

REVUES GÉNÉRALES

Cataracte

Choix de la sphéricité optimale d'un implant pour la chirurgie de la cataracte

RÉSUMÉ : Les implants asphériques négatifs ont démontré leur supériorité sur les implants sphériques en améliorant la sensibilité aux contrastes en condition mésopique et scotopique tout en ne dégradant pas l'acuité visuelle de loin. Néanmoins, les études récentes démontrent le compromis nécessaire entre aberration sphérique totale minimisée, sensibilité aux contrastes optimisée et moindre profondeur de champ. Or la profondeur de champ est particulièrement importante chez les patients pseudophaques car c'est par elle que peut être restauré un confort en vision de près. La profondeur de champ de l'œil humain est dépendante de facteurs externes (luminance, contraste de l'objet, fréquence spatiale) et de facteurs internes oculaires (diamètre pupillaire, acuité visuelle, âge, état accommodatif, et bien sûr aberrations optiques du système visuel : aberrations de bas ordre corrigées par la réfraction sphéro-cylindrique et aberrations de haut ordre telles que la coma, le trefoil, l'aberration sphérique). Même si l'instauration d'une bascule myopique sur l'œil dominé permet l'augmentation de la profondeur de champ binoculaire, la tolérance interindividuelle à cette monovision est variable. L'aberration sphérique est responsable d'une défocalisation en avant des rayons passant par la périphérie d'une surface optique. Cette seconde " focale " peut être perçue par l'œil du sujet : l'aberration sphérique constitue donc un des moyens de générer de la multifocalité. Une bascule d'aberration sphérique, sans bascule myopique, optimisée en fonction de la dominance oculaire, semble permettre une optimisation de la profondeur de champ binoculaire sans grever la vision stéréoscopique.



→ **Y. NOCHEZ, P.J. PISELLA**
CHU Bretonneau,
TOURS.

Depuis quelques années, la chirurgie de la cataracte est en pleine évolution. Elle a pu bénéficier de plusieurs évolutions simultanées : la réduction de la taille des incisions tout en maintenant une grande sûreté et maniabilité lors de la chirurgie, le développement de l'aberrométrie et de l'analyse objective de la qualité de vision, et enfin l'évolution optique des implants. Ces nouveaux implants ont profité de l'évolution conjointe de la contactologie et de la chirurgie réfractive, afin de fournir aux patients de nouvelles normes et de nouvelles exigences à la chirurgie de la cataracte.

Nous nous proposons d'expliquer succinctement tout d'abord ce qu'est une aberration optique, en particulier l'aberration sphérique (AS), puis son intérêt dans la chirurgie actuelle de la cataracte et, enfin, son utilisation potentielle dans l'avenir.

L'aberration sphérique : qu'est-ce donc ?

Une aberration optique est l'ensemble des déformations qu'un front d'onde subit lorsqu'il passe à travers une surface optique. Ces déformations sont mathématiquement décomposées en aberra-

REVUES GÉNÉRALES

Cataracte

tions élémentaires, facilitant la quantification et l'action de chacune d'entre elles. Ces aberrations élémentaires, appelées "polynômes de Zernike", sont gradées en ordre en fonction de l'influence qu'elles ont sur le front d'onde (second ordre pour la myopie, l'hypermétropie et l'astigmatisme, de troisième ordre pour la coma et le tréfoil et enfin de quatrième ordre pour l'aberration sphérique). Leur valeur numérique est en microns.

Concernant la myopie ou l'hypermétropie, il s'agit d'une aberration de second ordre appelée "défocus" car le front d'onde est simplement défocalisé de façon plane, en avant de la rétine pour la myopie et en arrière pour l'hypermétropie.

L'aberration sphérique (AS) est générée au travers d'une surface optique sphérique (dont le rayon de courbure est identique en tout point). Un rayon lumineux passant par la périphérie de cette surface est focalisé en avant de celui passant par le centre (**fig. 1**). Une surface est dite "asphérique" lorsque le rayon de courbure en périphérie est différent de celui du centre.

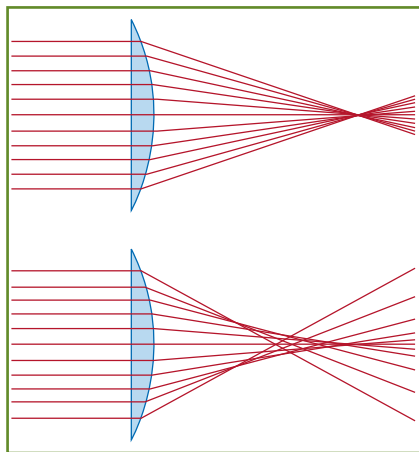


FIG. 1 : La lentille du bas est sphérique : elle génère de l'aberration sphérique car les rayons passant à la périphérie de la surface optique sont défocalisés en avant de ceux passant par le centre. La lentille du haut est dite "asphérique".

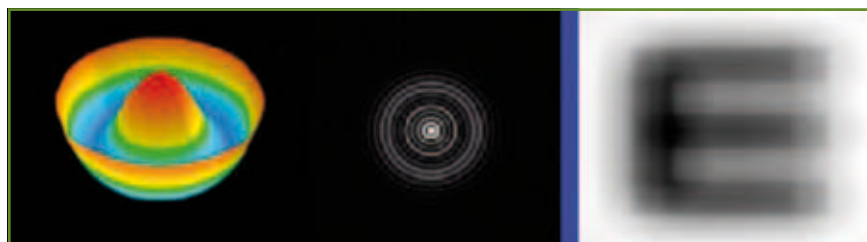


FIG. 2 : Représentation spatiale en 3D de l'AS. Représentation spatiale de face de la fonction de dispersion d'un point lumineux. Image dégradée par de l'AS.

La représentation de face et en 3D de l'aberration sphérique est illustrée sur la **figure 2**. Les points passant par le centre de la surface sphérique sont focalisés distinctement au centre (point rouge central sur l'image en 3D). Les points passant par la périphérie de la surface sphérique sont défocalisés en avant (anneau bleu sur l'image en 3D). On comprend aisément que l'AS dégrade l'image d'un point, en générant notamment des halos concentriques.

Cela a deux conséquences :

- L'AS dégrade la qualité d'une image en étalant la fonction de dispersion de ce point et en diminuant l'énergie lumineuse du point central. Les contrastes de l'image en ressortent amoindris (**fig. 2**).
- L'AS est une déformation symétrique du front d'onde. Elle est responsable d'une défocalisation en avant des rayons passant par la périphérie de la surface optique sphérique. Cette seconde "focale" peut être perçue par l'œil du sujet : l'aberration sphérique est un des moyens de générer de la multifocalité. En effet, le point central n'est nullement myopisé, il assure une vision de loin parfaite alors que les anneaux périphériques de l'aberration sphérique peuvent être capables d'assurer une profondeur de champ suffisante pour une vision intermédiaire et une vision de près.

L'AS constitue donc un compromis entre dégradation de la qualité de vision (halos, flou et baisse de la sensibilité aux contrastes) et confort visuel en augmentant la profondeur de champ : une AS nulle donne une focalisation précise

mais sans aucune tolérance au défocus, sans aucune profondeur de champ.

L'aberration sphérique : son intérêt

La cornée n'est pas une surface sphérique, car son rayon de courbure au centre est plus petit que le rayon de courbure en périphérie. Sa géométrie (ou aphéricité) génère donc une déformation optique (ou AS) du front d'onde lumineux la traversant. Comme la cornée est plus puissante au centre qu'en périphérie, elle génère de l'aberration sphérique (en moyenne 0,27 μm mesurée au travers d'une pupille de 6 mm). Le cristallin génère lui aussi des aberrations optiques (dont de l'AS par ses variations de rayons de courbure). Elles sont difficiles à apprécier en raison des variabilités de géométrie liées à l'accommodation et à l'âge. L'AS du cristallin jeune est généralement négative, de signe opposé à celle de la cornée. Ainsi, cette lentille à l'état de repos tend à compenser l'AS d'origine cornéenne. L'augmentation du volume du cristallin avec l'âge et certaines modifications structurales (variation du gradient d'indice réfractif et sphérisation des surfaces) tendent à minimiser progressivement l'aphéricité cristallinienne tout au long de la vie, ce qui a pour effet d'augmenter progressivement l'AS oculaire totale [1].

Il y a une dizaine d'années, Artal *et al.* [2] ont comparé, chez des patients phaqes, la valeur de l'AS cornéenne mesurée "directement" à l'aide d'un cornéotopo-

graphe avec celle calculée par l'équation mathématique (AS totale mesurée par un aberromètre – AS interne mesurée par un aberromètre après immersion de la cornée dans un bain de sérum physiologique de manière à annuler les aberrations cornéennes). Il s'agit d'une approximation inhérente à la mesure puisque le système de mesure est en transformées de Fourier. Cependant, elle est suffisante pour l'exercice clinique et rendue possible par la conversion en polynômes de Zernike. On peut donc considérer en pratique clinique que l'AS totale est égale à la somme de l'AS cornéenne et celle générée par le cristallin ou l'implant. Bien sûr, il s'agit d'effectuer les mesures à diamètre pupillaire égal.

Par ailleurs, Wang *et al.* ont démontré que l'AS cornéenne est une aberration dont la valeur possède une distribution statistique gaussienne centrée sur une valeur de 0,27 μm en moyenne [3]. Néanmoins, 15,4 % de la population présentent une SA cornéenne inférieure à 0,20 μm alors que 43 % seulement de la population présente une SA cornéenne comprise entre 0,20 et 0,30 μm et 40 % au-delà.

Sur le plan de la qualité de vision, même si la plupart des études ont démontré la supériorité des implants asphériques négatifs sur les implants sphériques, une méta-analyse démontre une grande variabilité entre les différentes études [4]. Les principales raisons évoquées sont le diamètre pupillaire variable entre les études, les différents tests subjectifs de qualité de vie et de vision, la méthodologie des études comparant plus la qualité optique des implants que la qualité de vision inter-individuelle, et enfin surtout l'absence de mesure d'AS cornéenne.

Trois préliminaires à une sélection optimale de l'asphéricité de l'implant lors de la chirurgie de la cataracte sont nécessaires :

- le premier est que la mesure préopératoire de l'AS cornéenne soit comparable à celle mesurée en postopératoire. Cela est rendu possible par l'utilisation

- de la micro-incision (< 2,2 mm), modifiant peu la répartition des aberrations optiques cornéennes centrales [5];
- la seconde est que l'analyse mathématique (AS cornéenne + AS interne = AS totale) soit possible en pratique clinique courante [6];
- enfin, qu'une modification de l'AS totale soit utile et pertinente en termes de qualité subjective et objective de qualité de vision. En effet, à acuité visuelle identique, un œil dont l'aberration sphérique finale sera proche de 0 présentera des qualités optiques objectives meilleures (moindre fonction de dispersion du point et meilleure sensibilité aux contrastes) [7].

L'aberration sphérique optimale : une seule valeur cible ?

Comme nous l'avons vu précédemment, minimiser l'AS totale d'un système visuel revient à maximiser la qualité objective de vision, mais en diminuant la profondeur de champ (*fig. 3*).

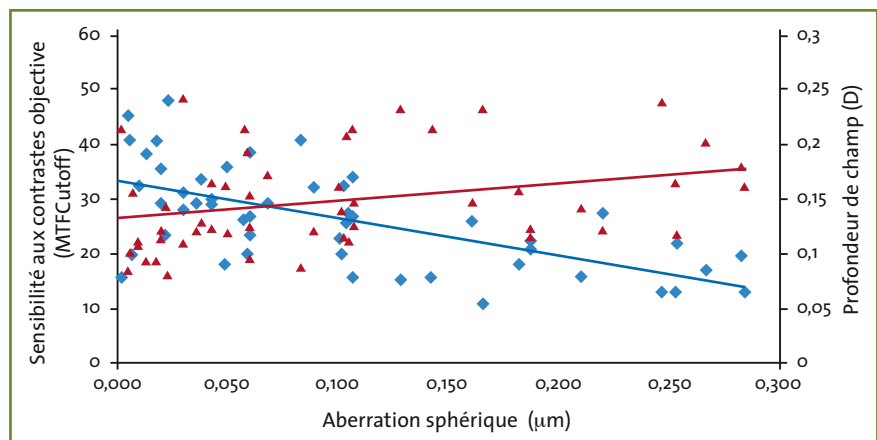


FIG. 3 : Compromis entre sensibilité aux contrastes (courbe bleue) et profondeur de champ (courbe rouge) en fonction de l'AS totale chez des patients pseudophaques porteurs d'implants asphériques.



FIG. 4 : Profondeur de champ subjective calculée comme l'écart en dioptries au cours de laquelle l'image est perçue comme acceptable par le patient.

REVUES GÉNÉRALES

Cataracte

POINTS FORTS

- ➞ Une mesure préopératoire de l'aberration sphérique cornéenne permet de sélectionner l'asphéricité d'un implant en préopératoire.
- ➞ A l'emmétropie, une aberration sphérique totale cible proche de 0 μm optimise la qualité de vision subjective, objective et la sensibilité aux contrastes.
- ➞ Une bascule d'asphéricité optimisée sur la dominance oculaire semble accroître les capacités de lecture de près et la profondeur de champ binoculaire des patients pseudophaques.

Ainsi, en cas d'AS cornéenne préopératoire comprise entre 0,15 et 0,30 μm , un implant asphérique négatif sera privilégié. En cas d'AS cornéenne comprise entre 0 et 0,10 μm , un implant asphérique neutre sera proposé. Enfin, en cas d'AS cornéenne négative (kératocône, post-chirurgie réfractive hypermétropique), un implant sphérique sera conseillé.

● Si la profondeur de champ subjective et l'effet multifocal sont recherchés

Il conviendra de cibler une AS finale soit faiblement positive (0,10 à 0,15 μm) soit

faiblement négative (-0,10 à -0,15 μm). Des études cliniques sont encore en cours pour déterminer le meilleur compromis restaurant le maximum d'effet multifocal sans dégrader la qualité de vision subjective ou objective.

Une étude récente a été effectuée dans le service d'ophtalmologie du CHU de Tours, visant à analyser l'intérêt d'une bascule d'AS optimisée en fonction de la dominance oculaire afin d'obtenir une meilleure profondeur de champ binoculaire. Le groupe optimisé bénéficiait d'un implant asphérique négatif sur l'œil

dominant afin d'obtenir une AS finale proche de 0 μm alors que l'œil dominé recevait un implant asphérique neutre.

A acuité visuelle de loin non différente (supérieure à 10/10^e) et à équivalent sphérique identique, le groupe porteur d'implants asphériques négatifs aux deux yeux semble présenter une profondeur de champ binoculaire inférieure à celle du groupe "optimisé". La capacité de lecture de près sans correction optique du groupe "optimisé" était supérieure de deux lignes au groupe témoin porteur d'implants asphériques négatifs bilatéraux (*fig. 5*).

Jusqu'à présent, la première option de compensation de la presbytie est l'utilisation du principe de monovision (bascule myopique de 1 à 1,5 dioptrie sur l'œil dominé) afin d'améliorer la vision intermédiaire. Les principaux inconvénients rencontrés sont l'altération de la vision stéréoscopique, la perte de la sommation binoculaire, ainsi que la nécessité d'une neuro-adaptation. Puis les implants multifocaux diffractifs et/ou réfractifs ont démontré leur efficacité pour l'obtention d'une bonne vision de près utile. Néanmoins, ces implants entraînent un phénomène de dispersion lumineuse à l'origine d'une moins bonne sensibilité aux contrastes en condition mésopique. Cette étude démontre la possibilité d'améliorer la profondeur de champ binoculaire à l'aide d'une bascule d'asphéricité sans aucune défocalisation myopique monoculaire.

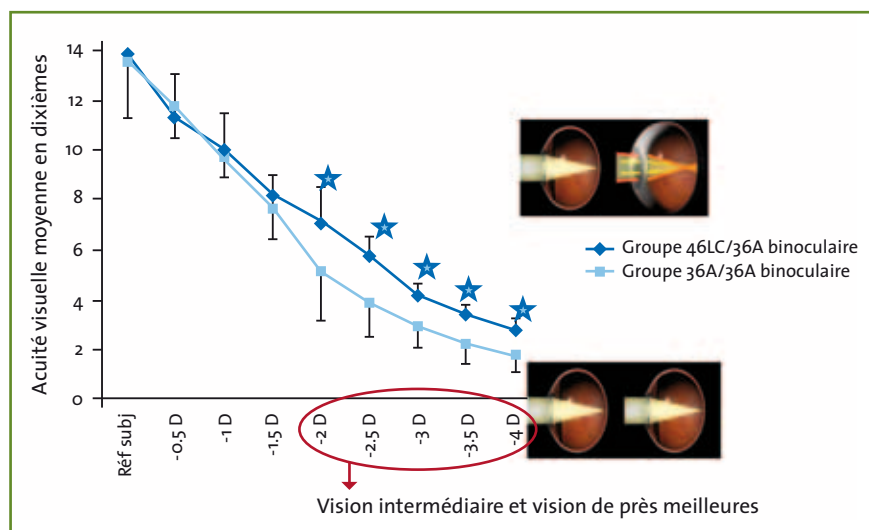


FIG. 5: Courbe de défocus binoculaire présentant l'évolution de l'acuité visuelle dans le groupe témoin (porteur d'implants asphériques négatifs Acrismart 36A bilatéraux) et chez le groupe "optimisé" (porteur d'implants asphériques négatifs sur l'œil dominant et d'implants asphériques neutres AcriSmart 46LC sur l'œil dominé).

Bibliographie

1. AMANO S, AMANO Y, YAMAGAMI S *et al.* Age-related changes in corneal and ocular higher-order wavefront aberrations. *Am J Ophthalmol*, 2004 ; 137 : 988-992.
2. ARTAL P, GUIRAO A, BERRIO E *et al.* Compensation of corneal aberrations by the internal optics of the human eye. *J Vis*, 2001 ; 1 : 1-8.
3. WANG L, DAI E, KOCH DD *et al.* Optical aberrations of the human anterior cornea. *J Cataract Refract Surg*, 2003 ; 29 : 1514-1521.
4. MONTES-MICO R, FERRER-BLASCO T, CERVINO A. Analysis of the possible benefits of aspheric intraocular lenses: review of the literature. *J Cataract Refract Surg*, 2009 ; 35 : 172-181.

5. NOCHEZ Y, MAJZOUB S, PISELLA PJ. Corneal aberrations integrity after microincision cataract surgery: prerequisite condition for prediction of total ocular aberrations. *Br J Ophthalmol*, 2010; 94: 661-663.

6. NOCHEZ Y, FAVARD A, MAJZOUB S *et al.* Measurement of corneal aberrations for custo-

mization of intraocular lens asphericity: impact on quality of vision after microincision cataract surgery. *Br J Ophthalmol*, 2010; 94: 440-444.

7. NOCHEZ Y, MAJZOUB S, PISELLA PJ. Analyse objective de la qualité de vision en fonction de l'asphéricité postopératoire d'une

chirurgie micro-incisionnelle de la cataracte. *J Fr Ophtalmol*, 2010; 33: 16-22.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.