Minceur et légèreté des verres ophtalmiques

Dominique Meslin

Depuis que les verres de lunettes existent, les fabricants n'ont eu de cesse de les rendre toujours plus minces et plus légers pour répondre à la demande des patients. Ainsi, les indices de réfraction des matériaux ont été rendus plus élevés, les surfaces des verres ont été asphérisées, le surfaçage des verres a été réalisé au plus mince et, surtout, les lourds matériaux minéraux ont été remplacés par des matériaux organiques très légers.

En effet, pour offrir des verres à la fois esthétiques, grâce à leur minceur, et confortables, par leur légèreté, de nombreux paramètres doivent être combinés. Nous détaillons dans cet article les paramètres qui confèrent aux verres ophtalmiques leur minceur puis ceux qui leur apportent la légèreté.

Minceur d'un verre ophtalmique

La minceur d'un verre résulte de la combinaison de trois facteurs : l'indice de réfraction du matériau, l'asphérisation des surfaces et la minceur du surfaçage réalisé.

Effet de l'indice de réfraction du matériau

C'est le principal facteur de réduction de l'épaisseur d'un verre. Pour une puissance correctrice donnée, plus l'indice de réfraction du matériau est élevé, plus le verre est mince. Plus précisément, plus cet indice de réfraction est élevé, plus la capacité du matériau à dévier les rayons lumineux est forte, plus les courbures des faces avant et arrière du verre nécessaires pour produire une

puissance optique donnée sont plates et, en conséquence, plus le verre se révèle mince. C'est par l'augmentation de l'indice de réfraction du matériau qu'est obtenue la réduction d'épaisseur la plus importante (figures 1 et 2).

Extrait adapté du Cahier d'Optique Oculaire « Matériaux & Traitements » d'Essilor, publication de Varilux® University, 68 pages, 2010. Version complète disponible sur www.varilux-university.org

Opticien, directeur de Varilux University, Paris – meslind@essilor.fr

Indice de réfraction

Il caractérise la vitesse de propagation de la lumière dans un milieu transparent par rapport à la célérité de la lumière dans le vide. Il mesure ainsi la capacité d'un milieu transparent à réfracter, c'est-à-dire à dévier, la lumière à la limite de séparation de deux milieux (dioptre). Il donne donc une évaluation de la capacité du matériau à produire un effet optique.

L'indice de réfraction d'un milieu transparent est le rapport n = C/V, C étant la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et V la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu. Cet indice est un nombre – sans unité et toujours supérieur à 1 – qui quantifie le pouvoir réfractant du milieu : plus l'indice de réfraction est élevé, plus la déviation d'un faisceau de lumière passant de l'air à ce milieu est forte.

Les indices de réfraction des matériaux utilisés en optique ophtalmique varient de 1,5 pour les matériaux les plus traditionnels jusqu'à 1,76 (en organique) et 1,9 (en minéral) pour les matériaux les plus récents (tableau I).

Effet de l'asphérisation des surfaces

L'asphérisation des surfaces est un facteur indirect de réduction de l'épaisseur : elle permet de réaliser des verres plus plats et, en conséquence, plus minces. Plus précisément, l'asphérisation autorise l'utilisation de bases – ou courbures de la face avant du verre – plus plates sans altération des qualités optiques du verre.

Traitements

LES CAHIERS D'OPTIQUE OCUL

Optique

Pour les verres convexes, la flèche de la surface avant (c'est-à-dire sa « hauteur ») est ainsi rendue plus faible et l'épaisseur au centre du verre peut alors être légèrement diminuée par rapprochement de la surface arrière ; par ailleurs, l'aplatissement global du verre contribue à l'impression de minceur. Pour les verres concaves, naturellement plats, l'effet de l'asphérisation sur l'épaisseur est moindre mais reste significatif.

Cette asphérisation « optique » ne doit pas être confondue avec l'asphérisation « géométrique », sorte de congé périphérique parfois réalisé au bord des verres de fortes puissances et qui relève plus de la géométrie que de l'optique...

Effet de la minceur du surfaçage

Un facteur important de réduction de l'épaisseur d'un verre est la faculté pour le fabricant de le surfacer mince.

1) Effet de l'indice de réfraction

2) Effet de l'asphérisation

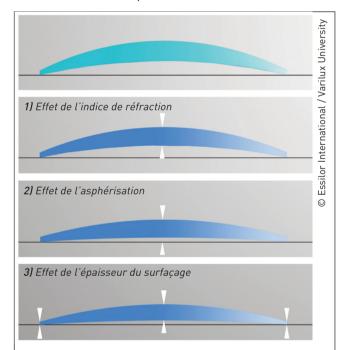
3) Effet de l'épaisseur du surfaçage

Pour un verre de puissance -6,00 D en diamètre 65 mm, utiliser un matériau d'indice 1,6 permet, à épaisseur au centre identique, de réduire l'épaisseur au bord de 1,5 mm par rapport au même verre réalisé en matériau d'indice 1,5 (7,5 mm vs 9,0). L'asphérisation y ajoute une réduction complémentaire de 0,4 mm et rend le verre légèrement plus plat. Le surfaçage mince permet de gagner encore 0,8 mm (1,2 mm vs 2,0). Au total, la réduction d'épaisseur est de 2,7 mm (6,3 mm vs 9,0) soit 30 %.

Figure 1. Effets de l'indice de réfraction (1), de l'asphérisation (2) et de la minceur du surfaçage (3) pour un verre de puissance -6,00 D.

En fonction des propriétés mécaniques du matériau – rigidité et solidité – les possibilités varient considérablement : ainsi, l'épaisseur minimale réalisable au centre d'un verre concave peut varier de 1,0 mm à plus de 2,0 mm selon les matériaux et les puissances ; de la même manière, l'épaisseur minimale au bord d'un verre convexe, au point le plus mince, peut varier de moins de 0,5 mm à plus de 1,0 mm.

Par ailleurs, l'épaisseur du verre varie aussi en fonction du type de montage de lunettes à réaliser : par exemple, pour une monture « cerclée », l'épaisseur minimale recommandée au bord du verre est de 0,8 mm ; elle est de 1,6 à 2,2 mm pour un montage de type « Nylor » (ou à fil) ; pour une monture « percée », l'épaisseur minimale aux points de perçage varie de 1,8 à 2,3 mm selon les matériaux. Ces recommandations visent à s'assurer de la résistance mécanique du verre une fois monté.



Dans les mêmes conditions, la réduction d'épaisseur au centre d'un verre de puissance +4,00 D en diamètre 65 mm obtenue grâce au matériau d'indice 1,6 est de 0,6 mm ; le gain complémentaire procuré par l'asphérisation est de 0,2 mm et s'accompagne d'un net aplatissement du verre ; enfin, un gain de 0,5 mm est apporté par le surfaçage mince. Au total, la réduction d'épaisseur est de 1,3 mm (4,1 mm vs 5,4) soit près de 25 %.

Figure 2. Effets de l'indice de réfaction (1), de l'asphérisation (2) et de la minceur du surfaçage (3) pour un verre de puissance +4,00 D.

Il va de soi qu'en utilisant un indice de réfraction plus élevé et des surfaces asphérisées, la réduction d'épaisseur serait encore plus significative : avec un indice 1,74, elle serait, par rapport à l'indice 1,5, de 3,8 mm (5,2 vs 9,0) pour le verre de -6,00 D et de 2,7 mm (2,7 vs 5,4) pour le verre de +4,00 D, soit une réduction de près de 50 %. Par ailleurs, un choix judicieux de monture et le précalibrage des verres permettent encore de réduire l'épaisseur.

Optique

Enfin, l'épaisseur qui importe étant celle des verres détourés, le choix de la monture par l'opticien et l'optimisation de l'épaisseur des verres jouent un rôle important. Afin d'obtenir des verres les plus minces, la monture doit être choisie de façon à minimiser le diamètre du verre nécessaire au centrage, c'est-à-dire qu'elle doit être de petite taille, de forme arrondie et d'écart proche de l'écart pupillaire du patient. Par ailleurs, les verres doivent être « précalibrés » c'est-à-dire avoir une épaisseur calculée et minimisée en fonction exacte de la forme de la monture et du centrage ; cette technique est particulièrement efficace pour la réduction d'épaisseur des verres convexes.

En résumé, la minceur d'un verre ophtalmique résulte de la combinaison de plusieurs facteurs : le choix d'un matériau d'indice élevé permet un gain d'un à plusieurs millimètres, l'usage de l'asphérisation y ajoute une réduction de quelques dixièmes de millimètres et la minceur du surfaçage réalisé peut encore faire gagner quelques dixièmes. Au total, entre un verre sphérique d'indice 1,5 et un verre asphérique d'indice 1,74, l'épaisseur est en moyenne réduite de près de 50 %.

Par ailleurs, le choix de la monture et le précalibrage des verres, se cumulent aux effets précédents et permettent un gain supplémentaire de l'ordre du millimètre. Ainsi, les savoir-faire conjugués du fabricant et de l'opticien permettent de proposer aux patients les verres détourés les plus minces et donc les plus esthétiques.

Légèreté d'un verre ophtalmique

La légèreté d'un verre résulte de la combinaison de sa minceur et de la légèreté du matériau utilisé pour sa fabrication. Plus précisément, c'est la combinaison du volume du verre et de la masse volumique du matériau qui détermine le poids du verre.

Le volume du verre dépend de la géométrie de ses surfaces (donc directement de la puissance du verre), de la forme et des dimensions du calibre de la monture et de l'épaisseur nécessaire pour assurer la robustesse du verre et en permettre le montage (épaisseur minimale au centre des verres concaves ou épaisseur minimale au bord des verres convexes).

La masse volumique quantifie, en g/cm³, le poids du matériau. Elle dépend de la nature du matériau et de sa composition chimique et varie considérablement : de 1,1 g/cm³ pour les matériaux organiques les plus légers à près de 4,0 g/cm³ pour les matériaux minéraux les plus lourds (tableau I). En général, plus l'indice de réfraction d'un matériau est élevé et plus sa masse volumique augmente, puisque l'augmentation de l'indice de réfraction

est obtenue par l'introduction d'atomes lourds dans la structure chimique du matériau.

Les verres les plus légers sont donc obtenus par la meilleure combinaison de minceur du verre et de légèreté du matériau c'est-à-dire par l'optimisation simultanée de l'épaisseur (indice + asphérisation + surfaçage) et de la masse volumique.

Tableau I. Principaux matériaux organiques et minéraux.

Matériaux organiques			
Catégories	Noms de marque	Indice de réfraction (n _e)	Masse volumique (g/cm³)
Bas indice	Orma® (Essilor)	1,502	1,32
Bas indice	Trivex® (PPG)	1,533	1,11
Moyen indice	Airwear® (Essilor)	1,591	1,20
Moyen indice	Ormix® (Essilor)	1,596	1,31
Haut indice	Stylis® (Essilor))	1,665	1,36
Très haut indice	Lineis® (Essilor)	1,734	1,47
Matériaux minéraux			
Catégories	Noms de marque	Indice de réfraction	Masse
		(n _e)	(g/cm ³)
Bas indice	Stigmal 15® (Essilor)		
Bas indice Moyen indice	Stigmal 15® (Essilor) Stigmal 16® (Essilor)	(n _e)	(g/cm ³)
		(n _e) 1,525	(g/cm ³) 2,61
Moyen indice Haut indice	Stigmal 16® (Essilor)	(n _e) 1,525 1,604	(g/cm ³) 2,61 2,63
Moyen indice Haut indice	Stigmal 16® (Essilor) 17 (BBGR)	(n _e) 1,525 1,604 1,705	2,61 2,63 3,21

- L'indice de réfraction n_e est celui correspondant à la radiation le
 564,07 nm (raie verte du mercure) selon les normes européennes.
- La masse volumique donne, en g/cm³, une quantification précise du poids du matériau, mais ne permet qu'une évaluation approximative du poids du verre. Elle ne peut pas être utilisée comme seule donnée pour comparer le poids des verres. Seul le poids du verre détouré, combinaison de son volume exact et de la masse volumique du matériau, peut permettre une comparaison précise et pertinente.

Conclusion

Ce sont les matériaux qui combinent à la fois un indice de réfraction élevé, une faible masse volumique et la faculté d'être surfacés minces qui permettent de réaliser les verres les plus minces et les plus légers. À ce jeu, ce sont les matériaux organiques d'indice élevé et de faible densité, et plus particulièrement le polycarbonate, qui apportent aujourd'hui la meilleure réponse.