

# LES SURFACES ASPHÉRIQUES

## UNE NÉCESSITÉ ABSOLUE ?

Par Dominique Naneix ood



**Depuis une quinzaine d'années, la popularité des surfaces asphériques n'a cessé de grandir, à tel point qu'aujourd'hui rares sont les paires de lunettes livrées sans ce perfectionnement et qu'on a souvent l'impression que tout a déjà été dit à leur sujet. Pourtant, en dehors du vocable véhiculé par la publicité, notre clientèle ne comprend pas toujours le bien-fondé de cette technologie et des coûts qui y sont associés.**

**Ce résumé d'une conférence donnée par Dominique Naneix ood tente de vulgariser les concepts, les problèmes et leurs solutions.**

**D**urant la première moitié du vingtième siècle, les lentilles asphériques ont été utilisées exclusivement en optique instrumentale. Il faut attendre le début des années soixante-dix pour qu'elles fassent leur apparition en optique ophtalmique. Alors réservées aux aphaques (opérés de la cataracte), elles ont bien failli disparaître à la fin de la même décennie avec l'arrivée des implants intraoculaires. Et, contrairement à toutes attentes, non seulement font-elles encore partie de notre panoplie d'instruments professionnels, mais elles sont plus omniprésentes que jamais.

Que s'est-il passé? Alors que les difficultés techniques de fabrication et le coût qu'elles entraînaient auraient dû réserver ces lentilles à une minorité de cas «lourds», deux révolutions, situées à cheval sur la fin des années 70 et le début des 80, allaient bouleverser toutes les données du problème.

D'abord, l'industrie de l'optique ophtalmique subissait à cette époque de profonds bouleversements dus à l'avènement de la micro-informatique et de sa conséquence logique : la conception et la fabrication assistées par ordinateur. Sortant l'optique ophtalmique de l'ère artisanale, ces nouvelles technologies permirent la création et la fabrication plus faciles, à coût abordable, de surfaces optiques à géométrie hautement sophistiquée.

Ensuite, une clientèle nouvelle, exigeante, sûre de ses droits, faisait son apparition : les baby-boomers. Élevés dans l'ambiance euphorique du renouveau d'après-guerre, habitués à toujours aller de l'avant, de progrès en progrès, d'amélioration en amélioration, ils constituent une classe de clientèle peu encline à se contenter des mêmes verres que leurs parents et surtout peu intéressée à leur ressembler. Désireux de ne tolérer aucun inconvénient, aucun inconfort, refusant systématiquement la simple idée qu'eux aussi doivent vieillir, ces nouveaux clients ont provoqué – et pas seulement en optique – une demande colossale pour des produits sophistiqués.

### UNE TRÈS VIEILLE HISTOIRE

Les phénomènes optiques à l'origine de cette sophistication ne sont pas nouveaux. Déjà, au XVI<sup>e</sup> siècle, Descartes, Pascal, Kepler puis Newton, pour ne nommer que ceux-là, avaient constaté et expliqué les imperfections d'image produites par la périphérie des lentilles sphériques. Mais les solutions à ce problème nécessitaient un tel degré de sophistication technique qu'on se contentait, à l'époque, de diaphragmer (obstruer) les zones périphériques des lentilles, pour ne laisser passer la lumière que par la zone centrale.

Une telle solution rendait les images dans les instruments très peu claires, et

était évidemment inapplicable à la lunetterie. Personne n'accepterait de circuler avec des verres de lunettes opaques, à l'exception d'une ouverture centrale de moins d'un centimètre de diamètre. Il fallut attendre le début de ce siècle, avec la publication en 1904 des travaux de Marius Tscherning, pour qu'une première solution, applicable en lunetterie, soit envisagée. Il s'agissait, parmi tous les designs possibles pour manufacturer une lentille de lunettes, de sélectionner précisément la courbure de base qui nuit le moins à la qualité du champ périphérique. Basés sur les travaux plus anciens d'Ostwalt et de Wollaston, les verres de Tscherning avaient l'avantage d'être peu coûteux puisque réalisés exclusivement à l'aide de surfaces sphériques. En contrepartie, ils imposaient des courbures tellement prononcées que l'aspect inesthétique des «yeux de grenouille» provoqués par de tels verres en a grandement limité la diffusion. Et, de toutes façons, la correction du problème par cette méthode n'était qu'un pis aller. Une solution complète aurait exigé des surfaces complexes, irréalisables à l'époque autrement qu'à la pièce, donc à un coût prohibitif.

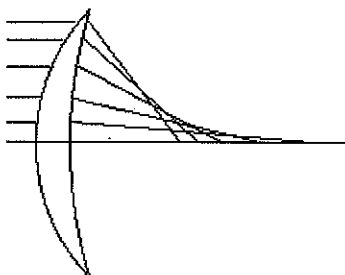
### LA VRAIE NATURE DU PROBLÈME

Le rêve le plus fou de tout opticien serait une lentille capable de former une image absolument identique à l'objet, sans

aucune déformation, quelle que soit la direction dans laquelle le patient regarde. Cela n'est possible que si les surfaces du verre sont capables de dévier la lumière selon un protocole absolument rigoureux : la formation stigmatique d'une image.

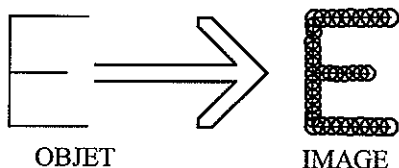
En clair, cela signifie que le système d'éclairage (soleil, lampe, etc.) éclaire l'objet observé, et que chaque point de cet objet réfléchit une partie de la lumière qu'il reçoit en direction de la lentille. L'image sera parfaite si ladite lentille collecte cette lumière et la dévie de façon à la faire converger avec précision en un seul autre point. C'est ainsi que, point après point, se reconstitue une réplique exacte de l'objet : son image.

Malheureusement, les surfaces sphériques sont incapables d'une telle performance. Si la partie centrale du verre respecte presque exactement les lois de l'optique géométrique lorsque l'objet observé est situé en face ou presque en face du patient, il n'en reste pas moins vrai que dans certaines conditions, la qualité des images est affectée par toutes sortes d'aberrations depuis la coma jusqu'au chromatisme en passant par toute la panoplie des phénomènes indésirables qui causent tant de maux de tête aux physiiciens. Parmi ces problèmes, deux seulement affectent véritablement la vision des porteurs de lunettes : l'aberration de sphéricité et l'astigmatisme des faisceaux obliques. Ces deux termes reviennent systématiquement sur le tapis dès qu'on parle de lentilles asphériques, mais ils sont rarement explicités.



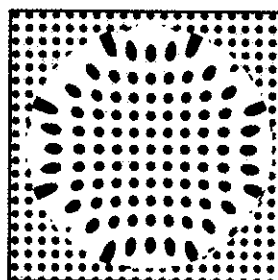
L'aberration de sphéricité est due au fait qu'une surface sphérique n'est pas parfaitement stigmatique. En d'autres termes, la lumière issue d'un point qu'elle collecte n'est pas déviée de façon à ce que tous les rayons passent par un même point. De fait, au lieu de se diriger vers un point image unique, les rayons qui passent hors du centre sont trop déviés, et ce phénomène est d'autant plus marqué que la lumière utilise une zone du verre éloignée du centre. Tout se passe donc comme si les bords de la lentille étaient trop puissants. Par chance, la zone du verre utilisée par l'œil est limitée par la pupille. Ainsi, lorsque le regard est dirigé droit devant soi, c'est-à-dire la plupart du temps, l'œil ne reçoit qu'un faisceau étroit, passant par le centre du verre, et la vision n'est que très peu affectée. Le

problème devient plus aigu lorsque le regard tourne derrière le verre. L'action de la pupille devient alors défavorable, puisqu'elle sélectionne la lumière affectée par une zone de verre trop puissante. Il en résulte un déplacement de l'image en avant de sa position idéale, ce qui constitue une sorte de myopie artificielle. En effet, l'image rétinienne d'un point n'est plus un point mais une tache. La vision est donc floue.



Sans insister sur le phénomène, rappelons tout de même que cette aberration est de type «sphérique», c'est-à-dire qu'elle affecte la netteté des images, mais qu'elle ne change pas les proportions. Et comme elle n'affecte que les bords du champ (rayons passant loin du centre), elle constitue somme toute le moindre des deux défauts des surfaces sphériques.

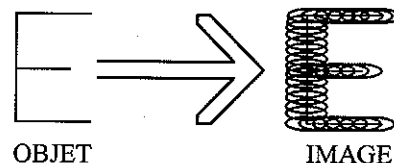
L'astigmatisme des faisceaux obliques représente, quant à lui, un tout autre défi. Ce défaut affecte la lumière qui traverse une surface sphérique sous un angle d'incidence prononcé. Par conséquent, la lumière reçue d'objets situés sur les bords du champ visuel est affectée, même si elle traverse le centre du verre. C'est dire que, contrairement à l'aberration de sphéricité qui ne se manifeste qu'en vision latérale, l'astigmatisme des faisceaux obliques est omniprésent et déforme en permanence la vision sur les bords du champ visuel, même lorsque le regard est dirigé droit devant soi. Il est aisé de comprendre, dans ces conditions, que cet astigmatisme est plus inconfortable que l'aberration de sphéricité.



De façon plus concrète, le faisceau de rayons lumineux issu de tout point de l'objet est comme aplati, ovalisé. Il s'ensuit que l'image de chaque point est une ellipse et, comme tout objet est constitué d'une infinité de points, il est perçu comme une infinité d'ellipses, ce qui non seulement crée un flou, mais en plus modifie les proportions relatives de l'image. En résumé, l'astigmatisme des faisceaux obliques se

caractérise par un flou et une déformation des parties latérales de l'image, ces deux phénomènes se produisant même si le patient regarde devant lui.

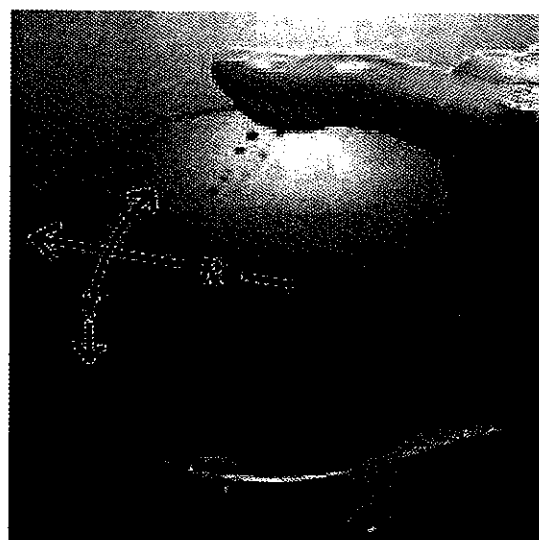
Autrement dit il est, et de loin, le pire des deux phénomènes.



### IL EXISTE UNE INFINITÉ DE SOLUTIONS LE TOUT EST DE CHOISIR LA BONNE.

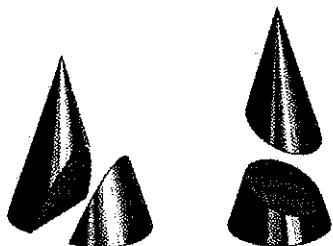
Sur le plan purement historique, des solutions, du moins partielles, existent depuis longtemps. On l'a mentionné plus haut : les verres selon Tscherning réglèrent – en partie seulement – le problème. Mais ils présentaient un aspect très bombé, particulièrement inesthétique, et ils n'offraient pas de solution pour toutes les puissances. Pour ces raisons, ils ont été abandonnés dès l'apparition des premiers asphériques, si bien que seuls les plus vieux d'entre nous se souviennent d'avoir vendu des verres dits «ponctuels» de source Européenne, ou encore la ligne «Tyller» d'American Optical.

Les vraies solutions ont fait leur apparition dans la fin des années 60 avec les surfaces dites asphériques. Réservées alors aux lentilles «plus» de forte puissance, elles étaient rendues très coûteuses du fait des moyens de design et de production de l'époque et, de ce fait, écartées du marché régulier. La conception et la fabrication assistées par ordinateur les ont considérablement démocratisées depuis, mais c'est toujours le même principe fondamental qui est utilisé aujourd'hui.



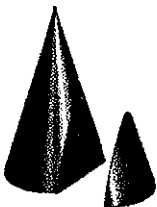
Puisque les bords du verre sont trop puissants pour les besoins du porteur, la courbe qui corrige ce défaut doit avoir un rayon variable. Plus précisément, elle doit s'aplatir vers le bord dans le cas des verres «plus» ou, au contraire, se cambrer dans le cas des verres «moins». C'est ce que nous appellerons l'aplatissement radial (cas des «plus») ou la cambrure radiale (cas des «moins»). Mais comme les bords de la lentille créent aussi un astigmatisme indésirable, la direction perpendiculaire de la courbe (que nous appellerons tangentielle), doit être modifiée pour compenser cet astigmatisme. Il en résulte une surface en ogive, comme la pointe d'un œuf, dont le rayon, d'une pointe à l'autre, varie régulièrement, sans jamais être égal au rayon de l'autre direction, celle qui fait le «tour de l'œuf».

La correction parfaite des aberrations réside dans le dosage de ces deux courbures. Malheureusement, l'élimination totale et simultanée de l'aberration de sphéricité et de l'astigmatisme des faisceaux obliques est mathématiquement impossible. On peut éliminer l'un en laissant subsister une bonne part de l'autre ou vice-versa. On peut aussi s'organiser pour les réduire simultanément tous les deux à un niveau acceptable, en mettant un accent particulier sur la correction de l'astigmatisme, puisque c'est lui qui nuit le plus à la qualité de la vision. C'est évidemment la solution choisie par la majorité des manufacturiers. Plusieurs courbes peuvent être utilisées à cette fin, et l'industrie de l'optique en retient, généralement trois : la parabole, l'hyperbole et l'ellipse. En langage mathématique, ces trois courbes font partie de la famille des coniques, puisqu'elles résultent toutes de la section d'un cône par un plan. Ainsi, lorsque le plan de section coupe le cône de façon transversale, on obtient l'ellipse, s'il est parallèle à l'axe du cône, c'est l'hyperbole, et s'il est parallèle au côté du cône, c'est la parabole.



Parabole

Ellipse



Hyperbole

Du point de vue purement optique, la parabole donne d'excellents résultats par réflexion. Elle est donc utilisée principalement comme miroir : réflecteurs dans les phares d'automobiles, dans les lampes de poche de haute qualité, derrière la lampe des projecteurs de cinéma, etc. Elle nous rappelle même que l'optique n'est pas un phénomène particulier, et que la lumière est une onde comme les autres : les ondes de télévision sont reçues par réflexion sur une surface parabolique, comme en témoignent les nombreuses coupoles qui, de plus en plus, ornent nos toits et même nos balcons. Mais pour le verre de lunettes, pas besoin de miroir. On élimine donc la parabole.

L'ellipse, quant à elle, donne de bons résultats dans la vision des objets rapprochés. Elle a donc été populaire dans la correction des opérés de cataracte avant

l'invention des implants intraoculaires. Elle permettait un compromis acceptable entre les besoins de la vision de loin et ceux de la vision de près. Depuis ce temps, les aphaques (opérés de cataracte) bénéficient d'implants intraoculaires et n'ont plus, pour leurs lunettes, de besoins particuliers. L'ellipse, à son tour, a pris le chemin du musée.

La courbe employée actuellement est donc, très majoritairement l'hyperbole. De forme grossièrement ovoïde à son sommet, elle réunit toutes les conditions énoncées plus haut : courbure variable dans le sens radial pour corriger l'aberration de sphéricité et courbure tangentielle différente pour contrer l'astigmatisme des faisceaux obliques. Combien de fois avons-nous vendu une lentille asphérique dont le nom commercial contenait le mot «hyper»? Ne cherchez plus, c'est pour ça!

Choisir l'hyperbole n'est pas tout. Il en existe une infinité de versions différentes, caractérisées par leur excentricité. En termes simples, une hyperbole peut être plus ou moins aplatie, et chacune de ces possibilités a ses propriétés optiques particulières. Ainsi, une excentricité corrige au mieux les aberrations d'une lentille de +3,00 dioptries, mais ne convient pas du tout à celle de +6,00. Et idéalement, chaque puissance devrait avoir son propre design asphérique. Cela est peut-être exagéré, mais les fabricants sérieux font varier l'excentricité de leurs produits en fonction de la courbure de base. Ils offrent ainsi à chaque catégorie de puissance une correction optimale. Il serait évidemment moins coûteux d'utiliser le même concept pour tous les produits, mais la correction ne serait parfaitement adaptée qu'à une seule puissance.



Un cône génère plusieurs types d'hyperboles

Alors, pensons y deux fois avant de décréter que l'asphérique du fabricant Jacques est trop cher par rapport à celui du fabricant Pierre! Il y a peut-être une énorme différence de qualité entre les deux produits. Il y a déjà plusieurs années (1991), une étude menée par Collin Fowler, chercheur à la Aston University et Franck Norville, président de Norville Optical Co., montrait clairement que les différences d'efficacité entre les différentes marques et produits de l'époque pouvaient aller de la quasi perfection à la simple poudre aux yeux. Il s'est même trouvé dans le lot des produits tellement asphériques qu'ils induisaient par surcorrection des défauts optiques pires que le défaut initial du verre ordinaire équivalent! Nous n'avons pas

connaissance d'études indépendantes plus récentes concernant les produits actuels, mais rien ne laisse croire que la situation ait pu changer de façon drastique.

De même, chaque excentricité est calculée pour les besoins d'une gamme de puissance particulière, associée à l'usage d'une courbure de base. Pensons y également à deux fois avant d'exiger de notre laboratoire l'exécution d'une prescription avec une courbure non standard. C'est techniquement possible, mais la qualité globale du produit s'en trouve diminuée.

### LES AVANTAGES DE L'ASPHÉRICITÉ SONT MULTIPLES. À CONDITION DE SAVOIR SE MÉFIER DES MYTHES ET IDÉES FAUSSES

Les avantages des lentilles asphériques étant maintenant bien connus de tous, nous nous contenterons de les rappeler brièvement :

- Amélioration notable de la qualité du champ périphérique.
- Réduction d'épaisseur due à la variation de la courbure antérieure.
- Réduction de la courbure de base des «plus», améliorant l'esthétique.
- Réduction du grossissement du à la réduction de courbure, d'épaisseur et de distance vertex. Ce fait améliore l'esthétique du porteur (yeux vus moins grossis), mais aussi agrandit son champ de vision (plus le grossissement est fort, plus le champ est étroit).

Encore faut-il, pour profiter de ces avantages, que les lentilles soient convenablement ajustées. Et comme la surface asphérique n'est pas uniforme, il est important que son axe de symétrie, celui qui passe par le sommet de l'hyperbole, soit aligné avec le centre de rotation de l'œil. À cause de l'angle pantoscopique (généralement de 7 à 10 degrés), cela implique que le centre du verre soit monté de 3 à 4 mm plus bas que le centre pupillaire.

Dans ces conditions, le praticien avisé guidera son client vers des montures compatibles avec ce décalage, de façon à ce que les lentilles soient malgré tout centrées verticalement dans le cercle. L'esthétique de l'ensemble en sera grandement améliorée.

### EN TERMINANT, MÉFIONS NOUS DE QUELQUES IDÉES FAUSSES.

Il convient aussi de se méfier de quelques croyances. En effet, beaucoup d'erreurs ont cours à propos des lentilles asphériques et de la façon de les apprécier. En voici les trois principales :

• **CROYANCE No 1 :** l'asphéricité d'une lentille (coefficient d'aplatissement) peut se mesurer avec un sphéromètre (lensclock). Rien n'est plus faux. À part rayer le verre, le sphéromètre peut nous dire grossièrement si une surface est asphérique ou non, mais ne permet pas de distinguer les différents types d'asphériques entre eux. La zone de mesure du sphéromètre (15 à 25 mm, suivant modèle) est beaucoup trop étendue pour fournir une mesure locale assez fiable. L'étude des surfaces asphériques nécessite des moyens techniques complexes.

• **CROYANCE No 2 :** l'asphéricité est faite pour corriger toute variation indésirable de puissance à la surface du verre. Donc mon frontofocomètre (lentimètre) devrait indiquer une puissance constante en tout point de la lentille. Faux également. Le frontofocomètre analyse la lentille perpendiculairement à sa surface postérieure. Pour que les effets de l'asphéricité se fassent sentir lors de la mesure, il faudrait que le verre soit incliné de façon à simuler la rotation de l'œil derrière la lentille. Un lentimètre équipé de ce dispositif s'appelle un frontoastigmomètre.

• **CROYANCE No 3 :** Les verres asphériques pour myopes réduisent l'épaisseur du verre, mais n'ont pas d'effets bénéfiques au niveau du champ de vision. En effet, le myope qui regarde de côté est aidé par le prisme induit par son verre et n'utilise que le centre des lentilles. Cette affirmation est **PARTIELLEMENT FAUSSE**. En fait, elle n'est vraie que pour les très forts myopes. Chez la majorité d'entre eux, le prisme induit est insuffisant pour leur éviter de visiter le bord de leurs verres.

• **CROYANCE No 4 :** En faisant une lentille ordinaire avec une courbure plus plate que normale, j'offre à mon client l'esthétique des asphériques sans lui en faire payer le coût. **FAUX** également. Peut-être évite-t-il le coût financier, mais pas le coût physique, puisqu'en aplatissant la base d'un verre régulier on s'éloigne de la ponctualité selon Tscherning et on **AUGMENTE** les aberrations latérales que le verre asphérique, lui, est censé éliminer.

Finalement, en un mot comme en cent, une lentille à surface asphérique présente une indéniable amélioration au niveau de la vision latérale, à condition que toutes les règles du jeu soient scrupuleusement respectées.

