



LENTILLES CORNÉENES

Evaluation de L'indice de Réfraction sur une Lentille Ophtalmique Mince

P. Simonet*

Abstract

The refraction index of a thin ophthalmic lens could be theoretically determined by power measurements with a focimeter and a lens measure. The lack of precision of the lens measure is the principal limit of this method. Nevertheless, the technique permits, in practice, the magnitude of the refraction index to be obtained.

Résumé

Il est démontré que l'indice de réfraction d'une lentille mince peut théoriquement être obtenu à partir de la mesure de la puissance au focomètre et au sphéromètre. Cette méthode est toutefois limitée par l'imprécision qui peut exister sur la puissance sphérométrique, néanmoins elle permet en pratique d'obtenir l'ordre de grandeur de cet indice de réfraction.

De nombreux matériaux ophtalmiques ont été mis sur le marché au cours des dernières années¹. Les praticiens disposent maintenant, pour la fabrication de lentilles ophtalmiques, d'une certaine diversité dans les indices de réfraction, les constringences et les densités. Ceci est mis à profit particulièrement pour la correction des myopies modérées ou fortes. En effet, l'utilisation d'un matériel à fort indice, dont l'ordre de grandeur peut varier de 1,6 à 1,8 environ, permet de réduire sensiblement l'épaisseur au bord des lentilles concaves.

Toutefois, cette diversité n'est pas sans poser certains problèmes aux cliniciens. Il devient difficile de savoir si un laboratoire a bien fourni, parmi la gamme des indices, celui désiré. De plus, il est pratiquement impossible de déterminer dans quel matériel sont fabriquées des lentilles que porte déjà un patient. Dans ce dernier cas, la connaissance de l'indice de réfraction est pourtant primordiale pour obtenir des résultats similaires au plan mécanique comme au plan optique².

Si l'indice de réfraction s'avère une information utile au clinicien, la détermination de l'ordre de grandeur de cet indice peut néanmoins être suffisante, en autant que la technique d'évaluation soit rapide, qu'elle ne fasse pas appel à une instrumentation sophistiquée, et qu'elle demeure réalisable dans le cadre de la pratique quotidienne.

Dans ces conditions, il est possible pour un clinicien d'effectuer l'évaluation de l'indice de réfraction d'une lentille mince. Ces lentilles, utilisées chez le myope, sont d'ailleurs les plus susceptibles de présenter un fort indice.

Méthode

L'utilisation d'un focomètre et d'un sphéromètre permet, sur une lentille mince, de déterminer en pratique l'ordre de grandeur de l'indice de réfraction.

Cette méthode repose sur les bases théoriques suivantes:

La puissance frontale arrière (F'_f) d'une lentille, telle que mesurée au focomètre, s'exprime en fonction de son indice (η), de son épaisseur (e) et en fonction des puissances de ses faces (F_1, F_2) selon la formule suivante:

$$F'_f = \frac{F_1}{1 - \frac{e}{\eta} F_1} + F_2 \quad (1)$$

Si la lentille est mince, on considère que la puissance frontale devient:

$$F'_f = F_1 + F_2 \quad (2)$$

Si on exprime la puissance de chaque face en fonction du rayon de courbure (R) et de l'indice (n), on obtient à partir de l'équation (2):

$$F'_f = \frac{\eta - 1}{R_1} + \frac{1 - \eta}{R_2}$$

*Optométriste, M.S., F.A.A.O.
Professeur adjoint
Ecole d'Optométrie
Université de Montréal

$$\text{ou } F'_f = (\eta - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

En utilisant un sphéromètre étalonné pour un indice η_a , on obtient pour chaque face de la lentille, une puissance de surface apparente, soit:

$$F_{1a} = \frac{\eta_a - 1}{R_1} \text{ et } F_{2a} = \frac{1 - \eta_a}{R_2}$$

La puissance sphérométrique (F_s) de la lentille représente la somme des puissances de chaque face, soit:

$$F_s = F_{1a} + F_{2a}$$

$$F_s = (\eta_a - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

Si on transforme les équations (3) et (4), on obtient:

$$\frac{F'_f}{\eta - 1} = \frac{F_s}{\eta_a - 1} \quad (5)$$

L'indice d'étalonnage du sphéromètre (η_a) est généralement égal à 1,530. On peut donc modifier l'équation (5) pour obtenir l'indice de réfraction (η) en fonction des deux puissances mesurées, ainsi:

$$\eta = \frac{F'_f \times 0,53}{F_s} + 1 \quad (6)$$

Résultats

Un clinicien peut donc aisément évaluer l'indice de réfraction d'une lentille mince à l'aide d'une calculatrice, après avoir mesuré au focomètre la puissance frontale, et après avoir calculé la puissance sphérométrique à partir des mesures au sphéromètre des puissances de surface. Il est possible d'éviter le calcul en utilisant les tables 1 et 2. Sur ces tables apparaissent les valeurs théoriques de la puissance sphérométrique calculées à partir de l'équation (5), pour des puissances frontales de -7 à -10 dioptries (table 1) et de -10,25 à -13,50 dioptries (table 2), variant par quart de dioptrie. Les différents indices de réfraction indiqués correspondent à ceux de matériaux actuellement disponibles sur le marché. Le CR39 et le Crown ont été rapportés pour référence.

Pour une valeur de puissance frontale mesurée au focomètre, le clinicien cherchera sur la ligne correspondante, la valeur théorique de la puissance sphérométrique la plus proche de celle qu'il a obtenue par ses mesures. La colonne où se trouve

cette valeur permettra de déterminer l'ordre de grandeur de l'indice de réfraction.

Discussion

En dépit de la simplicité de la méthode, elle ne semble pas avoir été décrite antérieurement. L'équation (5) n'était appliquée que pour obtenir la puissance réelle d'une surface³ ou pour trouver la vraie puissance sphérométrique⁴, elle n'était pas utilisée pour obtenir l'indice de réfraction.

L'utilisation de l'équation (2) plutôt que l'équation (1) introduit une erreur $\Delta F'_f$ telle que:

$$\Delta F'_f = \frac{\frac{e}{\eta} \times (F_1)^2}{1 - \frac{e}{\eta} F_1}$$

Dans le cas d'une lentille concave dont l'épaisseur ne dépasse pas 2,2mm et dont la face avant est peu cambrée, cette erreur est minime. Sa valeur, en ne dépassant pas 0,06 dioptrie, demeure inférieure à l'erreur possible sur une mesure au focomètre.

Si l'évaluation de la puissance frontale (F'_f) s'effectue avec une bonne précision, la valeur de la puissance sphérométrique (F_s) est plus susceptible d'être entachée d'erreur. L'imprécision possible sur l'indice ($\Delta \eta$ et $\Delta' \eta$), attribuable respectivement aux erreurs $\Delta F'_f$ et ΔF_s sur les mesures de F'_f et F_s , s'obtient à partir de l'équation (5):

$$\Delta \eta = \frac{\Delta F'_f \times 0,53}{F_s}$$

$$\Delta' \eta = \left(\frac{-\Delta F_s}{F_s + \Delta F_s} \right) (\eta - 1)$$

Les valeurs de $\Delta \eta$ et $\Delta' \eta$ ont été calculées pour chaque puissance frontale apparaissant aux tables 1 et 2, les valeurs choisies pour $\Delta F'_f$ et ΔF_s sont respectivement 0,12 et 0,25 dioptrie.

L'imprécision sur la puissance sphérométrique constitue la principale limite de la méthode, comme moyen de déterminer la valeur exacte d'un indice de réfraction, particulièrement pour les puissances les moins élevées. Néanmoins, la méthode reste valable pour évaluer l'ordre de grandeur de l'indice parmi la gamme qui existe. L'évaluation sera d'autant plus précise que la mesure de la puissance sphérométrique sera exacte. Or, cette information est suffisante pour le clinicien, d'autant qu'il peut l'utiliser en conjonction avec l'appréciation d'autres considérations techniques telle que la densité.

Table 1
Valeurs théoriques de la puissance sphérométrique (F_s)
Imprécision $\Delta \eta$ et $\Delta' \eta$ sur l'indice de réfraction

Puissance frontale	CR39 $\eta=1,498$	Crown $\eta=1,523$	Hoya LHI II $\eta=1,60$	Hoya LHI I $\eta=1,702$	Hoya THI $\eta=1,806$
$F_f =$	$F_s =$				
-7,00	-7,45	-7,09	-6,18	-5,28	-4,60
	$\Delta \eta=0,0085$	0,0089	0,0102	0,0120	0,0138
	$\Delta \eta=0,0161$	0,0178	0,0233	0,0317	0,0415
-7,25	-7,72	-7,35	-6,40	-5,47	-4,77
	0,0082	0,0086	0,0099	0,0116	0,0133
	0,0156	0,0172	0,0225	0,0306	0,0401
-7,50	-7,98	-7,60	-6,625	-5,66	-4,99
	0,0079	0,0083	0,0096	0,0112	0,0128
	0,0151	0,0166	0,0218	0,0296	0,0388
-7,75	-8,25	-7,85	-6,85	-5,85	-5,10
	0,0077	0,0080	0,0092	0,0108	0,0124
	0,0146	0,0161	0,0211	0,0287	0,0376
-8,00	-8,51	-8,11	-7,07	-6,04	-5,26
	0,0074	0,0078	0,0090	0,0105	0,0120
	0,0142	0,0156	0,0205	0,0279	0,0365
-8,25	-8,78	-8,36	-7,29	-6,23	-5,42
	0,0072	0,0076	0,0087	0,0102	0,0117
	0,0137	0,0151	0,0199	0,027	0,0355
-8,50	-9,05	-8,61	-7,51	-6,42	-5,59
	0,007	0,0073	0,0084	0,0099	0,0113
	0,0133	0,0147	0,0193	0,0263	0,0345
-8,75	-9,31	-8,87	-7,73	-6,61	-5,75
	0,0068	0,0071	0,0082	0,0096	0,0110
	0,013	0,0143	0,0187	0,0255	0,0335
-9,00	-9,58	-9,12	-7,95	-6,79	-5,92
	0,0066	0,0069	0,0080	0,0093	0,0107
	0,0126	0,0139	0,0182	0,0249	0,0326
-9,25	-9,84	-9,37	-8,17	-6,98	-6,08
	0,0064	0,0067	0,0077	0,0091	0,0104
	0,0123	0,0135	0,0178	0,0242	0,0318
-9,50	-10,11	-9,63	-8,39	-7,17	-6,25
	0,0062	0,0066	0,0075	0,0088	0,0101
	0,012	0,0132	0,0173	0,0236	0,031
-9,75	-10,38	-9,88	-8,61	-7,36	-6,41
	0,0061	0,0064	0,0073	0,0086	0,0099
	0,0117	0,0129	0,0169	0,023	0,0302
-10,00	-10,64	-10,13	-8,83	-7,55	-6,58
	0,0059	0,0062	0,0070	0,0084	0,0096
	0,0114	0,0125	0,0165	0,0225	0,0295

Conclusion

A partir de mesures au focomètre et au sphéromètre, un clinicien peut théoriquement déterminer l'indice de réfraction d'une lentille mince. Cette méthode d'évaluation est limitée toutefois par l'imprécision qui peut exister sur la puissance sphérométrique. Cette imprécision amène plutôt, en particulier par les puissances les moins

élevées, une évaluation de l'ordre de grandeur de cet indice. L'évaluation sera d'autant plus exacte que la puissance sphérométrique sera mesurée avec soin. En pratique, cette méthode reste valable, car elle constitue pour le clinicien, un moyen rapide sinon unique d'avoir une certaine idée de l'indice de réfraction d'une lentille mince.

Table 2
Valeurs théoriques de la puissance sphérométrique (F_s)
Impression Δn et Δn sur l'indice de réfraction

Puissance frontale	CR39 $\eta=1,498$	Crown $\eta=1,523$	Hoya LHI II $\eta=1,6$	Hoya LHI I $\eta=1,702$	Hoya THI $\eta=1,806$
$F'_f=$	$F_s=$				
-10,25	-10,91 $\Delta n=0,0058$ $\Delta n=0,0111$	-10,39 0,0061 0,0122	-9,05 0,0070 0,0161	-7,74 0,0082 0,0219	-6,74 0,0094 0,0288
-10,50	-11,17 0,0056 0,0108	-10,64 0,0059 0,0120	-9,27 0,0068 0,0157	-7,93 0,0080 0,0214	-6,90 0,0092 0,0281
-10,75	-11,44 0,0055 0,0106	-10,89 0,0058 0,0117	-9,50 0,0066 0,0153	-8,12 0,0078 0,0209	-7,07 0,0089 0,0275
-11,00	-11,71 0,0054 0,0104	-11,15 0,0057 0,0114	-9,72 0,0065 0,015	-8,30 0,0076 0,0205	-7,23 0,0087 0,0269
-11,25	-11,97 0,0053 0,0101	-11,40 0,0055 0,0112	-9,94 0,0064 0,0147	-8,49 0,0074 0,0200	-7,40 0,0085 0,0263
-11,50	-12,24 0,0051 0,0099	-11,65 0,0054 0,0109	-10,16 0,0062 0,0144	-8,68 0,0073 0,0196	-7,56 0,0084 0,0257
-11,75	-12,50 0,0050 0,0097	-11,91 0,0053 0,0107	-10,38 0,0061 0,0141	-8,87 0,0071 0,0192	-7,73 0,0082 0,0252
-12,00	-12,77 0,0049 0,0095	-12,16 0,0052 0,0105	-10,60 0,0060 0,0138	-9,06 0,0070 0,0188	-7,89 0,0080 0,0247
-12,25	-13,04 0,0048 0,0093	-12,41 0,0051 0,0103	-10,82 0,0058 0,0135	-9,25 0,0068 0,0184	-8,06 0,0078 0,0242
-12,50	-13,30 0,0047 0,0091	-12,67 0,0050 0,0101	-11,04 0,0057 0,0132	-9,44 0,0067 0,0181	-8,22 0,0077 0,0237
-12,75	-13,57 0,0046 0,009	-12,92 0,0049 0,0099	-11,26 0,0056 0,0130	-9,63 0,0066 0,0177	-8,38 0,0075 0,0233
-13,00	-13,84 0,0045 0,0088	-13,17 0,0048 0,0097	-11,48 0,0055 0,0127	-9,81 0,0064 0,0174	-8,55 0,0074 0,0229
-13,25	-14,14 0,0045 0,0086	-13,43 0,0047 0,0095	-11,70 0,0054 0,0125	-10,00 0,0063 0,0171	-8,71 0,0072 0,0224
-13,50	-14,37 0,0044 0,0085	-13,68 0,0046 0,0093	-11,92 0,0053 0,0123	-10,19 0,0062 0,0168	-8,88 0,0071 0,0220

Bibliographie

- 1 — Fowler, C. "Indication for the Usage of Modern High Index Spectacle Lens Materials", *The Optician*, 1976, 172 (4451): 20-27.
- 2 — Fowler, C. "The Best Form of High Index Spectacle Lenses",

- The Optician*, 1978, 175 (4518): 9.
- 3 — Bennett, A.G. "Ophthalmic Lenses", London, The Hatton Press, 1968: 44.
- 4 — Morgan, M. "The Optics of Ophthalmic Lenses", Chicago, The Professional Press, 1978: 65.