

## ■ Revues générales

# Chirurgie des très forts astigmatismes

**RÉSUMÉ :** Les très forts astigmatismes (supérieurs à 5 dioptries) sont rarement réguliers et congénitaux. Le plus souvent irréguliers et secondaires à des kératoplasties transfixiantes ou lamellaires antérieures profondes, ils en compromettent le résultat visuel. Leur chirurgie peut mettre en œuvre des techniques incisionnelles, photoablatives ou additives, dont aucune prise isolément ne s'avère satisfaisante.

Le **DIAKIK** (*Deep Intrastromal Arcuate Keratotomy with In situ Keratomileusis*) est une chirurgie cornéenne séquentielle innovante, associant des kératotomies arciformes intrastromales profondes à une kératotomie lamellaire plane, suivies dans un second temps d'une photoablation stromale. Il permet de corriger les très forts astigmatismes, avec une bonne précision et stabilité, épargnant du tissu cornéen et diminuant les complications postopératoires.



**L. LAROCHE<sup>1</sup>, E. BASLI-LAROCHE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut d'Ophtalmologie du Panthéon (IOP), PARIS.  
<sup>2</sup> CHNO des XV-XX, PARIS.

On appelle très forts astigmatismes ou astigmatismes géants les astigmatismes supérieurs à 5 dioptries. Ceux-ci, numériquement peu nombreux dans la population, sont rarement réguliers et congénitaux. Ils sont le plus souvent irréguliers, post-chirurgicaux, secondaires à des kératoplasties transfixiantes (KT) ou des kératoplasties lamellaires antérieures profondes (KLAP).

L'aurore de la chirurgie réfractive a été marquée par la première approche chirurgicale de l'astigmatisme. Snellen a proposé dès 1869 des techniques incisionnelles cornéennes, reprises et formalisées par Lans en 1898 [1]. L'arsenal chirurgical réfractif s'est enrichi des photoablations au laser excimer, LASIK (*laser in situ keratomileusis*) et PKR (photokératectomie réfractive). Le LASIK, même s'il paraît supérieur à la PKR pour corriger les astigmatismes [2], peut être utilement associé aux incisions arciformes dans la correction des astigmatismes géants, d'autant que le laser femtoseconde leur a donné une nouvelle actualité. Les implants phaqes ont connu une période d'en-

gouement dans cette indication, seuls ou associés de façon séquentielle au LASIK (bioptics) [3].

Dans tous les cas, la correction d'un astigmatisme géant nécessite un diagnostic précis et la compréhension de sa physiopathologie. Cette démarche exige l'examen topographique de la cornée en mode Placido et anatomique en OCT à haute définition.

### ■ Les astigmatismes secondaires postopératoires

De loin les plus fréquents, ces astigmatismes acquis sont habituellement irréguliers, survenant après une KT ou une KLAP, plus rarement après un traumatisme cornéen transfixiant. L'astigmatisme géant constitue le principal facteur limitant la récupération visuelle d'un greffon clair et touche 15 à 30 % des patients greffés de KT ou de KLAP. Les facteurs étiologiques sont multiples et, en dehors des décalages du greffon aisément repérables en biomicroscopie et en OCT-HD, ils sont souvent peu identifiables. La prévention

## Revue générale

du rejet est bien entendu systématique lors de toute chirurgie réfractive post-greffe.

De multiples techniques de correction ont été proposées. Toutes nécessitent la prévention du rejet de greffe.

### 1. Les kératotomies arciformes

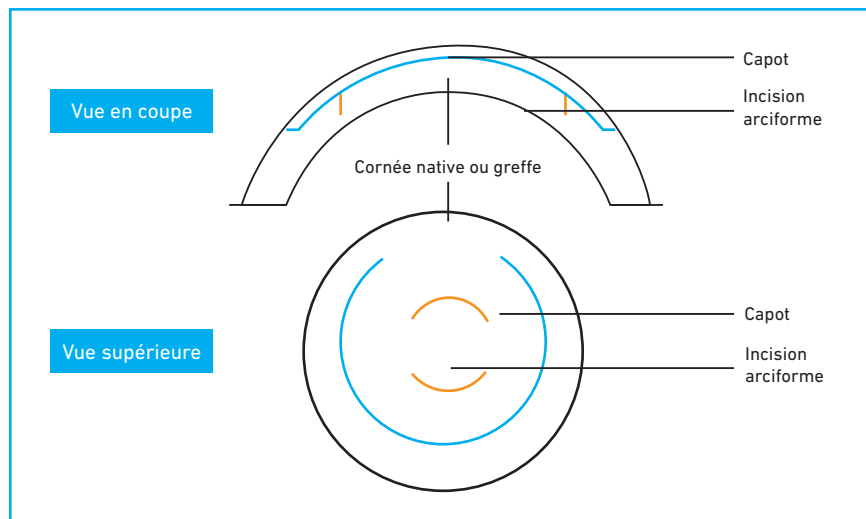
Longtemps pratiquées à la lame diamant, elles aplanissent le méridien le plus cambré [4], comme l'avaient déjà constaté Snellen et Lans. Leur reproductibilité est imparfaite, les complications potentiellement sévères non exceptionnelles et leur stabilité dans le temps très variable [5]. Elles sont pratiquées aujourd'hui au laser femtoseconde, ce qui améliore leur précision et leur reproductibilité, et les rend plus efficaces pour la réduction de l'astigmatisme. Mais la prévisibilité du résultat réfractif reste encore imparfaite [6] et elles sont exposées aux mêmes complications.

La déformation de la surface cornéenne est la résultante d'une anisotropie biomécanique très importante, dont l'analyse topographique ne rend que très imparfaitement compte. On comprend donc le caractère aléatoire de la correction chirurgicale en un temps. La chirurgie incisionnelle seule ainsi que le LASIK seul s'avèrent insuffisants pour traiter de façon satisfaisante l'astigmatisme géant post-greffe.

### 2. La chirurgie photoablatrice

La chirurgie photoablatrice au laser excimer implique, le cas échéant, la prévention des récurrences d'herpès cornéen, car c'est un laser qui émet dans l'UV. La PKR, qu'elle soit guidée par topographie [7] ou non [8], s'avère insuffisante dans cette indication car elle expose à la régression et surtout au *haze* [9], et finalement à une perte de la meilleure acuité visuelle corrigée. Elle n'est donc pas recommandée.

Le LASIK, plus sûr pour le greffon, est plus efficace pour la correction de la



**Fig. 1 :** Schéma de la découpe au laser femtoseconde lors de la première phase de la technique de DIAKIK (méridien le plus bombé : 90°-270°).

sphère que du cylindre. Mais il est insuffisant à lui seul pour corriger les astigmatismes géants. Certains auteurs ont proposé des procédures LASIK séquentielles en deux temps, afin d'affiner en un deuxième temps le résultat obtenu dans la première phase [10]. Après une découpe du capot, il se produit une relaxation partielle des contraintes biomécaniques au sein de la cornée greffée. Suite à un nouveau bilan réfractif, la photoablation par laser excimer est appliquée dans un second temps. Il en résulte une meilleure précision. D'autres auteurs ont proposé le LASIK succédant à des incisions arciformes à la lame diamant, introduisant la notion de chirurgie réfractive ajustable [11].

### 3. Le DIAKIK

La précision des découpes au laser femtoseconde et des photoablations au laser excimer nous a permis de proposer une nouvelle technique séquentielle en deux temps. Elle associe les avantages des incisions intrastromales (IA) pour la réduction du cylindre à ceux du LASIK pour celle de la sphère afin de corriger les fortes amétropies sphéro-cylindriques, au-delà des possibilités de traitement par les IA isolées ou par le LASIK seul. Un nouvel acronyme désigne cette chirur-

gie réfractive ajustable : DIAKIK (*deep intrastromal arcuate keratotomy with in situ keratomileusis*) [12, 13].

La première étape est effectuée au laser femtoseconde. Elle consiste à réaliser des incisions arciformes intrastromales profondes affleurant en surface au niveau de la face profonde du capot, puis une kératotomie lamellaire superficielle (**fig. 1 et 2**). Le capot est soulevé et les incisions intrastromales sont ouvertes manuellement, puis le capot est reposé. Dans un contexte d'astigmatisme post-kératoplastie où la fibrose de l'anneau limitant risque de rendre la dissection du capot délicate, le capot est



**Fig. 2 :** Vue du capot en cours de réalisation par le laser femtoseconde lors de la première phase de la technique de DIAKIK dans un cas d'astigmatisme post-greffe. Le laser femtoseconde découpe le capot au-dessus des incisions arciformes intrastromales.

## I Revues générales

programmé à une profondeur de 130 µm pour faciliter son soulèvement. Les IA ont pour profondeur maximale 90 % de la pachymétrie minimale du greffon, mesurée en OCT-HD. Le nomogramme d'Hanna [14], conçu pour les incisions à l'arcitome mécanique, reste un guide même s'il sous-évalue la profondeur des IA car, à l'époque de sa conception, la pachymétrie était ultrasonique en mode A et donc moins précise. Il est en cours de modification.

Durant la période intermédiaire, succédant à la première découpe, la relaxation des contraintes biomécaniques cornéennes grâce aux incisions arciformes intrastromales profondes et à la kératotomie lamellaire plane permet de diminuer l'astigmatisme résiduel (habituellement de près de moitié), mais aussi l'équivalent sphérique.

La deuxième étape est réalisée environ 1 mois plus tard. Après stabilisation réfractive et topographique, le capot est de nouveau soulevé et une photablation intrastromale par laser excimer est pratiquée pour corriger l'amétropie sphéro-cylindrique résiduelle. Le résultat obtenu ainsi est le plus souvent très satisfaisant (**tableau I**).

Comparativement à la simulation du traitement maximal réalisable par LASIK seul (et insuffisant pour corriger toute l'amétropie), qui n'intègre pas les IA, le

### POINTS FORTS

- La chirurgie des très forts astigmatismes n'est pas une chirurgie de convenance mais de réhabilitation visuelle.
- L'astigmatisme post-kératoplastie compromet le bénéfice visuel de la greffe.
- La chirurgie réfractive post-greffe nécessite la prévention du rejet.
- Le DIAKIK est une chirurgie séquentielle qui permet d'étendre les indications et d'améliorer la précision de la chirurgie des très forts astigmatismes congénitaux et post-greffe.

DIAKIK permet une épargne tissulaire significative. La puissance de l'astigmatisme cornéen, initialement hors d'atteinte des nomogrammes de correction des lasers excimer, est ramenée dans une zone accessible lors de la deuxième phase du DIAKIK. En cas d'astigmatisme composé, les composantes hypermétropique et myopique se neutralisent partiellement, rendant l'amétropie résiduelle très aisément traitable par LASIK.

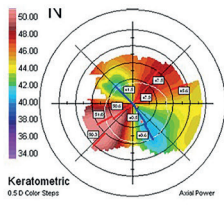
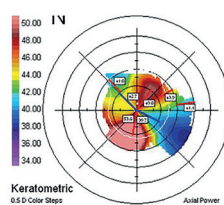
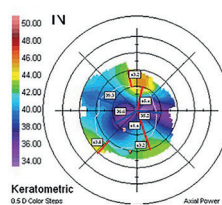
#### 4. La chirurgie cornéenne additive par anneaux intracornéens (AIC)

Les AIC ont une faible prédictibilité réfractive après greffe (sous-corrrection surtout), mais ils peuvent réduire l'astigmatisme postopératoire [15]. Peu de séries ont été publiées et il manque des nomogrammes pour cette technique

théoriquement réversible. Les risques sont dominés par l'extériorisation de l'anneau (avec fonte stromale antérieure), l'infection, la néovascularisation de la porte d'entrée et le rejet du greffon.

#### 5. L'implantation intraoculaire

La mise en place d'implants phaques de type Artisan torique a été proposée après kératoplastie transfixiante [16]. Elle est efficace pour la diminution de l'amétropie et notamment de l'astigmatisme mais nocive pour l'endothélium, dans toutes ses indications [17], et n'est plus guère pratiquée. En cas de cataracte chez un greffé présentant un astigmatisme régulier, la phacoémulsification suivie d'une implantation torique en chambre postérieure n'est légitime que lorsque l'endothélium est intègre (KLAP) et la

| Topographie cornéenne | Préopératoire                                                                       | Après 1 <sup>re</sup> phase                                                          | Après 2 <sup>e</sup> phase                                                            |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |  |  |  |
|                       | Keratometric<br>0.5 D Color Steps                                                   | Keratometric<br>0.5 D Color Steps                                                    | Keratometric<br>0.5 D Color Steps                                                     |
|                       | Axial Power                                                                         | Axial Power                                                                          | Axial Power                                                                           |
|                       | IN                                                                                  | IN                                                                                   | IN                                                                                    |
| Réfraction subjective | +1,25 (−8 ; 125°)                                                                   | −2,50 (−4,50 ; 125°)                                                                 | −2 (−0,75 ; 135°)                                                                     |
| UDVA                  | 0,5/10 - 20/400                                                                     | 1/10 - 20/200                                                                        | 5/10 - 20/40                                                                          |
| CDVA                  | 4/10 - 20/50                                                                        | 4/10 - 20/50                                                                         | 6/10 - 20/32                                                                          |

**Tableau I :** Exemple d'un patient traité par DIAKIK sur KT, évolution réfractive et topographique.

perspective d'un changement de greffon irréaliste.

Les implants toriques phaqes de chambre postérieure ont été proposés pour la correction des amétropies post-greffe [18], mais il est difficile de faire la part des forts astigmatismes dans les séries publiées.

## Les astigmatismes congénitaux géants et idiopathiques

### 1. Lorsque le LASIK est récusé en raison d'un trop fort astigmatisme avec un équivalent sphérique inférieur à 10 D myopiques (selon l'épaisseur cornéenne)

Dans ces cas, le DIAKIK est l'intervention de choix, donnant les résultats les plus prévisibles en raison de la faible anisotropie biomécanique de la cornée (en comparaison à l'astigmatisme secondaire) [12, 13]. La technique est comparable à ce qui a été décrit plus haut mais, dans un contexte d'astigmatisme congénital, le capot est plus fin, programmé à une profondeur de 100 µm dans un but d'épargne tissulaire accrue. Les IA ont toujours une profondeur maximale de 90 % de la pachymétrie minimale de la cornée.

### 2. Lorsque le LASIK est récusé en raison d'un trop fort astigmatisme avec un équivalent sphérique supérieur à 10 D myopiques (selon l'épaisseur cornéenne)

L'intervention combinant un implant phaqué avec un LASIK est connue depuis longtemps sous le nom de bioptics. Cette dernière connaît un regain d'intérêt en raison de l'amélioration des implants phaques de chambre postérieure. Toutefois, les séries publiées comprennent peu ou pas d'astigmatismes géants [19]. On conçoit qu'en présence d'un astigmatisme géant, un nouveau type de bioptics incluant un DIAKIK puisse être envisagé.

## Conclusion

La chirurgie des forts astigmatismes peut permettre une réelle réhabilitation visuelle. Elle s'est enrichie du DIAKIK qui en étend les indications, tout en améliorant la précision et la sécurité.

## BIBLIOGRAPHIE

1. LANS LJ. Experimentelle Untersuchungen über Entstehung von Astigmatismus durch nicht-perforierende corneawunden. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*, 1898;45:117-152.
2. MIMOUNI M, POKROY R, RABINA G *et al*. LASIK versus PRK for high astigmatism. *Int Ophthalmol*, 2021 [online ahead of print].
3. ZALDIVAR R, DAVIDORF JM, OSCHEROW S *et al*. Combined posterior chamber phakic intraocular lens and laser in situ keratomileusis: bioptics for extreme myopia. *Refract Surg*, 1999;15:299-308.
4. HOFFART L, TOUZEAU O, BORDERIE V *et al*. Mechanized astigmatic arcuate keratotomy with the Hanna arcitome for astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2007;33:862-868.
5. LORIAUT P, TUMAHAI P, HOFFART L *et al*. Long-term outcomes after mechanized arcuate keratotomy for the correction of astigmatism after keratoplasty. *J Refract Surg*, 2015;31:71-72.
6. LORIAUT P, BORDERIE VM, LAROCHE L. Femtosecond-Assisted Arcuate Keratotomy for the correction of postkeratoplasty astigmatism: vector analysis and accuracy of laser incisions. *Cornea*, 2015;34:1063-1066.
7. BIZRAH M, LIN DTC, BABILI A *et al*. Topography-guided photorefractive keratectomy for postkeratoplasty astigmatism: long-term outcomes. *Cornea*, 2021;40:78-87.
8. WARD MS, WANDLING GR, GOINS KM *et al*. Photorefractive keratectomy modification of postkeratoplasty anisometropic refractive errors. *Cornea*, 2013;32:273-279.
9. LA TEGOLA MG, ALESSIO G, SBORGIA C. Topographic customized photorefractive keratectomy for regular and irregular astigmatism after penetrating keratoplasty using the LIGI CIPTA/LaserSight platform. *J Refract Surg*, 2007;23:681-693.
10. ALIÖ JL, JAVALOY J, OSMAN AA *et al*. Laser in situ keratomileusis to correct post-keratoplasty astigmatism; 1-step versus 2-step procedure. *J Cataract Refract Surg*, 2004;30:2303-2310.
11. GÜELL JL, VAZQUEZ M. Correction of high astigmatism with astigmatic keratotomy combined with laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2000;26:960-966.
12. LORIAUT P, SANDALI O, EL SANHARAWI M *et al*. New combined technique of deep intrastromal arcuate keratotomy overlaid by LASIK flap for the treatment of high astigmatism. *Cornea*, 2014;33:1123-1128.
13. LORIAUT P, TUMAHAI P, HOFFART L *et al*. Long-term outcomes after mechanized arcuate keratotomy for the correction of astigmatism after keratoplasty. *J Refract Surg*, 2015;31:71-72.
14. HANNA KD, HAYWARD JM, HAGEN KB *et al*. Keratotomy for astigmatism using an arcuate keratome. *Arch Ophthalmol*, 1993;111:998-1004.
15. LISA C, GARCIA-FERNANDEZ M, MADRID-COSTA D *et al*. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism correction after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1660-1667.
16. TAHZIB NG, CHENG YY, NUIJTS RM. Three-year follow-up analysis of Artisan toric lens implantation for correction of post-keratoplasty ametropia in phakic and pseudophakic eyes. *Ophthalmology*, 2006;113:976-984.
17. BOUHERAOUA N, BONNET C, LABBÉ A *et al*. Iris-fixated phakic intraocular lens implantation to correct myopia and a predictive model of endothelial cell loss. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:2450-2457.
18. ALFONSO JF, LISA C, ABDELHAMID A *et al*. Posterior chamber phakic intraocular lenses after penetrating keratoplasty. *Cataract Refract Surg*, 2009;35:1166-1173.
19. JABBOUR S, BOWER KS. Three-year outcomes of implantable collamer lens followed by excimer laser enhancement ("bioptics") in the treatment of high myopic astigmatism. *Clin Ophthalmol*, 2021;15:635-643.

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