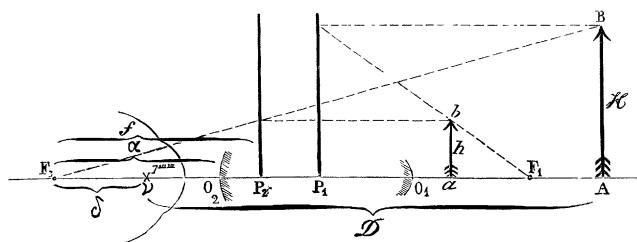


SUR LA PUISSANCE DES APPAREILS DIOPTRIQUES ;

PAR M. ADRIEN GUÉBHARD.

La *puissance* d'un appareil dioptrique étant définie, d'après Verdet, comme la *grandeur apparente de l'unité de longueur de l'objet*, a pour expression $P = \frac{1}{D} \frac{H}{h}$, si l'on appelle H et h deux ordonnées correspondantes de l'image et de l'objet, et D l'abscisse du plan de l'image par rapport au premier point nodal de l'œil (¹). Soient alors δ l'abscisse de ce point nodal et f celle du

Fig. 1.



deuxième plan principal de l'instrument par rapport au deuxième foyer de celui-ci : l'abscisse de l'image H , par rapport à ce même foyer, sera $D + \delta$, et la formule fondamentale des instruments

(¹) Plaçant l'œil à la gauche de la figure, nous prenons pour direction positive celle du regard et, pour direction négative, celle de la lumière incidente, conformément aux conventions habituelles de la Géométrie.

réduits à leurs points cardinaux donne immédiatement

$$\frac{H}{h} = \frac{D + \delta}{f}, \quad \text{d'où} \quad P = \frac{1}{f} \left(1 + \frac{\delta}{D} \right),$$

expression qu'il convient de discuter algébriquement, en donnant à δ et à D toutes les valeurs compatibles avec la nature de l'instrument et de l'œil.

Or celui-ci peut voir distinctement à *toutes* les distances comprises entre son *punctum proximum* et son *punctum remotum*; d'autre part, il n'est point d'instrument qui ne puisse, soit par des mouvements de totalité, soit par des tirages d'oculaires, placer l'image en tel point de l'espace qui peut convenir; en conséquence, D n'aura pas d'autres limites que les abscisses ϖ et ρ des deux points extrêmes de la vision distincte, abscisses que je suppose mesurées à partir du point nodal et dont la première, généralement plus petite que la seconde, est toujours positive, tandis que l'autre, ρ , peut devenir négative dans le cas d'un œil hypermétrope.

Quant à δ qui, dans le sens négatif, n'a d'autre limite que le recul possible de l'œil, il se trouve arrêté, du côté positif, par divers obstacles matériels : d'une part, les *tutamina oculi*; d'autre part, la monture de l'appareil. La cornée précède le point nodal antérieur de l'œil à une distance qui, pour tous les yeux ⁽¹⁾, est comprise entre 6^{mm},515 dans l'accommodation la plus forte, et 6^{mm},957 dans le relâchement complet du muscle ciliaire ⁽²⁾. De plus, la paupière et les cils exigent un espace qu'on peut estimer, au bas mot ⁽³⁾, à 5^{mm}; mettons, en chiffres ronds, 12^{mm} pour la plus petite distance possible du point nodal à l'extrémité la plus voisine de l'appareil et, si nous appelons α l'abscisse de cette extrémité par rapport au deuxième foyer total de l'instrument, nous sommes certains de ne pas rester en dessous de la vérité en assignant la valeur $(\alpha - 12)^{\text{mm}}$ comme limite supérieure aux variations de δ .

⁽¹⁾ On sait que les amétropies ne portent ordinairement que sur la longueur axiale de l'œil et point sur les constantes de la réfraction.

⁽²⁾ HELMHOLTZ, *Optique physiologique*, traduction Javal, p. 154.

⁽³⁾ D'après M. le colonel Goulier, ce serait 7^{mm} qu'il faudrait compter dans la pratique ordinaire. Les opticiens comptent toujours 13^{mm} de la cornée à leurs verres correcteurs.

Il s'ensuit que δ ne pourra admettre des valeurs positives que si $\alpha > 12^{\text{mm}}$. Alors, mais alors seulement, s'appliquera la règle, ordinairement donnée pour la loupe sans distinction de distances focales, de la visée au *punctum proximum*, D devant être pris le plus petit et δ le plus grand possible, c'est-à-dire l'œil et l'objet rapprochés du verre autant que le permet la netteté de la vision. Cette règle est d'ailleurs démentie, on le sait, par la pratique constante des micrographes et des astronomes qui, tous, ont pour habitude de relâcher le plus possible leur accommodation. C'est que, effectivement, le cas ne se présente presque jamais dans la pratique : en dehors des verres faibles, dont l'usage, comme loupes, est justement rejeté à cause de la fatigue qu'il donne et du peu de bénéfice qu'il rapporte ⁽¹⁾, la considération de l'*anneau oculaire*, à défaut de données numériques qu'il ne m'a été possible de trouver ni dans les livres, ni chez les constructeurs, prouve que, dans tous les instruments qui n'ont pas leur deuxième foyer principal virtuel [$(\alpha < 0)$ comme les oculaires de Galilée et de Brücke], ou très rapprochés de la monture [microscopes de Stanhope, Wollaston, etc., oculaire de la lunette terrestre ⁽²⁾, oculaire négatif d'Huygens, oculaire à *œillette* de la lunette astronomique ⁽³⁾, etc.] le foyer principal tombe, dans les conditions ordinaires d'observation, à une petite distance en avant du point nodal antérieur de l'œil. On sait, en effet, que les constructeurs, pour des raisons de clarté, s'efforcent toujours de faire coïncider l'anneau de Ramsden avec le plan de la pupille, c'est-à-dire avec la face antérieure du cristallin; or cet anneau et le deuxième foyer principal total de l'appareil ne sont autre chose que les images, fournies par l'oculaire, de la première ouverture et du deuxième foyer de

(¹) Les verres biconvexes employés pour atténuer la presbyopie ou pour corriger l'hypermétropie agissent toujours de cette façon, c'est-à-dire avec fatigue d'accommodation, leur but étant moins d'augmenter la puissance de la vue que de ramener à des positions normales, soit au *punctum remotum* (que nous désignerons, dorénavant, par l'abréviation classique *p. r.*), soit le *p. p.* (*punctum proximum*).

(²) Dans les lunettes, l'image fournie par l'objectif faisant fonction d'objet réel ou virtuel, mais fixe de grandeur et de position, il n'y a que la puissance de l'oculaire, seule variable, qui puisse intéresser notre discussion.

(³) *Leçons de Physique* de M. P. Desains, t. II, p. 283.

l'objectif; la distance mutuelle de ces images a pour expression $\frac{AF^2}{(A+L)L}$ en fonction de la longueur focale F de l'oculaire et des distances A, L du deuxième foyer de l'objectif au premier verre de celui-ci et au premier foyer de l'oculaire; il suffit de mettre, à la place de ces lettres, des valeurs numériques réelles, pour se convaincre de la petitesse de cette distance par rapport à la plus petite ($3^{\text{mm}}, 3$) de celles qui peuvent exister entre le point nodal de l'œil et la face antérieure du cristallin (¹).

Quoi qu'il en soit, l'œil peut toujours donner à δ des valeurs négatives; écartons, une fois pour toutes, le cas où, δ surpassant D en valeur absolue, l'œil a intérêt à regarder encore à son *p. p.*, entre lui et le foyer, l'image, soit virtuelle et droite (myope à besicles biconcaves), soit réelle et renversée (chambre noire, projections, ophtalmoscopie à l'image renversée) de l'objet placé le plus près possible de l'objectif. Il est alors certain qu'à moins d'hypermétropie, la plus grande puissance sera donnée par la moindre valeur absolue de la fraction négative $\frac{\delta}{D}$, c'est-à-dire que l'œil devra rapprocher le plus possible du foyer de l'instrument son point nodal, et regarder à son *punctum remotissimum*, c'est-à-dire sans accommodation (²), l'image de l'objet, placé le plus loin possible de l'objectif. Pour les valeurs négatives de D, c'est-à-dire pour l'hypermétrope réunissant sur sa rétine des faisceaux déjà convergents, la plus petite valeur absolue correspond encore au *p. r.*, mais il y a bénéfice alors à augmenter δ , c'est-à-dire à éloigner

(¹) Les valeurs $F = \frac{100^{\text{mm}}}{3}$, A = 18, L = 132 donneraient à peine 1^{mm} ; en exagérant dans le sens le plus défavorable et prenant les chiffres presque invraisemblables A = 30, L = 120, F = 40, on n'aurait encore que $2^{\text{mm}} \frac{2}{3}$. On trouve des données numériques intéressantes dans l'Ouvrage de M. Léopold Dippel, *Das Mikroskop und seine Anwendungen*, t. I, p. 188 et suiv., 2^e éd., 1882). La longueur L y joue un grand rôle sous le nom de *longueur réduite* du tube; elle acquiert, dans les microscopes anglais, des valeurs encore beaucoup plus grandes que dans les nôtres. Il est bon de remarquer aussi que la pratique du relèvement de l'oculaire, en micrographie, a pour effet de rapprocher du verre le deuxième foyer total.

(²) Il est vrai que le relâchement du muscle ciliaire fait reculer de $0^{\text{mm}}, 4$ le point nodal en arrière de la cornée; mais cette différence minime sur la valeur de δ peut toujours être regagnée par un mouvement de totalité de la tête, en supposant qu'on ne la trouve pas négligeable par rapport aux grandes valeurs que prend alors D. La restriction disparaît, d'ailleurs, en cas d'hypermétropie.

l'œil autant que le permet le champ ⁽¹⁾. L'hypermétrope a ainsi un double avantage; mais, tant qu'il ne quitte pas l'oculaire, la puissance qu'il peut atteindre a pour valeur, aussi bien que dans le cas précédent,

$$\frac{1}{f} \left(1 - \frac{0^m,012 - \alpha}{\rho} \right),$$

tandis qu'avec les instruments à long foyer ($\alpha > 12^{\text{mm}}$) elle est toujours représentée par

$$\frac{1}{f} \left(1 + \frac{\alpha - 0^m,012}{\sigma} \right).$$

Il suit de là que, si ces derniers instruments, généralement *faibles*, tirent de l'accommodation un surcroît de puissance et donnent les meilleurs résultats avec l'œil dont le p . p . est le plus rapproché, c'est-à-dire le muscle ciliaire le plus fort, la plus nombreuse catégorie des instruments usuels doit s'employer, au contraire, à l'état de repos complet de l'œil, avec un avantage incontestable pour l'hypermétrope sur l'emmétrope et, à plus forte raison, sur le myope.

Mais, en réalité, toutes les expressions numériques de la puissance différeront très peu de $\frac{1}{f}$; et il est à remarquer que cette valeur particulière peut être obtenue soit indépendamment de l'accommodation, en faisant coïncider le point nodal de l'œil avec le foyer de l'instrument ($\alpha > 12$, $\delta = 0$), soit indépendamment de la position ⁽²⁾, en produisant l'image à l'infini ($\alpha < 12$, $D = \rho = \infty$). Dès lors, la valeur $\frac{1}{f}$, indépendante de l'œil, devient pour l'instrument une véritable constante caractéristique et permet de calculer, en toute circonstance, la puissance exacte de l'instrument en fonc-

⁽¹⁾ Les hypermétropes ont, en effet, la faculté de se servir de la loupe à distance et sans fatigue, pour obtenir, de l'objet placé un peu au delà du foyer, des images très agrandies. Impossible d'expliquer autrement l'intéressante expérience citée par M. P. Desains (*Leçons de Physique*, t. II, p. 276). C'est ainsi encore qu'un hypermétrope peut apercevoir directement, à distance, et sans renversement le fond de l'œil d'un myope. Enfin, la lunette de Galilée et sa réduction, la loupe de Brücke, n'ont pas d'autre effet que de fournir à l'œil l'hypermétropie nécessaire pour bénéficier de ce mode d'emploi de la loupe objective.

⁽²⁾ A moins que l'on ne soit myope, mais sans qu'il soit besoin d'être, comme on dit, *infinitement presbyte*.

tion des paramètres de réfraction de l'œil, dès que l'on connaît α ou la *position* du deuxième foyer. Dans le cas particulier des verres de besicles, on a sensiblement $f = \alpha$, et l'on sait quel immense service a rendu à la pratique de l'oculistique l'introduction de la constante $\frac{1}{f}$ ramenée à l'unité métrique sous le nom de *dioptrie* ⁽¹⁾. Pour des appareils complexes, il est vrai, cela pourrait ne point suffire, sans la donnée corrélatrice de α ; mais, en supposant que ce fût trop exiger des constructeurs qu'un double chiffre, on trouverait encore, ce me semble, dans le premier seul, une indication beaucoup plus précise et plus utile que dans la donnée d'un *grossissement* tout à fait conventionnel ⁽²⁾ qui ne peut servir ni à un calcul, ni même à une appréciation exacte de la valeur d'un instrument. En tout cas, exprimer en dioptries la *force* des instruments composés comme des verres simples serait

(1) Ce nom, proposé par M. Monnoyer et vulgarisé par les travaux de M. Javal, a servi de consécration définitive à une réforme inutilement demandée, il y a vingt-cinq ans, par un opticien bien connu, Soleil fils (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 347).

(2) Le *grossissement* ayant pour expression, tant qu'il s'agit d'objets ou d'images objectives, rapprochées de l'œil, $G = \frac{H}{D} : \frac{h}{\sigma} = P : \frac{1}{\sigma}$, n'est, en somme, que le rapport de la puissance de l'instrument à celle de l'œil au maximum d'accommodation, rapport qui, pour un même effet produit par l'instrument, c'est-à-dire pour une même valeur de P , *paraîtra* d'autant plus grand que la puissance de l'œil, réduit à ses propres moyens, sera plus faible, c'est-à-dire σ plus grand. Ce caractère variable d'estimation personnelle ne peut disparaître de l'expression du grossissement que si l'on fixe conventionnellement les conditions spéciales de mesure de P et de σ ; pour la première, on a été conduit de tout temps à prendre $\frac{1}{f}$; mais, pour la seconde, les conventions varient comme doit varier forcément une notion aussi vague que celle de ce qui est appelé encore trop souvent LA *distance* (sans épithète) *de vision distincte* ou d'*extériorisation des impressions*. Cette distance, qui ne pourrait être unique pour un œil donné, que dans le cas de paralysie absolue du muscle ciliaire, et qui, dans tout autre cas, peut prendre toutes les valeurs possibles, depuis σ jusqu'à ρ , est fixée, en général (voir l'Ouvrage cité de L. Dippel) à 250^{mm}, ce qui revient à multiplier par 250 la valeur de $\frac{1}{f}$ rapportée au millimètre. Mais elle varie, sans règle, d'un pays et d'un constructeur à l'autre. Quelle que soit, d'ailleurs, la valeur choisie, il est évident qu'elle ne peut avoir d'autre effet que celui de coefficient grossissant par rapport à $\frac{1}{f}$, et la convention gagnerait en simplicité, si ce n'est en sincérité, en égalant une fois pour toutes à l'unité ce facteur arbitraire et inutile.

un pas vers l'unification de la langue scientifique ; introduire le paramètre de position du deuxième foyer fournirait une base exacte à tous les calculs ; tels sont les vœux que j'exprime en forme de conclusion de cette étude.
