TABLE RONDE

Astigmatisme régulier extrême : correction chirurgicale

→ **D. GATINEL**
Service d'Ophtalmologie,
Fondation A. de Rothschild,
CEROC (Centre d'Expertise
et de Recherche en Optique Clinique),
PARIS.

La correction chirurgicale de l'astigmatisme est l'un des domaines où les avancées ont été les plus significatives au cours de la décennie écoulée, grâce au gain de précision acquis par les explorations diagnostiques et le développement de nouvelles solutions thérapeutiques. Les progrès de la chirurgie photo-ablative ont permis de corriger en routine l'astigmatisme réfractif, qu'il soit associé ou non à une amétropie sphérique (myopie, hypermétropie) : toutefois, au-delà de 5 à 6 dioptries, l'effet des techniques photo-ablatives est moins précis et le risque de sous-correction élevé. Cette frontière peut être franchie dans certaines indications grâce à l'apport de dispositifs comme les implants toriques et la chirurgie incisionelle automatisée au laser femtoseconde. Ce compte rendu concerne les possibilités offertes par ces deux technologies pour la correction d'astigmatismes cornéens réguliers prononcés.

Astigmatisme régulier prononcé : définition et diagnostic positif

On peut qualifier d'"extrême" ou de prononcé un astigmatisme régulier dont la magnitude est supérieure à 6 dioptries ; ce seuil fonctionnel correspond peu ou prou à la limite des corrections photo-ablatives.

L'astigmatisme réfractif découle de la combinaison des astigmatismes engendrés par les deux structures réfractives oculaires principales : cornée et cristallin. L'astigmatisme régulier cornéen est principalement engendré par une toricité excessive de la cornée, qui peut être congénitale ou acquise (***fig. 1***). Il peut être associé à une composante irrégulière marquée dans certains contextes cliniques : kératocône, kératoplastie transfixiante ou lamellaire profonde, ptérygion évolué, etc. La présence d'un astigmatisme prononcé est relativement rare dans la population des sujets candidats à la chirurgie de la cataracte ; seulement 2,6 % des yeux présentent un astigmatisme d'origine cornéenne supérieur à 3 D selon une étude récente [1].

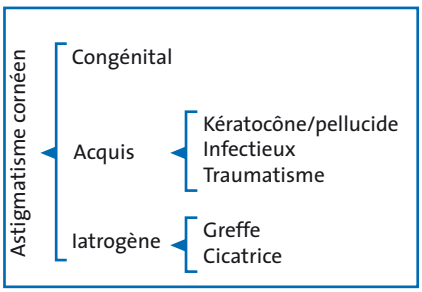

FIG. 1 : Classification étio-pathologique de l'astigmatisme.

Astigmatisme prononcé : apport des explorations complémentaires

La topographie cornéenne revêt un intérêt majeur et fait partie du bilan systématique d'un astigmatisme réfractif prononcé [2]. Cet examen permet d'orienter le diagnostic étiologique de l'astigmatisme, et d'apprécier la régularité de la toricité cornéenne. Cette régularité s'apprécie au mieux par le degré de symétrie axiale observé au niveau de la carte de courbure axiale (***fig. 2***).

L'astigmatisme régulier congénital peut être uni- ou bilatéral ; en cas de bilatéra-

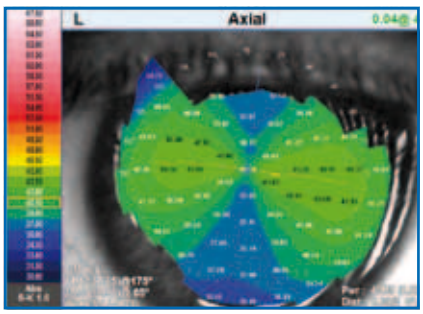

FIG. 2 : Topographie cornéenne en mode axial d'une cornée présentant un degré élevé de toricité régulière (OPD SCAN III, Nidek). La kératométrie simulée montre un astigmatisme de +6.54 D. L'astigmatisme engendré est inverse. Il existe un haut degré de symétrie axiale.

Table ronde

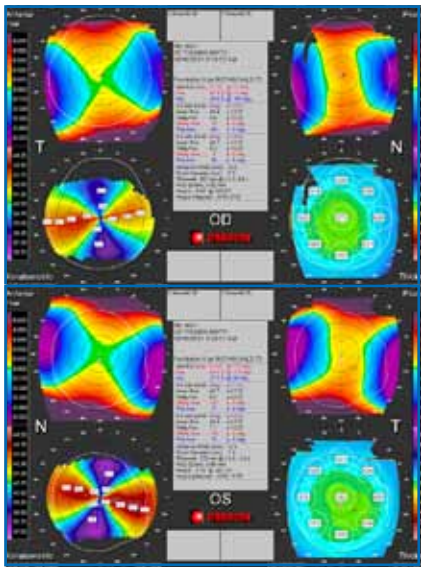

Fig. 3 : Cornées présentant un haut degré de toricité d'énantiomorphisme (symétrie en miroir) – cartes topographiques Orbscan (Technolas Pefect Vision) (la carte de courbure axiale de ce même œil gauche est présentée sur la figure 2).

lité, l'aspect de symétrie en miroir (énantiomorphisme) entre l'œil droit et l'œil gauche est un argument important pour considérer un astigmatisme d'origine cornéenne comme congénital (***fig. 3***). A l'inverse, la présence d'une asymétrie et/ou d'une irrégularité topographique prononcée permettra de poser le diagnostic de kératocône infraclinique ou de dégénérescence pellucide marginale, en fonction du contexte clinique. Dans les suites d'une chirurgie cornéenne à visée thérapeutique, la topographie cornéenne permet d'identifier la position des hémiméridiens les plus cambrés, et d'apprécier la part respective des composantes régulières et irrégulières de l'astigmatisme cornéen. Les topographes d'élévation permettent la mesure de l'épaisseur cornéenne et ses variations (carte de pachymétrie optique point par point), ce qui est utile pour planifier une correction par chirurgie incisionnelle automatisée (ex. : incisions cornéennes arciformes au laser femtoseconde).

L'utilisation d'un topographe aberromètre est avantageuse car, outre l'étude de la qualité optique de l'œil considéré, le calcul différentiel de l'astigmatisme interne est effectué de manière automatisée. Certains instruments disposent de modules dédiés au diagnostic et à la correction de l'astigmatisme cornéen. Par exemple, le module "toric IOL" (implant intra-oculaire torique) de l'OPD SCAN III (Nidek, Japon) permet de s'assurer du bon positionnement d'un implant torique, en affichant en surimpression sur l'image photographique du segment antérieur avec l'implant torique le tracé des méridiens cornéens de courbure extrême.

Corrections non photoablatives de l'astigmatisme cornéen régulier

Selon l'étiologie de l'astigmatisme cornéen et le contexte clinique, la prise en charge thérapeutique de l'astigmatisme prononcé d'origine cornéenne peut faire appel à la réalisation d'incisions relaxantes au laser femtoseconde, ou la chirurgie du cristallin avec pose d'un implant torique.

1. Incisions relaxantes au laser femtoseconde

Les incisions relaxantes au laser femtoseconde sont indiquées dans certaines formes majeures d'astigmatisme cornéen congénital, ainsi que la correction de certains astigmatismes sur greffon [3] (***fig. 4***). L'automatisation de la réalisation du tracé de ces incisions, le contrôle de leur profondeur et la précision de leur placement a permis d'accroître la prédictibilité de la chirurgie incisionnelle cornéenne. L'avantage de cette approche est de ne pas induire de réduction du volume cornéen et de mettre à profit les réactions biomécaniques liées à la relaxation des lamelles stromales périphériques, alors que celles-ci sont un facteur limitant pour la chirurgie photoblative (la découpe du capot sur des cornées ayant bénéficié d'une kératoplastie transfixiante provoque souvent des

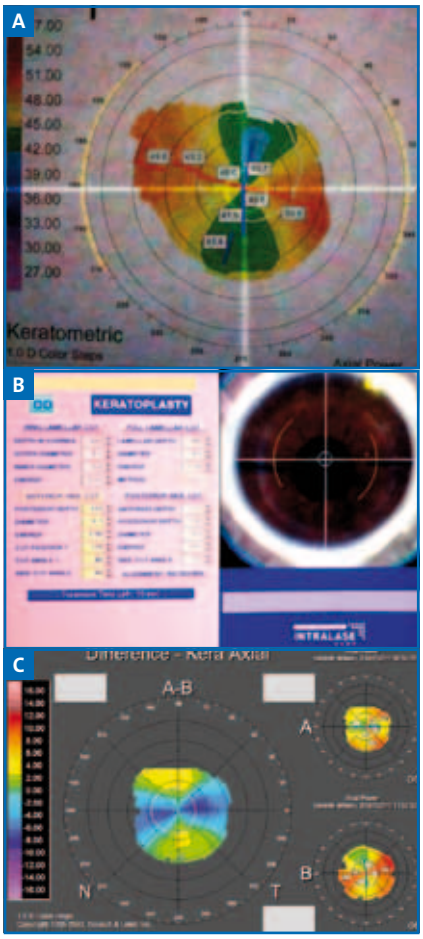

Fig. 4 : Correction d'un astigmatisme prononcé induit par la toricité marquée d'une greffe transfixiante de cornée.
A : les incisions relaxantes sont positionnées selon des axes choisis à partir de l'étude de la carte de topographie axiale. Il est possible de superposer la carte de courbure axiale sur l'écran de contrôle du laser pour vérifier le bon positionnement des incisions dont le tracé est représenté en surillumination.
B : visualisation du tracé des incisions arciformes au laser femtoseconde (IFS 60, AMO, USA) après aplanation et avant recentrage sur la pupille. Le mode "anterior side cut" est utilisé ; le diamètre, la position, la longueur sectorielle et la profondeur des incisions sont déterminés par le nomogramme de Hanna.
C : carte différentielle en mode axial effectuée après (A) et avant (B) la réalisation d'une paire d'incisions intrastromales au laser femtoseconde pour réduire un astigmatisme de 8 D lié à une toricité excessive d'un greffon cornéen. La carte différentielle révèle la magnitude du changement de la toricité cornéenne : une réduction de la cambrure est survenue dans l'axe des incisions (environ 7 D) et un effet de couple biomécanique (classique en chirurgie incisionnelle) a induit une augmentation de la cambrure pour les méridiens orientés perpendiculairement vis-à-vis de cet axe.

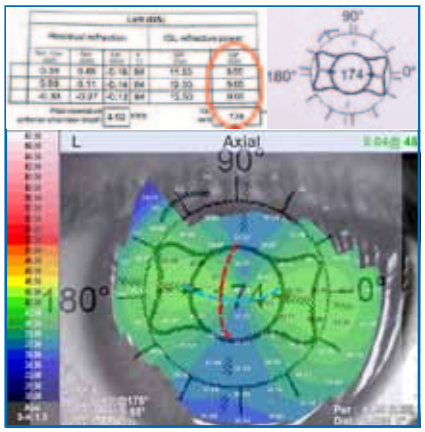

Fig. 5 : Résultat du calcul biométrique accompli pour l'œil gauche d'un patient dont les cartes topographiques sont représentées sur les figures 2 et 3. Ce patient présente une cataracte bilatérale ; le choix d'un implant torique est logique pour corriger l'astigmatisme engendré par les 6.5 D d'astigmatisme kératométrique. La puissance cylindrique de l'implant AT TORBI 709 M (Zeiss) est de 9 D (la puissance du cylindre augmente du plan cornéen vers le sac cristallinien) : l'axe de positionnement optimal de l'implant est de 174° (cet axe est celui où la puissance de l'implant est le moins prononcée, elle correspond logiquement à celle du méridien cornéen le plus cambré).

variations imprévisibles de la puissance optique cornéenne). La qualité du résultat réfractif demeure soumise à certains aléas principalement liés aux variations inter-

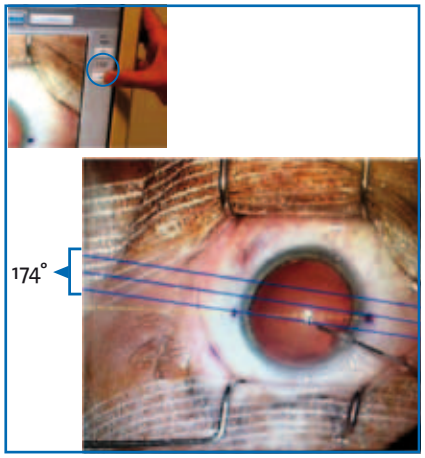

Fig. 6 : Système Callisto (Zeiss) : grâce à un système de capture vidéo relié au microscope opératoire qui permet le repérage des marques faites en regard du méridien horizontal, l'affichage de l'axe où devra être orienté l'implant (ici 174°) est effectué en surimpression. Cela permet d'accroître la précision du repérage de l'axe d'alignement et de limiter l'influence des phénomènes de parallaxe.

individuelles de la réponse biomécanique de la cornée. Elles permettent la correction d'astigmatismes dont la magnitude peut dépasser 10 dioptries.

2. Implants pseudophaques toriques

En cas de cataracte débutante ou avérée, l'utilisation d'implants toriques pseudophaques est une indication de choix [4] : le calcul de leur puissance, leur placement peropératoire et leur suivi bénéficient de l'apport de diverses technologies récentes.

>>> Calcul de la puissance des implants toriques

Il est effectué par des logiciels de calcul en ligne, après saisie des paramètres biométriques (kératométrie, longueur axiale, parfois profondeur de chambre antérieure), réfractifs (réfraction visée) et chirurgicaux (astigmatisme attendu induit par l'incision cornéenne). Ce calcul fournit la puissance sphérique de l'implant et celle de son cylindre, ainsi que de son axe de positionnement (***fig. 5***).

>>> Positionnement peropératoire

La réalité augmentée est une technologie qui permet au chirurgien d'accroître la qualité de l'alignement de l'implant intraoculaire dans le sac cristallinien vis-à-vis du méridien cornéen le plus cambré. Elle consiste à afficher en surimpression sur l'écran du microscope (ou directement sur l'image binoculaire observée par le chirurgien) l'axe où devra être positionné l'implant torique (cet axe est déterminé par le calcul biométrique de l'implant torique) (***fig. 6***).

>>> Positionnement postopératoire

Le bon positionnement et la stabilité dans le temps sont assurés de manière indirecte par la mesure de la réfraction subjective et objective, et de manière plus directe par la comparaison entre

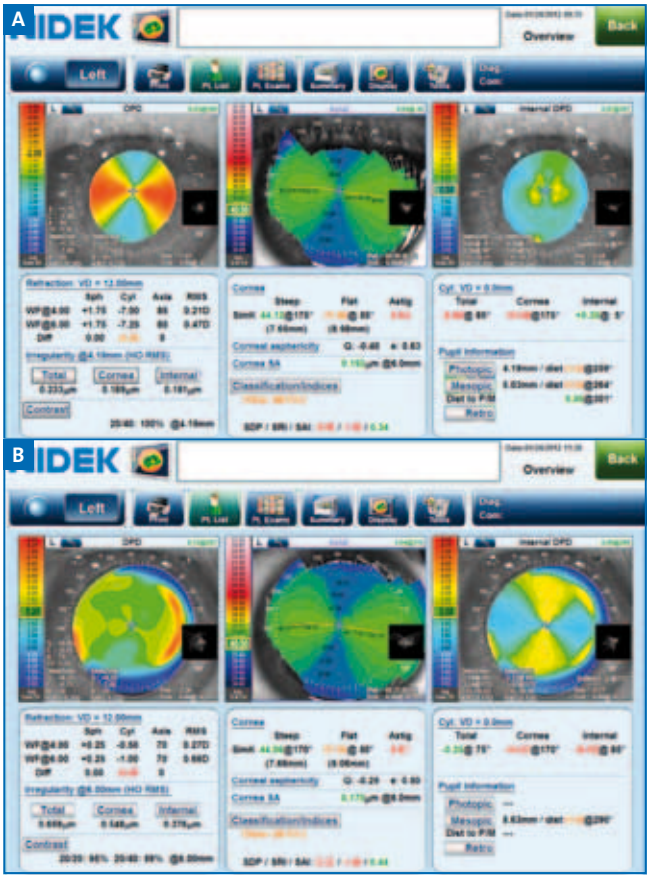

Fig. 7 : A : Carte topo-aberrométrique préopératoire de l'œil gauche (OPD SCAN III, Nidek). L'encadré de gauche correspond à la mention de la réfraction objective calculée à partir du relevé du front d'onde sur un diamètre pupillaire de 4 mm. L'encadré de droite concerne la répartition de l'astigmatisme total entre la cornée et le cristallin. L'astigmatisme total (en cylindre négatif) est quasi égal à l'astigmatisme cornéen ; l'astigmatisme interne est négligeable. **B :** En postopératoire, après insertion et positionnement de l'implant torique (cf. figure 5). L'astigmatisme total est négligeable, car l'astigmatisme interne (implant torique) compense l'astigmatisme cornéen.

Table ronde

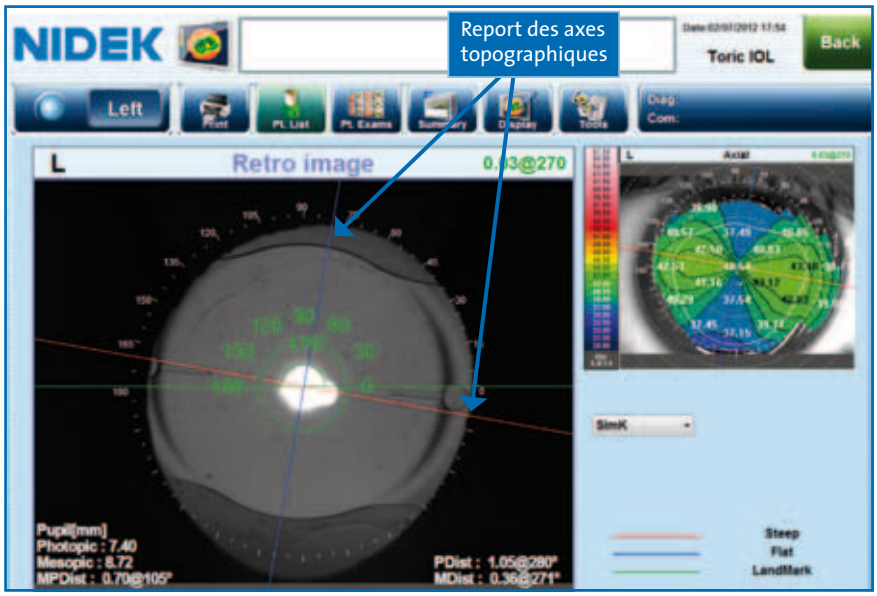

Fig. 8 : L'utilisation du mode "Toric IOL display" (OPD SCAN III) permet de s'assurer de l'alignement optimal de l'implant : ce mode effectue une capture de l'image en rétro-illumination et affiche en surimposition les directions des méridiens de courbure extrême. Les marques gravées sur l'implant torique sont alignées avec le méridien le plus cambré. En cas de discordance, un réticule gradué permet de mesurer l'angle formé par l'axe de l'implant et sa position attendue.

l'orientation attendue et accomplie de l'implant dans le sac capsulaire (***fig. 7***).

La correction de l'astigmatisme cornéen par le remplacement du cristallin opacifié par un implant torique est une technique très efficace et sûre. Elle requiert certaines particularités techniques et un soin particulier lors de l'insertion et du positionnement de l'implant torique dans le sac capsulaire. Il est possible de corriger des magnitudes élevées de cylindre cornéen, dont la valeur maximale dépend de la gamme de puissances cylindriques disponible pour le modèle d'implant choisi.

Bibliographie

1. Hoffmann PC, Hutz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23,239 eyes. *J Cataract Refract Surg,* 2010 ; 36 : 1479-1485.
2. Gatinel D. Principe des cartes topographiques de courbure. *In :* Topographie cornéenne, Elsevier, 2011 : 25-39.
3. Mannan R, Pruthi A, Rampal U. Relaxing incisions combined with adjustment sutures for post-deep anterior lamellar keratoplasty astigmatism in keratoconus. *Cornea*, 2011 ; 30 : 487-488.
4. Cervantes-Coste G, Garcia-Ramirez L, Mendoza-Schuster E *et al.* High-cylinder Acrylic Toric Intraocular Lenses : A Case Series of Eyes with Cataracts and Large Amounts of Corneal Astigmatism. *J Refract Surg,* 2012 ; 15 : 1-3.

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