

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.  
Mathematisk-fysiske Meddelelser. I, 9.

---

MOYENS DE CONTRÔLE DE VERRES  
DE LUNETTES ET DE SYSTÈMES  
OPTIQUES EN GÉNÉRAL

PAR

M. TSCHERNING



KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1918



DANS la grande majorité des cas, on a, jusqu'à ces derniers temps, employé comme verres de lunettes des lentilles de même courbure des deux côtés; l'usage de ménisques était plutôt une exception. Depuis une dizaine d'années, à la suite des travaux de M. OSTWALT et des miens, l'emploi de ménisques se répand de plus en plus; et avec raison, les verres de même courbure de deux côtés n'offrent aucun avantage et devraient disparaître. Mais tandis que la forme d'un numéro de ces derniers verres est déterminée par la condition que la courbure est la même des deux côtés, un ménisque d'un numéro donné peut avoir des formes très différentes. C'est ainsi qu'il se fait qu'il existe un assez grand nombre de formes dans le commerce. Chaque fabricant vante les avantages de la sienne: une grande maison, en Allemagne, est même allée jusqu'à fabriquer des verres, dont l'une des surfaces s'écarte de la forme sphérique, dans l'espoir de créer ainsi un avantage pour les personnes qui doivent les porter. Il peut être intéressant d'avoir des moyens pour examiner jusqu'à quel point les verres tiennent les promesses des fabricants. J'en indiquerai quelques uns dans la suite.

L'emploi grandissant des ménisques a produit quelque incertitude dans le numérotage des verres. Dans les boîtes d'essai actuelles le numéro d'un verre est censé d'indiquer sa force réfringente en dioptries, c'est à dire l'inverse de la distance focale, mesurée en mètres. Dans les boîtes que j'ai

examinées, c'était bien le cas avec les verres concaves et les verres convexes faibles, mais les verres convexes forts étaient un peu plus faibles que le numéro l'indiquait. Le numéro 20 convexe était ainsi de 19 dioptries. — Il est facile de décider, si un verre ou un système optique est convergent ou divergent. On regarde un objet éloigné à travers le verre, tout en donnant à celui-ci un petit déplacement latéral de va et vient. Si l'image semble se déplacer dans le même sens, le verre est divergent et *vice versa*. En réalité l'image se déplace toujours dans le même sens que l'objet, mais avec un verre convexe, l'image a l'air de se déplacer en sens inverse parce qu'elle se forme derrière l'œil. Avec une boîte d'essai on détermine ainsi la force d'un verre donné, en le combinant avec différents verres de la boîte, jusqu'à trouver celui qui laisse l'image immobile. L'épreuve qui s'emploie constamment dans les cliniques est d'une exactitude très grande. Les traits du no. 36 du tableau de SNELLEN ont une épaisseur de environ 1 cm et sont visibles à une distance de 36 m. Si, dans l'épreuve en question, on donne au verre un déplacement de 1 cm, l'image se déplace autant et ce déplacement serait encore visible à une distance de 36 m. On devrait donc pouvoir déceler une erreur de  $\frac{1}{36}$  dioptrie et il est certain qu'une erreur d'une dixième de dioptrie s'observe facilement.

Mais le résultat de l'épreuve n'est exact que tant qu'on peut négliger l'épaisseur des verres, ce qui est permis pour les verres concaves et les verres convexes faibles, mais pas pour les verres convexes forts. L'épreuve indique que la combinaison est afocale, c'est à dire que le foyer est situé à l'infini. Or, si on combine deux verres forts, il faut pour que le système soit afocal, que les foyers des deux verres coïncident du côté du verre concave. En désignant la

<sup>1</sup> Dans certaines usines d'optique on éloigne le verre de l'œil. Si le système est divergent, l'image semble s'éloigner et *vice versa*.

distance focale de la combinaison par  $F$ , les distances focales des deux verres par  $F_1$  et  $-F_2$ , et la distance du premier point nodal de la lentille convexe jusqu'à la surface correspondante par  $d$ , on a

$$F = \frac{F_1 - F_2 - d}{-F_1 F_2}.$$

Pour que  $F$  devienne infini, il faut que  $F_1 = F_2 + d$ , ou autrement dit, il faut que la lentille convexe soit plus faible que la lentille concave. — Si les fabricants voulaient donner, aux verres convexes forts, les distances focales justes, ils obtiendraient donc un système convergent en combinant un de ces verres avec le verre concave correspondant. Ils s'exposeraient ainsi à la critique des commerçants qui connaissent tous l'épreuve en question, mais ne savent pas qu'elle donne des résultats inexacts pour les verres forts. Ils ont préféré de tailler leurs verres convexes de manière à pouvoir soutenir l'épreuve. Et c'est ainsi que les oculistes se servent de verres convexes trop faibles, la plupart sans le savoir. L'inconvénient n'en est d'ailleurs pas grand.

L'épreuve en question est encore beaucoup moins bonne pour les ménisques. On sait que les points nodaux sont situés en dehors du verre, du côté convexe pour un ménisque convexe et *vice versa*. On ne peut guère faire autrement que d'appuyer le verre témoin pris dans la boîte contre le côté convexe. En tenant compte de la règle que j'ai exposée ci dessus, que le système est afocal, lorsque les foyers coïncident du côté de la lentille concave, on voit qu'on trouvera une valeur trop faible aussi bien pour les verres convexes, que pour les verres concaves. L'écart est déjà sensible pour les numéros faibles. — L'épreuve n'est d'ailleurs pas facile à employer dans ce cas, surtout pour les ménisques à forte courbure. Ce n'est qu'une petite partie située près de l'axe, qui n'imprime pas de déplacement à l'image, lorsque

le système est afocal; la partie de l'objet qu'on voit à travers les parties périphériques du verre, présente au contraire des déplacements très forts, de sorte que l'objet paraît déformé.

Il pourrait paraître raisonnable de changer le numérotage des ménisques. Supposons qu'on ait trouvé qu'une certaine myopie se corrigeât par un numéro donné de la boîte, placé à 15 mm devant l'œil. On commettrait une erreur, si on voulait remplacer ce verre par un ménisque de la même distance focale, placé au même endroit; comme les points nodaux sont situés du côté concave du verre, le foyer serait trop près de l'œil, le ménisque serait trop fort. Dans le cas d'hypermétropie ce serait la même chose, le ménisque serait trop fort. Il faudrait numéroter les ménisques divergents d'après l'inverse de la distance de la surface postérieure<sup>1</sup> du verre jusqu'au foyer antérieur, et les ménisques convergents d'après la distance de la surface postérieure jusqu'au foyer postérieur. Ce serait donc, dans tous les cas, d'après la distance de la surface postérieure du verre jusqu'au foyer le plus rapproché qu'il faudrait numéroter les ménisques, pour qu'ils puissent sans inconvénient remplacer un verre biconcave ou biconvexe du même numéro.

Avec une telle numérotation on obtiendrait encore un autre avantage: on pourrait vérifier les ménisques de la même manière que les verres ordinaires. Seulement, on ne pourrait pas le faire avec les verres des boîtes ordinaires, qui sont trop grands; il faudrait avoir des boîtes spéciales avec de verres témoins biconvexes et biconcaves de petit diamètre, comme l'opticien MAYER, de Paris, en a établies; il faudrait appliquer ces verres contre le côté concave du ménisque. Ainsi pour un ménisque marqué de + 10 d'après

<sup>1</sup> La distance du verre à l'œil dépend surtout de la longueur des cils; on peut admettre que la surface postérieure soit toujours à la même distance (environ 15 mm) de l'œil quelle que soit l'épaisseur du verre. — On peut d'ailleurs tailler les ménisques concaves assez minces pour qu'on puisse négliger l'épaisseur.

ce système, la distance de la surface postérieure jusqu'au foyer postérieur serait de 10 cm. En appliquant un petit verre biconcave de  $-10$  contre la surface concave les foyers coïncideraient du côté de la lentille concave: le système serait afocal. De même un ménisque de  $-10$  serait neutralisé par  $+10$  biconvexe, appliqué contre la surface concave, parce que le foyer du verre convexe coïnciderait avec le foyer antérieur du ménisque. — Le système a pourtant un inconvénient: dans le cas de presbyopie le ménisque convexe devrait être numéroté d'après la distance au foyer antérieur, mais comme il s'agit dans ce cas de verres faibles, cet inconvénient n'est pas d'un grand poids.

\* \* \*

Dans ce qui précède j'ai parlé des moyens, dont on dispose dans les cliniques pour vérifier les verres de lunette. Mais il peut être intéressant d'examiner ces verres d'une manière plus approfondie. Dans un laboratoire d'Optique il arrive d'ailleurs assez souvent qu'on ait besoin de mesurer une lentille ou un système optique donné et de déterminer ses différentes qualités. Dans la suite j'indiquerai quelques moyens de mesurer les rayons de courbure, l'indice de réfraction et la distance focale et de déterminer la position des points cardinaux, le champ, l'astigmatisme par incidence oblique et le degré d'orthoscopie.

*La distance focale.* Pour cette détermination je me sers d'une disposition qui permet de lire directement, non pas la distance focale même mais son inverse, la force réfringente de la lentille, mesurée en dioptries. La fig. 1 donne une idée de cette disposition. *A* est un petit collimateur<sup>1</sup>, composé d'un objectif (1) et d'un micromètre (0), au foyer de l'objectif. Le micromètre, 1 centimètre divisé en 50 parties,

<sup>1</sup> Les instruments mentionnés dans ce travail m'ont été construits par M. LAESSØ-MÜLLER, Pilestræde 51, Copenhague.

était tracé sur une plaque de verre argenté; les traits se voient mieux ainsi que sur un micromètre de verre. L'argent est enlevé sur la moitié supérieure de la plaque pour mieux éclairer les fils du réticule de la lunette dont je parlerai tout à l'heure. Devant l'objectif il y a une plaque de verre, *P*, plane et parallèle, placée sous un angle de  $45^\circ$ . J'expliquerai tout à l'heure l'usage de cette plaque qui ne sert pas à la détermination de la distance focale. Devant la plaque il y a un disque de cuivre, percé au centre d'une ouverture circulaire de 14 mm de diamètre. C'est sur le disque qu'on fixe

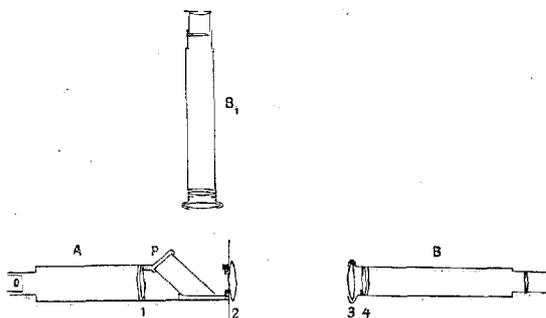


Fig. 1. Disposition pour mesurer la distance focale, les rayons de courbure et l'indice de réfraction d'une lentille.

le verre à examiner, avec un peu de cire. Sur la figure ce verre porte le numéro 2. Des cercles gravés sur le disque, concentriques à l'ouverture, permettent de centrer le verre assez exactement.

On éclaire le micromètre avec une flamme de sodium et on l'observe à travers la lunette *B*. C'était la lunette d'un ophthalmomètre Javal et Schioetz. J'avais enlevé l'objectif antérieur et le prisme biréfringent et changé le réticule en croix contre deux fils verticaux, parallèles, distants de environ 5 mm. L'objectif de la lunette porte sur la figure le numéro 4. La lunette était réglée pour l'infini. Devant l'objectif était fixée la lentille convexe 3. — Les rayons

provenant du micromètre sortent parallèles du collimateur. La lentille 2 les réunit au foyer, de manière à former l'image I, fig. 2. On avance la lunette jusqu'à ce que cette image soit au foyer de la lentille 3. L'objectif 4 forme alors du micro-

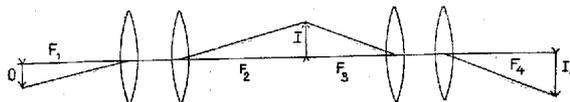


Fig. 2.

mètre l'image  $I_1$  (fig. 2) dans le plan des fils du reticule. L'instrument est réglé de sorte que le nombre de divisions, comprises entre les deux fils, indique directement la force de la lentille 2, en dioptries. J'ai obtenu ce résultat de la manière suivante.

Désignons par  $F_1, F_2, F_3, F_4$  les distances focales des lentilles et par  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  leurs forces en dioptries. Un coup d'oeil sur la fig. 2 montre qu'on a les relations

$$\frac{O}{I} = \frac{F_1}{F_2} \text{ et } \frac{I}{I_1} = \frac{F_3}{F_4},$$

par conséquent

$$\frac{O}{I_1} = \frac{F_1 F_3}{F_2 F_4} = \frac{\varphi_2 \varphi_4}{\varphi_1 \varphi_3}$$

ou

$$\frac{O}{\varphi_2} = \frac{\varphi_1 \varphi_3}{I_1 \varphi_4}$$

$O$  est la partie du micromètre, dont l'image est comprise entre les fils du réticule,  $I_1$  est la distance entre ces fils. Pour que le nombre de divisions soit égal au nombre de dioptries de la lentille 2, il faut avoir  $O = \varphi_2$  ou  $I_1 \varphi_4 = \varphi_2 \varphi_3$ . Voici les valeurs que j'ai adoptées pour mon instrument :

$$I_1 = 4,95 \text{ mm} = 24,75^{\text{cinquièmes}}, \quad \varphi_4 = 3,81, \text{ donc } I_1 \varphi_4 = 94,3, \text{ et}$$

$$\varphi_1 = 9,43, \quad \varphi_3 = 10, \text{ donc } \varphi_1 \varphi_3 = 94,3.$$

Pour que l'instrument soit pratique, il doit permettre de mesurer des lentilles et des systèmes de force très variée. La

force des verres de lunettes varie entre  $-20$  et  $+20$  et si on veut mesurer des oculaires et des objectifs de microscope, on arrive à des valeurs de 100 dioptries ou plus. Tel que je l'ai décrit, l'instrument ne peut pas mesurer des systèmes de plus de cinquante dioptries, puisqu'il n'y a que cinquante divisions, et il ne peut mesurer que les plus forts des verres concaves, puisqu'il faut faire coïncider les foyers des lentilles 2 et 3. Pour remédier à cet inconvénient j'ai arrangé l'instrument de manière à pouvoir remplacer  $+10$  qui sert comme lentille 3, par d'autres lentilles de force convenable. J'ai trouvé pratique d'avoir comme verres de rechange les numéros  $+2,5$ ,  $+5$ ,  $+15$  et  $+20$ , outre un objectif de microscope faible pour les systèmes forts. Il faut, lors qu'on emploie un verre de rechange, multiplier le résultat par un coefficient. On détermine facilement ce coefficient, en mesurant la même lentille, d'abord avec  $+10$ , pour lequel l'instrument a été réglé et ensuite avec le verre de rechange. On n'a pas à craindre l'aberration chromatique, puisqu'on emploie la lumière de sodium. On peut donc prendre des verres de la boîte, mais il ne faut pas se fier à leurs numéros, il faut déterminer le coefficient soi-même. En général il se recommande de mesurer les verres faibles avec un 3 faible et inversement. On arrive ainsi à mesurer tous les verres de la boîte, à l'exception des plus faibles, au dessous de 3, dont il est plus facile de déterminer la distance focale directement.

L'instrument est très utile dans un laboratoire d'Optique; on peut en un clin d'œil déterminer la distance focale de n'importe quel système optique et, une fois cette distance connue, il n'y a pas de difficulté à en déterminer les points cardinaux. On mesure la distance des foyers aux surfaces extérieures du système, au microscope, et trouve alors la position des points nodaux par une simple soustraction. On peut se servir de n'importe quel banc d'Optique, ou si on

veut, de l'instrument, Fig. 5, que je décrirai plus loin. Après avoir enlevé la lentille  $L$  et remplacé l'objectif de la lunette par un objectif de microscope faible, ou place le système à mesurer sur le curseur, au lieu de la lentille  $P$ . En faisant marcher le curseur, on met au point, d'abord pour l'image de la croix du collimateur qui se forme au foyer, et ensuite pour la surface du système. Le chemin parcouru par le curseur indique la distance du foyer à la surface. On détermine la position de l'autre foyer de la même manière, en retournant le système.

*La courbure des surfaces.* On laisse la lentille 2 à sa place et on donne à la lunette la position  $B_1$  (fig. 1). C'est la surface de la lentille 2 qui donne vers le collimateur qu'on mesure. Cette surface renvoie une partie de la lumière provenant du collimateur vers la plaque,  $P$ , qui, elle, la renvoie dans la lunette. En mettant au point, on voit une image catoptrique du micromètre, qu'on mesure absolument comme on mesurait tout à l'heure l'image dioptrique. On obtient ainsi la distance focale catoptrique, exprimée en dioptries; pour avoir l'inverse du rayon il faut diviser par 2. — La mensuration finie, on retourne la lentille pour en mesurer l'autre surface. — Pour ces mensurations il faut éclairer le micromètre bien, avec un bec Auer par exemple; la lumière de sodium n'est pas assez forte. On n'évite donc pas l'aberration chromatique, due à la lentille 3; elle gêne peu, justement parce que la lumière est si faible. Si on tient à avoir des mesures très exactes, on peut argenter la surface et rendre la lumière approximativement monochromatique au moyen d'un verre rouge. Remarquons qu'il y a en tout quatre images, puisque la lumière, provenant de chacune des surfaces de la lentille, est réfléchiée par les deux surfaces de la plaque. Cela n'empêche pas la mensuration; j'ai choisi la plaque assez épaisse, pour que les images ne se couvrent pas l'une l'autre, mais il ne faut pas se tromper

de l'image à mesurer. On peut noircir celle des surfaces de la lentille qui ne sert pas. Il reste deux images; celle qu'on doit mesurer est nette; l'autre est floue par suite de l'astigmatisme, dû à la réfraction par la plaque. — En tenant compte de cette différence on trouve facilement l'image à mesurer.

*L'indice de réfraction.* On remplit une cuve à surfaces planes et parallèles avec un mélange de benzol et de sulfure de carbone; le mélange doit avoir une indice d'environ 1,52, ce qui est l'indice moyen des verres qu'on emploie pour des verres de lunettes. S'il s'agit d'une lentille de flint, l'indice doit être plus élevé. Il faut que la cuve soit bien exécutée, de sorte qu'une fois remplie de liquide, elle n'ait pas de foyer. On trouve des cuves de ce genre dans le commerce; en cherchant dans un grand nombre, on trouve souvent une qui est bonne. On plonge le verre à examiner dans la cuve et on regarde vers un objet éloigné à travers le système optique ainsi formé, tout en déplaçant la cuve latéralement. Si c'est une lentille convexe, l'objet semble se déplacer dans le même sens, si l'indice du liquide est plus élevé que celui du verre, et *vice versa*. Pour une lentille concave c'est le contraire qui a lieu. On change ensuite l'indice du liquide en ajoutant, soit un peu de benzol, soit un peu de sulphure de carbone, jusqu'à ce que l'objet semble rester immobile. L'indice du verre est alors égal à celui du liquide; on détermine celui-ci avec le réfractomètre d'Abbe. — La méthode est assez exacte, mais on peut la rendre beaucoup plus exacte encore, en faisant l'observation avec une lunette grossissante. Nous avons en effet vu que l'exactitude de la méthode dépend de la distance à laquelle on peut encore voir un déplacement donné de l'image. On enlève les lentilles 2 et 3 de l'instrument, fig. 1. Comme le collimateur et la lunette sont tous les deux réglés pour

l'infini, on voit alors le micromètre nettement. On met la cuve devant la lunette et on lui imprime un petit déplacement de va et vient latéral. S'il y a la moindre différence entre l'indice de la lentille et celui du liquide, on voit les traits du micromètre se déplacer par rapport aux fils du réticule. J'estime qu'on peut de cette manière déceler une erreur d'une centième dioptrie, de sorte qu'on peut compter sur la troisième, dans les cas favorables (lentilles faibles) peut être même sur la quatrième décimale dans la valeur de l'indice; la méthode est donc presque aussi exacte que la détermination par le réfractomètre. On pourrait d'ailleurs pousser l'exactitude encore plus loin, en augmentant le grossissement. — Il va sans dire qu'il faut employer de la lumière monochromatique. — La difficulté de la méthode consiste surtout à éviter que le liquide change d'indice par suite de l'évaporation, le soufre de carbone s'évaporant plus vite que le benzol. Aussi ne faut-il pas laisser la cuve à découvert et il faut se dépêcher, lorsqu'on met le liquide entre les prismes du réfractomètre.

*Le champ, l'astigmatisme par incidence oblique et l'orthoscopie.* Avec une paire de lunettes ordinaires on voit la partie centrale du champ nette et sans déformations; dans la périphérie, au contraire, les objets paraissent flous par suite de l'astigmatisme et déformés par suite du défaut d'orthoscopie. On peut discuter la question à savoir, lequel de ces deux défauts il importe le plus à corriger. Les opticiens insistent surtout sur le premier, mais les faits cliniques semblent parler dans le sens opposé; les opérés de cataracte se plaignent en général surtout de voir les objets déformés à travers leurs lunettes. Il est possible de corriger ces défauts, au moins en grande partie, en donnant une forme convenable aux verres. D'après le principe que j'ai exposé au Congrès international d'ophtalmologie à Utrecht

en 1899 (p. 358 du *Compte-rendu*)<sup>1</sup>, il faut se figurer la pupille placée au centre de rotation de l'œil et tailler les verres de sorte que les défauts soient minima dans cette supposition. — Il peut être intéressant de mesurer ces défauts des verres biconvexes et biconcaves et d'examiner

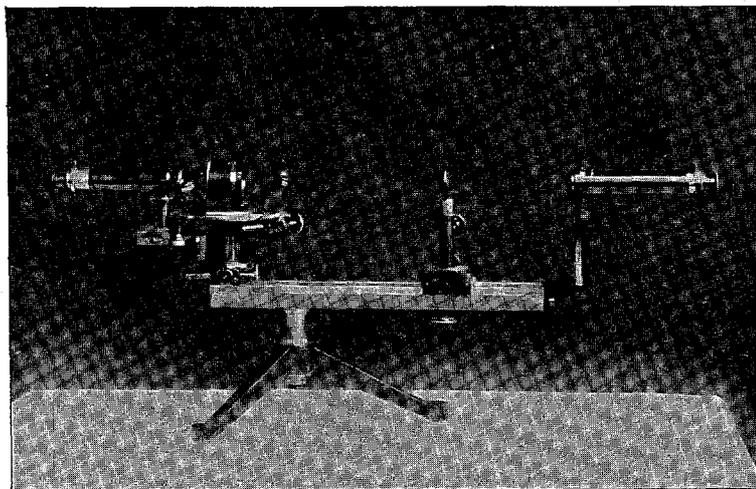


Fig. 3. L'astigmomètre.

jusqu'à quel point on est arrivé à les écarter, en introduisant les menisques.

Dans ce but j'ai fait construire l'astigmomètre, représenté par la fig. 3. Avant d'en donner la description je dirai quelques mots sur le principe que j'ai employé. Je me sers comme avant d'une lunette, réglée pour l'infini, et d'un petit collimateur (Fig. 4); le micromètre du collimateur est remplacé par une croix à bras horizontal et vertical tracée sur une plaque de verre argenté. Il y a, comme avant, en tout quatre lentilles: 1° l'objectif du collimateur, 2° la lentille à

<sup>1</sup> Voir aussi Lagrange et Valude. *Encyclopédie française d'ophtalmologie*, vol. III, p. 240. — En Allemagne on a par erreur attribué ce principe à M. GULLSTRAND.

essayer, 3° une lentille convexe et 4° l'objectif de la lunette. On met la lunette au point pour la croix du collimateur en déplaçant la lentille 3, jusqu'à ce que son foyer antérieur coïncide avec le foyer postérieur de la lentille 2. Cette dernière lentille est fixée sur le rebord antérieur d'un tube. Dans l'intérieur de ce tube il y a un diaphragme, percé d'une ouverture de 5 mm en diamètre. L'ouverture repré-

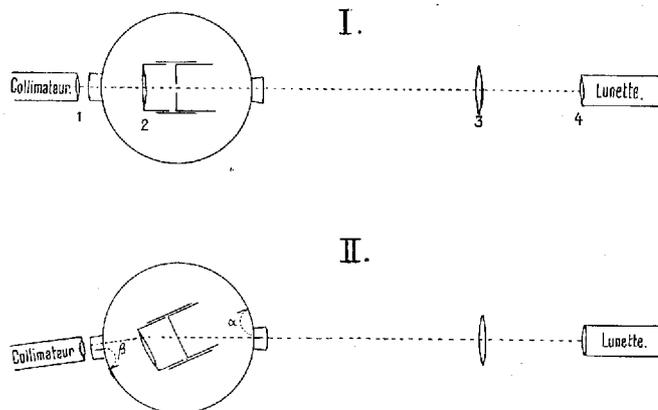


Fig. 4.

sente la pupille, et la distance de la surface antérieure de la lentille 2 jusqu'au diaphragme est réglée à 28 mm; la distance que j'ai admise entre la surface antérieure<sup>1</sup> du verre de lunettes et le centre de rotation de l'œil. Le tube est fixé sur un disque horizontal. Ce disque peut tourner autour d'un axe vertical, qui prolongé passerait par le centre du diaphragme. Le collimateur peut aussi tourner autour de cet axe, soit avec le disque, soit indépendamment de lui.

Après avoir mis au point pour la croix du collimateur on fait tourner le disque avec le collimateur, d'une angle  $\alpha$  (Fig. 4 II). On ne voit plus la croix; pour la faire réappa-

<sup>1</sup> Il aurait été plus correct de prendre la surface postérieure comme point de départ, pour des raisons que j'ai déjà indiquées.

raître, il faut déplacer le collimateur d'un angle  $\beta$  par rapport au disque. On voit la croix floue; en déplaçant la lentille 3 pour la rendre nette. on remarque que la mise au point diffère pour le bras horizontal et le bras vertical. C'est une conséquence de l'astigmatisme, produit par l'incidence oblique. La différence de la mise au point permet de conclure au degré de cet astigmatisme, tandis que le rapport entre les angles  $\alpha$  et  $\beta$  indique le degré d'orthoscopie.

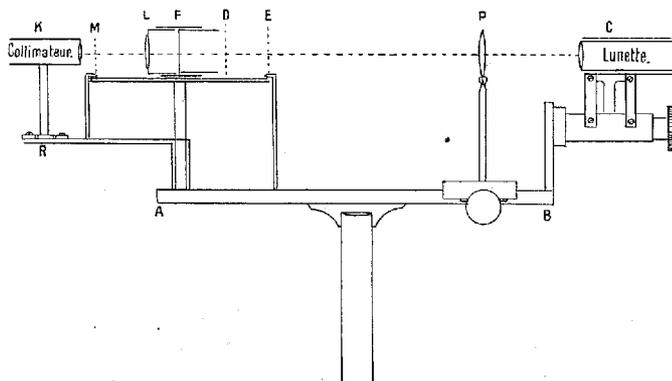


Fig. 5.

Pour se rendre compte des détails de l'instrument il faut jeter un coup d'oeil sur la fig. 5.  $AB$  est une règle, divisée en millimètres, sur laquelle glisse le curseur  $P$ , au moyen d'une crémaillère. Le curseur est muni d'un vernier et porte une monture, dans laquelle on place la lentille 3, prise dans la boîte d'essai. Des crémaillères permettent de déplacer la lentille aussi bien dans la direction verticale que latéralement.  $D$  est le disque circulaire; il peut tourner autour de son centre; sur le bord il y a une division en demi-degrés. Le montant  $E$  porte un vernier qui permet de lire les minutes sur la graduation du disque; le zéro du vernier, ainsi que le centre du disque, sont tous les deux placés exactement dans le plan vertical, passant par l'axe de la lunette. Lorsque le zéro de la graduation est en face du

zéro du vernier, la ligne de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  est aussi située dans ce plan. En tournant le disque le zéro du vernier marque l'angle  $\alpha$  sur la graduation. Une vis de serrage permet d'arrêter le disque dans n'importe quelle position. La lentille 2, le verre à examiner, est fixée, avec un peu de cire, sur le rebord d'un tube qui glisse dans le tube  $F$ , ce qui permet de régler la distance du verre jusqu'au diaphragme dans l'intérieur de ce tube. Dans l'ouverture du diaphragme qui correspond à la pupille est tendu un réticule en forme de croix. — Le collimateur repose sur un bras qui tourne autour du même axe que le disque. Un montant fixé sur le bras, porte le vernier,  $M$ , avec lequel on peut lire l'angle  $\beta$ ; une vis de serrage permet d'arrêter le collimateur dans n'importe quelle position par rapport au disque. En desserrant la vis  $E$  et en serrant la vis  $M$ , on peut faire tourner le disque avec le collimateur; en serrant  $E$  et en desserrant  $M$ , le collimateur tourne seul. Le pied du collimateur glisse dans une petite glissière, fixée sur le bras, ce qui permet de donner au collimateur un petit déplacement latéral.

Supposons qu'on veuille examiner le numéro 10 convexe de la boîte d'essai. On éclaire la croix du collimateur avec une flamme de sodium. On commence par mettre le disque, ainsi que le collimateur, à zéro tous les deux. Les axes du collimateur, du tube central et de la lunette coïncident alors tous les trois: on voit l'image de la croix du collimateur coïncider avec le réticule en croix de la lunette. On fixe le verre à examiner en  $L$ , (fig. 5) avec un peu de cire; il forme une image de la croix du collimateur au foyer. Pour voir cette image avec la lunette qui est réglée pour l'infini, on met un verre de la boîte choisi convenablement — dans le cas supposé  $+6$  — dans la monture du curseur  $P$ ; on met au point en déplaçant le curseur. Il faut maintenant centrer les deux lentilles. On met au point pour la croix du

diaphragme qui correspond à la pupille — toujours en déplaçant le curseur —, et on fait coïncider l'image de cette croix avec la croix de la lunette, au moyen des crémaillères du curseur. Après avoir ainsi centré la lentille en  $P$ , on met au point pour l'image de la croix du collimateur qu'on amène également à coïncider avec la croix de la lunette. On obtient cette coïncidence en déplaçant la lentille en  $L$

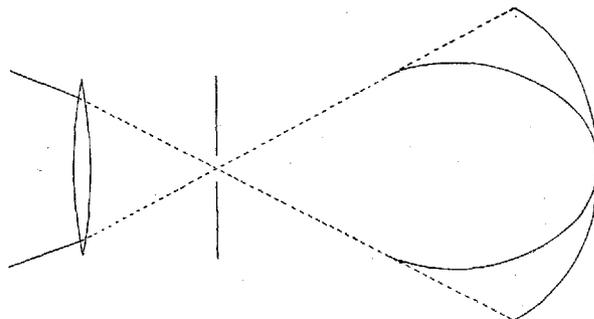


Fig. 6. Courbes focales de +10 biconvexe.

à la main. — L'instrument est maintenant réglé; on peut commencer la mensuration.

On lit sur l'échelle de la règle les deux positions du curseur qui permettent de voir nettement, d'abord la croix de la *pupille* et ensuite la croix du collimateur. La différence entre les deux lectures est égale à la distance de la *pupille* jusqu'au foyer de la lentille  $L$ . — Après avoir serré la vis  $M$  et desserré la vis  $E$ , on tourne le disque avec le collimateur d'un angle  $\alpha$ , mettons de  $25^\circ$ . On serre la vis  $E$ . En regardant dans la lunette on ne voit plus la croix brillante du collimateur; on desserre la vis  $M$  et on tourne le collimateur jusqu'à ce qu'on voie la croix de nouveau. L'image est complètement floue. En avançant le curseur on voit nets, d'abord le bras horizontal et, en avançant encore plus, le bras vertical. On tourne le collimateur un peu pour faire coïncider les bras verticaux des deux croix. On lit sur

l'échelle les deux positions du curseur qui permettent de voir nettement l'un et l'autre bras de la croix brillante. En retranchant le chiffre qui correspond à la mise au point pour la croix de la *pupille* et en ajoutant la distance de cette croix jusqu'au verre ( $28 \text{ mm tg } \alpha$ ), on obtient les deux distances focales du verre à examiner, correspondant à

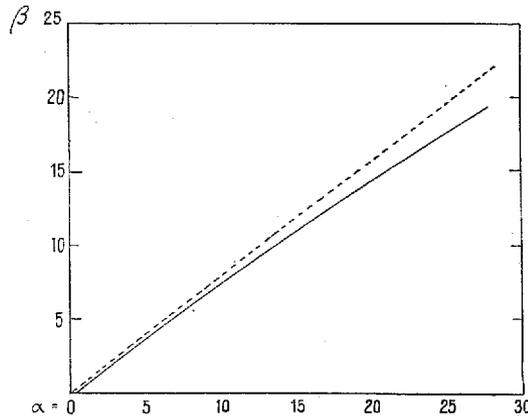


Fig. 7. Défaut d'orthoscopie de + 10 biconvexe. La droite pointillée correspond à l'orthoscopie complète.

l'angle  $\alpha = 25^\circ$ . La différence de leurs inverses indique le degré de l'astigmatisme. — On lit enfin la position du collimateur ( $\angle \beta$ ).

Pour un examen complet il faut répéter les mensurations de  $5^\circ$  en  $5^\circ$ . Voici les résultats pour + 10 (biconvexe).

$\alpha$ .....	0°	5°	10°	15°	20°	25°	28°
$\beta$ .....	0°	3°,9	7°,6	11°,1	14°,6	17°,6	19°,2
Distance du verre, jusqu'à la ligne focale							
ant. ....	104,4 mm	102,7	100	94,1	86,4	78,5	68,3
post. ....	104,4 mm	104,4	103,8	102,7	100,8	98,8	96,9
ant. } en	{ 9,6 D	9,7	10	10,6	11,6	12,7	14,6
post. } dioptries		9,6 D	9,6	9,6	9,7	9,9	10,1
Astigmatisme.....	0 D	0,1	0,4	0,9	1,7	2,6	4,3

La fig. 6 montre les deux courbes focales. —

La valeur de  $\beta$  correspondant à la plus grande valeur de  $\alpha$  qui permet encore de faire une mensuration, indique la grandeur angulaire du champ du verre. — Pour que le verre soit orthoscopique, il faut que les valeurs de  $\alpha$  et  $\beta$  soient proportionnelles. Si pour la valeur de  $\alpha = 5^\circ$  on trouve  $\beta = 3^\circ,9$ , il faudrait pour  $\alpha = 10^\circ$  avoir  $\beta = 2 \cdot 3^\circ,9 = 7^\circ,8$  pour  $\alpha = 15^\circ$  il faudrait avoir  $\beta = 3 \cdot 3^\circ,9 = 11,7$  et ainsi de suite. On peut représenter les résultats graphiquement, en prenant les valeurs de  $\alpha$  comme abscisses, celles de  $\beta$  comme ordonnées. On obtient ainsi, pour + 10 biconvexe la courbe de la fig. 7. La droite correspond à un verre qui serait tout à fait orthoscopique. L'écart entre cette droite et la courbe donne donc une expression du défaut du verre à cet égard.

---