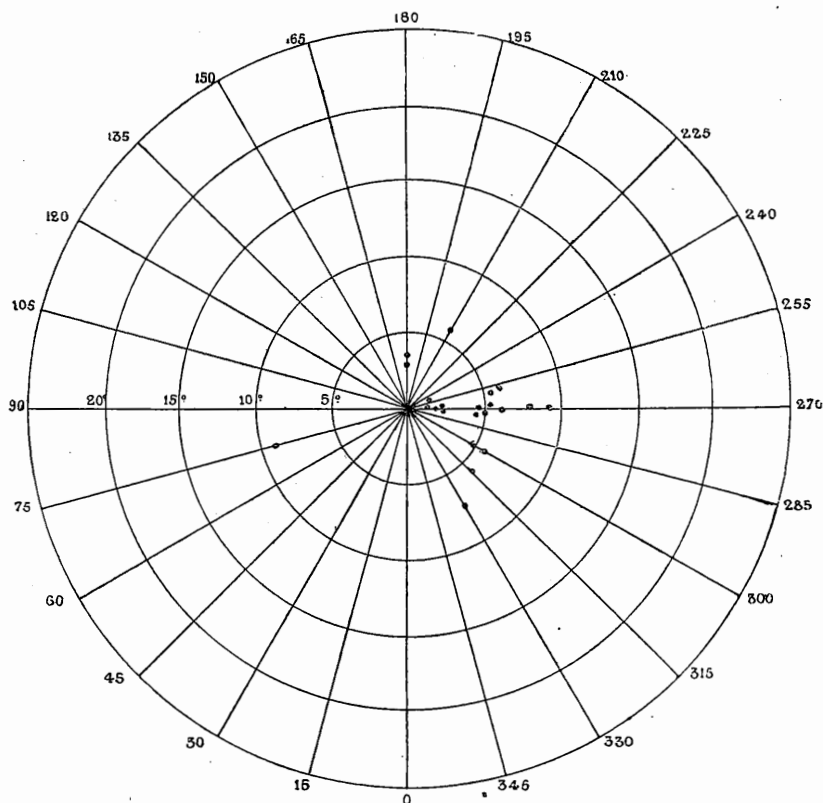


FIG. 5. — Les points noirs indiquent la situation des centres de l'ouverture pupillaire de 22 yeux. La ligne visuelle passe par le centre de la figure. Le côté gauche de la figure correspond au côté nasal de l'œil.

fluence des zones périphériques est plus grande que celle des parties centrales par raison de leur plus grande superficie. Pour illustrer les différences d'astigmatisme de l'aire pupillaire et de l'aire fournissant les mesures ophtalmométriques, nous avons inscrit dans quatre schémas, dont chacun représente un cas différent, le cercle limitant l'aire pupillaire. (Cercle poin-

tillé des figures 1 à 4.) Ces schémas représentent les mêmes cornées qui ont servi à montrer les différences d'astigmatisme dans les diverses zones cornéennes, desquelles les écarts entre les mesures subjectives et objectives dépendent directement. Les règles données pour les variations d'astigmatisme des parties périphériques des diverses catégories de cornées se répètent pour les écarts entre les deux mesures :

1) Les yeux sans astigmatisme ophtalmométrique présentent un astigmatisme subjectif inverse faible.

2) Les yeux à astigmatisme ophtalmométrique direct faible présentent un astigmatisme subjectif :

a) Direct, inférieur à l'astigmatisme ophtalmométrique.

b) Égal à zéro,

c) Indirect faible,

selon le degré de l'astigmatisme ophtalmométrique, le degré de leur dissymétrie, la grandeur du diamètre pupillaire et le degré de la décentration de la pupille. La différence entre l'astigmatisme ophtalmométrique et l'astigmatisme subjectif est proportionnelle à ces trois derniers facteurs.

3) Les yeux à astigmatisme ophtalmométrique indirect présenteront généralement un astigmatisme subjectif inverse supérieur au premier, par l'influence des parties temporales de la cornée, qui sont plus astigmatiques que les parties centrales. Dans les cas de dissymétrie inverse ce sont au contraire les parties nasales qui sont plus astigmatiques que les parties centrales pendant que les parties temporales présentent un astigmatisme inférieur au central.

Comme ce sont ces dernières qui, par le fait de la décentration de la pupille, participent en première ligne à la vision, l'astigmatisme subjectif est sous ces conditions inférieur à l'astigmatisme ophtalmométrique.

4) Les yeux à astigmatisme ophtalmométrique direct moyen et fort présentent un astigmatisme subjectif supérieur à l'ophtalmométrique. Comme pour l'astigmatisme indirect, les cornées à dissymétrie inverse constituent une exception à cette règle. Pour les cornées à dissymétrie faible et pour les diamètres pupillaires très petits la différence entre l'astigmatisme subjectif et ophtalmométrique devient négligeable.

Des différences d'astigmatisme entre les parties centrales et

périphériques de la cornée doivent produire nécessairement des changements d'astigmatisme à la suite de la mydriase artificielle. Il reste à voir si ces différences expliquent suffisamment les changements d'astigmatisme observés après l'emploi des mydriatiques (1). Du reste, l'hypothèse d'une contraction astigmatique du cristallin, invoquée jusqu'à présent pour interpréter ces changements, ne suffit pas à expliquer les cas, dans lesquels on a constaté une augmentation de la réfraction dans un méridien principal après l'emploi énergétique de l'atropine, cas dont M. Javal a fourni un exemple frappant et qui semblent être assez fréquents. Les schémas cornéens, au contraire, nous prouvent que la participation des parties périphériques de la cornée à la vision entraîne généralement une augmentation de la réfraction de l'œil.

Après avoir expliqué les écarts entre les mesures subjectif et objectif, ainsi que les changements d'astigmatisme par la forme de la cornée, il se demande s'il existe des faits qui prouvent l'existence d'une influence appréciable du cristallin sur l'astigmatisme.

Après ce qui vient d'être dit, il ne pourrait s'agir que de mensurations directes de l'astigmatisme cristallinien, l'influence de la cornée étant exclue par l'application d'une cocotte remplie d'eau.

Les expériences fondamentales sur lesquelles est basée la théorie de l'astigmatisme cristallinien statique et spastique sont les mensurations directes. En ordre historique nous rencontrons d'abord les fameuses mensurations de Thomas Young. Tous les auteurs qui se sont occupés de ces questions ont mis en doute les mesures du célèbre physicien à cause de leurs valeurs excessives (2). Aussi les valeurs trouvées depuis ont été sans exception bien plus petites que celles de Th. Young. Mais d'après notre avis l'objection principale qu'on doit opposer à toutes les mensurations directes de l'astigmatisme cristallinien est l'impossibilité de se garantir des erreurs provoquées par l'incidence oblique en appliquant la méthode usuelle. Une seconde cause d'erreur est, que la constatation de l'astigmatisme cristalli-

(1) JAVAL. *Mémoires d'ophtalmométrie*, p. 66.

(2) C. DONDERS. *Anomalies de la réfraction et de l'accommodation*,

nien repose uniquement sur les réponses de l'observé, cause d'erreur d'autant plus grave, que ces mensurations doivent être faites rapidement et sous des conditions tout à fait insolites pour l'observé. Nous concluons donc que les faits invoqués jusqu'à présent pour prouver l'existence d'un astigmatisme cristallinien statique ou spastique sont insuffisants et nous réservons la décision de cette question à des mesures ophtalmométriques du cristallin.

Après avoir attribué à la forme de la cornée les écarts quantitatifs entre l'astigmatisme subjectif et objectif ainsi que les changements quantitatifs de l'astigmatisme observés à la suite de la mydriase artificielle, il nous reste quelques mots à dire des écarts de direction entre l'astigmatisme subjectif et objectif et des changements de directions survenant à la suite de l'atropinisation. Nous avons relaté plus haut que dans un certain nombre de cornées les maxima et les minima de réfraction des parties périphériques ne sont pas situés dans les plans des méridiens principaux du centre. Cette disposition doit nécessairement entraîner pour l'astigmatisme des parties périphériques une position différente de celle de l'astigmatisme central. Nous avons vu plus haut que ces cornées sont distinguées par le fait que la direction des méridiens principaux des points périphériques est différente de celle du centre.

Dans un quart des cornées mesurées, la direction des méridiens principaux pour les parties périphériques différerait de celle trouvée pour les parties centrales. C'est surtout le cas pour les cornées dont les méridiens principaux du centre sont loin d'être horizontal ou vertical, ou ne forment pas un angle droit entre eux.

Il nous reste à mentionner une dernière conséquence de la dissymétrie cornéenne : l'impossibilité de corriger complètement l'astigmatisme à l'aide de verres cylindriques. Les résultats obtenus par la correction cylindrique sont en proportion inverse avec la dissymétrie cornéenne. Les schémas expliquent facilement ce fait : plus la dissymétrie est grande, plus il y a des différences d'astigmatisme entre les différentes parties de la cornée. Un cylindre étant d'une force de réfraction égale pour toute son étendue ne pourra corriger complètement qu'une partie restreinte de la cornée. La correction incomplète des

autres parties peut produire ce qu'on a appelé l'amblyopie astigmatique. Si la dissymétrie est prépondérante dans le méridien horizontal, l'amblyopie se montrera dans le méridien vertical et inversement. Ce phénomène de l'amblyopie astigmatique qui a été rattaché à la réfraction astigmatique par un des premiers observateurs de cette anomalie, le commandant Goulier, a été expliqué plus tard par une anomalie des éléments rétinien. D'après notre avis, il est la conséquence directe de la dissymétrie cornéenne.