



# LES CHIRURGIES RÉFRACTIVES 2024

---

Saison 15 – Coordination :  
**L. GAUTHIER, P. LÉVY, D. PIÉTRINI**



# IC-8™

Small Aperture IOL

## Saisir l'essentiel de la **LUMIÈRE**

Découvrez **IC-8™**, la première lentille  
intraoculaire à trou sténopéïque  
approuvée par la FDA



L'implant intraoculaire IC-8 est destiné à remplacer le cristallin naturel de l'oeil humain.  
Dispositif Médical de classe IIb. Organisme notifié : GMED, CE 0459.  
Fabricant : ACUFOCUS, INC., USA ;  
Avant utilisation, lire attentivement les instructions figurant dans la notice et sur l'étiquetage.  
Ces dispositifs médicaux sont pris en charge par les organismes publics d'assurance maladie au  
titre de leur inclusion dans le financement des groupes homogènes de malades et de séjour  
relatifs aux interventions intraoculaires.

© Bausch + Lomb France SAS à associé unique au capital de 163 650 150 € immatriculée au RCS de Montpellier  
sous le n°240 275 650 dont le siège social est sis 416, rue Samuel Morse - CS 79005 - 34967 Montpellier.  
24/02/BAUSCHLOMB/PM/006

 Bausch + Lomb chirurgie France  
 [www.bausch.fr](http://www.bausch.fr)

**BAUSCH + LOMB**  
Mieux voir. Mieux vivre.

# Des défis humains, techniques, technologiques, financiers...



L. GAUTHIER

Cabinet d'ophtalmologie, SAINT-JEAN-DE-LUZ.

lgauthier2@gmail.com

Les avancées technologiques, les changements réglementaires et les pressions économiques façonnent le paysage médical. Nos pratiques professionnelles évoluent donc constamment. L'ophtalmologie se trouve au croisement particulièrement important entre le savoir-faire médical traditionnel et une approche entrepreneuriale qui s'intensifie sous l'influence de nos interactions professionnelles variées, comme celles avec d'autres professionnels de la santé, des industriels, des établissements de soins ou encore face à la réglementation étatique omniprésente.

Nous vivons dans un monde dominé par le consumérisme, qui nous incite à reconsidérer notre rôle et notre positionnement. C'est dans cette optique que ce nouveau numéro de la revue *Clinique de la Vision* a été conçu. Il a pour objectif de couvrir ces différentes perspectives. Les défis juridiques et organisationnels occupent une place prépondérante. Ils mettent en lumière le fait que notre travail quotidien s'apparente désormais autant à celui d'une entreprise qu'à un cabinet médical traditionnel, avec ses outils et son autonomie professionnelle.

Notre structure professionnelle s'est complexifiée. Elle combine d'importants investissements en équipements, une équipe de soutien administrative et paramédicale

souvent salariée, des obligations immobilières et la nécessité de travailler en groupe. Cela nous a orientés vers un modèle d'exercice en société. Ce modèle soulève immédiatement des questions d'associés, de capital, de gestion. Il introduit l'idée d'une valeur intrinsèque de la société, distincte – bien que étroitement liée – à la pratique des médecins qui y exercent. Ajoutez à cela le défi de transmettre nos connaissances et nos pratiques à une nouvelle génération moins attirée par certaines spécialités, comme la chirurgie réfractive, peu couvertes par l'enseignement universitaire, et vous avez une recette parfaite pour l'intervention d'acteurs non médicaux dans notre domaine.

La réglementation a ouvert la porte aux investisseurs financiers dans certaines sphères du médical. Cela met en lumière les risques d'une financiarisation excessive. Même si cette inquiétude a été reconnue par les autorités, il reste à trouver le juste équilibre pour protéger l'intérêt général, celui des patients et celui des praticiens. Auparavant bien délimitée, la chirurgie réfractive évolue actuellement et s'introduit dans des pratiques plus larges comme celle la chirurgie de la cataracte, pour laquelle le patient cherche de plus en plus à se libérer des contraintes des corrections optiques.

Nous nous trouvons à un moment décisif, celui de réévaluer le véritable intérêt de technologies autrefois célébrées comme essentielles et prépondérantes dans notre domaine. Parmi celles-ci, l'analyse du front d'onde (Wavefront) se démarque. Présentés il y a quelques années comme une révolution incontournable, sa place et son impact réel sont aujourd'hui questionnés. Afin de mener cette réflexion, ce numéro revêt une approche pragmatique en donnant la parole à des experts nationaux reconnus. Leur expérience quotidienne et leurs observations fournissent un éclairage précieux sur la pertinence et l'utilité actuelle de cette technologie dans la pratique de la chirurgie réfractive.

En écoutant ceux qui l'utilisent ou ont décidé de se passer de l'analyse Wavefront, nous pouvons dresser un portrait plus fidèle de son rôle effectif dans l'amélioration des résultats chirurgicaux pour les patients. Ce dialogue ouvert avec les professionnels de terrain permet de mesurer l'efficacité de cette technologie et d'envisager son avenir dans notre arsenal thérapeutique.

Depuis environ une décennie, le monde de la chirurgie ophtalmologique a été le théâtre d'une évolution notable : l'émergence d'une alternative au LASIK grâce à la technique de l'ablation lenticulaire. Jadis, cette méthode relevait du domaine exclusif d'équipements provenant d'un unique fabricant, créant *de facto* une sorte de monopole technologique. L'introduction de nouveaux appareils exploitant ce même principe chirurgical présentés par ailleurs dans cette revue pourrait ouvrir des horizons prometteurs. Elle nous invite à dépasser la vision restreinte liée à la propriété exclusive de cette technologie et permet une appréciation plus objective de son apport au champ de l'ophtalmologie.

Dans cette quête de compréhension, nous avons choisi, là aussi, de nous tourner vers ceux qui manipulent ces technologies au quotidien. Leur expérience nous offre un aperçu précieux de la place occupée par la chirurgie lenticulaire dans le spectre plus large de leurs interventions. De plus, ces rencontres enrichissantes nous permettent de saisir les perspectives de cette technique, d'autant plus intéressantes que l'accès à ces équipements spécifiques devient moins restreint.

Les implants phaqes ont acquis depuis longtemps leurs lettres de noblesse comme solution adaptée à des amétropies plus importantes que celles facilement traitées au niveau de la cornée ou dans des cas où cette dernière n'est pas favorable à un remodelage par photo-ablation. Les implants à fixation irienne ont largement perdu la part qu'ils avaient en raison essentiellement d'un besoin de surveillance peu compatible avec les contraintes acceptées de la population. Raison pour laquelle les implants précristalliniens ont pris le dessus avec une offre qui ne se limite plus à un seul modèle d'une seule compagnie. Nous verrons à quels nouveaux défis notre utilisation de ce type d'implant est confrontée.

L'avènement des techniques de photo-ablation et du LASIK, il y a presque trente ans, a marqué un tournant

dans notre pratique et a attiré un grand nombre de patients. Des décennies plus tard, ceux qui ont bénéficié de ces procédures reviennent vers nous, porteurs de nouveaux défis réfractifs ou confrontés à des cataractes nécessitant une attention particulière. Face à cela, l'expertise des chirurgiens de segment antérieur est plus que jamais sollicitée pour élaborer des traitements adaptés. Elle s'appuie sur des calculs d'implant toujours plus précis et un choix plus vaste d'implants qui répondent à des besoins optiques complexes. L'éventail déjà large des caractéristiques optiques se trouve considérablement enrichi par la coexistence de deux systèmes optiques, chacun se distinguant par ses comportements uniques. Cette diversité offre une palette de possibilités et de combinaisons inédites. Elles permettent une personnalisation encore plus poussée dans le choix des solutions optiques pour répondre aux besoins spécifiques de chaque patient.

Parallèlement, nous faisons face à une demande croissante d'amélioration optique et de ré-intervention due à l'évolution des besoins réfractifs de patients déjà opérés. Nous avons choisi là aussi de donner la parole à des praticiens pour mieux comprendre comment diverses techniques s'intègrent dans cette dynamique.

La prise en charge du kératocône représente désormais un domaine bien à part, qui exige du praticien qu'il évalue et organise attentivement son plan de traitement face à une variété de techniques disponibles.

En dessous de nos activités principales, certaines innovations cherchent à changer la perception de la couleur de l'iris, ajoutant une nouvelle dimension à notre activité.

Notre spécialité évolue. Elle s'appuie sur un large éventail de techniques qui doivent trouver leur juste place dans notre pratique. Nous sommes à un moment au cours duquel l'intégration des différentes étapes du processus de prise en charge et l'apport de l'intelligence artificielle joueront un rôle de plus en plus central dans notre quotidien.

Tout au long de ces pages, se dévoile le portrait d'une profession en pleine mutation. Il souligne notre engagement à l'excellence et à la progression, avec un focus indéfectible sur le patient, qui reste au centre de notre mission malgré le tumulte ambiant.

# Des intelligences collectives pour les professionnels et les patients



P. LÉVY

Clinique de la Vision, MONTPELLIER.

levypierre34@gmail.com

Le dynamisme et la pertinence de cette revue, dont nous célébrons aujourd'hui le 15<sup>e</sup> volume, témoignent de l'intérêt renouvelé et croissant de la surspécialité de la chirurgie réfractive, qui trouve ces racines dans :

- la multiplication des possibilités techniques offertes aujourd'hui ;
- la maturité, la sécurité et la précision "chirurgicale" de ces différentes techniques ;
- l'apport de l'intelligence artificielle "contrôlée" qui participe à la sécurité diagnostique et thérapeutique et qui, à mon sens, ne fait qu'accroître nos intelligences naturelles par l'enrichissement de nos connaissances ;
- l'incroyable service rendu qui enrichit la qualité de vie de nos patients et nourrit le sentiment de reconnaissance

et de valorisation des chirurgiens qui pratiquent cette chirurgie ;

- l'évolution des mentalités qui rend moins acceptables, aujourd'hui, certaines contraintes de la vie quotidienne qui l'étaient autrefois (port des lunettes et des lentilles) ;
- la pandémie de myopie qui frappe les jeunes générations et aussi pour les aînés celle de la presbytie par le vieillissement de la population.

Cette revue annuelle est aussi l'expression forte de deux de nos missions essentielles en tant que médecin :

- notre mission de partage des connaissances. Je remercie les différents auteurs des articles de cette revue, qui enrichissent nos connaissances, peut-être plus encore celles des jeunes générations désireuses de s'engager dans cette filière ;
- notre mission de partage d'expérience, dont nous font profiter les auteurs expérimentés de cette revue.

Certes, l'expérience personnelle se nourrit essentiellement de sa propre pratique. Mais l'expérience des autres est une lumière transmissible qui enrichit nos connaissances et permet à celui qui s'en inspire de s'en nourrir, de grandir plus vite et de se présenter mieux armé dans l'aventure exaltante de la chirurgie réfractive.

Nous espérons que la lecture de cette revue vous permettra d'enrichir vos connaissances et de vous inspirer de ces expériences partagées.

## L'horizon de la chirurgie réfractive, un regard vers l'avenir



D. PIÉTRINI  
Clinique de la Vision, PARIS.  
docteurpietrini@gmail.com

**N**ous contemplons l'horizon de la chirurgie réfractive au gré de son développement. Cependant, il faut parfois savoir regarder derrière nous pour imaginer le futur et nous aider à identifier les tendances, tirer les leçons des échecs passés, évaluer les risques, s'adapter aux changements et relever les défis à venir.

Les plus de 60 millions de chirurgies réfractives réalisées à ce jour témoignent de l'adhésion large des patients, malgré les préjugés parfois tenaces et la place prépondérante de l'industrie dans le marché mondial de la correction optique.

Bien au-delà de l'amélioration des performances visuelles *stricto sensu*, les patients opérés perçoivent la disparition des impacts cognitifs négatifs des défauts de vision, liés à l'amélioration de la qualité de vie, de la confiance en soi, de la liberté, de l'indépendance voire de l'accomplissement de soi.

Dans un monde marqué par la recherche de l'épanouissement personnel et du bien-être physique, la pénétration de la chirurgie réfractive croît dans tous les pays

développés de façon constante et à des rythmes divers. Aux États-Unis, le taux de pénétration dans la population avoisine les 4 %.

La pandémie myopique mondiale et son impact sur la santé oculaire représentent un défi à court et moyen termes. Outre les solutions préventives, ils nécessitent des efforts de recherche et d'innovation dans tous les domaines et en particulier dans le domaine de la chirurgie réfractive.

La chirurgie de la cataracte, et plus largement la chirurgie du cristallin, représente déjà l'intervention la plus pratiquée dans le monde. Elle est devenue une chirurgie réfractive à part entière et l'emmétropie est devenue bien souvent une exigence première. Il ne s'agit plus de bien voir mais désormais de voir mieux en corrigeant tous les défauts de vision préexistants, et désormais la presbytie inexorable pour obtenir l'indépendance à toute correction optique. Cela constitue un défi supplémentaire de notre spécialité, déjà largement labouré mais promis à des progrès considérables liés à l'amélioration de la technologie et de la qualité des résultats, qui donnent au remplacement du cristallin une part croissante pour corriger les défauts visuels.

Si la chirurgie cornéenne peut sembler être dans un cul-de-sac technologique, limité essentiellement au LASIK et à la chirurgie de surface, déjà trentenaires, c'est qu'elles ont bénéficié d'innovations continues et parfois majeures, de l'apport des systèmes d'imagerie et de diagnostic, de la personnalisation des traitements, de l'amélioration de la précision et, surtout, de la sécurité des procédures chirurgicales. Les traitements intrastromaux ablatifs ou additifs enregistreront probablement une part croissante parmi les traitements cornéens.

La prochaine page de la chirurgie réfractive s'écrira à l'aune de l'intelligence artificielle et du développement

# Clinique de la Vision

des capacités d'analyse, des progrès du diagnostic et de l'imagerie, des traitements, sans oublier le rôle de la pharmacologie voire de la génétique.

L'ophtalmologiste "augmenté" reste toujours le maître irremplaçable de la décision, du traitement et le garant de la relation humaine, indispensable, avec le patient. Son intelligence humaine et son expertise en font l'acteur majeur et le partenaire privilégié du patient dans la démarche réfractive, dès la consultation pré-opératoire,

mais aussi pour l'intervention, l'évaluation postopératoire et le suivi médical.

Depuis plus de vingt-cinq ans, la Clinique de la Vision a pour objectif d'offrir aux ophtalmologistes le meilleur de la technologie, de transmettre son expertise *via* cette revue. Elle permet aussi et surtout d'accompagner et de transmettre aux plus jeunes, futurs acteurs de la chirurgie réfractive, le meilleur, pour écrire les plus belles pages de cette formidable aventure.

TECHNOLAS® 317  
TENEOLAS™ MODEL 2

1 s / D\*

360°

INTRODUCING

TransEPI

1740 Hz

# BAUSCH + LOMB

Le traitement TransEPI est un algorithme, utilisé par le laser TECHNOLAS® TENEOLAS™ 317 Model 2 qui est un laser Excimer utilisé dans la chirurgie réfractive. Ce système permet de réaliser l'ablation préprogrammée précise de la cornée de l'oeil humain pour corriger les erreurs réfractives en remodelant la surface cornéenne en mode LASIK, par une ablation de surface ou transPKR. Dispositif médical de classe IIb qui porte le marquage CE0197 établi par le TÜV Rheinland LGA Products GmbH (CE0197). Fabricant légal: Technolas Perfect Vision GmbH, Allemagne. Avant utilisation, lire attentivement les instructions figurant dans la notice et sur l'étiquetage. Les procédures chirurgicales inhérentes à cette plateforme laser ne sont pas prises en charge par les organismes publics d'assurance maladie. Veuillez contacter votre représentant Bausch+Lomb pour plus d'informations sur TECHNOLAS® TENEOLAS™ 317 MODEL 2. 22/09/BAUSCHLOMB/PM/003

\* Traitement myopique standard sur zone optique de 6 mm - 1740 Hz = Fréquence de l'EyeTracker - 360° = Rotation du microscope - Introducing = Présentation du

[www.bausch.com](http://www.bausch.com) | [www.bausch.fr](http://www.bausch.fr)

## Éditoriaux

---

- Des défis humains, techniques, technologiques, financiers...** 3  
L. GAUTHIER
- Des intelligences collectives pour les professionnels et les patients** 5  
P. LÉVY
- L'horizon de la chirurgie réfractive, un regard vers l'avenir** 6  
D. PIÉTRINI

## Les chirurgies réfractives 2024

---

- Comment naviguer dans une médecine financiarisée?** 12  
K. PIGANEAU
- Miscellanées des derniers commentaires sur LinkedIn de la Clinique de la Vision** 17  
D.-A. LEBUISSON
- Le bashing sur Internet: comment réagir?** 22  
A. NICOLAS-BOLUDA
- Les pistes pour gérer les rendez-vous manqués** 25  
M.-A. CHATEL
- Épidémie myopique et prise en charge de la myopie** 28  
H. BAÏZ
- Simulation numérique pour la formation à la chirurgie de la cataracte** 37  
A. DENOYER
- Cross-linking: state of the art. Les protocoles validés en 2023** 41  
J. BORDAIS, P. FOURNIÉ
- Fondamentaux des anneaux** 48  
H. KAMMOUN, M. MOUSSA
- Chirurgie du kératocône: quand ça marche et quand ça ne marche pas** 53  
O. PRISANT
- Traitement des plis de compression invalidants après kératoplastie lamellaire automatisée pour un kératocône multi-opéré** 58  
M. ASSOULINE
- DMEK versus DSEK, le choix d'une technique** 63  
D. BERNHEIM, M. MURAINÉ

<b>Questionnaire de pratique: Chirurgie lenticulaire (SMILE)</b>	<b>68</b>
C. ALBOU-GANEM, B. AMELINE, P. BOUCHUT, B. BRIAT, J. COULLET, A. DENOYER, V. DIMEGLIO, L. GAUTHIER, M. LE LOIR, P. LÉVY, N. MESPLIÉ, G. MONTEFIORE, D. PIETRINI, L. TRINH	
<b>LASIK – Le circuit du patient</b>	<b>72</b>
S. PELLEN	
<b>La salle opératoire de chirurgie réfractive cornéenne au laser</b>	<b>79</b>
B. AMELINE	
<b>Complications d'interface du LASIK: comment les prendre en charge</b>	<b>83</b>
P. PLASSE	
<b>Questionnaire de pratique: Quand la cornée est fine</b>	<b>88</b>
C. ALBOU-GANEM, L. GAUTHIER, B. AMELINE, M. LE LOIR, P. BOUCHUT, P. LÉVY, B. BRIAT, N. MESPLIÉ, J. COULLET, G. MONTEFIORE A. DENOYER, D. PIETRINI, V. DIMEGLIO, L. TRINH	
<b>Intérêt de l'adaptation test en lentilles de contact avant chirurgie réfractive</b>	<b>93</b>
C. ALBOU-GANEM	
<b>Changement cosmétique de l'apparence de la couleur des yeux</b>	<b>95</b>
D. PIÉTRINI	
<b>Chirurgie de la presbytie en Mix and Match par laser et implants multifocaux</b>	<b>99</b>
P. WAGNER	
<b>Opérations de la presbytie: les clés du succès</b>	<b>104</b>
M. TIMSIT	
<b>Prévention et traitement de la sécheresse oculaire postréfractive et postcataracte</b>	<b>117</b>
P. RAPOPORT	
<b>Questionnaire de pratique: Utilisation du <i>Wavefront</i></b>	<b>123</b>
C. ALBOU-GANEM, B. AMELINE, P. BOUCHUT, B. BRIAT, J. COULLET, A. DENOYER, V. DIMEGLIO, L. GAUTHIER, M. LE LOIR, P. LÉVY, N. MESPLIÉ, G. MONTEFIORE, D. PIETRINI, L. TRINH	
<b>Implants phaques myopiques en 2024. Êtes vous unilatéral ou bilatéral? Serez-vous: ICL ou IPCL ?</b>	<b>128</b>
D. CHONG-SIT	
<b>Complications de l'implant phaque</b>	<b>133</b>
R. FLAMANT, A. SAAD	
<b>Intérêt de l'OCT-SA dans le sizing des implants phaques</b>	<b>138</b>
M. DELBARRE	
<b>Place de l'implant EDOF LuxSmart dans la chirurgie de la cataracte</b>	<b>145</b>
G. BOUTILLIER, C. ALBOU-GANEM, A. ROURE	

<b>Implant EDOF LuxSmart: comment ça marche ?</b>	<b>152</b>
J. COULLET	
<b>Implant multifocal et vieillissement oculaire</b>	<b>157</b>
P. BOUCHUT	
<b>Chirurgie du cristallin clair: une nouvelle vie réfractive après le PresbyLASIK</b>	<b>161</b>
N. MESPLIÉ	
<b>Quel implant pour les yeux opérés de chirurgie réfractive cornéenne ?</b>	<b>168</b>
P. ROZOT	
<b>Chirurgie réfractive et strabisme</b>	<b>174</b>
K. BELAHDA	
<b>Questionnaire de pratique: Réintervention tardive post-réfractive cornéenne</b>	<b>181</b>
C. ALBOU-GANEM, B. AMELINE, P. BOUCHUT, B. BRIAT, J. COULLET, A. DENOYER, V. DIMEGLIO, L. GAUTHIER, M. LE LOIR, P. LÉVY, N. MESPLIÉ, G. MONTEFIORE, D. PIETRINI, L. TRINH	
<b>Prédire la réfraction subjective par intelligence artificielle ?</b>	<b>190</b>
O SHUKRON, E PREVOT, M. ASSOULINE	
<b>Regards croisés sur l'utilisation du microscope full digital 3D: segment antérieur</b>	<b>195</b>
N. MECHLEB, A. SAAD	
<b>Schwind ATOS</b>	<b>198</b>
S. ARBA-MOSQUERA, F. PENIN	
<b>L'ACE/Anterion: le digne successeur de l'Orbscan dans le domaine de la topographie cornéenne</b>	<b>204</b>
J.-L. CIANFARANI	
<b>Argos et l'Alcon Vision Suite</b>	<b>209</b>
A. BAILLOU-BEAUFILS	

## Comment naviguer dans une médecine financiarisée ?



K. PIGANEAU  
Journaliste, PARIS.  
contact@karinebiographe.fr

**F**inanciarisation. Le terme est aride mais il en vaut un autre et permet d'englober tout ce que recouvre l'arrivée d'outils et de partenaires financiers au sein des structures médicales. À grande échelle, voici le paysage : quatre groupes adossés à des fonds d'investissement étrangers représentent aujourd'hui plus du tiers de l'offre d'hospitalisation privée en France et la moitié du secteur médecine, chirurgie, obstétrique (MCO). Trois des cinq premiers groupes français de maisons de retraite sont aux mains de fonds d'investissement. Les laboratoires de biologie médicale, quant à eux, font figure, selon les points de vue, de spectre ou d'idéal d'une activité libérale financiarisée. Ils ont été convertis en dix ans et sont désormais détenus à 70 % par des fonds privés. Aux biologistes ont succédé, à bas bruit, les pharmacies et le dentaire puis, de manière moins discrète, les radiologues libéraux (avec 15 % environ des centres d'imagerie tout ou partie rachetés par des acteurs de la finance). Le tour des soins primaires débute et, entre les deux, une place semble réservée à l'ophtalmologie.

### Particularités de certains montages

La finance avance en santé avec de multiples visages (fonds de pension, acteurs industriels de santé,

association d'acteurs professionnels et d'acteurs financiers, foncières...) et dans des configurations hétéroclites dont aucun observateur n'a à ce jour fait la synthèse. Toutefois, elle agit selon des formules qui permettent de l'identifier. Ainsi, sauf chez les mastodontes de l'hospitalisation privée, les prises de participation se font pour l'essentiel en dehors du marché boursier et donc en *private equity* (capital-investissement), souvent *via* des sociétés ou des fonds qui ont pour nom Ardian, Edmond de Rothschild, Eurazeo, Andera, Ares Management Corporation, Elsan, Abenex... Par ailleurs, bon nombre de transactions recourent à un montage juridicofinancier bien spécifique : le *leverage buy-out* (LBO)<sup>1</sup>. Un système magique qui permet d'acheter mais en faisant payer le bien acquis. En pratique, un LBO s'appuie sur un effet de levier : il consiste à acquérir une entreprise en ayant recours à l'endettement et à rembourser les fonds empruntés grâce aux bénéfices réalisés par ladite entreprise, puis à la revendre à court terme (au bout de cinq ans environ) en réalisant une plus-value, le tout par l'intermédiaire d'une société holding spécialement créée et détenue en majorité par les acquéreurs investisseurs. Le LBO n'est évidemment pas sans conséquences pour l'entreprise rachetée, l'exigence d'un retour sur investissement rapide (avant cession au meilleur prix) passant par une amélioration à marche forcée de la rentabilité des activités acquises (avant tout, *via* des restructurations internes et externes).

1. Suivant le profil des repreneurs, on parle aussi de *leverage management buy-out* (LMBO), *leverage buy-in* (LBI), *leverage management buy-in* (LMBI), *Owner-buy out* (OBO) ou de *leverage buy-in management buy-out* (BIMBO), ou encore de *leverage build-up* (LBU) (lorsque l'achat porte des projets de fusion).

Le LMBO correspond à un LBO dans lequel les salariés et/ou les dirigeants de la société cible investissent dans l'entreprise. On parle de LBI lorsque les investisseurs viennent de l'extérieur. Lorsque les acheteurs sont à la fois des investisseurs et des cadres internes à l'entreprise rachetée, on parle de Bimbo.

*Owner buy-out* (OBO) correspond à une opération de capital-transmission pour laquelle le cédant (dirigeant et actionnaire principal) transmet la majorité du capital de son entreprise à un opérateur de capital-investissement tout en restant lui-même actionnaire minoritaire.

Le LBU, quant à lui, concerne une stratégie de développement basée sur des croissances externes par de la dette et avec l'aide d'un capital-investisseur qui apporte le complément de capital nécessaire.

## Le “prix” des ponts d’or

Pour racheter un cabinet ou une société, des financiers peuvent mettre sur la table des sommes d’autant plus difficiles à refuser que, démographie de la spécialité oblige, les perspectives de reprise par les jeunes confrères n’existent pas. Comment renoncer à une offre qui peut équivaloir à quatre fois son chiffre d’affaires ? *“Individuellement, comment l’économiste Frédéric Bizard, c’est la conscience de chacun qui parle. En acceptant un pont d’or, il faut savoir que les choses vont très vite dériver, l’exemple de la biologie est éclairant (les médecins exerçant dans les grands groupes “financiers” y deviennent des ouvriers ultraqualifiés et ultra mal payés). Je crois quand même que les médecins ont une conscience de l’intérêt général supérieure à la moyenne : après tout, pour qui ne veut “faire” que de l’argent, il existe d’autres activités bien plus performantes que la médecine.”*

De son côté, l’Académie attire l’attention des médecins approchés et qui vont continuer à exercer dans la structure cédée sur les contrats d’exercice signés à la faveur d’une vente. Des textes qui peuvent instaurer des contraintes fortes : *“Itinérance sur des sites distincts, durée obligatoire d’exercice au sein de la société pour percevoir le solde du prix de cession, gardes et astreintes, plateformes imposées d’exercice, exclusivités d’exercice dans le ou les établissements choisis par le groupe, sanctions si les objectifs quantifiés ne sont pas atteints...”*

Dans le détail, l’architecture juridique des entreprises après rachat varie avec les situations dont l’hétérogénéité impose aux investisseurs de s’adapter à des réglementations différentes. On peut se pencher en particulier sur les manières dont la finance prend pied au sein des sociétés d’exercice libéral (SEL), contournant au passage les règles garantissant que les “médecins exerçants” en assurent le contrôle effectif. Le mécanisme peut être le suivant : au rachat, la SEL devient une société par actions simplifiée (SAS) dont les investisseurs sont propriétaires ; cette SAS vend ensuite des prestations (matériel, locaux, ressources humaines, autorisations des agences régionales de santé – ARS) à une nouvelle SEL composée de médecins, qui n’est plus qu’une société d’exercice et qui devient de ce fait prestataire pour la SAS acquise par le groupe. C.Q.F.D., concluent les économistes de Sciences Po qui ont scruté ce modèle<sup>2</sup> : *“Les médecins perdent le contrôle sur l’outil de travail.”* L’acquisition d’une ou plusieurs SEL par des investisseurs non-médecins passe aussi par des montages, au gré de participations croisées et de holdings, dissociant les droits de vote des droits financiers *via* des actions de préférence ou des pactes secrets d’actionnaires : *“Il est alors possible, note l’Assurance maladie dans son dernier rapport annuel, d’octroyer 75 % des droits de vote à des praticiens, mais de conserver la quasi-totalité des droits financiers et d’exercer*

2. Bourgueil Y, Benamouzig D. La financiarisation dans le secteur de la santé : tendances, enjeux et perspectives, Chaire Santé Sciences Po, juillet 2023.

*de fait le contrôle des groupes”*<sup>3</sup>. Sur la forme, montages et contrats (parfois léonins) peuvent être si opaques que les investisseurs n’apparaîtront tout simplement pas dans le capital de SEL candidates au rachat de plateformes professionnelles.

## Logique des soins versus logique du capital

Le capital avance, lorsqu’il est exogène, en tenant au médecin un langage spécifique : il va le “décharger” de certaines tâches, le rendant ainsi “plus disponible” pour l’offre de soins et, de fil en aiguille, “plus attractif”, “plus qualifié” et donc plus producteur de soins. Ce que le discours ne dit pas, c’est que l’investisseur veut posséder au moins 51 %, assainir l’outil en termes de coûts, aspirer la trésorerie, dégager des pôles de productivité et des dividendes et, enfin, rendre négociable son investissement au moment de la revente. Somme toute, le capital “endogène” (le corps médical) quand il existe s’inscrit dans la même problématique... à ceci près que la revente rapide n’est pas son objectif et que la maîtrise décisionnelle demeure unique.

La question du contrôle du projet médical est évidemment centrale dès que l’on examine les effets de la financiarisation, *a fortiori* dans un contexte de course à la rentabilité. Quand le capitalisme professionnel a cédé le pas au capitalisme financier, que devient l’indépendance médicale ? Rien d’autre que ce qu’elle est devenue à l’hôpital depuis l’instauration, au début des années 2000, de la tarification à l’activité et l’essor de “l’hôpital-entreprise”, serait-on tenté de répondre, avec, en lieu et place de la finance, l’administration aux manettes pour régenter l’activité des praticiens. Or, la fuite des médecins hospitaliers vers le secteur privé montre que la situation leur déplaît souverainement : quand les calculs de rentabilité guident le projet médical et que le directeur d’hôpital (non-médecin) est *de facto* le vrai “patron”, les praticiens se trouvent mieux dans le camp d’en face. Pour l’instant. Qu’en sera-t-il si la finance s’empare largement de pans entiers du système de santé privé ? D’autant que, hormis le statut des personnels, la distinction entre le public et le privé s’estompe : le privé peut établir des co-entreprises avec le public, être chargé de mission d’intérêt général... Le public, quant à lui, est invité à équilibrer

3. Améliorer la qualité du système de santé et maîtriser les dépenses - Propositions de l’Assurance Maladie pour 2024, juillet 2023 (chapitre 8.1 : La financiarisation de l’offre de soins).

son budget et à s'associer économiquement avec divers acteurs. Dans ce contexte, un médecin doit aujourd'hui comprendre les enjeux économiques de la santé (côté "dépendances") et les voies de financement des modes d'activités (côté "revenus"). À moins de vouloir rester sourd à ce monde et demeurer un pion passif, il doit s'inscrire, salarié ou non, dans des choix fonctionnels basés sur des constats objectifs.

Or, ces dernières années, les témoignages de professionnels montrent des failles dans la cohabitation entre logique financière et logique du soin : accélération des cadences, concentration sur les activités qui "rapportent" (avec, pour corollaire, une nouvelle couche de surspécialisation des praticiens que l'on trouve poussée à l'extrême aux États-Unis où un chirurgien peut se trouver cantonné à deux interventions), abandon d'activités pas ou peu rentables (*via*, par exemple, en biologie, le refus d'achat d'automates pour assurer les urgences ; ou bien, du côté des radiologues, le non-remplacement d'appareils de densitométrie ou de panoramiques dentaires, l'arrêt des mammographies...). Avec beaucoup de précautions, une très récente étude américaine a commencé à établir un lien entre financiarisation (en *private equity*) et qualité des soins. Elle met en lumière une augmentation de 25 % des événements indésirables, en particulier infectieux, dans les structures financiarisées<sup>4</sup>.

Que faire si un fonds exige des cabinets qu'il détient une hausse de chiffre d'affaires de 5 points dans un secteur en croissance moyenne de 2 points ? "On est très loin du code de déontologie quand des groupes fixent des objectifs commerciaux à des professionnels de santé", commente l'économiste Frédéric Bizard. Sans compter que les "dérives" peuvent se transformer en fraude pure et simple. Dès lors, une autre ligne est franchie : le premier déconventionnement, à l'été 2023, de treize centres de santé ophtalmologiques et dentaires Alliance Vision est venu le rappeler.

Tout l'enjeu est donc de garantir l'indépendance des médecins (inscrite, rappelons-le, dans le Code de la santé publique) au sein d'entreprises "financiarisées" dont les pilotes ont besoin de coudées franches pour faire remonter aux investisseurs les dividendes attendus. C'est un peu la quadrature du cercle. Le cabinet

4. KANNAN S, DOV BRUCH J, SONG Z. Changes in Hospital Adverse Events and Patient Outcomes Associated With Private Equity Acquisition, *JAMA*, décembre 2023.

### Financiarisation et santé : de quoi parle-t-on ?

Des économistes de Sciences Po proposent de définir la financiarisation de la santé comme "le processus par lequel des acteurs privés, non directement professionnels de santé, capables d'investir de façon significative, entrent dans le secteur des soins avec comme finalité première de rémunérer le capital investi".

Quand on parle de financiarisation en santé, on ne parle donc ni de "privatisation" (la financiarisation se joue la plupart du temps à l'intérieur du secteur privé), ni de "marchandisation" (même si celle-ci peut être un effet de la financiarisation), ni d'"ubérisation" (même si dans le cadre d'installations de plateformes de télémédecine, par exemple, les deux termes peuvent se superposer). En médecine de ville, la financiarisation se traduit par un transfert de propriété de l'offre de soins privée des acteurs professionnels vers des acteurs financiers qui n'ont qu'un objectif : gagner de l'argent, à court terme, et, si possible, pour un montant important.

Winston & Strawn, très engagé dans le secteur du capital-investissement, commente : "Le défi reste de distinguer le droit politique de la structure de celui du capital en permettant d'octroyer ce dernier à celui qui prend le risque financier tout en laissant le pouvoir de décision à celui qui engage son diplôme."<sup>5</sup>

### Un nouvel arsenal

Le 8 février 2023, le législateur s'est saisi de la question en prenant une ordonnance donnant aux médecins une panoplie d'outils pour garder (sous l'œil de l'Ordre des médecins) le contrôle de leurs sociétés. Dans ce texte, qui doit entrer en application le 1<sup>er</sup> septembre 2024, la définition de "professionnel exerçant" est resserrée, la transparence sur la détention des SEL renforcée, les réactions des médecins facilitées en cas de manquements<sup>6</sup>. Le 10 juillet 2023, des décisions du Conseil d'État relatives à des sociétés vétérinaires (soumises aux mêmes mouvements de financiarisation que les entreprises médicales) sont également allées dans le sens d'une protection de l'indépendance des professionnels, donnant la latitude aux instances ordinales de radier des sociétés dont les vétérinaires avaient *de facto* perdu le contrôle<sup>7</sup>. Dans un autre registre, une loi votée le 19 mai 2023 a rétabli l'agrément des ARS pour l'ouverture et le suivi d'activité des centres de santé dentaires et ophtalmologiques.

5. Nicola Di Giovanni, alors associé chez Winston & Strawn, interviewé en janvier 2021 par *Décideurs Magazine*.

6. Voir le guide publié par la direction générale des entreprises, *L'ordonnance PLR de 2023, clés en main. Les professions de santé*, décembre 2023.

7. Note de M<sup>e</sup> Vincent Guillot Triller, GS Avocats, Radiations de sociétés vétérinaires par le Conseil d'État : un guide de vérification de l'indépendance transposable aux médecins ?

## Un “non-sujet” de formation initiale

Sans même parler de la haute finance (banques d'investissement et finance des grandes entreprises) et de ses rouages complexes, les études de médecine, pilotées par des universitaires qui ne connaissent l'exercice libéral qu'à travers la lucarne de leurs consultations privées quand ils en ont, continuent de faire, jusqu'aux épreuves classantes nationales (ECN), totalement l'impasse sur tout ce qui est relatif à la gestion d'une entreprise médicale. Tout au plus et avec un peu de chance (car rien n'est obligatoire dans les maquettes), un futur médecin acquerra quelques notions en fin de cursus s'il dépend d'une faculté au sein de laquelle des initiatives existent en ce sens. Une lacune dont la profession est parfaitement consciente: interrogés par l'Ordre des médecins, neuf médecins sur dix jugent “important” – et plus de la moitié “prioritaire” – de “mettre en adéquation la formation initiale avec la réalité des exercices professionnels”.

## Les limites et les pistes

Un arsenal défensif d'un côté, répressif de l'autre, nécessaire, mais sûrement pas suffisant. Le principe de réalité oblige en effet à constater que les forces en présence ne sont pas exactement équilibrées. Ce que la finance – et ses bataillons de juristes experts – a su faire une fois pour contourner les règles et instaurer un actionariat non médical minoritaire en apparence seulement, elle saura sûrement le refaire. En face, les moyens de l'Ordre des médecins paraissent dérisoires. Tout comme ceux des ARS dans leur champ d'intervention. D'aucuns économistes sévères enfoncent le clou en affirmant qu'il n'y a pas, dans les ministères, les compétences juridiques, économiques et financières à même de discuter avec l'autre camp.

Dès lors, dans une économie nationale – et internationale – largement financiarisée<sup>8</sup>, que peut faire l'activité médicale pour se prémunir des dérives?

D'abord s'ausculter. “Produire de l'analyse, explique l'économiste Frédéric Bizard, afin d'être en capacité de mener un lobbying intelligent auprès des pouvoirs et des partis politiques, dans l'ensemble plutôt attachés au modèle de notre système de santé”. “Faire appel, renchérit son homologue Jean de Kervasdoué, aux meilleurs des avocats de droits public et privé pour montrer en quoi les pratiques sont illégales quand elles le sont – et on est souvent à la limite de la légalité – et faire modifier la loi.” En parallèle, trouver une manière légale, juridique d'abord, pour que le partage entre ce qui relève de l'entreprise médicale et ce qui relève du propriétaire des murs voire des machines soit clair.

<sup>8</sup> En France en 2020, les actifs financiers étaient estimés à seize fois le produit intérieur brut (PIB) – les actifs non financiers à 7,8 fois le PIB.

Mais, on peut aller plus loin. Pourquoi le “gâteau” qui appâte tant la finance ne serait-il pas dégusté par les professionnels eux-mêmes? Dans le cas de l'ophtalmologie, ceux-ci apparaissent même en position de force pour se lancer. La spécialité avance avec les reins solides. Ses revenus sont en hausse et au sommet du tableau de la Caisse autonome de retraite des médecins de France (Carmf) (150 000 euros de bénéfices non commerciaux, moyen secteurs I et II confondus, selon les dernières statistiques de la caisse – versus 125 000 euros en 2008. Seuls les cancérologues font mieux). Son attrait est incontestable parmi les futurs médecins. En septembre 2023, l'ophtalmologie a été la spécialité la plus demandée parmi les 100 premiers lauréats des épreuves classantes nationales (ECN). Son activité recèle des perspectives d'évolution spectaculaires (825 000 opérations de la cataracte ces dernières années versus 575 000 il y a quinze ans) portées par des appareils toujours plus performants, certes coûteux mais plutôt vite amortis... Toutes choses égales par

## Un marché colossal

On oublie trop facilement l'importance des sommes en jeu derrière le mot “santé” en France: 245 milliards d'euros en 2023, une manne colossale à comparer aux 4 milliards d'euros que pèse la culture par exemple. Un marché qui, au-delà de sa taille, offre des perspectives de croissance continue (étant donné la hausse de la demande de soins et le vieillissement de la population) avec une demande solvable quoi qu'il arrive (l'Assurance maladie est là, qui constitue un payeur unique et diligent): le profit moins les risques.

Autant de conditions parfaitement réunies si on se recentre sur l'ophtalmologie libérale. Certes, le “gâteau” est plus modeste: autour de 2 milliards d'euros pour l'activité privée. Mais le payeur est au rendez-vous et les perspectives encourageantes. Il suffit de regarder ce qui s'est déjà produit au cours des trente-cinq dernières années: l'activité de chaque ophtalmologiste libéral a été multipliée par 3, le nombre de glaucomes traités par 5, les opérations de la cataracte par 8, les injections intravitréennes par 1 000... Une croissance époustouflante assurée par des professionnels de moins en moins nombreux depuis 2010.

S'ajoutent à ce cocktail des spécificités considérées comme propices à l'arrivée d'acteurs financiers:

- l'existence de marges d'efficacité, d'économies d'échelle et de possibilités de restructuration au sein d'un secteur qui reste atomisé. La productivité peut être accrue et les coûts diminués par l'“industrialisation” des plateaux techniques;
- une part de l'offre en place susceptible de faire l'objet de rachat dans des délais courts. La démographie des ophtalmologistes entre dans l'équation qui rend les cessions de cabinets à tout le moins hypothétiques;
- pour mémoire, 47 % ont 60 ans ou plus et l'effectif chute jusqu'en 2030;
- un besoin en capital important, notamment en matière d'investissements pour acquérir ou remplacer du matériel...

ailleurs, l'ophtalmologie est la spécialité la plus rémunératrice pour un médecin libéral. Dans un tel contexte, quel banquier sollicité pour soutenir un projet professionnel répondra : "Je passe" ?

Les médecins, pour peu qu'ils soient bien accompagnés et/ou se forment dans un domaine qui leur est *a priori* largement inconnu, peuvent donc se substituer à la finance. Plusieurs pistes. L'une, qui a fait ses preuves... au démarrage, revient à "s'autofinancier" pour industrialiser des plateaux techniques. Il s'agit de monter, avec une part de capital-investissement, des entreprises à dominante professionnelle de taille critique suffisante et qui intègrent les fonctions de gestion et de coordination : c'est à l'origine le modèle Point Vision. Problème : la structure même de ces sociétés (et leur succès) ouvre une porte dans laquelle s'engouffre la finance au premier appel d'air. Le fonds d'investissement américain ARES est ainsi aujourd'hui majoritaire au sein de Point Vision après un rachat en LBO, et l'attachement initial du réseau au statut libéral des médecins qui le rejoignent ne semble plus si évident. Ce modèle largement copié ne bénéficie plus de l'effet de nouveauté qui a été le sien à sa création en 2010, avec l'appui des pouvoirs publics, dans un contexte de pénurie de rendez-vous. Aujourd'hui, il semble s'essouffler et le groupe cherche déjà à élargir et à rationaliser son offre.

## Les médecins sur les deux fronts

Pour faire valoir leur propre logique (soigner les patients en échange d'une juste rémunération) contre celle des fonds (rentabiliser un investissement), les médecins ont un autre choix : verrouiller tout accès à la financiarisation en construisant avec l'appui traditionnel des banques, seuls ou en association, des projets purement médico-entrepreneuriaux, sans rien abdiquer en termes de gestion, en conservant autorisations et matériels. Ce contre-modèle est farouchement défendu, notamment par les radiologues libéraux qui, à grand renfort de communications, publications, formations... le diffusent à toutes les spécialités "cousines" en termes de plateaux techniques<sup>9</sup>. Monodisciplinaires ou pluridisciplinaires, sous forme de holdings (sociétés de participations financières de professions libérales, SPFPL),

<sup>9</sup>. Les outils de financiarisation : comprendre pour décider". Webinaire du Dr Philippe Coquel, fnmr.fr.

### Les plus et les moins : démêler le vrai du faux

Quand la finance s'empare d'un segment de l'offre de soins, elle :

- **Investit dans l'innovation et modernise le secteur.** Vrai et faux. Le grand argument dans ce registre est l'exemple de la biologie médicale qui, selon ses supporters, n'aurait jamais su affronter la crise de la Covid-19 sans la mue opérée sous l'impulsion des financiers. Mais nul ne peut affirmer que le paysage des laboratoires n'aurait pas pu évoluer tout aussi efficacement dans le sens d'une hiérarchie industrielle sans hiérarchie capitaliste... Par ailleurs, rentabiliser une activité, surtout à court terme, ne passe pas forcément par sa modernisation et les promesses faites en ce sens par les fonds peuvent s'avérer un miroir aux alouettes.
- **Améliore la productivité du secteur.** Vrai... Au moins au début.
- **Améliore le management de ses structures.** Vrai. Les progrès sont évidents en matière de ressources humaines, de contrôle de gestion, de systèmes d'information, de prise de décision, voire de capacité de négociation avec la puissance publique.
- **Répond à une aspiration des jeunes médecins.** Vrai et faux. L'intérêt des futurs médecins pour des modalités d'exercice renouvelées, sans propriété systématique de l'outil de travail, est avéré. Mais la biologie est aujourd'hui au 43<sup>e</sup> rang sur 44 dans le classement aux choix d'internat. Un non-choix qui peut être relié à la dégradation des conditions de travail dans la spécialité – statut précaire de travailleur non salarié sans participation aux décisions des sociétés, moindre attrait intellectuel de l'exercice et rémunération en baisse.
- **Donne des moyens aux médecins.** Vrai et faux. Les fonds savent que leurs revenus sont liés au temps-médecin et ont donc intérêt à le valoriser. Mais ils peuvent sélectionner la part de ce temps-médecin qui les intéresse et certains semblent avancer aussi avec l'idée que la télémedecine ou l'intelligence artificielle permettra un jour de s'affranchir en partie du médecin pour créer de la valeur.
- **Écrase la concurrence indépendante.** Faux. Même dans le secteur de la biologie, quelques laboratoires français subsistent qui, dans un contexte économique tendu et un marché saturé, peuvent se trouver paradoxalement dans des situations plus confortables que les fonds.

de groupement d'intérêt économique (GIE) ou d'ovnis restant à inventer, ces organisations ne peuvent ni faire l'impasse sur le recrutement de spécialistes de la gestion au sens large (finances, stratégie, administration, ressources humaines) ni s'affranchir d'une réflexion prospective sur la médecine de demain dessinée par les évolutions techniques et sociétales. Un chemin étroit, tout sauf simple, mais que nombre de biologistes regrettent aujourd'hui de ne pas avoir emprunté quand ils le pouvaient encore.

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

## Miscellanées des derniers commentaires sur LinkedIn de la Clinique de la Vision



**D.-A. LEBUISSON**

Commentateur ophtalmologique Clinique de la Vision, PARIS.  
dalebuissou@gmail.com

LinkedIn est une plateforme sociale théoriquement à visée professionnelle. Le recrutement est le socle de la conception de l'outil. Elle permet à chacun de se signaler ou de signaler quelqu'un ou quelque chose d'autre à tous ou partie des inscrits.

En ophtalmologie, la plupart des messages sont des équivalents selfie où on se cocongratule de tout et de n'importe quoi en particulier de la tenue de la 350<sup>e</sup> réunion sur le choix de l'implant... ou de l'obtention du permis de conduire. Plus intéressant sont les signalements de messages LinkedIn de membres sur d'autres réseaux. Enfin, il est possible de proposer des réflexions ou des événements divers.

La Clinique de la Vision s'est inscrite dans ce mouvement. Voici un extrait de ceux parus ces derniers mois. Ce sont des opinions qui sont ici retenues et nous savons qu'elles peuvent être débattues en direct.

C'est votre serviteur qui signe ces lignes mais le réseau est ouvert aux associés et au staff *via* les identifiants nominaux.

Voici un pot-pourri, sans ordre des années 2023-2024, des dernières publications qui, évidemment, ne reflètent

que l'avis personnel de l'auteur; elles sont toutes reprises sur l'adresse de la clinique. Très peu de commentaires sont repris.

### Le tourisme durable



**Alexandre Lebuissou** • Vous

Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris, Sp...

Le tourisme durable est un tourisme qui tient pleinement compte de ses impacts économiques, sociaux et environnementaux, actuels et futurs, répondant aux besoins des visiteurs, des professionnels de l'environnement et des communautés d'accueil (Organisation mondiale du tourisme - OMT). Ce concept n'échappe pas aux accompagnateurs de tendances. Certains organisateurs suppriment déjà les Week End prolongés et les courts déplacements en avion. En avant vers des séjours longs et atteints volontiers moins aisément. Espérons que ces initiatives conduiront à aussi supprimer les itératives réunions médicales de fin de semaine rassemblant les mêmes types d'orateurs se déplaçant inlassablement de ville en ville pour promouvoir eux mêmes, un produit, une entité, un intérêt...

### Quand le marketing rajeunit le patient grâce à l'opération de la cataracte



**Alexandre Lebuissou** • Vous

Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris, Spécialiste de...

Pro âge. L'excellent rapport d'Alcon (Alcon Eye On Cataract Survey) à partir d'une évaluation bien conduite dans 10 pays sur des patients porteurs de cataracte abouti à deux conclusions. "The results reveal cataract surgery not only improves vision, but also can help turn back the clock for patients' vision, with almost half (45%) of post-surgery patients reporting they have the vision of someone younger. These results underscore the importance of protecting and enhancing vision, particularly understanding the benefits and options of cataract surgery, to the pursuit of pro-aging, an increasingly popular term used to describe a positive, engaged approach to growing older".

C'est intéressant non pour révéler que l'opération est efficace mais qu'elle est mal connue des patients et qu'elle apporte aussi un bienfait jusqu'ici peu discerné.

Le choix de nouveaux vocables n'échappe pas à industriel et a son porte plume publicitaire: nouveau presbyte, pro âge... Nous ne sommes pas encore au proto-chirurgical mais l'advanced surgeon existe déjà.

L'opération de la cataracte pourrait donc se positionner dans l'offre de réjuvenation, on y est. Et s'il n'y a pas de cataracte cela devrait être encore plus efficace en apportant l'espoir de devenir encore plus jeune.

## Opération bilatérale simultanée du cristallin



Alexandre Lebuissou • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris, S...  
3 min • Modifié •

Opérer les deux yeux durant la même séance chirurgicale ? Cet article de CRST suggère que cette attitude va se répandre et s'imposer. Nous savons que le risque de complications ou d'évènement indésirable n'est pas plus élevé durant ce type de protocole.

Les auteurs apportent un argument curieux: la suppression de deux anesthésies générales à une époque où l'anesthésie locale règne. Ils ajoutent la réduction des délais ce qui peut se concevoir pour des patients peu mobiles, lointains ou très malades, ce n'est pas le groupe le plus important et en fait une procédure plutôt adéquate pour les zones peu favorisées médicalement.

Le principal obstacle que l'on peut discerner en France c'est la réduction des revenus puisque la simultanéité fait diviser en deux le second acte. Cet aspect ne passera pas inaperçu des décideurs et chirurgiens. En revanche c'est un atout pour les payeurs mais ils sont déjà très désarmés n'arrivant même pas à réduire le coût anesthésique lors d'usage de l'analgésie topique.



Quentin de Bosredon

19 h

Cela éviterait quand même les aller-retours pour les visites post-opératoires, diminuerait les coûts de transport médicalisé... En revanche, cela m'arrive assez fréquemment de modifier légèrement la puissance de l'implant du deuxième œil suite au PO du premier. Risque de moindre précision réfractive ?

Si les 2 actes étaient possibles à coter le jour même, ou avec une tarification spécifique de chirurgie séquentielle bilatérale, je le proposerais de façon certaine à la plupart des patients avec des yeux "simples"  
...voir plus



Jérémie Villaret

8 h

<https://www.sfo-online.fr/revue-presse/revue-de-la-presse-de-novembre-2023>  
Le troisième article de la revue de presse de novembre paru dans JAMA commenté par Antoine Rousseau refroidit un peu la pratique de la CCBIS (3 endoph bilatérales!)  
**Revue de la presse de novembre 2023**  
[sfo-online.fr](https://www.sfo-online.fr)

**Auteurs : Paul Bastelica, Alexandre Matet, Antoine Rousseau. Coordination : Marc Labetoulle Revues s...**



Alexandre Lebuissou

1 j

Qui c'est réfrigérant mais dans le recensement mondial de 6 de 9 cas le respect du protocole chirurgical recommandé n'avait pas été respecté.

Pour la publication signalée: a systemic breach of sterility at the clinic on the day of ISBCS  
JAMA Ophthalmol. 2023;141(11):1075-1078.  
sterility at the clinic on the day of ISBCS JAMA Ophthalmol. 2023;141(11):1075-1078. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2023.4637

Ce n'est pas pour les opérateurs coupés des support réglementaires

## Le Club de formation pratique en chirurgie réfractive



Clinique de la Vision  
420 abonnés  
1 sem. • Modifié •

Le dernier cours du Club de formation pratique en chirurgie réfractive a fait un heureux : **Arnaud Touboul**, jeune assistant, a passé 5 jours avec les nombreux opérateurs.

Saluons, entre autres, J. Couillet de Montpellier, D. Pietrini, **Docteur Michael Assouline**, **Cati Albou-Ganem**, **Didier Chong-Sit** et le sémillant professeur Laroche, sans oublier notre ami fidèle de Reims, D. Duplidy et le prince du kératocône, **Olivier Prisant**.

La prochaine session se tiendra fin janvier 2024.

Nous avons demandé au Dr Touboul ce qu'il avait pensé de sa semaine :

« Je suis reconnaissant des chirurgiens expérimentés qui m'ont permis d'approfondir mes connaissances théoriques et pratiques en chirurgie réfractive, mais aussi du professionnalisme du personnel paramédical au bloc opératoire et en consultation, qui travaille de concert, toujours dans un souci d'excellence pour les patients. »

Inscriptions - Virginie CAMINADE : [dir@cliniquevision.com](mailto:dir@cliniquevision.com)

Renseignements - Alexandre Lebuissou : [contact@cliniquevision.com](mailto:contact@cliniquevision.com)



## Demande du dossier médical



Alexandre Lebuissou • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris, S...  
••



Clinique de la Vision • Suivi  
Hôpitaux et services de santé

Demande du dossier médical.

Dans un arrêt du 26 octobre, la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) s'est prononcée sur les articles 12, 15 et 23 du Règlement général européen de protection des données (RGPD). A retenir: le paiement de la copie peut être exigé par le responsable du traitement uniquement lorsque la personne concernée a déjà reçu, à titre gratuit, une première copie de ses données et en fait de nouveau la demande. Ainsi que le droit d'obtenir une reproduction fidèle et complète de ses données à caractère personnel. Ce dernier veut dire: tout absolument tout ( si traitement des données ).

Bref, le médecin a intérêt à donner immédiatement une copie fraîche et gratuite au patient et faire signer la remise. Le paiement ultérieur sera dissuasif car la barbe c'est de rechercher des dossiers complets, autant rester dans les clous en réduisant la possibilité d'une relance durant 20 ans.

## Doctolib



**Alexandre Lebuissou** • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA , Clinique de la Vision Paris , Sp...



**Clinique de la Vision** • Suivi  
Hôpitaux et services de santé

Evolution de Doctolib. Depuis cette année, l'équipement en logiciel référencé Ségur est un indicateur socle.  
La firme annonce ce jour la mise à disposition d'une messagerie sécurisée qui répond aux deux premières contraintes du volet 1 des 3 déploiements du forfait structure, dédiés à l'équipement du cabinet, aux démarches et nouveaux modes d'organisation, dont le montant total de l'aide, en cas de plénitude des volets 1 et 2, avoisine les 10 000 € ( voir guide pratique actualisé annuellement de la CNA<sup>AA</sup> au format pdf : Comment déclarer votre forfait structure ?).  
Il existe déjà une telle messagerie sur mon espace santé, les médecins vont pouvoir passer du temps à communiquer tous azimuts.  
Doctolib prévoit aussi une ressource I.A.  
Ce recentrage de DL vers la médecine encadrée accompagne le renoncement aux 5700 soignants du "bien être" qui avaient par le passé accès à la plateforme.

## Erreur de côté



**Alexandre Lebuissou** • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA , Clinique de la Vision Paris , Sp...

Erreur de côté: À Tours, une patiente atteinte d'un cancer du sein a été irradiée sur le mauvais côté. Une erreur détectée au bout de 25 séances de radiothérapie !. 25 fautes donc.  
Depuis l'introduction obligatoire de la check list les erreurs de coté continuent. Le vrai chiffre est mal connu et certainement sous estimé car certaines concernent des organes atteints bilatéralement, parfois le traitement est stoppé en cours de soins, quelquefois le patient reçoit une explication filouteuse qu'il ne discute pas...  
En ophtalmologie c'est relativement non rare surtout avec les séjours ultracourts à multi intervenants. C'est dans cette circonstance que chacun croit que l'autre s'est chargé de la vérification. Le cross checking n'est que très rarement effectué dans les règles. Tout va assez vite.  
La dernière erreur que l'on connaît est un patient devant être opéré de cataracte qui a répondu à l'appel d'un autre malade afin de pouvoir passer avant au bloc ! Il a été opéré avec un implant destiné à un autre. Faillite totale de la chaîne. C'était en CHU assez bien organisé mais c'est constaté dans tous les secteurs.  
L'idée préventive par l'opérateur est de ne se reposer sur personne et de faire signer la check list, mais qui le fait en ophtalmologie ? je parie sur zéro

## Rendez-vous non honoré



**Alexandre Lebuissou** • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA , Clinique de la Vision Paris , Sp...

Faire payer les absents non excusés ? L'Académie de médecine et le conseil national de l'ordre des médecins estiment entre 6 et 10% le nombre de patients ne se présentant pas au rendez-vous. Doctolib a sondé 13 000 utilisateurs: 4,1 % des rendez-vous ne sont pas honorés. Ces chiffres sont à prendre avec des pincettes car tous les médecins ne renseignent pas le no show.

J'ai été stupéfait qu'un.e ophtalmologiste parisien publiait récemment sur linkedin un taux de 15 % de non vus numériques alors que l'agenda traditionnel était complet à 2 mois.

L'hôpital ne communique pas sur ce phénomène alors qu'il est la principale victime. Once upon a time, nous avions à Foch des chiffres pouvant aller à 25 % ( tiers payant fréquent)

Le Sénat a adopté le principe d'une « taxe lapin » pour ces no show !

La taxe c'est sanctionner le thermomètre. Si un inscrit ne vient pas sans annuler c'est pour une des 5 raisons principales : il a trouvé ailleurs, il a oublié, il a plusieurs options similaires, il est alerté par un score étoilé

inférieur à 4, il est mort ou guéri, et il s'en fiche. Dans tous les cas il manque d'éducation et de considération pour le médecin.

Mais pourquoi ? Essentiellement parce que l'offre s'étant multipliée elle a fait sauter les filtres ( oral...). Des dizaines de milliers de propositions médicales gonflent les carnets de rdv des médecins les moins demandés, les plus jeunes, correctement situés... L'agenda numérique facilite la recherche par les patients mais aussi augmente le recrutement du cabinet, somme toute c'est site de rencontre avec ses aléas. Et le secrétariat physique peut être allégé.

Les non venus concernent surtout des médecins avec qui la relation est faible ou absente. Les médecins à bonne notoriété, bien implantés et surtout connus n'en sont pas victimes. De même , les investigations sur RDV sont moins en cause et les actes techniques presque jamais.

Ce sont les primo consultants qui ne viennent pas majoritairement. Ce n'est pas un comportement lié au paiement de la consultation. Les médecins pertinents savent quels rendez-vous ne seront pas respectés car toutes les couches de la population ne possèdent la même appréhension des rapports entre citoyens.

Les no show sont une manifestation comme une autre de la dégradation des anciennes attitudes policées observées presque partout.

Les médecins subissent ainsi une perte d'estime comme par le passé les enseignants et puis maintenant les cheminots, les politiques, les maires ... L'accessibilité et le « pouvoir » en réseau confié aux consommateurs a ici son revers. Contrecarrer par les sous ne marchera pas et ne soutiendra surtout que les médecins les moins attractifs.

La solution par l'argent ne peut s'inscrire que dans un cadre plus large avec au premier chef l'autorisation de faire garantir pour toutes les demandes un pré paiement. Ce n'est pas simple avec les millions de tiers payants mais cela passe par là.

## Changeur des yeux



**Alexandre Lebuissou** • Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris, S...  
3 j • Modifié •

Cet article du Figaro sur la kératopigmentation ( pour le changement de la couleur des yeux ) apporte deux sons de cloche. L'interview d'un chirurgien promoteur de la méthode et un autre d'un opérateur moins convaincu. Comme souvent avec des techniques nouvelles reposant sur une demande forte des patients et une absence d'anomalies médicales le rappel à l'incertitude du temps et au basique "primum non nocere" s'établit d'emblée. Pourtant et pour avoir vu passer les opérés à la Clinique de la Vision il apparaît que la satisfaction est très fréquemment au rendez vous moyennant une information préalable très renforcée. Les résultats sont probants.

Il n'est plus possible, à notre époque de renvoyer au psychologue un souhait de patient sortant des chemins battus. Nous avons en ophtalmologie trop entendu par le passé des pontifes massacrant des innovations, aujourd'hui bien acceptées, pour mettre à l'écart toutes les propositions entendables.

La qualité éthique des opérateurs et la maîtrise technique sont les seuls garants actuels de l'opération. Elle fait partie de la panoplie, son utilisation est assurément confinée à peu de candidats.

**Jean-Bernard Rottier** • 1er  
Président chez association unono wa matso  
2 j ...

Je pense que 99, 9% des ophtalmos sont opposés, a priori, à cette technique merci pour avoir publié ces lignes porteuses de réflexions.

En y réfléchissant je trouve que c'est toi qui, a posteriori, ayant reçu quelques patients satisfaits et sans complication, valide la démarche.

Le bouche à oreille entre médecins sur le bénéfice d'une technique est plus efficace que l'auto promotion.

J'aime | Répondre • 1 commentaire



**Alexandre Lebuissou** Auteur  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision P...  
2 j (modifié) ...

Cher JB, Oui, c est franchement hostile as usual, mais pas plus que pour les tous premiers keratomileusis.

La kératopigmentation n est jamais que la technique du tunnel cornéen avec un pigment à la place de l anneau. Rien de nouveau chirurgicalement. Cette méthode est courante et rien ne montre la nocivité du pigment, ce qui gêne c'est la demande du patient.

## Encore plus près de chez soi



**Clinique de la Vision**  
483 abonnés  
1 sem. •

La sécurité opératoire ophtalmologique hors établissement de santé.  
USA: The rate of adverse events for office-based cataract or refractive lens surgery is similar to or less than the reported adverse event rate for modern cataract surgery in the ambulatory surgery center setting.  
Journal of Cataract & Refractive Surgery 49(9):p 907-911, September 2023. Kugler, Lance J. MD; Kapeles, Matthew J. MD; Durrie, Daniel S. MD  
C'est une série de 18 005 cas dans 36 dispositifs.

En France c'est rendu impossible par les coalitions de la tutelle, des corporations, des syndicats, des sociétés savantes et tutti quanti...et pourtant c'est une source majeure d'économies sans risques: c'est écrit ( mais ailleurs et par d'autres)

## Jeune pousse et vieux pot

Start up ?( nouvelle activité sur marché émergeant) Saluons l'arrivée d'un nouveau centre de bilan de santé médical.

L'appellation interpelle car installer un check up center n' a rien de nouveau ( ex le CIEM à Paris), le faire dans d'excellentes conditions d'accueil n' a rien de nouveau ( ex : l' hôpital Américain à Paris, véritable prometteur du concept haut de gamme avec son plateau hyper moderne), le faire avec une armature médicale faiblarde n'a rien de nouveau mais faire payer le parcours pas loin de 4000 € avec obligation de réserver 2 sessions est avant gardiste ( gratuit à la CNAM), et enfin employer 70 personnes ( 2/3 collectant les datas) justifie le soutien d'actionnaires pour entretenir cette armée mexicaine. C'est aussi parier sur le renseignement médical automatisé sans médecins direct. Le numérique est bien présent pour des patients disposant au moyen d'une application d' accès à tout un tas de conseils personnalisés, avec de bonnes actions à mettre en place sur le long-terme. Nous souhaitons bonne chance à ce dispositif ambitieux s'inscrivant dans les actions larges de prévention médicales.

Mais avait on besoin de de cette plateforme dans un périmètre assez occupé ? L'utilité des bilans de santé est mal connue mais est plus important dans le cheminement guidé que dans le prédictif. Ce type de bilan s'inscrit dans le cadre de la financiarisation médicale car c'est un poste assez facile à gérer et à faible coût. Sa rentabilité financière est très élevée ( pour Paris, le centre prévoit d'être rentable dès la fin de l'année et ce, en atteignant seulement 5 % de la capacité !). La seule dépense forte étant en prédictif les spécialistes médicaux qui ne sont jamais quasi présents dans le parcours standard. On n'y trouve que des soignants adeptes de « thérapie » et de « conseils » dignes pour la plupart les fiches santé des journaux des années 1990 ( le dossier d'information assez ringard en est ici un exemple); Ici le coordonnateur mis en avant est un médecin « antiâge »(? ). Rappelons l'objectif : « fournir le guide d'utilisation de son corps, à chacun."

Le centre qui allie luxe et tech ne recule pas devant les investissements : de jolis peignoirs plutôt qu'un tablier en papier fin habillent le patient, la plateforme dispose de logiciels pointus et de l'IA, ainsi elle peut prodiguer des suggestions très pertinentes ou innovantes : par exemple, se rendre à pied à un rendez-vous au lieu d'y aller en métro si la distance n'est pas trop importante ! faire du cardio 2 fois par semaine !... Enfin Ducasse a conçu une collation. L' avancée est manifeste ! avant on ne le savait pas.

Cela prendra peut être car les prometteurs on un solide carnet d'adresse auprès des chemises blanches et barbichettes. Le langage euphorique et humaniste est dans l'air du temps.

Ah , un détail : le patient rencontre un médecin quelques semaines après le parcours

## Le million, le million...!



Alexandre Lebuisson - Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris.

L'ATH publie son dernier relevé PMSI des actes en MCO. C'est intéressant même si 2022 était encore sous les conséquences de l'épidémie virale. Le nombre d'opérations de cataractes s'envole en raison de l'abaissement du seuil d'indication, de l'invention de l'opération réfractive de la cataracte ou du cristallin (kif kif), de l'augmentation de l'offre et enfin du renforcement de la sécurité opératoire. Les accompagnateurs du succès ne s'y trompent pas et nous avons floraison de produits technologiques (blanc plus blanc que blanc), d'enquêtes de tout poil pour la satisfaction des patients, d'aides diverses à la décarbonation (surtout sans toucher aux finances), de formations, de télé ceci cela... C'est tellement profitable (même aux anciens tarifs) pour tout le monde qu'à l'heure de la re discussion des cotations un grand silence règne sur la conduite figée des pratiques.

"Avec 5,8 millions d'hospitalisations, l'activité chirurgicale retrouve en 2022 son niveau de 2019. Depuis 2019, le nombre de séjours de chirurgie ambulatoire a augmenté de 8,8 % alors que le nombre d'hospitalisations avec nuitées a diminué de 10,9 %. En 2022, le nombre de séjours de chirurgie ambulatoire est 1,5 fois plus élevé que le nombre de séjours de chirurgie avec nuitées. Certaines interventions connaissent de fortes hausses entre 2019 et 2022. C'est notamment le cas des interventions pour prises en charge de la cataracte. Au nombre de 982 500 en 2022, ces hospitalisations ont augmenté de 8,8 % depuis 2019 (+79 100 séjours)" res)

## Best of...



Alexandre Lebuisson - Vous  
Conseiller ophtalmologique de Refract SA, Clinique de la Vision Paris.

Classement hospitaliers du journal Le Point :

La CNIL vient de permettre à l'hebdomadaire de reprendre sa publication reposant en grande partie sur les données PMSI. Cette possibilité avait été rejetée à la suite d'un avis défavorable jusqu'à il y a peu de temps du Comité éthique et scientifique pour les recherches, les études et les évaluations dans le domaine de la santé (Cesrees).

Cette autorisation s'accompagne de demandes de plus de clarté sur la méthodologie et le respect de quelques recommandations. En ce qui concerne la chirurgie réfractive l'évaluation du magazine reposait sur une méthode proche du bonneteau puisque il n'y a pas de PMSI relevé par les plateaux laser dans ce champ médical, que le chiffre d'activité était auto déclaré! (certains centres doublant le nombre de patients ou incorporant le prelex dans un questionnaire destiné au laser myopique!!, que le questionnant ignorait, par exemple, que tel centre attendant à un établissement de santé n'avait en réalité aucune structure juridique identique et entretenait donc le flou... qu'aucune considération n'était donnée aux critères de sécurité et d'encadrement...

Il n'est pas certain que cela change dans le futur car on ne voit pas comment établir un "classement" sans mesure objective ni data vérifiables.

De surcroit la société éditrice du Point, déclare "tout en apportant des précisions concernant la pondération entre les différents indicateurs, considère que cette dernière résulte de ses 'choix éditoriaux' et est susceptible de varier en fonction des pathologies, sans que les modalités de variation soient communiquées". Nous verrons si la réfractive sera retenue dans les spécialités du championnat.

---

L'auteur a déclaré être actionnaire de Refract SA.

## Le bashing sur Internet : comment réagir ?



A. NICOLAS-BOLUDA  
One Clinic, PARIS.  
alba.nicolas-boluda@one.fr

Dans le milieu médical contemporain, le phénomène du *bashing*, une pratique consistant à critiquer ouvertement et collectivement une personne ou une initiative, gagne en visibilité et en impact. Cette dynamique, exacerbée par la prévalence des réseaux sociaux, se manifeste souvent sous la forme d'un lynchage médiatique. La facilité d'accès à ces plateformes, combinée à l'anonymat qu'elles offrent, a amplifié la portée et la fréquence de ces critiques, transformant ainsi le *bashing* en une question cruciale pour les professionnels de santé.

Les ophtalmologues ne sont pas épargnés par cette tendance. Des commentaires tels que *"mauvais médecin, il est passé à côté de mon problème"* ou *"médecin très désagréable, à fuir !"* autrefois isolés, sont désormais monnaie courante sur des plateformes comme Google Business, ainsi que sur divers blogs et réseaux sociaux. Ces remarques, souvent dépourvues de contexte et de nuance, peuvent porter atteinte à la réputation et à la pratique professionnelle.

Face à cette réalité, il devient impératif pour les ophtalmologues de comprendre la nature et les enjeux du *bashing* en ligne et de développer des stratégies efficaces

pour y répondre de manière appropriée. Nous explorons ces défis et proposons des solutions pour naviguer dans cet environnement numérique complexe et parfois hostile.

### Stratégies de prévention et e-réputation

La e-réputation, définie par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) comme *"l'image numérique d'une personne sur internet. Cette e-réputation est entretenue par tout ce qui concerne cette personne et qui est mis en ligne sur les réseaux sociaux, les blogs ou les plateformes de partage de vidéos"* [1], est devenue un élément très important à prendre en considération. Cette réalité numérique s'applique pleinement aux ophtalmologues. En effet, la perception en ligne, alimentée principalement par les avis des patients, devient un critère déterminant pour de nombreux individus en quête de soins ophtalmologiques. Sur des plateformes comme Google, les commentaires laissés par les patients façonnent la première impression et peuvent influencer significativement les décisions des autres futurs patients. Dans des domaines hautement concurrentiels tels que la chirurgie réfractive, un seul avis négatif peut suffire à détourner un patient potentiel vers un autre praticien.

Une étude d'OpinionWay pour DoctiZen en octobre 2021, menée auprès de 957 Français, révèle que 57 % des sondés consultent, au moins occasionnellement, les avis en ligne sur les professionnels de santé [2]. Cette tendance est encore plus marquée chez les patients plus jeunes, ce qui souligne l'importance capitale d'une e-réputation positive dans la pratique médicale actuelle.

Face à cette nouvelle réalité, l'inaction n'est pas une option viable pour gérer sa e-réputation. Une surveillance proactive des publications et des commentaires sur diverses plateformes numériques est essentielle [3]. Des outils comme Qualtrics, Hootsuite ou Brandwatch offrent

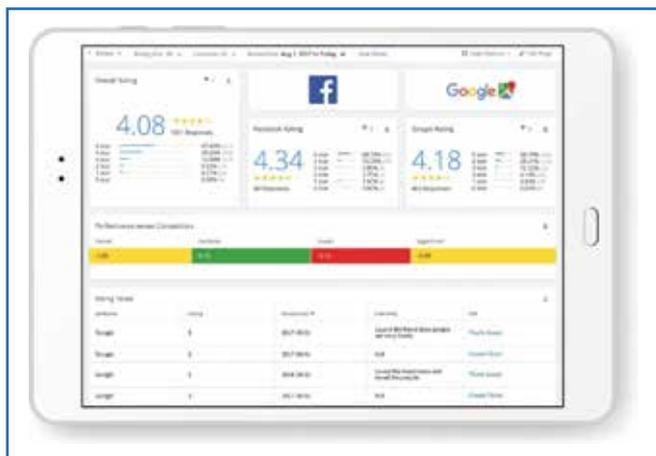


Fig. 1: Exemple d'interface d'outil de gestion de e-réputation.

la possibilité de centraliser et de gérer efficacement les notifications et les commentaires issus de multiples sources, ce qui permet aux ophtalmologues de maintenir une présence en ligne positive et maîtrisée (fig. 1).

## Comment se défendre ?

Bien que des tentatives de poursuites judiciaires contre des plateformes comme Google My Business pour des critiques défavorables aient été infructueuses [4], il est important de ne pas oublier que la liberté d'expression est un droit fondamental [5]. La gestion proactive de la réputation numérique constitue donc la solution.

Le Conseil national de l'ordre des médecins (Cnom) et l'Union régionale des professionnels de santé URP, des médecins libéraux en Île-de-France ont élaboré un guide pratique offrant des recommandations concrètes pour les médecins face à ces défis [6,7]:

- **surveillance.** La mise en place d'une veille régulière permet de rester informé des commentaires publiés;
- **réponse aux avis négatifs.** En cas d'avis défavorable, il est conseillé de comprendre la problématique sous-jacente. Si vous choisissez de répondre, assurez-vous que votre réponse reste professionnelle et conforme à la déontologie médicale. Il est impératif d'éviter toute violation du secret professionnel. Le Cnom fournit des modèles de réponses pour aider les médecins dans cette démarche [7] ;
- **gestion des avis illicites.** Si les commentaires franchissent la ligne de la liberté d'expression, et ressortent du domaine de l'injure, de la diffamation ou du dénigrement,

et sont explicitement interdits par la loi, des actions judiciaires peuvent être envisagées. Des assurances offrent des garanties e-réputation, qui incluent une assistance pour ces démarches. De plus, des agences spécialisées en e-réputation peuvent être sollicitées pour des services de surveillance et de nettoyage de la réputation en ligne.

Cette approche multidimensionnelle permet de gérer les commentaires négatifs de manière proactive et offre aux médecins des outils pour maintenir et améliorer leur réputation numérique.

Il suffit de quelques secondes pour détruire une réputation mais il faut fournir un travail considérable pour la reconstruire. Nous savons très bien que la satisfaction du patient ne reflète pas toujours la qualité et les compétences des médecins et cela peut être injuste. Malheureusement, aujourd'hui, la manière la plus rapide pour un patient de se faire une idée sur un ophtalmologue passe par son nombre d'étoiles Google et les avis de ses patients.

Face au *bashing* en ligne, l'inaction ou la réaction émotionnelle ne sont pas des solutions viables. Il est essentiel d'adopter une approche proactive et mesurée, axée sur la compréhension et la gestion intelligente des critiques. Le maintien d'une présence en ligne positive et professionnelle est crucial, pour contrer les commentaires négatifs et pour renforcer la confiance et le respect entre les médecins et leurs patients.

## Conclusion

Les stratégies abordées ici, de la surveillance régulière de l'e-réputation à la réponse judicieuse aux avis négatifs, en passant par la collaboration avec des agences spécialisées en cas de diffamation, offrent aux ophtalmologues des outils pour sauvegarder leur réputation numérique. Tout en respectant les principes éthiques et légaux, ces démarches, contribuent à la construction d'une image professionnelle solide et respectée.

En fin de compte, l'ère numérique exige des ophtalmologues une adaptabilité et une vigilance accrues. En prenant les devants face aux défis de la e-réputation, les professionnels de l'ophtalmologie peuvent protéger leur pratique et se positionner comme des acteurs compétents et dignes de confiance dans le monde médical moderne.

## Bibliographie

1. Cnil. Consulté le 6 février 2024. <https://www.cnil.fr/fr/la-reputation-en-ligne>
2. Étude OpinionWay. Consulté le 6 février 2024. <https://doctizen.com/etude-opinionway-avis-oct21.pdf>
3. Qualtrics. Consulté le 6 février 2024. <https://www.qualtrics.com/fr/frontline/location-cx/gestion-reputation/>
4. E-réputation: un médecin attaque Google en justice. Consulté le 6 février 2024. <https://www.profilmedecin.fr/contenu/e-reputation-un-medecin-attaque-google-en-justice/>
5. Art. 10 Convention de sauvegarde des droits de l'homme et des libertés fondamentales; Art. 19 Déclaration universelle des droits de l'homme; Art. 10 et 11 Déclaration des droits de l'homme et du citoyen.
6. Gérer sa e-réputation. Guide pratique pour le médecin libéral. Consulté le 6 février 2024. <https://www.urps-med-idf.org/gerer-sa-e-reputation-guide-pour-le-medecin-liberal/>
7. Conseil national de l'ordre des médecins (2018) "Préserver sa réputation numérique: Guide pratique". Consulté le 6 février 2024. [https://www.conseil-national.medecin.fr/sites/default/files/cnom\\_guide\\_pratique\\_e-reputation.pdf](https://www.conseil-national.medecin.fr/sites/default/files/cnom_guide_pratique_e-reputation.pdf)

---

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

## Les pistes pour gérer les rendez-vous manqués



M.-A. CHATEL  
Cabinet Ophtasud, MONTPELLIER.  
docteurchatel@gmail.com

Les absences des patients à leurs rendez-vous médicaux sont un défi majeur pour les praticiens de la santé. Outre le gaspillage de ressources et de temps, ces absences compromettent la continuité des soins et peuvent avoir un impact sur la santé des patients. Ces patients ne se rendent pas forcément compte de l'énorme impact de ces absences au niveau national : cela représente de 6 % à 10 % des rendez-vous selon les syndicats et 4 % selon l'Assurance maladie. Cela représente 28 millions de rendez-vous manqués chaque année. Alors que le système de santé est sous pression avec une difficulté d'accès aux soins et un délai de rendez-vous parfois très long, ce phénomène est devenu un enjeu de santé publique, qui a récemment fait l'objet d'une intervention du Premier ministre. Pour trouver des solutions face à l'absentéisme, nous devons examiner les causes sous-jacentes des absences des patients.

### Comprendre les causes des absences des patients

Plusieurs raisons peuvent amener les patients à ne pas honorer leurs rendez-vous médicaux :

– *manque de sensibilisation*. De nombreux patients sous-estiment l'importance des visites médicales de routine

et ne se rendent pas toujours compte des implications à long terme de leur suivi médical. Ils considèrent ainsi comme sans importance de rater leur rendez-vous ;

– *barrières logistiques*. Des obstacles tels que les difficultés de transport, les contraintes financières et les obligations professionnelles peuvent empêcher les patients de se rendre chez leur médecin. Chacun peut avoir une contrainte de dernière minute qui empêche d'honorer un rendez-vous ;

– *peur et anxiété*. Certains patients évitent les visites médicales en raison de l'anxiété liée aux soins de santé, à la procédure médicale elle-même ou à la réception de résultats potentiels ;

– *problèmes socio-économiques*. Les patients issus de milieux défavorisés peuvent rencontrer des difficultés supplémentaires pour se rendre aux consultations médicales en raison de l'absence d'assurance santé adéquate, de l'accès limité aux transports en commun ou du coût de la médecine avec l'augmentation des dépassements d'honoraires. Ceci est quand même limité par notre système social qui rend gratuit les soins pour la partie la plus défavorisée grâce à la Couverture maladie universelle (CMU). La gratuité, via la Sécurité sociale ou le Tiers payant intégral, a aussi un effet pervers : ce qui est gratuit peut être considéré comme ne rien valoir...

– *oubli*. Une partie des rendez-vous manqués est liée à un simple oubli. Ce phénomène est aggravé par un délai long pour avoir une consultation.

Tous ces motifs vont permettre de travailler sur des pistes d'amélioration. Nous nous heurtons aussi au phénomène sociétal qui fait penser : "j'ai des droits, mais pas de devoirs", avec un certain laxisme de notre société envers le respect.

### Des pistes d'amélioration

Pour pallier ces difficultés, il est possible d'envisager quelques pistes d'amélioration. En voici quelques-unes.

## 1. Sensibilisation et éducation

Pour aborder le problème des absences des patients, une campagne de sensibilisation et d'éducation est essentielle. Les praticiens de la santé peuvent :

- *informer les patients*. Les professionnels de santé doivent consacrer du temps à expliquer aux patients les raisons pour lesquelles leurs rendez-vous sont cruciaux. Ils peuvent fournir des informations sur la prévention, les avantages du suivi médical régulier et les risques associés à l'absence de soins ;
- *utiliser les médias sociaux*. Les plateformes de médias sociaux peuvent être des outils puissants pour diffuser des informations sur l'importance des consultations médicales régulières et pour fournir des conseils pratiques sur la gestion des rendez-vous ;
- *fournir des ressources éducatives*. Des brochures informatives, des vidéos explicatives et des articles de blog peuvent aider à informer les patients sur l'importance de leurs rendez-vous médicaux et à répondre à leurs questions fréquentes.

Tout cela implique un vaste travail éducatif sur l'importance de ne pas "rater" son suivi médical.

## 2. Flexibilité dans la planification

Pour surmonter les obstacles logistiques, les praticiens de santé peuvent adopter des approches flexibles pour la planification des rendez-vous. En effet, plus la gestion des rendez-vous est simple pour le patient, moins il y a de risques qu'il manque son rendez-vous. Il est possible d'envisager :

- *des horaires étendus*. Proposer des consultations en dehors des heures de bureau traditionnelles peut faciliter l'accès des patients aux soins médicaux, en particulier pour ceux qui travaillent à temps plein ou en jours décalés. La question se pose aussi pour le samedi ;
- *les téléconsultations*. Les avancées technologiques permettent désormais des consultations médicales virtuelles, offrant aux patients une alternative pratique aux visites en personne ;
- *le regroupement des rendez-vous*. Les praticiens peuvent regrouper plusieurs rendez-vous pour les patients qui doivent voyager sur de longues distances ou qui ont des engagements professionnels serrés. Ceci est valable notamment en cas d'examen suivi d'un traitement ou en cas de chirurgie avec parcours de plusieurs médecins chirurgiens et anesthésistes.

Il faut donc essayer d'adapter sa pratique aux besoins des patients. En théorie, l'idée est excellente. En pratique, le médecin vit dans la même société que les patients avec les mêmes attentes donc rajouter des contraintes sur des semaines déjà longues n'est pas si simple.

## 3. Renforcer la communication

Une communication efficace peut encourager les patients à respecter leurs rendez-vous médicaux :

- *rappels personnalisés*. Les rappels par SMS, e-mail ou appel téléphonique peuvent aider à réduire les oublis de rendez-vous en fournissant des rappels personnalisés aux patients. C'est un point clé ;
- *encourager le dialogue*. Les praticiens peuvent encourager les patients à exprimer leurs préoccupations concernant les rendez-vous médicaux et à discuter ouvertement de tout obstacle à leur venue. Ceci peut se faire via un suivi qualité ;
- *établir une relation de confiance*. Les praticiens qui établissent des relations solides et des relations de confiance avec leurs patients sont plus susceptibles de voir ces derniers respecter leurs rendez-vous médicaux. Nous respectons plus facilement quelqu'un que nous connaissons bien depuis des années qu'un inconnu vu une fois dans un centre anonyme.
- *simplification des procédures de changement de rendez-vous*. Si le patient a des difficultés à joindre le secrétariat ou à modifier par internet sa venue, il peut considérer qu'il n'a pas à prévenir. Ainsi, il faut un logiciel de prise de rendez-vous simple et un secrétariat joignable. Le secrétariat injoignable est une cause très fréquente de plainte des patients.

## 4. Considérations légales et réglementaires

La législation va probablement évoluer à la suite des discours des certains hommes politiques :

- *frais d'annulation*. Certains praticiens imposent des frais d'annulation ou des frais de consultation lors du passage suivant pour dissuader les absences injustifiées. Ceci est compliqué car illégal. La solution proposée mais non encore validée serait le signalement par le médecin avec application par la Sécurité sociale d'une contrainte financière. Une révolution ! La Sécurité sociale en tirerait bénéfice alors que c'est le médecin lui-même qui est lésé ;
- *accès aux soins de santé*. Le gouvernement peut mettre en œuvre des politiques visant à améliorer l'accès aux

soins de santé, notamment en fournissant des subventions pour les transports médicaux ou en augmentant les ressources dans les zones mal desservies.

## 5. Utilisation de la technologie

La technologie peut être un outil puissant pour gérer les rendez-vous médicaux :

– *systèmes de gestion des rendez-vous*. Les logiciels de gestion des rendez-vous peuvent simplifier le processus de planification et de suivi des rendez-vous, réduisant ainsi les risques d'erreurs et d'oubli. Ils sont aujourd'hui très performants ;

– *applications mobiles*. Les applications mobiles permettent aux patients de gérer leurs rendez-vous médicaux, de recevoir des rappels et de communiquer facilement avec leur praticien.

La technologie a grandement amélioré la facilité de gestion des rendez-vous. Cependant, cela peut rester difficile pour les personnes âgées ou d'autres personnes, qui préfèrent un accès téléphonique. Pour les médecins,

les multiples canaux de communication rendent aussi très complexes les réponses à toutes les sollicitations des patients.

## Conclusion

Les absences des patients à leurs consultations médicales représentent un défi complexe, mais des solutions efficaces existent. En sensibilisant les patients, en offrant une planification flexible, en renforçant la communication et en utilisant judicieusement la technologie, les praticiens de la santé peuvent réduire significativement le taux d'absentéisme. L'engagement des gouvernements et des législateurs est également crucial pour soutenir ces efforts, garantir un accès équitable aux soins de santé pour tous, et mettre un peu de contraintes. En travaillant ensemble, nous pouvons surmonter ce défi et garantir des soins médicaux de qualité et accessibles pour tous.

---

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

## Épidémie myopique et prise en charge de la myopie



H. BAÏZ

Centre Médical Ophtalys, NEUILLY-SUR-SEINE.

h-baiz@hotmail.fr

La myopie est une erreur réfractive essentiellement causée par une inadéquation entre la puissance optique des composants oculaires (cornée et cristallin) et la longueur axiale de l'œil, entraînant une focalisation antérieure à la rétine, d'où la vision floue des objets distants. Dans la myopie axiale, la plus fréquente, un allongement antéro-postérieur excessif du globe oculaire se produit avec un amincissement de la rétine, de la choroïde et de la sclère. On suppose que cet allongement axial excessif déclenche un étirement choriorétinien sous-fovéal, augmentant le risque de maladies oculaires menaçant la vue telles que le staphylome postérieur, la dégénérescence rétinienne et le glaucome [1].

### État des lieux

Il n'y a pas si longtemps, on considérait la myopie comme un défaut réfractif banal, facilement corrigé par des lunettes, des lentilles de contact ou par la chirurgie réfractive. Depuis vingt ans environ, les études mondiales s'accumulent et convergent vers trois constats sans appel.

#### 1. Épidémiologie

La prévalence de la myopie n'est pas homogène à travers le monde. Chez les écoliers (6 ans à 19 ans), la prévalence

de myopie la plus élevée a été signalée en Asie (60 % ; y compris l'Asie de l'Est avec un taux de 73 %), suivie par l'Amérique du Nord (42 %), l'Europe (40 %), l'Amérique du Sud (environ 10 %) et l'Afrique (3,4 % à 4,0 %) [2]. Aux États-Unis, cette prévalence a doublé en trente ans. Chez les jeunes adultes, la prévalence est beaucoup plus élevée dans les pays urbains d'Asie de l'Est (81,6 % à 96,5 %) que dans le reste du monde (12,8 % à 35,0 %) [3]. En comparaison, la prévalence de la myopie adulte était de 19,4 % à 41,8 % chez les Asiatiques de l'Est, de 17,2 % à 36,5 % dans le reste des pays asiatiques et de 11,4 % à 35,1 % chez les non-Asiatiques [3]. La prévalence mondiale de la myopie est en augmentation pour des raisons qui ne sont pas encore bien comprises [3]. Une revue systématique et une méta-analyse de 145 études mondiales sur la prévalence de la myopie prédisent que, d'ici à 2050, la moitié de la population mondiale (environ 4758 millions de personnes) sera myope et qu'environ 10 % de la population mondiale (938 millions de personnes) souffrira d'une myopie élevée [4]. En Europe, cependant, les résultats sont mitigés, avec des rapports faisant état d'une augmentation [5] et d'aucun changement dans la prévalence de la myopie [6]. L'un des principaux facteurs est le temps croissant consacré par les enfants et les adolescents à la vision de près, notamment sur un support numérique, aux dépens des activités pratiquées en extérieur, ce qui provoque un allongement de l'œil et entraîne une myopie. Les mécanismes exacts à l'origine de cette myopisation ne sont pas entièrement compris. Ils semblent néanmoins impliquer des changements dans la réfraction périphérique relative, la surstimulation de l'accommodation ou une interaction complexe de ces facteurs.

#### 2. Conséquences

En plus d'être un problème de santé publique, la myopie constitue également un fardeau économique en matière de santé. Il existe plusieurs estimations du fardeau financier mondial lié à la myopie (dépenses de santé et perte

de productivité), toutes de l'ordre de plusieurs centaines de milliards de dollars par an [7]. Une myopie élevée augmente le risque d'autres affections oculaires menaçant la vue, comme le décollement de la rétine, le glaucome et la cataracte [8]. De plus, la myopie non corrigée et la myopie pathologique (caractérisée par des lésions du fond d'œil comme le staphylome, la neuropathie et la maculopathie) sont associées à une qualité de vie réduite [7]. Par conséquent, en plus des stratégies thérapeutiques émergentes pour cette maladie, l'étude du processus pathologique, de l'épidémiologie, de l'étiologie et des facteurs de risque de la myopie est essentielle pour mettre fin à l'épidémie de myopie.

Il n'existe pas de degré de myopie "sécurisée" [9]. On constate que 41,6 % des maculopathies dégénératives liées à la myopie (MDD) sont retrouvées pour des myopies faibles ou modérées ( $\geq -3$  D) [10]. Classiquement, on dit que le risque de MMD augmente de 67 % pour chaque dioptrie supplémentaire de myopie [11]. À l'inverse, chaque réduction dioptrique diminue de manière significative le risque de complication lié à la myopie [12]: même une réduction de 0,25 D de la myopie (équivalente à environ 0,1 mm) entraîne une réduction du risque de près de 10 %. En réalité, on devrait plutôt parler de réduction de l'accroissement de la longueur axiale.

### 3. Prévention et traitement

De nouvelles interventions basées sur des données probantes permettent de retarder l'apparition de la myopie et de ralentir sa progression. Un effet rebond est à garder en tête jusqu'à preuve du contraire [13].

Le dépistage est essentiel pour détecter précocement la myopie et suivre sa progression. Il est recommandé que les nourrissons bénéficient d'un premier examen de la vue à six mois, puis à 3 ans et à 5 ans, et tous les deux ans par la suite en l'absence de début de myopie. Les adultes devraient réaliser un examen de la vue au moins une fois tous les deux ans ou plus fréquemment si leur ophtalmologiste le conseille.

De bonnes habitudes visuelles peuvent aider à prévenir l'aggravation de la myopie. Cela implique de réaliser des pauses visuelles fréquentes lors de la lecture ou de l'utilisation d'appareils électroniques et de maintenir

une distance suffisante par rapport aux écrans. Des exercices tels que le yoga oculaire permettent de soulager les muscles oculaires et de relâcher l'effort accommodatif.

Les études ont montré que passer suffisamment de temps à l'extérieur (minimum 2 heures par jour), à la lumière naturelle, aide à prévenir l'apparition et la progression de la myopie chez les enfants. Cet effet protecteur peut être principalement attribué à l'exposition aux caractéristiques de la lumière naturelle (lumière du soleil) et à la libération de dopamine rétinienne.

La formation des ophtalmologistes et de tous les professionnels de la filière visuelle à la prévention et à la freination de la myopie est primordiale aujourd'hui.

## Recommandations à la lumière de la littérature

### 1. Comment dépister

- Surveiller la longueur axiale? La longueur axiale est corrélée aux changements de réfraction. Son augmentation est concomitante à l'apparition de la myopie. Cependant, sa valeur absolue n'est pas utile pour prédire l'apparition de la myopie. Généralement, la longueur axiale moyenne est égale à 23,85 mm au moment de l'apparition de la myopie, mais avec un écart-type majeur [14]. Sa valeur absolue est également décorrélée de la vitesse de progression de la myopie.

- Surveiller la réfraction? La réfraction sous cycloplégie est utile pour poser le diagnostic de myopie. Ensuite, il est plus pertinent d'utiliser la longueur axiale par interférométrie partielle à faible cohérence.

- Principaux déterminants du taux de progression

>>> L'âge. Le taux moyen de progression de la myopie diminue avec l'âge, un enfant de 12 ans progressant environ deux fois moins vite qu'un enfant de 8 ans [15]. Les myopes plus jeunes progressent plus rapidement que les myopes plus âgés, mais l'âge d'apparition (l'ancienneté de la myopie) n'influence pas le taux de progression. Les enfants d'un même âge et de mêmes caractéristiques ethniques progressent à la même vitesse, quel que soit l'âge d'apparition de leur myopie et leur degré de myopie [16].

>>> L'origine ethnique. Le taux de progression est au moins 30 % plus rapide chez les enfants d'Asie de l'Est que chez les enfants de type occidental/caucasien [15].

>>> Les antécédents de myopie chez les parents. Les enfants singapouriens dont au moins un parent myope a montré un allongement axial à 3 ans plus important que les enfants sans myopie parentale [17].

## 2. Évaluer le risque de progression et le bénéfice escompté d'un traitement

Les calculateurs de myopie (notamment le calculateur du Brian Holden Vision Institute) supposent un pourcentage constant d'efficacité du traitement dans le temps et surestiment donc considérablement le ralentissement de la myopie qu'un enfant est susceptible de ressentir [18].

## 3. Évaluer le risque de complications

La longueur axiale seule est corrélée de manière hautement significative au risque de complications liées à la myopie forte: atrophie chorioretinienne, tache de Fuchs, staphylome postérieur, défauts maculaires de la membrane de Bruch, associés à une perte complète de l'épithélium pigmentaire rétinien et choriocapillaire [19], glaucome à angle ouvert [20], cataracte SCP [21]. De la même manière, la maculopathie myopique dégénérative.

## 4. Qui traiter ?

Plus l'âge d'apparition est précoce, plus la myopie finale sera élevée [22]. Un critère clinique fréquent est le taux de progression antérieur... mais statistiquement il n'y a aucune corrélation [20].

L'âge de début de traitement influence-t-il l'efficacité ?

- Les résultats de l'étude de Cheng *et al.* [23] précisent l'élongation axiale à 6 mois puis à 12 mois, avec ou sans traitement, en fonction de l'âge de début du traitement. Malgré des variations considérables, rien ne prouve que l'efficacité absolue du traitement varie selon l'âge.

- L'équipe d'Hiraoka [24] a collecté les données sur cinq ans pour des groupes portant des lentilles ou des lunettes d'orthokératologie selon l'âge et a signalé un effet statistiquement significatif non ajusté pour

l'interaction ( $p < 0,05$ )... L'équipe statistique de Brennan [5] a numérisé et analysé ces données et révèle que l'effet est en réalité faiblement significatif ( $p < 0,1$ ) lorsque le log (âge) est utilisé.

- Les études de Cho [25] et Zhu [26] ont comparé les données d'allongement axial sur deux ans provenant de groupes non traités et traités par orthokératologie (OK) en fonction de l'âge. Pour ces deux études, des régressions linéaires non modélisées indiquent une diminution de l'effet du traitement avec l'âge... L'équipe de Brennan [13] a réalisé une Ancova avec le traitement comme facteur principal et l'âge comme covariable. Le résultat de cette étude a montré qu'il n'y a pas d'interaction significative entre l'âge et l'effet du traitement.

- Autre piège à relever, l'effet de seuil. Zhu et ses collaborateurs [26] ont divisé leurs groupes en sujets plus jeunes et plus âgés, autour de 9,9 ans et concluent ainsi que *"les sujets âgés de 7 à 9,8 ans étaient considérés comme le groupe le plus jeune, tandis que les sujets âgés de plus de 9,9 ans étaient considérés comme le groupe le plus âgé. L'allongement axial était de près de 61 % plus lent chez les sujets ortho-k par rapport aux sujets témoins du groupe plus jeune après deux ans. Dans le groupe plus âgé, l'allongement axial n'était que 35 % plus lent chez les sujets ortho-k par rapport aux sujets témoins"*.

Cependant, l'équipe de Brennan [13] a légèrement déplacé le curseur à 10,3 ans pour restituer deux groupes (jeunes, âgés). Résultat: l'allongement moyen est respectivement de 0,41 mm et 0,22 mm, une différence importante car elle induit un allongement axial 54 % plus lent en ortho-k chez les plus jeunes et 58 % plus lent en ortho-k chez les plus âgés!

Il n'y a donc pas d'effet de l'âge sur l'effet du traitement. Il faudrait donc traiter dans un même élan les enfants et les adolescents, ne pas se dire qu'il est trop tard ou que ce serait moins efficace.

L'équipe de Lam [27] a comparé les changements de réfraction sur deux ans pour un groupe utilisant une correction de lunettes standard et un autre utilisant des verres de lunettes *Defocus Incorporated Multiple Segments* (DIMS) pour le contrôle de la myopie (*fig. 1*). Ils ont noté une tendance non significative vers un effet du traitement plus grand avec l'âge.

Enfin, Chamberlain, dans sa dernière publication [28] (freination myopique par lentille souple MiSight®), a montré une efficacité identique quel que soit l'âge de début du traitement (de 7 ans à 17 ans) (fig. 2).

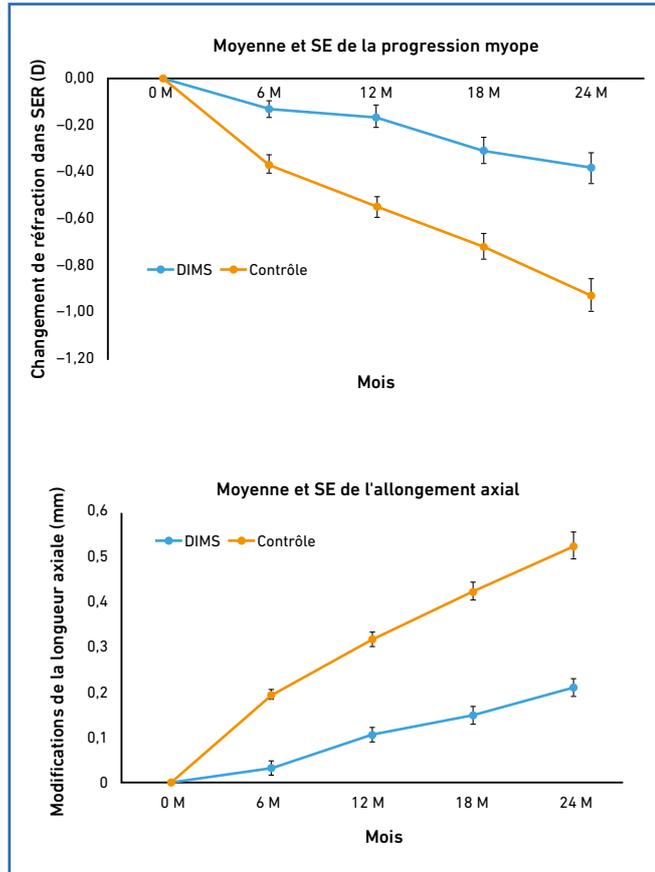


Fig. 1 : Évolution de la réfraction et de la LA chez des patients équipés en verres DIMS et un groupe contrôle [27].

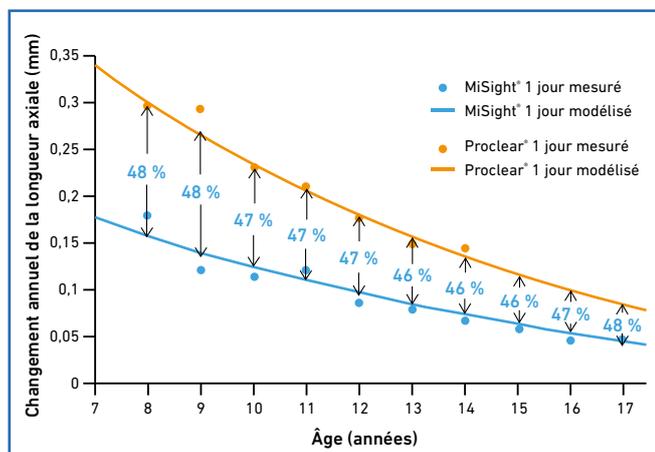


Fig. 2 : Efficacité du traitement par lentille MiSight® en fonction de l'âge de début du traitement [28].

## Faudrait-il se fonder sur la progression passée de l'erreur réfractive ?

Il existe une variance considérable, ce qui constitue un problème. En fait, la précision de la mesure de la réfraction est d'un ordre similaire à celui du taux de progression, en particulier pour les taux de progression de 1 D ou moins. Des quantités plus élevées de progression mesurée au cours de la première année (> 1 D) indiqueront généralement une progression plus élevée au cours de la seconde année [13]. Donc nous devrions traiter tous les jeunes myopes de 12 ans ou moins, quelle que soit leur progression réfractive antérieure. Suivre une progression sans traitement pendant une première année semble risqué, même avec surveillance de la longueur axiale [29]. Cela évite également les "perdus de vue", assez récurrents en pratique de ville.

Finalement, l'appui sur la progression réfractive antérieure induisant un biais (grande variabilité des mesures de réfraction, une progression réelle pouvant être masquée par l'écart-type inhérent à la variabilité des mesures de réfraction subjective, y compris sous cycloplégie), le meilleur prédicteur actuel de l'erreur de réfraction ultime semble être l'âge d'apparition [30].

## 5. Les traitements de contrôle de la myopie

Il n'y a pas de supériorité actuelle entre les différents moyens classiques de freination de la myopie utilisés isolément : lunettes défocalisantes, orthokératologie, lentilles souples de freination, atropine à 0,01 %. Seules l'atropine à plus fort dosage et les lentilles orthokératologiques à anneau thérapeutique étroit montrent une efficacité accrue relative. En revanche, les associations se révèlent synergiques.

### • L'orthokératologie

L'orthokératologie ralentit la progression de la myopie [31], à travers des mécanismes optiques passés en revue récemment [32]. L'évaluation de la progression doit se faire exclusivement par la longueur axiale.

### • L'atropine, notamment l'atropine à faible dose (0,01 %)

Il existe une décorrélation entre le changement réfractif et la variation de longueur axiale [13]. Les études

montrent une pente pour les porteurs de lunettes non traités: de  $-2,05 \text{ D/mm}$  (classique) et celle pour les études utilisant l'atropine: de  $-0,83 \text{ D/mm}$  (fig. 3). L'élongation axiale est donc moins freinée par l'atropine que ne l'est l'erreur réfractive.

Les effets indésirables sont rares et ne rapportent pas de photophobie significative avec le dosage 0,01 %.

### ● Lentilles diurnes de freination myopique

Journalières (Coopervision, Menicon, CVE), mensuelles (Mark Ennovy), trimestrielles (Precilens, Tiedra, Swiss Lens) ou rigides (Precilens, Tiedra), ces lentilles s'appuient sur le défocus myopique périphérique, freinateur de la myopie, ou sur le système EDOF pour d'autres (Extended Depth of Focus). Elles sont privilégiées en cas de contre-indication aux lentilles orthokératologiques ou en l'absence de topographe au cabinet.

### ● Verres de freination myopique

Actuellement, les études bien documentées concernent les verres Stellest (Essilor) et Miyosmart (Hoya). D'autres marques existent sur le marché, pour lesquelles nous attendons la publication des études (études non accessibles pour l'instant).

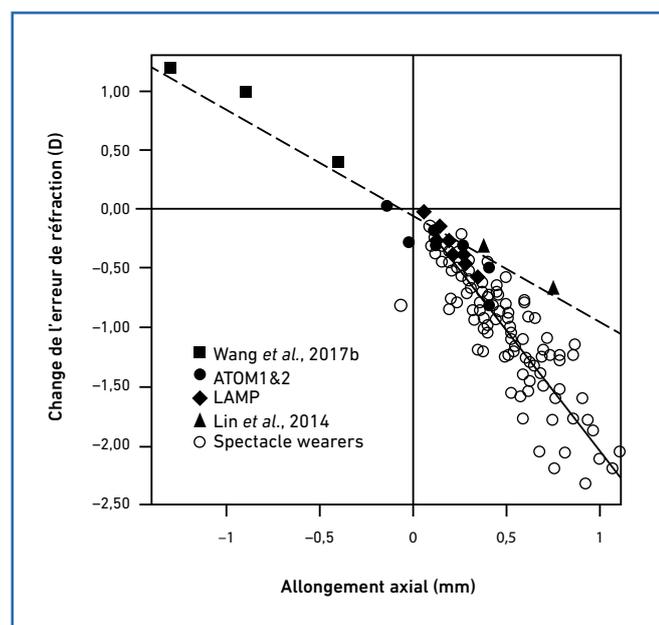


Fig. 3 : Élongation axiale en fonction du changement réfractif, avec ou sans traitement par atropine [13].

### ● Augmentation du temps passé à l'extérieur

Une méta-analyse de Deng & Pang [33], en 2019, montre un risque légèrement plus faible d'apparition de myopie et de changement de myopie avec davantage d'heures d'activités de plein air.

L'équipe de Wu [34] a mesuré chez le groupe témoin un allongement axial moyen de 0,60 mm sur un an, tandis que la longueur axiale de ceux passant plus de temps à l'extérieur a augmenté de 0,45 mm. L'allongement axial sur un an a donc été réduit de 0,15 mm, ce qui est comparable en ampleur d'effet à celui d'un certain nombre de traitements à un an, y compris les lentilles souples de freination et l'orthokératologie. Cependant, malgré la réduction globale respectable de l'allongement axial, l'effet du traitement était relativement faible, à 25 %, car l'âge de base des sujets de cette étude était de 6 ans à 7 ans avec une progression globale élevée (donc des biais de recrutement).

## 6. Méthodologie des mesures

● Il existe un problème de reproductibilité de la mesure réfractive. La biométrie interférométrique est clairement beaucoup plus reproductible que l'autoréfraction [13].

● Fluctuations nyctémérales :

- de l'épaisseur choroïdienne (minime);
- de la réfraction. Plus importante, suivant un schéma diurne indépendant, la réfraction étant plus concave plus tard dans la journée (moyenne en valeur absolue 0,37 ( $\pm 0,15$ ) D) par rapport au matin [35];
- donc supériorité de la longueur axiale pour minimiser ces variations nyctémérales.

## 7. Mesure de la progression

Deux critères sont classiquement utilisés pour le suivi: réfraction et longueur axiale. Mais le *gold standard* est la longueur axiale. L'allongement axial a été identifié comme le critère d'évaluation principal privilégié dans les ateliers coparrainés par l'agence américaine du médicament (FDA) et l'International Myopia Institute (IMI) [13, 36].

Les traitements de contrôle de la myopie peuvent agir sur la réfraction indépendamment de la longueur axiale

(notamment ortho-k et atropine). La variation de réfraction n'est donc pas un indice fiable et reproductible pour le suivi de la progression et notamment pour l'évaluation du risque de complications.

## 8. Évaluer l'efficacité du traitement

La communauté scientifique est quasi unanime sur le critère principal : le ralentissement de la progression. Voici différentes façons de présenter les résultats dans les études.

- La présentation la plus courante de l'efficacité dans les revues cliniques comparant différents traitements est la réduction relative de la progression (réalisée en pourcentage). Mais cela engendre des pièges liés à la déclaration des données de traitement en tant qu'effet relatif notamment en exagérant le bénéfice suggéré (par extrapolation à des valeurs plus élevées).

- **Autre méthode : l'analyse proportionnelle**

Cette analyse concerne la proportion de sujets dans chacun des groupes non traités et traités qui progressent plus ou moins qu'un seuil donné, ce qui aboutit au calcul d'un rapport de côtes. Cela nécessite une dichotomisation des mesures en une variable binaire, avec à la clé la présentation de deux groupes : les progressifs lents et les progressifs rapides. Au lieu d'analyser la différence des moyennes (variables continues), on analyse un risque relatif, un Odd's ratio, ou une différence de risque.

Les risques sont ici bien connus. Cela peut induire une différence significative entre deux groupes de progression, alors que l'effet thérapeutique réel minime.

- **Autre méthode : l'efficacité relative (en pourcentage)**

Elle s'applique à une population spécifique (âge, taux de progression), dans une comparaison à une moyenne ou à une médiane, mais n'est pas superposable à n'importe quelle population particulière donnée.

- **Autre méthode : les valeurs absolues**

Ces valeurs sont robustes mais non constantes au cours du temps. Les exprimer en taux annualisé est trompeur

car non superposable à n'importe quel moment de la progression du patient au cours de l'année.

En fait, les personnes progressant plus rapidement (y compris les jeunes enfants), ayant le plus besoin d'un traitement, bénéficieront moins que prévu des valeurs (en pourcentage) indiquées et pourraient ne pas bénéficier d'un effet thérapeutique plus important que les personnes progressant plus lentement [13].

- **Autre facteur de confusion : pas de consensus formel sur le critère de progression de la myopie**

Bullimore et son équipe proposent une norme : la réduction absolue cumulative de l'allongement axial (*Cumulative Absolute Reduction in axial Elongation, Care*), qui apparaît comme une mesure d'efficacité plus fiable [13]. Il doit être exprimé en référence au moment où il s'applique. Le Care est une valeur moyenne. On peut donc s'attendre à ce que environ 50 % des myopes reçoivent un bénéfice plus important que sa valeur. Pour chaque enfant bénéficiant d'un bénéfice de 0,60 mm par exemple, un autre enfant ne bénéficiera que d'un gain de 0,28 mm.

## 9. Durée de l'efficacité dans le temps

*"Il n'est pas approprié d'extrapoler l'effet du traitement observé au cours des 6 ou 12 premiers mois pour estimer le bénéfice futur probable du traitement"* [37].

## 10. Comment choisir un traitement ?

Le traitement le plus efficace est celui que l'enfant utilisera systématiquement, tous les jours. L'observance jour donc un rôle clé.

Un algorithme décisionnel a été proposé en fonction de la longueur axiale [38] :

- sous le 75<sup>e</sup> percentile. Atropine à 0,05 % ou orthokératologie ou lentilles défocalisantes ;
- au-dessus du 75<sup>e</sup> percentile. Atropine à 0,05 % + verres progressifs (addition +3 D) photochromiques. Dès que élancement < 0,1 mm/an pendant plus d'un an, diminution progressive des concentrations d'atropine. Arrêt quand élancement < 0,05 mm/an pendant plus d'un an chez les patients de plus de 15 ans. Jamais d'arrêt avant trois ans de traitement !

On peut proposer un dosage de l'atropine à 0,05 % si le risque évolutif est élevé (âge précoce de début, antécédents, ethnie) ou 0,01 % en dehors de ces situations.

En seconde intention, en cas d'épuisement de l'effet ou de freination insuffisante, on peut soit augmenter le dosage de l'atropine soit associer le collyre à un traitement optique freinateur : orthokératologie ou lentilles diurnes ou verres défocalisants.

Les traitements en association ont une efficacité plus importante.

Dans les myopies syndromiques, il n'existe aucun traitement freinateur efficace [51].

## 11. L'effet rebond

### ● L'atropine

>>> Dans l'étude ATOM1 (randomisée, contrôlée, masquée), l'arrêt de l'élongation axiale pendant les deux années de traitement par atropine à 1,0 % a malheureusement été suivi par un effet rebond à l'arrêt du traitement [39].

>>> Dans l'étude ATOM2, un rebond de la progression réfractive était également apparent à certaines doses (mais pas à 0,01 %) [40].

### ● L'orthokératologie

Dans l'étude de Cho et Cheung [41], l'allongement axial a été mesuré chez un sous-ensemble de sujets ayant participé à une étude de deux ans sur le contrôle de la myopie et ayant arrêté le traitement d'orthokératologie (Okd). Ils ont comparé ces changements avec des sujets ayant poursuivi le traitement d'orthokératologie (Okc) et dans un groupe non traité portant des lunettes (Control). Le groupe ayant arrêté le traitement ortho-k (Okd) a constaté un pic d'allongement axial au cours des six mois suivants.

Mais la randomisation n'a pas été mise en œuvre dans le groupe d'orthokératologie. Ceux qui ont arrêté le traitement étaient ceux qui avaient bénéficié dans une plus grande mesure de la procédure d'orthokératologie (les meilleurs répondeurs) donc biais.

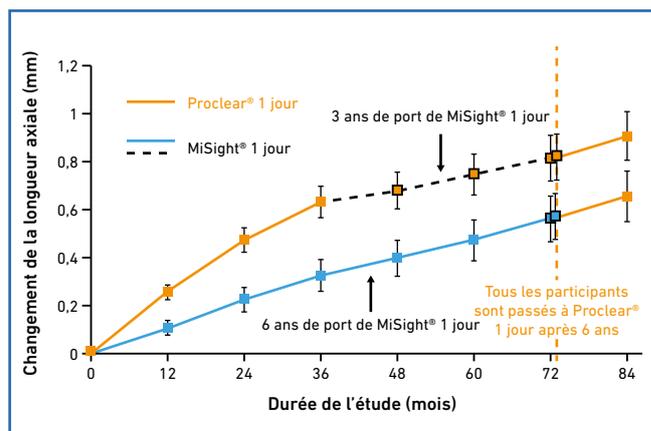


Fig. 4 : Changements de LA au cours des trois études de Chamberlain [28].

La possibilité d'une régression vers la moyenne pour générer de manière artificielle le rebond apparent ne peut donc pas être entièrement exclue (tendance d'une variable quantitative qui, après avoir atteint un niveau extrême à un moment donné, retrouve un niveau moyen lorsqu'elle est mesurée à nouveau).

### ● Lentilles diurnes souples de freination

La dernière publication de Chamberlain en 2021 [28] montre qu'il n'y a pas d'effet rebond un an après l'arrêt du traitement avec les lentilles MiSight®, qu'il ait duré trois ans ou six ans (fig. 4).

## Conclusion

Il faudrait traiter systématiquement tous les myopes de moins de 12 ans, quelle que soit leur progression antérieure, ainsi que tous les adolescents à myopie évolutive, même lentement. Il faudrait utiliser les combinaisons de traitement quand c'est possible, notamment à partir de la deuxième année ou en cas de freination insuffisante ou en présence de facteurs de risque de myopie forte, car l'efficacité peut stagner puis diminuer dans le temps.

Idéalement, tous les praticiens engagés dans le contrôle de la myopie devraient se procurer un équipement de biométrie optique car la longueur axiale est le critère de référence dans l'évaluation de l'efficacité et du suivi. Et se fixer un objectif de progression "normale" de la longueur axiale.

La réfraction garde toute sa place dans le diagnostic (âge d'apparition de la myopie) et bien sûr dans l'équipement

optique approprié. Une mesure optimale de la réfraction chez les enfants nécessite une cycloplégie, car la variabilité est 50 % plus élevée sans elle. L'autoréfraction évite le biais de l'examineur subjectif et est plus reproductible que la réfraction subjective, pour le suivi combiné de la longueur axiale et de la réfraction.

Les projections d'efficacité pour les myopes à apparition précoce sont nettement inférieures à celles fournies par les calculs de pourcentage et utilisées par les calculateurs en ligne actuels.

L'ophtalmo doit choisir le traitement en fonction de nombreuses considérations telles que ses propres compétences, les préférences des parents et des enfants, la capacité de l'enfant à s'adapter au traitement, ainsi que la disponibilité du produit et les considérations réglementaires.

L'ophtalmo ne doit pas faire de promesses excessives, car il existe des preuves limitées d'une réduction absolue cumulée de l'allongement (Care) supérieure à environ 0,4 mm en moyenne, ce qui équivaut à environ 1 D [13].

L'évaluation d'un enfant à intervalles de 6 mois est recommandée, mais doit prendre en compte les variations saisonnières du taux de progression.

## Bibliographie

- OHNO-MATSUI K, WU PC, YAMASHIRO K *et al.* IMI pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021;62:5.
- GRZYBOWSKI A, KANCLERZ P, TSUBOTA K *et al.* A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol*, 2020;20:27.
- MATSUMURA S, CHING-YU C, SAW SM. Global epidemiology of myopia. Updates on Myopia. Springer, Singapore, 2020. pp. 27-51.
- HOLDEN BA, FRICKE TR, WILSON DA *et al.* Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016;123:1036-1042.
- WILLIAMS KM, BERTELSEN G, CUMBERLAND P *et al.* Increasing prevalence of myopia in Europe and the impact of education. *Ophthalmol*, 2015;122:1489-1497.
- SCHUSTER AK, KRAUSE L, KUCHENBÄCKER C *et al.* Prevalence and time trends in myopia among children and adolescents. *Deutsches Arzteblatt int*, 2020;117:855-860.
- SANKARIDURG P, TAHHAN N, KANDEL H *et al.* IMI impact of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021;62:2.
- HAARMAN AEG, ENTHOVEN CA, TIDEMAN JWL *et al.* The complications of myopia: a review and meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020;61:49.
- FLITCROFT DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Prog Retin Eye Res*, 2012;31:622-660.
- WONG YL and coll. Prevalence, Risk Factors, and Impact of Myopic Macular Degeneration on Visual Impairment and Functioning Among Adults in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018;59:4603-4613.
- BULLIMORE MA, BRENNAN NA. Myopia Control: Why Each Diopter Matters. *Optom Vis Sci*, 2019;96:463-465.
- BULLIMORE MA, RITCHEY ER, SHAH S *et al.* The risks and benefits of myopia control. *Ophthalmology*, 2021;128:1561-1579.
- BRENNAN NA, TOUBOUTI YM, CHENG X *et al.* Efficacy in myopia control. *Prog Retin Eye Res*, 2021;83:100923.
- ROZEMA J, DANKERT S, IRIBARREN R *et al.* Axial Growth and Lens Power Loss at Myopia Onset in Singaporean Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019;60:3091-3099.
- SHAMP W, BRENNAN NA, MAYNES E *et al.* Influence of age and race on axial elongation in myopic children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2022;63:257.
- HU Y, DING X, GUO X *et al.* Association of age at myopia onset with risk of high myopia in adulthood in a 12-year follow-up of a Chinese cohort. *JAMA Ophthalmol*, 2020;138:1129-1134.
- SAW SM, CHUA WH, GAZZARD G *et al.* Eye growth changes in myopic children in Singapore. *Br J Ophthalmol*, 2005;89:1489-1494.
- KUZIN AA, VARMA R, REDDY HS *et al.* Los Angeles Latino Eye Study Group. Ocular biometry and open-angle glaucoma: the Los Angeles Latino Eye Study. *Ophthalmology*, 2010;117:1713-1719.
- JONAS JB, OHNO-MATSUI K, SPAIDE RF *et al.* Macular Bruch's membrane defects and axial length: association with gamma zone and delta zone in peripapillary region. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013;54:1295-1302.
- MUTTI DO, SINNOTT LT, BRENNAN NA *et al.* Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error (CLEERE) Study Group The limited value of prior change in predicting future progression of juvenile-onset myopia. *Optom Vis Sci*, 2022;99:424-433.
- WONG TY, FOSTER PJ, JOHNSON GJ *et al.* Refractive errors, axial ocular dimensions, and age-related cataracts: the Tanjong Pagar survey. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2003;44:1479-1485.
- MUTTI DO, HAYES JR, MITCHELL GL *et al.* Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007;48:2510-2519.
- CHENG X, XU J, CHEHAB K *et al.* Soft Contact Lenses with Positive Spherical Aberration for Myopia Control. *Optom Vis Sci*, 2016; 93:353-366.
- HIRAOKA T, KAKITA T, OKAMOTO F *et al.* Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012;53:3913-3919.
- CHO P, CHEUNG SW. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012;53:7077-7085.
- ZHU MJ, FENG HY, HE XG *et al.* The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia. *BMC Ophthalmol*, 2014;14:141.
- LAM CSY, TANG WC, TSE DY *et al.* Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol*, 2020;104:363-368.

28. CHAMBERLAIN P, ARUMUGAM B. Myopia progression on cessation of Dual-Focus contact lens wear: MiSight 1 day 7-year findings. *Optom Vis Sci*, 2021;98(E-abstract):21004.
29. PÄRSSINEN O, KAUPPINEN M. Risk factors for high myopia: a 22-year follow-up study from childhood to adulthood. *Acta Ophthalmol*, 2019;97:510-518.
30. CHUA SY, SABANAYAGAM C, CHEUNG YB *et al.* Age of onset of myopia predicts risk of high myopia in later childhood in myopic Singapore children. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2016;36:388-394.
31. SANTODOMINGO-RUBIDO J, VILLA-COLLAR C, GILMARTIN B *et al.* Long-term Efficacy of Orthokeratology Contact Lens Wear in Controlling the Progression of Childhood Myopia. *Curr Eye Res*, 2017;42:713-720.
32. BULLIMORE MA, JOHNSON LA. Overnight orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*, 2020;43:322-332.
33. DENG L, PANG Y. Effect of Outdoor Activities in Myopia Control: Meta-analysis of Clinical Studies. *Optom Vis Sci*, 2019;96:276-282.
34. WU PC, CHEN CT, LIN KK *et al.* Myopia Prevention and Outdoor Light Intensity in a School-Based Cluster Randomized Trial. *Ophthalmology*, 2018;125:1239-1250.
35. WONG YL and coll. Prevalence, Risk Factors, and Impact of Myopic Macular Degeneration on Visual Impairment and Functioning Among Adults in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018;59:4603-4613.
36. WALLINE JJ and coll. Food and Drug Administration, American Academy of Ophthalmology, American Academy of Optometry, American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, American Optometric Association, American Society of Cataract and Refractive Surgery, and Contact Lens Association of Ophthalmologists Co-Sponsored Workshop: Controlling the Progression of Myopia: Contact Lenses and Future Medical Devices. *Eye Contact Lens*, 2018;44:205-211.
37. KAPHLE D, ATCHISON DA, SCHMID KL. Multifocal spectacles in childhood myopia: Are treatment effects maintained ? A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol*, 2020;65:239-249.
38. KLAVER C, POLLING JR. Erasmus Myopia Research Group. Myopia management in the Netherlands. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2020;40:230-240.
39. TONG L, HUANG XL, KOH AL *et al.* Atropine for the treatment of childhood myopia: effect on myopia progression after cessation of atropine. *Ophthalmology*, 2009;116:572-579.
40. CHIA A, LU QS, TAN D. Five-Year Clinical Trial on Atropine for the Treatment of Myopia 2: Myopia Control with Atropine 0.01 % Eyedrops. *Ophthalmology*, 2016;123:391-399.
41. CHO P, CHEUNG SW. Discontinuation of orthokeratology on eyeball elongation (DOEE). *Cont Lens Anterior Eye*, 2017;40:82-87.

---

L'auteure a déclaré des liens d'intérêts avec Alcon, Coopervision, Johnson & Johnson.

## Simulation numérique pour la formation à la chirurgie de la cataracte



A. DENOYER

Université de Reims Champagne-Ardenne,  
CHU, REIMS.

alexandre.denoyer@gmail.com

Depuis le rapport de mission de la Haute autorité de santé (HAS) de 2012, qui mettait en exergue la nécessité de développer la simulation en santé pour améliorer les compétences des futurs médecins ainsi que la sécurité des soins, de nombreux programmes structurés de simulation ont été mis en place dans l'ensemble des facultés de médecine de France. On distingue schématiquement les simulations d'annonce – par exemple, l'annonce d'une pathologie chronique comme le glaucome – qui impliquent une mise en scène associant des patients ou des personnes standardisées et testent le savoir-être, des simulations procédurales – comme celle de la chirurgie de la cataracte – qui relèvent du savoir-faire, c'est-à-dire des compétences techniques.

### Contexte national

De nombreuses spécialités, au premier rang desquelles la réanimation, ont recours à des outils de simulation numérique basse fidélité et haute-fidélité depuis plus de vingt ans. En ophtalmologie, le principal simulateur de chirurgie de la cataracte (EyeSi™, VR Magic, DE) a été mis au point il y a une dizaine d'années puis amélioré pour compléter notre formation conventionnelle à

la chirurgie de la cataracte [1]. L'utilisation du simulateur EyeSi™ se déploie progressivement sur l'ensemble de notre territoire. Certaines facultés de médecine, comme celle de Reims, ont mis au point un programme de formation durant le long cursus des internes (programme EyeSim financé par l'université de Reims et l'Agence régionale de santé Grand Est). Cette évolution de la formation chirurgicale répond à la volonté d'accélérer la courbe d'apprentissage – et d'améliorer ainsi les compétences et la sécurité de la procédure – et à la croissance trop rapide des effectifs d'internes en formation dans les CHU, qui ne nous permet plus de consacrer suffisamment de temps opératoire en conditions réelles pour les plus jeunes internes (phase socle). En outre, ce simulateur offre des outils objectifs d'évaluation – sous forme de scores – qui quantifient les performances techniques. Il pourrait permettre, dans un futur proche, de certifier les compétences chirurgicales lors du passage du Diplôme d'études spécialisées (DES) voire, dans un futur plus lointain, de recertifier les plus expérimentés tout au long de notre carrière (*Rapport S. Uzan, Comité de pilotage de la recertification des médecins, 2018*).

### Caractéristiques du simulateur numérique

Le simulateur est constitué (*fig. 1*):

- d'une table à laquelle est fixé un dispositif binoculaire numérique semblable à celui de nos microscopes opératoires;
- d'une tête en composite incluant un œil artificiel avec deux orifices limbiques d'insertion d'instruments, en nasal et temporal supérieurs;
- d'un set de deux instruments, dont la fonction est assignable par le logiciel;
- d'une pédale de commande du phaco-émulsificateur virtuel;
- d'une pédale de commande du microscope numérique;
- d'un logiciel propriétaire hébergé sur un ordinateur, connecté à un écran tactile, et relié au réseau.



Fig. 1 : Simulateur numérique de chirurgie de la cataracte.

L'apprenant adapte son tabouret à la hauteur de la table, en supérieur de la tête artificielle. À sa droite, le formateur pilote la console qui permet de régler et de lancer les différents programmes et de visualiser la procédure en direct. La formation par simulation s'effectue en binôme et nécessite donc du temps mis à disposition par les formateurs pour cette nouvelle méthode d'apprentissage.

Du point de vue du logiciel, chaque élève dispose d'un compte personnel, accessible sur le logiciel ou à distance, ce qui permet de créer un véritable carnet d'apprentissage personnalisé que l'élève et les formateurs peuvent consulter. Pour la chirurgie, il existe des programmes "standard" mais chacune des étapes – ou module – est paramétrable. Un certain nombre de programmes sont d'ailleurs possibles (tableau I). On peut ainsi définir chaque étape de la chirurgie de la cataracte, y associer certains gestes plus spécifiques (coloration bleue, anneau de dilatation pupillaire...), voire créer des scénarii sur mesure incluant des complications peropératoires. Seules

Capsulorhexis sur cataracte blanche
Hydrodissection classique
Phaco-émulsification par Divide & Conquer sur cataracte blanche/dure/modérée/molle
Retrait des masses avec hyperlaxité zonulaire
Insertion d'un implant monofocal
Insertion et mise en place d'un implant torique
Mise en place/retrait d'un anneau de dilatation pupillaire

Tableau I : Exemples de modules configurables pour la simulation numérique.

les étapes cornéennes (incisions transfixiantes, arciformes, hydrosuture...) ne sont pas simulées, les instruments pénétrant dans des orifices déjà prévus à cet effet.

Enfin, le simulateur peut être utilisé comme outil de formation et d'évaluation, un score de performance étant établi à l'issue de chaque étape. Le simulateur EyeSi™ dispose aussi d'un module complémentaire de chirurgie vitréorétinienne.

## De la formation à la certification

L'apprentissage de la chirurgie de la cataracte par simulation fait aujourd'hui partie intégrante de la formation des internes d'ophtalmologie [2]. La faculté de médecine de Reims a d'ailleurs mis en place un programme de simulation (fig. 2).

La chronologie de l'apprentissage global de la chirurgie de la cataracte telle que nous l'avons repensée repose ainsi sur trois points clés :

- une **formation hebdomadaire** encadrée par un sénior pendant toute la première année de l'internat d'ophtalmologie (phase socle), avant tout acte au bloc opératoire ;
- des **compléments de formation semestriels**, encadrés ou individuellement, de la deuxième à la cinquième année, en parallèle de la formation et des acquisitions au bloc opératoire ;
- une **évaluation finale** par simulateur avant le passage de l'examen de DES d'ophtalmologie.

Cette séquence présente l'avantage de développer de façon très rapide les compétences techniques dès la première année, sans aller au bloc opératoire. Ainsi, les

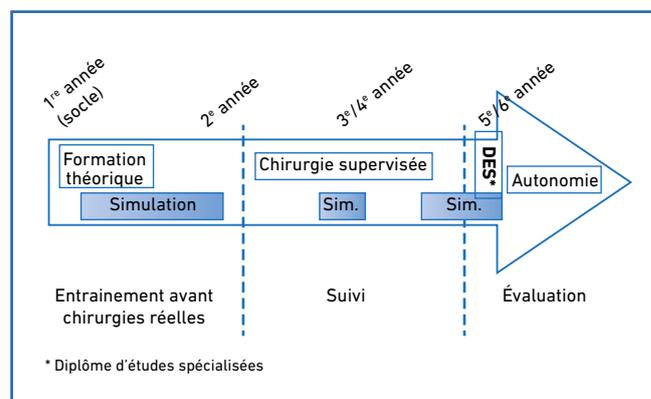


Fig. 2 : Exemple de séquence de formation à la chirurgie de la cataracte par simulation tout au long du 3<sup>e</sup> cycle d'ophtalmologie.

internes poursuivant alors en conditions réelles présentent déjà une maîtrise technique de la manipulation des outils (microscope, phaco-émulsificateur) et de l'ensemble des gestes intra-oculaires d'une chirurgie conventionnelle de la cataracte. Les années suivantes permettent de revenir sur simulateur soit pour retravailler des étapes non encore maîtrisées, soit pour anticiper des gestes plus techniques ou la gestion de cas complexes. L'apprentissage par compagnonnage demeure la règle, mais il s'effectue désormais dans deux contextes en parallèle : au simulateur et au bloc opératoire.

L'usage du simulateur comme outil de certification, en fin de cursus d'internat, est désormais envisagé par notre collège universitaire et nos sociétés savantes. L'objectif consiste à associer un examen sur simulateur à la traditionnelle soutenance du mémoire de DES et validation des tests de connaissances. Cet examen pourrait, dans une certaine mesure, valider un niveau de compétence technique pour la chirurgie la plus pratiquée par les ophtalmologues en exercice. Des travaux ont été menés pour déterminer le type d'examen simulé et le score validant [3].

À Reims, une étude pilote menée en 2020 a permis de définir un programme numérique pertinent d'évaluation, lequel a ensuite été évalué sur deux groupes (apprenants et séniors) pour déterminer une valeur minimale de validation. Les résultats (fig. 3) illustrent la répartition des scores (sur un total de 100) obtenus par les deux groupes, avec un seuil discriminant à 65/100, attestant de la compétence de l'évalué. On note (fig. 4) d'excellentes sensibilité et spécificité de ce programme pour

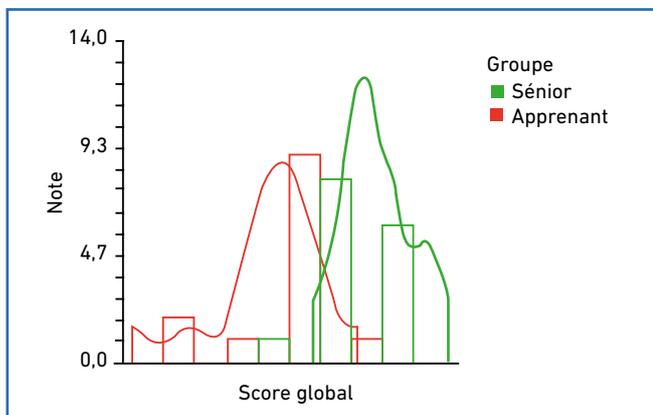


Fig. 3 : Distribution des notes obtenues sur simulateur entre les internes en formation et les séniors (valeur seuil = 65/100) (coll. M. Faure & A. Denoyer).

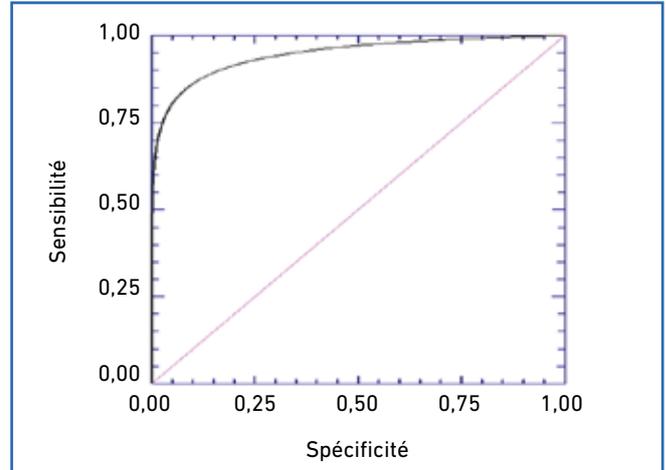


Fig. 4 : Courbe ROC montrant l'excellente capacité du test sur simulateur à déterminer si la personne a acquis les compétences techniques requises (coll. M. Faure & A. Denoyer).

détecter l'acquisition des compétences. Une évaluation nationale est en cours pour déterminer, à l'avenir, les modalités de contrôle de cet outil numérique pour la validation du DES d'ophtalmologie.

## Quel avenir pour la formation par simulation numérique ?

La simulation d'annonce et la simulation procédurale sont désormais incontournables pour la formation en ophtalmologie. Le simulateur chirurgical EyeSi™ est aujourd'hui l'outil le plus utilisé pour développer et évaluer les compétences techniques dans la chirurgie de la cataracte. Les enjeux et les défis demeurent importants :

- mener à bien le déploiement partout en France et assurer la maintenance de l'outil de simulation de chirurgie ophtalmologique. Le coût par dispositif avoisine les 200 000 euros toutes options comprises et la maintenance/abonnement autour de 10 000 euros par an ;
- définir un programme national de formation des internes d'ophtalmologie qui inclut l'enseignement par simulation tout au long de leur cursus ;
- trouver du temps de formateurs, car la simulation ne s'envisage qu'avec un encadrement constant, à l'heure où l'attractivité des carrières hospitalo-universitaires recule encore ;
- valider un examen de compétences techniques sur simulateur comme instrument de certification lors du passage du DES d'ophtalmologie.

Des pistes d'amélioration sont encore possibles, à l'instar

de la mise en contexte du simulateur au sein d'une salle de bloc simulée (ambiance sonore, personnel paramédical simulé, situations complexes au sein de la salle de bloc...) qui permettrait de mieux évaluer encore les compétences techniques et les compétences non-techniques (*soft skills*) telles que la capacité d'adaptation, de coordination de l'équipe soignante, de réaction au stress [4, 5]. Enfin, la piste de la recertification des chirurgiens en exercice, tout au long de leur carrière, pourrait, à l'avenir, voir le jour et inclure la simulation comme indicateur de bonne pratique...

## Bibliographie

1. MCCANNEL CA, REED DC, GOLDMAN DR. Ophthalmic surgery simulator training improves resident performance of capsulorhexis in the operating room. *Ophthalmology*, 2013;120:2456-2461.
2. GILLAN SN, SALEH GM. Ophthalmic surgical simulation: a new era. *JAMA Ophthalmol*, déc. 2013;131:16234.
3. SALEH GM, GAUBA V, MITRA A *et al.* Objective structured assessment of cataract surgical skill. *Arch Ophthalmol*, 2007;125:363-366.
4. SALEH GM, WAWRZYNSKI JR, SAHA K *et al.* Feasibility of human factors immersive simulation training in ophthalmology: The London Pilot. *JAMA Ophthalmol*, 2016;134:905-911.
5. LEE R, RAISON N, LAU WY *et al.* A systematic review of simulation-based training tools for technical and non-technical skills in ophthalmology. *Eye Lond Engl*, 2020;34:1737-1759.

---

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

## Cross-linking: state of the art. Les protocoles validés en 2023



J. BORDAIS, P. FOURNIÉ  
CHU Toulouse, TOULOUSE.  
bordais.j@chu-toulouse.fr

Le *cross-linking* cornéen (CXL) est indiqué dans le cadre d'une progression d'un kératocône ou d'une ectasie cornéenne postchirurgie réfractive laser, malgré la dispensation de consignes pour diminuer les frottements des yeux. Son objectif est d'éviter l'aggravation de la déformation cornéenne. Son principe repose sur une photopolymérisation, secondaire à l'interaction de trois composants indispensables: riboflavine, UV-A et oxygène. Il s'ensuit la libération de radicaux libres oxygénés à l'origine du processus de *cross-linking* qui entraîne la formation de nouvelles liaisons covalentes au sein des fibres de collagène et des protéoglycans de la matrice extracellulaire cornéenne.

### Protocole de référence, de Dresde

Il s'agit ici de "CXL conventionnel (epi-off, riboflavine 0,1 %, 3 mW/cm<sup>2</sup> pendant 30 minutes, oxygénation ambiante).

#### 1. Paramètres de base

Ce protocole de référence a été publié en 2003 par Seiler, Spoerl et Wollensak [1]. Sous anesthésie topique, la chirurgie commence par une désépithélialisation

cornéenne mécanique (procédure epi-off) sur un diamètre de 8 mm à 9 mm. L'épaisseur cornéenne minimale est de 400 microns. Une goutte de riboflavine est instillée toutes les deux minutes, pendant 30 minutes. S'ensuit une exposition à des UV-A (longueur d'onde de 365 nm) à une puissance de 3 mW/cm<sup>2</sup> pendant 30 minutes, au cours de laquelle est instillée également une goutte de riboflavine toutes les cinq minutes. L'énergie totale délivrée est de 5,4 J/cm<sup>2</sup>. Des antibiotiques et corticoïdes sont délivrés à la fin de la procédure. Une lentille thérapeutique peut être utilisée. Tous les paramètres de ce protocole font suite à des études précliniques de sécurité et d'efficacité, animales et *ex vivo*, réalisées dans les années 1990.

#### 2. Biomécanique

La résistance cornéenne, mesurée *ex vivo* par élastométrie, est augmentée de 71,9 % dans la cornée porcine et de 328,9 % dans la cornée humaine [2]. Le module d'élasticité de Young était multiplié par 1,8 dans la cornée porcine et par 4,5 dans la cornée humaine [2]. Cette différence entre cornées humaine et porcine est due au pourcentage de cornée traité par *cross-linking*, sachant que la pachymétrie moyenne porcine était mesurée à 850 ± 70 microns *versus* 550 ± 40 microns pour les cornées humaines [2]. La profondeur du traitement est estimée indirectement par la ligne de démarcation observable cliniquement et à l'OCT dans les premières semaines de la procédure aux alentours de 300-350 microns. Cette ligne est une modification de la réflectivité stromale secondaire, notamment à la profondeur d'apoptose kératocytaire [3]. Cette profondeur de traitement par *cross-linking* est directement corrélée à la "règle des 400 microns" [1] epi-off, définie dans le protocole de référence comme une sécurité pour éviter une trop forte concentration de riboflavine à proximité de l'endothélium et une toxicité endothéliale par la libération de radicaux libres oxygénés en profondeur. Cette valeur a récemment été révisée et serait certainement légèrement surestimée, ce qui

pourrait ouvrir la voie aux traitements sélectifs personnalisés de plus forte énergie [4]. Des cas d'œdème cornéen et de perte endothéliale ont cependant été rapportés et doivent faire insister sur l'importance d'hydrater la cornée (instillation de riboflavine toutes les 5 min. et de BSS) pour éviter sa dessiccation peropératoire pendant la phase d'exposition aux UV-A notamment.

### 3. Indications

Les indications sont les ectasies primitives (kératocône, dégénérescence marginale pellucide), et secondaires (postlaser réfractif: LASIK, PKR, Smile), évolutives. La progression repose sur un faisceau d'arguments sur des examens successifs, d'autant plus rapprochés que le patient est jeune (fig. 1). Toute élévation des faces antérieure et postérieure, tout amincissement pachymétrique et tous les paramètres en découlant (baisse d'acuité visuelle, progression myopique ou cylindrique)

sont considérés, en tenant compte des fluctuations de mesure d'un examen à l'autre et de la marge d'erreur des mesures, d'autant plus importante que le kératocône est sévère.

Certains facteurs de risque de progression du kératocône sont connus et doivent être pris en compte dans l'indication d'un CXL: jeune âge, frottements oculaires, atopie, troubles hormonaux thyroïdiens, grossesse et certains traitements par œstrogènes. Les deux cas pour lesquels le CXL avait été autorisé par la Haute autorité de santé (HAS) en 2016, en première intention, sont le kératocône de l'enfant et les ectasies postlaser.

### 4. Résultats

Ne disposant pas de mesures directes *in vivo* de la biomécanique cornéenne, l'efficacité du CXL s'évalue indirectement sur la stabilité du kératocône dans le temps:

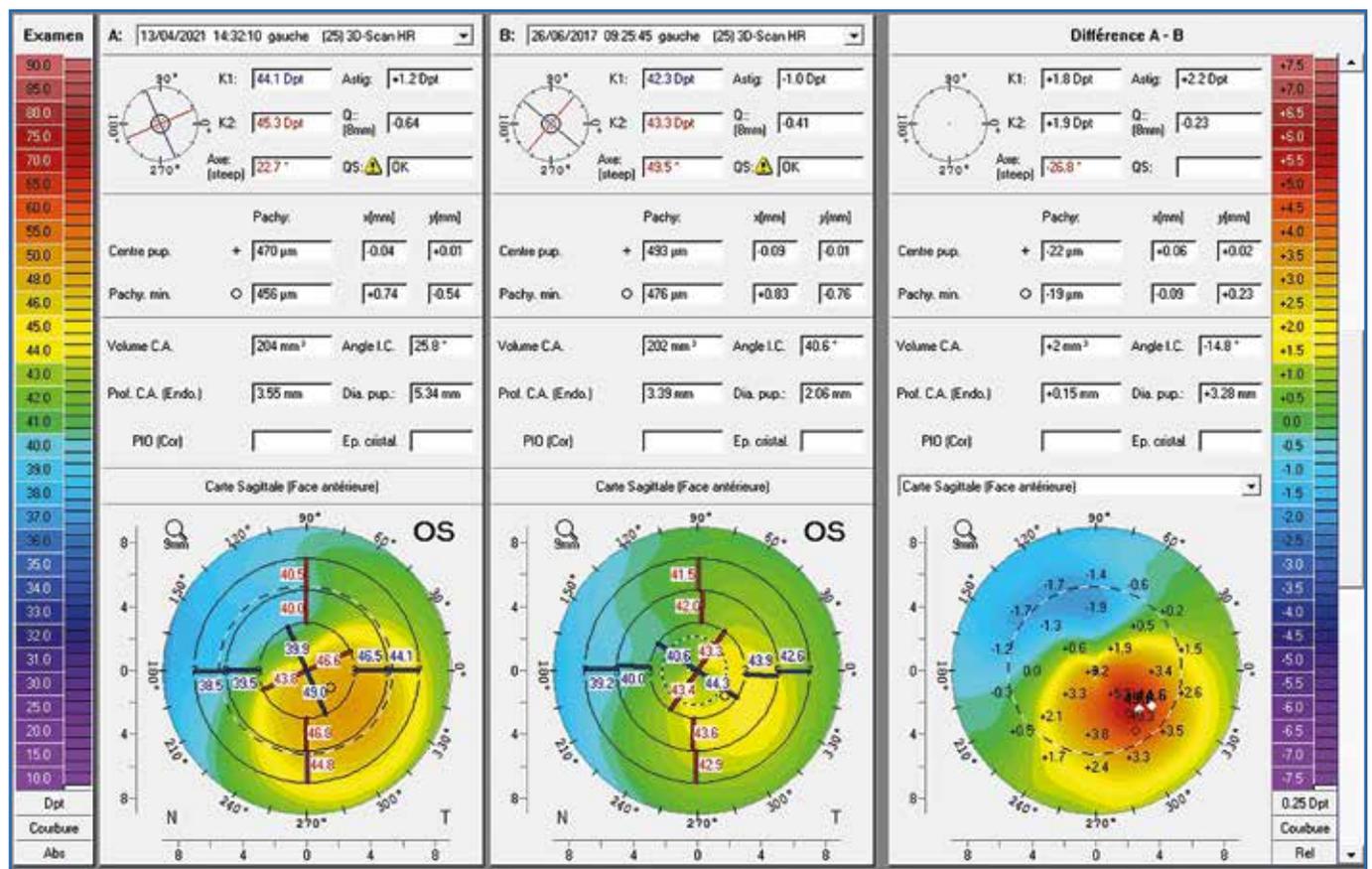


Fig. 1 : Cartographie différentielle A-B de deux examens successifs. La comparaison de deux cartes topographiques (A = examen récent ; B = examen antérieur) permet d'analyser avec précision les modifications d'un examen à l'autre. Dans ce cas : progression du K2 de +1,9 D, du Kmax de +4,6 D et de la pachymétrie de -19 microns, pour aider à poser l'indication de CXL.

maintien de l'acuité visuelle, stabilité des paramètres topo/tomographiques. Des études sur le long terme, à plus de dix ans, confirment une stabilité dans plus de 90 % des cas [5, 6]. Le taux de progression chez les enfants peut aller jusqu'à 24 % [7] en raison du *turn-over* du collagène stromal cornéen estimé entre trois ans et sept ans.

## 5. Complications

Les complications ne sont pas rares, probablement sous-estimées car le plus souvent bénignes ou régressives. Il convient cependant d'en tenir compte pour poser



**Fig. 2 :** Les infiltrats cornéens aseptiques, le plus souvent périphériques, uniques ou linéaires, comme dans ce cas, sont peut-être la complication la plus fréquente. Leur survenue rapide, dès le lendemain de l'intervention, pose le diagnostic différentiel avec une kératite infectieuse. Parfois prélevés et traités, dans le doute si le patient n'a pas été revu le premier jour, par une antibiothérapie probabiliste, ils n'ont le plus souvent pas de répercussions fonctionnelles et disparaissent le plus souvent. De physiopathogénie mal connue, leur prévention nécessite de ne pas laisser le stroma cornéen "à nu" sécher et de l'hydrater (instillation de riboflavine toutes les 5 minutes pendant l'exposition aux UV-A dans le CXL conventionnel, ou de BSS régulièrement).

l'indication d'un CXL et d'en informer son patient. Dans le cas de complications précoces, il s'agit de douleurs, de retard de cicatrisation, d'infiltrats aseptiques (*fig. 2*), de kératites infectieuses, d'œdème cornéen (*fig. 3*) et de haze. Dans le cas de complications plus tardives, on peut observer un haze persistant. Ce haze, le plus souvent confondu avec une modification de la réflectivité du stroma cornéen, corrélé à la visibilité de la ligne de démarcation, est le plus souvent résolutif sur les six premiers mois. Il peut gêner certaines mesures tomographiques, Scheimpflug notamment, avec des mesures parfois faussées. Il faut en tenir compte pour définir un échec de la procédure. Répéter rapidement un CXL est rare et, même en l'absence de consensus, il ne faut pas retraiter dans les six mois suivant la chirurgie et même, le plus souvent, il vaut mieux attendre un an. Un haze plus profond est parfois observé avec des aplatissements cornéens importants, parfois continus dans le temps sur plusieurs années. En revanche, il n'a pas été retrouvé de toxicité du CXL sur les cellules souches cornéennes épithéliales limbiques [8]. Ce qui peut rendre possible un traitement de dégénérescence marginale pellucide, en décentrant légèrement l'exposition aux UV-A en inférieur.

## Autres protocoles "disponibles"

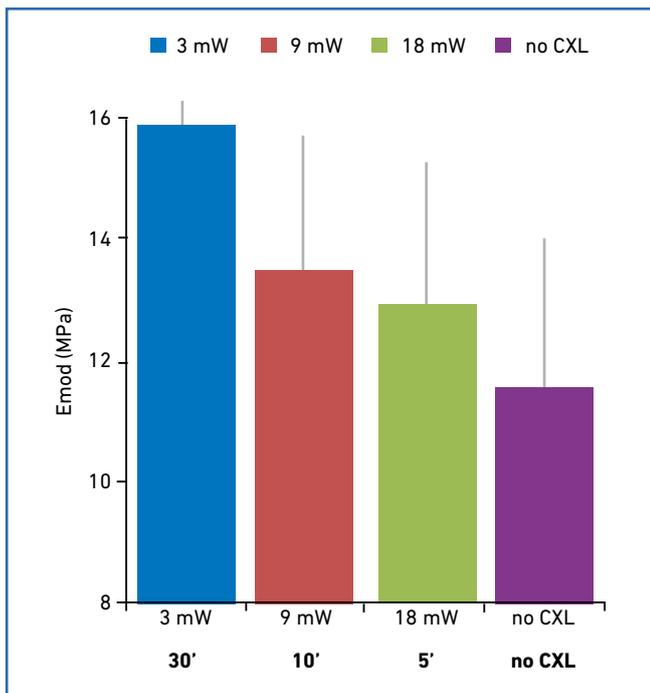
Le CXL s'est décliné en différents protocoles depuis plus de vingt ans. Le but étant de proposer des chirurgies mieux tolérées en peropératoire et en postopératoire pour le patient, tout en conservant l'efficacité de la méthode de référence. On distingue deux grandes familles de CXL, selon que l'on conserve ou non l'épithélium.



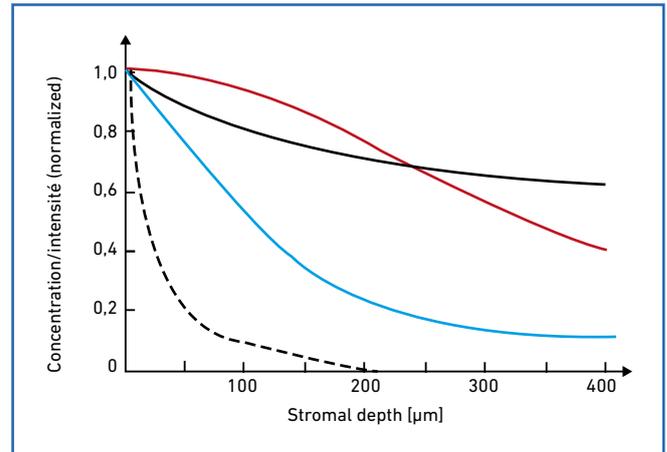
**Fig. 3 :** Œdème cornéen transitoire (A : 5 jours postopératoire ; B : 2 semaines postopératoire ; C : 3 mois postopératoire) sur la zone de traitement par lésion endothéliale avec diminution séquellaire de la densité cellulaire endothéliale. La plupart des toxicités, par libération de radicaux libres oxygénés en profondeur au niveau endothélial, ont été rapportées sur des cornées trop fines. Même si la limite de 400 microns semble surestimée [4], il est important de ne pas laisser le stroma cornéen "à nu" sécher et de l'hydrater (instillation de riboflavine toutes les 5 minutes pendant l'exposition aux UV-A dans le CXL conventionnel, ou de BSS régulièrement). Dans le cas contraire, une cornée peut de manière transitoire, par simple dessiccation, perdre plusieurs dizaines de microns.

## 1. CXL epi-off accélérés

Selon la loi physique de Bunsen-Roscoe, il est en théorie possible de raccourcir la durée d'exposition aux UV-A en augmentant proportionnellement l'intensité de l'irradiation par les UV-A. Ainsi, une intensité de 3 mW/cm<sup>2</sup> pendant 30 minutes équivaldrait à une intensité de 10 mW/cm<sup>2</sup> pendant 9 minutes, 18 mW/cm<sup>2</sup> pendant 5 minutes, 30 mW/cm<sup>2</sup> pendant 3 minutes ou 90 mW/cm<sup>2</sup> pendant 1 minute. L'énergie totale délivrée reste de 5,4 J/cm<sup>2</sup>. En pratique, cette loi, comme dans d'autres modèles biologiques, ne s'applique pas dans le CXL (*fig. 4*) [9]. Elle ne prend pas en compte le troisième composant (en plus de la riboflavine et des UV-A), essentiel et indispensable à la procédure de CXL : l'oxygène (O<sub>2</sub>). La concentration en O<sub>2</sub> dans le stroma cornéen désépithélialisé en l'absence de CXL diminue faiblement : 21 % (comme dans l'air ambiant) au niveau de la couche de Bowman, 17 % à 100 microns, 14 % à 300 microns (*fig. 5*) [10]. La diffusion de l'oxygène est passive dans le stroma. En revanche, rapidement après exposition aux UV-A, la concentration en oxygène diminue à 3 % à 100 microns et 1,5 % à 200 microns en cas d'intensité à 3 mW/cm<sup>2</sup> (*fig. 5*) [10]. La concentration en oxygène à 100 microns est de 1 %



**Fig. 4 :** Diminution *ex vivo* de l'effet biomécanique du CXL avec l'augmentation de l'intensité des UV-A et l'accélération de la procédure de CXL (d'après Hammer *et al.* [9]).



**Fig. 5 :** Pente de décroissance de la concentration en riboflavine dans la profondeur du stroma cornéen (*ligne rouge*), de l'intensité en UV-A disponible (*ligne bleue*) et de la concentration en oxygène avant exposition aux UV-A (*ligne noire*) et pendant l'exposition aux UV-A (*ligne noire pointillée*) pour une procédure de 3 mW/cm<sup>2</sup> (d'après Seiler *et al.* [10]).

à 9 mW/cm<sup>2</sup>. Elle est négligeable pour les intensités supérieures. Alors que les concentrations en riboflavine et l'intensité des UV-A au sein du stroma restent correctes, cette déplétion en oxygène pourrait expliquer la perte d'efficacité du CXL des procédures "très" accélérées (*fig. 4*) [9]. Ne pouvant pas mesurer la biomécanique *in vivo*, la "quantité de CXL" nécessaire pour stabiliser un kératocône donné peut cependant être très variable et n'est pas connue. En pratique, les techniques accélérées au moins jusqu'à 9 mW/cm<sup>2</sup> pendant 10 minutes semblent aussi efficaces que le protocole conventionnel à 3 mW/cm<sup>2</sup> pendant 30 minutes.

## 2. CXL epi-on

Conserver l'épithélium cornéen permet de diminuer la douleur et la plupart des complications postopératoires dues à la désépithélialisation. L'épithélium joue cependant le rôle de barrière à la diffusion stromale de la riboflavine. Les premières procédures, par addition d'un adjuvant (chlorure de benzalkonium, EDTA, TRIS) ont été abandonnées car peu efficaces. La seule procédure validée epi-on repose aujourd'hui sur la iontophorèse qui permet de faire pénétrer à travers la cornée, une riboflavine ionisée chargée, à l'aide d'un faible courant électrique (*fig. 6*). Le CXL par iontophorèse est moins efficace, avec une ligne de démarcation moins profonde. Ce traitement plus superficiel est dû à la barrière épithéliale aux UV-A mais aussi à l'oxygène, qui diffuse moins dans le stroma, ce qui a pour conséquence de diminuer



**Fig. 6 :** Un faible courant électrique est généré entre une électrode négative, la cathode, placée dans le réservoir de riboflavine disposé sur la cornée et un patch positif, l'anode, collé sur la peau du patient. Ce courant électrique (1 mA pendant 5 minutes) entraîne la riboflavine par iontophorèse au travers de la cornée dans laquelle elle se dépose. Les UV-A sont délivrés secondairement à 10 mW/cm<sup>2</sup> pendant 9 minutes.

Individualized CXL – Sub400 Protocol		
Minimum stromal required thickness (µm)	UV irradiation duration (min)	Demarcation line depth (µm)
200	1	130
210	01:20	140
220	01:40	150
230	2	160
240	02:30	170
250	3	180
260	03:30	190
270	4	200
280	5	210
290	6	220
300	7	230
310	9	250
320	10	255
330	12	265
340	14	275
350	16	283
360	18	290
370	20	300
380	23	310
390	26	320
400	29	330

**Tableau I :** Protocole sub400. Durée de traitement en minutes en fonction de l'épaisseur stromale cornéenne selon Hafezi *et al.* [11] et profondeur attendue de la ligne de démarcation supposée être à plus de 70 microns de l'endothélium pour limiter les risques de toxicité endothéliale et d'œdème.

la réaction de CXL. Comme précédemment pour les CXL accélérés, la "quantité de CXL" nécessaire pour stabiliser un kératocône donné n'est pas connue et peut varier d'un patient à l'autre. Le CXL par iontophorèse peut ainsi suffire dans la plupart des cas, et peut toujours bénéficier d'un CXL epi-off à distance en cas de poursuite évolutive.

### 3. En cas de cornées fines

Plusieurs techniques ont été proposées pour essayer de renforcer ces cornées fines en essayant de limiter le risque endothélial (*fig. 3*): abstention, riboflavine hypotonique pour œdématiser transitoirement le stroma, CXL à travers une lentille de contact (perméable à l'oxygène et aux UV-A), iontophorèse, et greffe de couche de Bowman. Un nouveau protocole intitulé sub400 a été récemment publié pour ajuster la durée d'irradiation par les UV-A, à la pachymétrie cornéenne peropératoire sans épithélium, selon les paramètres d'intensité du protocole conventionnel à 3 mW/cm<sup>2</sup> (*tableau I*) [11]. Publiés récemment, peu de résultats sont actuellement disponibles pour confirmer la sécurité et l'efficacité de ce protocole.

## Protocoles émergents "en évaluation"

### 1. CXL epi-on avec supplémentation en oxygène

Le but est de créer un environnement riche en oxygène à la surface de la cornée grâce à des lunettes spécifiques connectées à une source d'oxygène humidifié pour faciliter la pénétration de l'oxygène dans le stroma cornéen (*fig. 7*). Les premiers résultats publiés sont encourageants avec notamment une ligne de démarcation profonde identique à celle observée dans le protocole conventionnel [12]. Cette procédure est en cours d'évaluation.

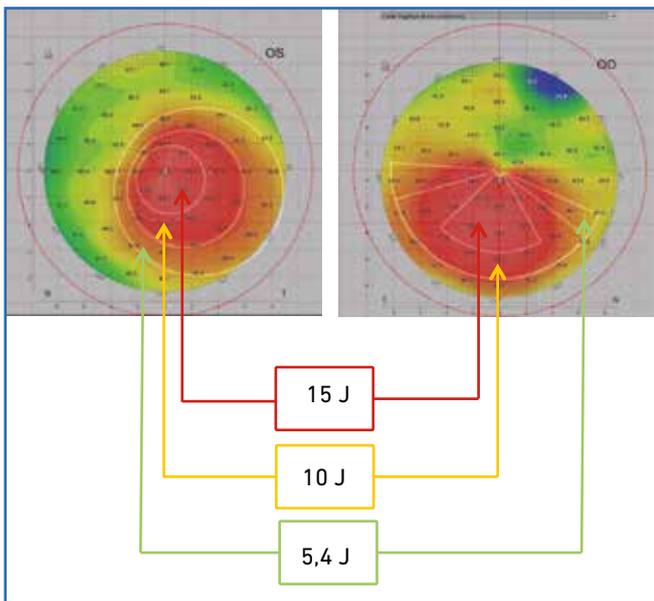
### 2. CXL topoguidés

Le CXL guidé par la topographie délivre un traitement d'intensité variable, plus important sur l'apex du cône puis dégressif sur la pente du cône. La zone opposée au cône n'est pas traitée (*fig. 8*). L'énergie délivrée est très supérieure au traitement conventionnel mais épargne les 2 mm de la zone optique centrale. La densité endothéliale n'est pas modifiée sur les premiers reports de résultats [13]. L'objectif est de cibler les zones présumées de plus faible résistance et possiblement d'obtenir un effet

d'aplatissement du kératocône plus important. Cette procédure est également en cours d'évaluation, en multacentrique, couplée notamment à une supplémentation epi-on en oxygène.



**Fig. 7 :** Supplémentation en oxygène. Le débit en oxygène permet d'obtenir une concentration d'oxygène supérieure à 90 % à la surface de la cornée, par rapport à une concentration ambiante dans l'air de 21 %.



**Fig. 8 :** CXL topoguidé L'énergie totale délivrée varie de 5,4 J/cm<sup>2</sup> pour l'aire la plus périphérique à 15 J/cm<sup>2</sup> pour l'aire la plus centrale. En l'absence de mesure possible de la biomécanique cornéenne, le guidage peut se faire sur l'élévation antérieure, postérieure ou sur la pachymétrie. La délivrance des UV-A est précise avec un système de reconnaissance pour compenser la cyclotorsion et d'eye-tracking.

## CXL combinés

Les procédures photo-ablatives dans le kératocône sont controversées en raison de l'affaiblissement cornéen qu'elles entraînent, de risque de haze et de perte d'acuité visuelle corrigée rapportés [14]. L'objectif est de remodeler, par photo-ablation Excimer guidée par la topographie, une cornée déformée pour en améliorer les propriétés optiques. Le principe repose sur une épargne cornéenne avec une photoablation maximale, topoguidée ou pas, de 30 microns à 50 microns selon les protocoles. Le but n'est "pas réfractif mais thérapeutique, correctif" d'aberrations de haut degré. Un CXL est toujours associé. De première intention, ces traitements photo-ablatifs dans le kératocône restent confidentiels malgré un certain nombre de publications et doivent rester prudents en raison de réactions cicatricielles et de résultats visuels variables et peu prévisibles [14]. En seconde intention, après anneaux intracornéens, l'objectif est fonctionnel pour essayer d'améliorer le résultat visuel en cas d'insuffisance d'effet et de persistance d'aberrations cornéennes, en cas d'intolérance aux lentilles de contact, et souvent en alternative à une greffe de cornée.

## Autres indications "hors ectasie"

### 1. CXL et chirurgie réfractive

Décrit en association à une procédure réfractive pour limiter le risque de survenue d'ectasie ou de régression de l'effet réfractif, le CXL n'a pas d'indication dans ce domaine actuellement. Le CXL apporte un facteur d'imprédictibilité réfractive difficilement compatible avec une procédure réfractive. Ces techniques controversées, qui reposent sur une hypothèse empirique de stabilisation cornéenne par le CXL, utilisent des procédures modifiées de CXL qui n'ont pas fait la preuve de leur efficacité. Une analyse critique de la littérature ne permet pas l'utilisation du CXL dans cette indication.

### 2. CXL et infections

L'association de la riboflavine avec les UV-A ou les UV-B seuls ont une activité antimicrobienne par toxicité directe sur les acides nucléiques. Le CXL augmente en plus la résistance cornéenne à la digestion enzymatique. Le CXL a ainsi prouvé un effet bactéricide sur plusieurs espèces bactériennes et peut être un complément anti-infectieux

et antinécrotique, notamment en cas d'échec de traitements anti-infectieux antibiotiques renforcés. Le CXL n'est pas indiqué en cas d'infections amibiennes ou virales herpétiques.

### 3. CXL et œdème cornéen

Le CXL a prouvé une augmentation de la résistance cornéenne à l'œdème, par moindre diffusion d'eau, et a été utilisé dans la kératopathie bulleuse et les autres causes d'œdème cornéen. Cette observation est cependant moindre dans les œdèmes sévères et apparaît régresser au bout de trois mois, n'évitant pas le recours à la greffe de cornée, endothéliale ou transfixiante. Son utilisation dans cette indication est marginale, parfois palliative couplée à une greffe de membrane amniotique, à visée antalgique, si une greffe de cornée n'est pas indiquée.

### Conclusion

Le CXL conventionnel, epi-off, 3 mW/cm<sup>2</sup> pendant 30 minutes, est le protocole avec le plus de preuves scientifiques d'efficacité et de sécurité dans le traitement de stabilisation d'un kératocône évolutif. Les techniques accélérées ont fait la preuve de leur efficacité et remplacent souvent le CXL conventionnel, au moins jusqu'à 10 mW/cm<sup>2</sup> pendant 9 minutes. Au-delà, la consommation d'oxygène et la faible concentration stromale en oxygène réduisent son efficacité avec un traitement plus superficiel, possiblement suffisant pour certains kératocônes, mais certainement plus à risque de poursuite évolutive du kératocône.

Le protocole de CXL epi-on par iontophorèse, validé également, génère un traitement moins à risque de complications mais plus superficiel. Utilisé en première intention, il peut nécessiter plus fréquemment une seconde procédure CXL en cas de poursuite évolutive du kératocône.

En cas de nécessité de seconde procédure, le second CXL est le plus souvent epi-off, jamais avant le sixième mois postopératoire du premier CXL, le plus souvent au-delà de un an. Les cas de CXL réalisés chez l'enfant jeune, nécessitent plus fréquemment une seconde procédure en cas de progression confirmée du kératocône, le plus souvent à distance de la première procédure, au-delà de sept ans à huit ans postopératoires.

La place de l'oxygène dans la procédure de CXL est bien établie et pourrait aboutir à de nouveaux protocoles epi-on supplémentés en oxygène. Les autres procédures de CXL combinées dans le kératocône, ou dans les autres indications que le kératocône, restent marginales, sans protocole validé, à l'exception de certaines kératites infectieuses bactériennes associées à une composante nécrotique.

### Bibliographie

1. WOLLENSAK G, SPOERL E, SEILER T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2003;135:620-627.
2. WOLLENSAK G, SPOERL E, SEILER T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin-ultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract Refract Surg*, 2003;29:1780-1785.
3. DOORS M, TAHZIB NG, EGGINK FA *et al.* Use of anterior segment optical coherence tomography to study corneal changes after collagen cross-linking. *Am J Ophthalmol*, 2009;148:844-851.
4. SEILER TG, BATISTA A, FRUEH BE *et al.* Riboflavin concentrations at the endothelium during corneal cross-linking in humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019;60:21405.
5. RAISKUP F, THEURING A, PILLUNAT LE *et al.* Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet-A light in progressive keratoconus: ten-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:41-46.
6. BORDAIS J, CASSAGNE M, TOUBOUL D *et al.* Conventional epithelial-off corneal cross-linking in patients with progressive keratoconus: 10-year outcomes. *Cornea*, 2024;*in print*.
7. MAZZOTTA C, TRAVERSI C, BAIOCCHI S *et al.* Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet A light for pediatric keratoconus: ten-year results. *Cornea*, 2018;37:560-566.
8. RICHZO O, TABIBIAN D, HAMMER A *et al.* The effect of standard and high-fluence corneal cross-linking (CXL) on cornea and limbus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014;55:57837.
9. HAMMER A, RICHZO O, ARBA MOSQUERA S *et al.* Corneal biomechanical properties at different corneal cross-linking (CXL) irradiances. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014;55:2881-2884.
10. SEILER TG, KOMNINO MA, NAMBIAR MH *et al.* Oxygen kinetics during corneal cross-linking with and without supplementary oxygen. *Am J Ophthalmol*, 2021;223:368-376.
11. HAFEZI F, KLING S, GILARDONI F *et al.* Individualized corneal cross-linking with riboflavin and UV-A in ultrathin corneas: the Sub400 Protocol. *Am J Ophthalmol*, 2021;224:133-142.
12. MATTHYS A, CASSAGNE M, GALIACY SD *et al.* Transepithelial corneal cross-linking with supplemental oxygen in keratoconus: 1-year clinical results. *J Refract Surg*, 2021;37:42-48.
13. CASSAGNE M, PIERNÉ K, GALIACY SD *et al.* Customized topography-guided corneal collagen cross-linking for keratoconus. *J Refract Surg*, 2017;33:290-297.
14. MORAES RLB, GHANEM RC, GHANEM VC *et al.* Haze and visual acuity loss after sequential photorefractive keratectomy and corneal cross-linking for keratoconus. *J Refract Surg*, 2019;35:109-114.

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

## Fondamentaux des anneaux



H. KAMMOUN, M. MOUSSA

Clinique internationale d'ophtalmologie,  
Les berges du lac de TUNIS/Tunisie.  
kheykel@yahoo.fr

Les anneaux intracornéens (*Intra Corneal Ring Segments*, ICRS) sont actuellement le traitement de choix dans le kératocône en cas d'intolérance aux lentilles de contact. Ils permettent, dans certains cas, d'éviter le passage à une greffe de cornée. Les ICRS peuvent être utilisés seuls ou en combinaison avec d'autres techniques comme le *cross-linking*, la PKR et les implants phaqes sphériques et/ou toriques. Ces traitements combinés visent à optimiser les résultats et à se rapprocher au mieux de l'emmétropie, représentant ainsi une véritable chirurgie réfractive du kératocône.

### Mécanisme d'action

En 1949, José Ignacio Barraquer a exploré la mise en place d'un implant intracornéen pour corriger la myopie d'un patient; cette approche est devenue obsolète pour cette indication [1]. En 2000 seulement, Colin *et al.* [2] ont rapporté la capacité des ICRS à réduire le bombement cornéen dans les yeux atteints de kératocône, avec une amélioration de l'acuité visuelle. Cette technique repose sur le principe selon lequel l'ajout de tissus à la périphérie cornéenne induit un effet d'aplatissement central (connu sous le nom d'effet de raccourcissement de l'arc) [1]. En 1998, Ferrara a introduit de nouveaux anneaux avec un design de plus petit diamètre (5 mm), ce qui a permis d'améliorer considérablement les résultats, surtout dans

les cas de kératocônes avancés. À cette époque, les nomogrammes étaient assez basiques puisqu'ils étaient basés uniquement sur la réfraction (équivalent sphérique), ce qui n'est pas adapté au kératocône.

Actuellement, les anneaux sont disponibles en différentes longueurs d'arc, formes de section, épaisseurs et diamètres. Le mécanisme d'action principal des ICRS est un aplatissement cornéen central et périphérique. Il existe trois principaux paramètres à prendre en considération :

- le diamètre des anneaux. Plus le diamètre est petit, plus l'effet est grand ;
- l'épaisseur des anneaux. Plus l'épaisseur est grande, plus l'effet est important ;
- la longueur des anneaux. Plus l'anneau est long, plus il agit sur la sphère; plus il est court, plus il agit sur le cylindre.

En effet, les ICRS induisent une triple action sur le plan réfractif: action cylindrique, sphérique et aberrométrique (coma). Dans le kératocône symétrique, généralement l'axe du coma est superposé à l'axe de l'astigmatisme; donc les ICRS traitent simultanément l'astigmatisme et la coma, ce qui donne les meilleurs résultats.

Dans le cas du kératocône asymétrique, l'axe du coma ne coïncide pas avec l'axe de l'astigmatisme. La plupart des chirurgiens choisissent l'axe le plus cambré pour l'implantation, ce qui favorise le traitement de l'astigmatisme et néglige celle de la coma [3] alors que d'autres préfèrent l'axe comatique ou entre les deux axes. L'effet des anneaux sur la progression de la maladie reste controversé. D'après notre expérience, les ICRS ont un effet de stabilisation du kératocône en induisant une micro-inflammation et une fibrose minime autour des anneaux. Ils permettent ainsi de potentialiser l'effet du *cross-linking*.

D'après notre expérience, les ICRS ont un effet de stabilisation du kératocône en induisant une micro-inflammation et une fibrose minime autour des anneaux. Ils permettent ainsi de potentialiser l'effet du *cross-linking*.

## Classification morphologique du kératocône

La classification morphologique a une importance capitale puisqu'elle a été intégrée dans de nouveaux nomogrammes qui utilisent la morphologie pour le choix des anneaux. Établie par Fernández-Vega/ Alfonso [4] en 2016, elle classifie le kératocône en cinq phénotypes (fig. 1). Les kératocônes asymétriques : types 2 (Duck) et 3 (Snowman) sont particulièrement difficiles à traiter avec les anneaux standards. Récemment, les anneaux progressifs (*Mediphacos*: progression dans l'épaisseur; *AJL* à double progression: épaisseur et largeur) permettent de mieux personnaliser le traitement du kératocône asymétrique.

## Mécanisme d'action

Il existe plusieurs modèles d'anneaux avec des diamètres, longueurs d'arc et épaisseurs différents permettant un traitement personnalisé pour chaque forme d'ectasie.

Dans la littérature, les mécanismes d'action des différents types d'anneaux demeurent insuffisamment élucidés. À cet effet, nous avons réalisé une étude rétrospective concernant 600 yeux atteints de kératocône stades 2 et 3. Nous avons étudié les résultats réfractifs ainsi que le mode d'action des ICRS de 5 mm et de 6 mm de diamètre utilisant les cartes topographiques différentielles;

et ce, afin de proposer un profil d'aplatissement théorique propre à chaque modèle.

Les résultats réfractifs de cette étude montrent que les ICRS permettent une réduction moyenne de l'équivalent sphérique de 4,2 D (2 D à 9 D) pour les ICRS de 5 mm et de 2 D (0,75 D à 3,5 D) pour les ICRS de 6 mm. La réduction moyenne de l'astigmatisme est de 3,2 D (1,25 D à 7,5 D) pour les 5 mm et de 6 D (2 D à 11 D) pour les 6 mm.

L'étude des cartes topographiques différentielles des différents modèles d'anneaux montre que le profil topographique d'aplatissement et les zones d'action propres à chaque modèle d'anneau sont tout à fait reproductibles. En revanche, la puissance réfractive d'aplatissement change en fonction de la biomécanique cornéenne (fig. 2A et B).

À partir des cartes topographiques différentielles, nous avons élaboré des modèles topographiques théoriques d'action propres à chaque modèle d'anneaux (fig. 3A et B). Il apparaît clairement que les ICRS de 5 mm provoquent un aplatissement central et périphérique corrigeant ainsi la sphère et le cylindre, alors que les ICRS de 6 mm provoquent un aplatissement essentiellement périphérique avec un effet central réduit corrigeant beaucoup plus le cylindre que la sphère. De plus, les ICRS de 6 mm

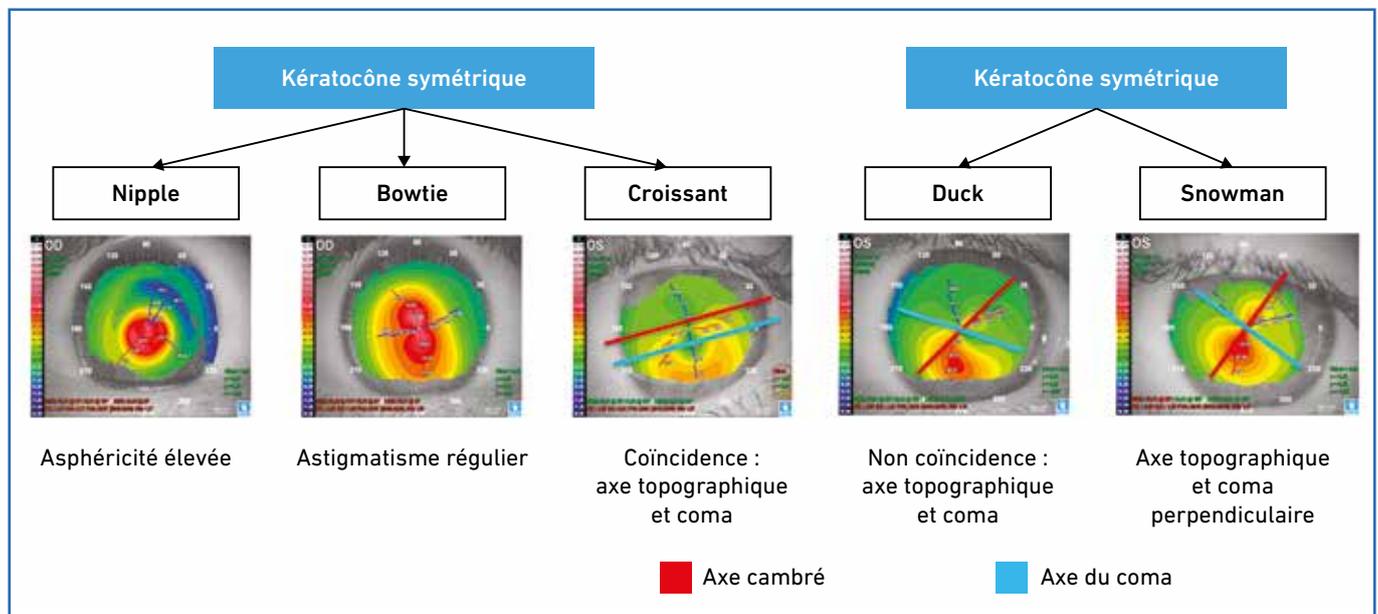
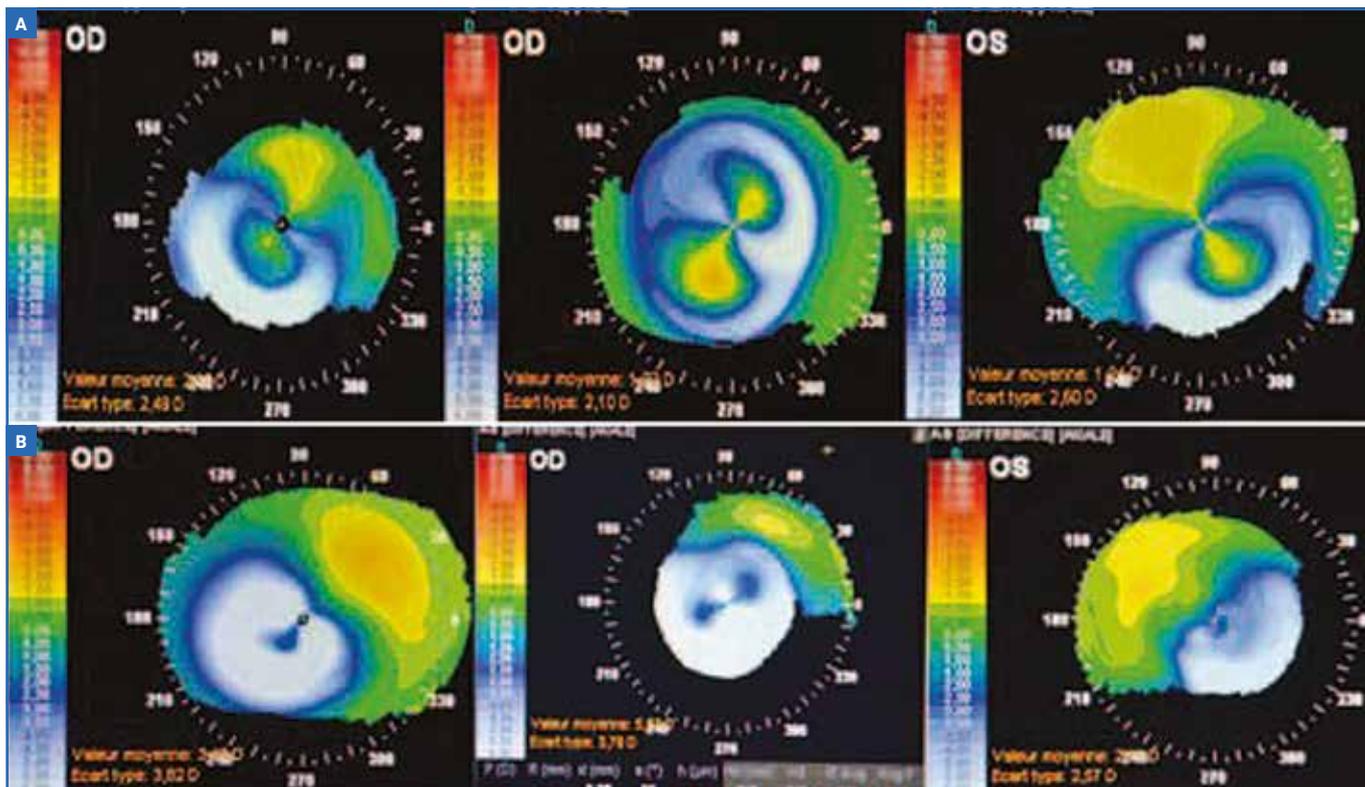


Fig. 1 : Classification morphologique du kératocône.

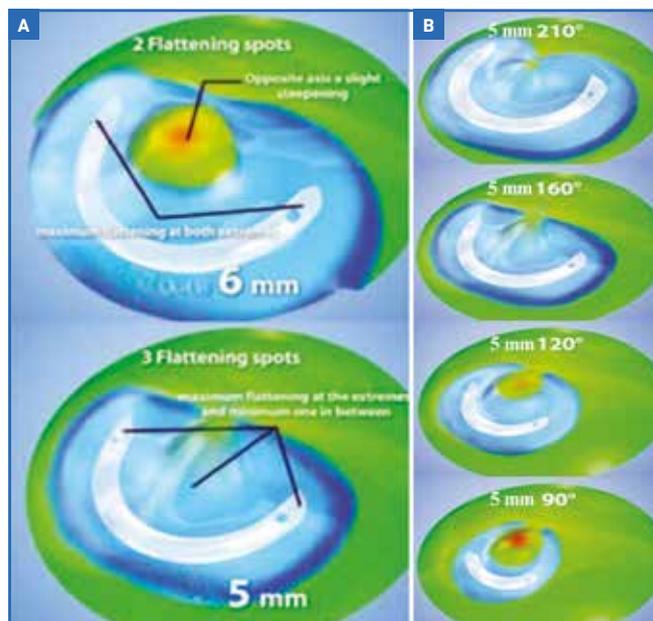


**Fig. 2. A :** Trois cartes topographiques différentielles. Le traitement avec anneau de 6 mm de diamètre et 150° de longueur d'arc. Le profil d'aplatissement est reproductible avec un aplatissement sur l'axe de l'anneau et un léger bombement sur le contre-axe, ce qui explique l'effet important sur l'astigmatisme. **B :** Trois cartes topographiques différentielles. Le traitement avec anneau de 5 mm de diamètre et 160° de longueur d'arc. Le profil d'aplatissement est reproductible avec un effet d'aplatissement central et périphérique plus marqué qu'avec les anneaux de 6 mm.

induisent un bombement sur le contre-axe, ce qui majore l'action correctrice sur l'astigmatisme dont il faut tenir compte (*fig. 3A*).

Pour l'effet en fonction de la longueur d'arc, il apparaît aussi clairement que plus l'anneau est long, plus l'aire d'aplatissement est grande; ainsi l'action correctrice sur la sphère prend le dessus sur la correction de l'astigmatisme. Plus l'anneau est court, plus l'aire d'aplatissement est réduite, ce qui réduit son action sur la sphère. Il induit aussi un effet cylindrique en aplatisant un axe et en cambrant le contre-axe. Ainsi, l'action correctrice sur le cylindre prend le dessus sur la correction de la sphère (*fig. 3B*).

Par ailleurs, nous avons mené une étude rétrospective concernant 35 yeux de 27 patients atteints de kératocône, présentant une discordance significative entre les axes topographiques et comatiques (kératocône asymétrique), et traités avec des ICRS progressifs AJL-pro + (AJL Ophthalmic) [5]. Les résultats ont démontré



**Fig. 3. A :** Modèle topographique de l'action théorique des ICRCs de 5 mm et 6 mm de diamètre sur une cornée sphérique. **B :** Modèle topographique de l'action théorique des anneaux de 5 mm avec différentes longueurs d'arcs "90°, 120°, 160° et 210°" sur une cornée sphérique. *Illustrations H. Kamoun.*

une amélioration de l'acuité visuelle postopératoire, une réduction de l'équivalent sphérique et de la kératométrie. Par ailleurs, une réduction significative de l'asphéricité cornéenne a été observée, avec une diminution de moitié (passant d'une moyenne pré-opératoire de  $-0,64 D \pm 0,25 D$  à une moyenne postopératoire de  $-0,37 D \pm 0,23 D$ ). Pour les aberrations d'ordre supérieur, une diminution statistiquement significative a été constatée avec les ICRS progressifs dans la coma primaire (de  $1,57 \pm 0,41 \mu m$  à  $0,92 \pm 0,32 \mu m$ ), représentant une baisse de 41,4 %. Ce qui est supérieur à l'effet des ICRS standards sur la coma primaire, qui est de l'ordre de 30 %. Nos résultats confirment que les ICRS asymétriques, caractérisés par des variations d'épaisseur et de largeur de base, pourraient être une indication prometteuse dans le traitement des kératocônes asymétriques.

## Quels anneaux pour quelles indications ?

Les nomogrammes représentent des directives cliniques visant à déterminer le nombre d'anneaux à implanter, leurs longueurs d'arc, leurs épaisseurs et leur lieu d'insertion, en se basant sur des paramètres pré-opératoires [6]. Toutefois, les nomogrammes ne sont pas précis pour tous les types de cônes, car un nomogramme théorique ne peut pas anticiper toutes les possibilités. La plupart des nomogrammes sont empiriques et

ne correspondent pas à un modèle mathématique précis de l'effet des ICRS sur la cornée ectasique [7]. Comme les nomogrammes sont loin de la prévisibilité dans leur état actuel, des surprises réfractives et visuelles indésirables postopératoires sont fréquentes.

Actuellement, d'importants efforts sont déployés pour perfectionner les nomogrammes afin de mieux refléter le comportement biomécanique de la cornée ectasique en réponse à l'implantation des anneaux, tout en améliorant la prédictibilité des résultats réfractifs et visuels finaux. Un nouveau nomogramme optimisé d'AJL a été publié en 2021, prenant en compte le niveau d'astigmatisme cornéen antérieur, du coma primaire et de l'asphéricité ainsi que le niveau de désalignement entre l'axe topographique et l'axe de coma pour sélectionner l'épaisseur et la longueur de l'arc des anneaux [8].

En pratique, voici la démarche pour la sélection du modèle d'ICRS. D'abord, le choix du diamètre 5 mm ou 6 mm dépend de l'asphéricité et du stade du kératocône. Pour les kératocônes débutants à modérés avec une asphéricité supérieure à  $-0,8$ , on a besoin de corriger l'astigmatisme sans aplatir le centre. Dans ce cas, le profil d'anneau idéal est celui d'un ICRS de 6 mm de diamètre dont l'effet est important sur la correction de l'astigmatisme avec une action centrale réduite. Pour

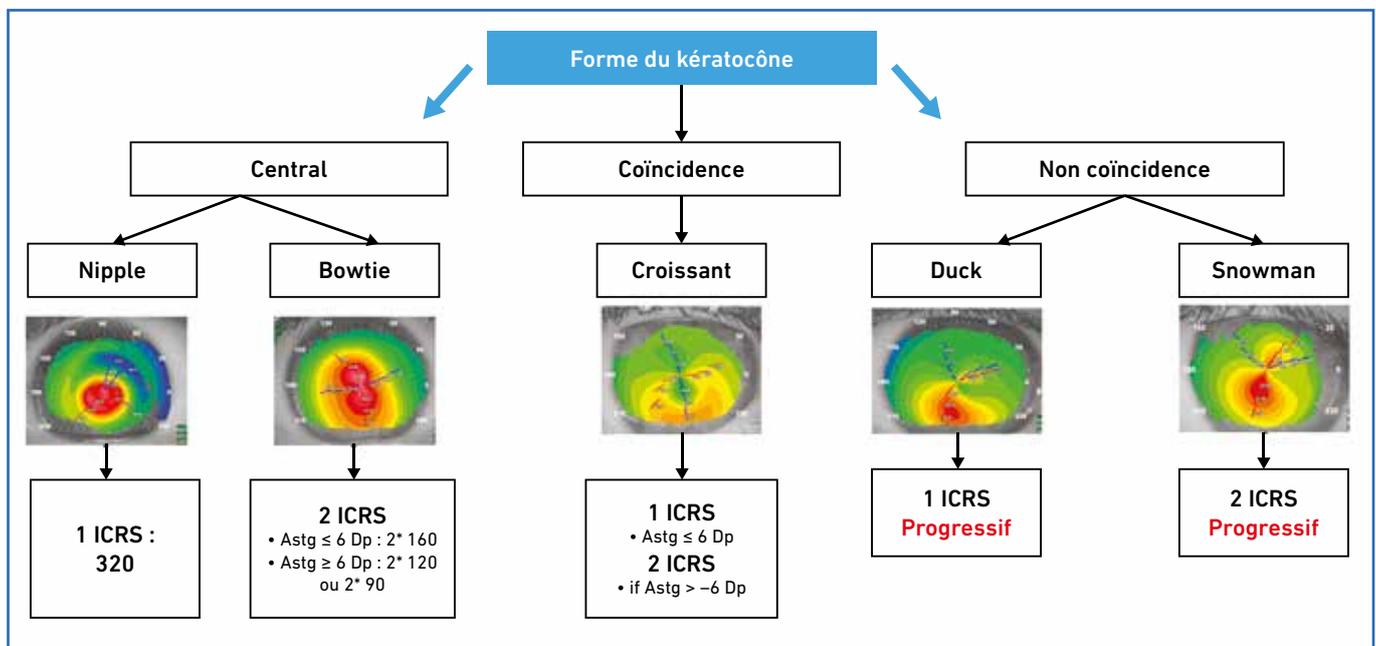


Fig. 4: Arbre décisionnel. Choix du type d'anneau intracornéen en fonction de la morphologie.

les kératocônes avancés avec une asphéricité inférieure à  $-0,8$ , le profil d'anneau idéal est celui d'un ICRS de 5 mm de diamètre dont l'effet d'aplatissement central est prépondérant.

Après avoir choisi le diamètre, le choix du modèle d'anneau dépend de la morphologie du kératocône (fig. 4). Voici les grandes lignes :

### 1. Pour les kératocônes symétriques

- **Phénotype Nipple.** 1 ICRS de  $320^\circ$  d'arc.
- **Phénotype Bowtie.** 2 ICRS symétriques.
- **Phénotype croissant :**
  - si l'astigmatisme est inférieur à 6 D : 1 ICRS en inférieur sur l'axe le plus cambré ;
  - si l'astigmatisme est supérieur à 6 D : 1 ICRS en inférieur +1 ICRS en supérieur sur l'axe le plus cambré.

### 2. Pour les kératocônes asymétriques (axes topographiques et comatiques non coïncident)

Les anneaux standards ne sont généralement pas efficaces pour fournir des résultats satisfaisants. Il est préférable d'opter pour l'implantation d'anneaux progressifs :

- Phénotype Duck. 1 anneau progressif dans l'axe le plus cambré ;
- Phénotype Snowman. 2 anneaux progressifs dans l'axe le plus cambré.

## Facteurs de bon pronostic ?

Les facteurs de bon pronostic dépendent de deux éléments principaux :

- Le stade du kératocône débutant à modéré avec :
  - une kératométrie maximale inférieure à 55 D ;
  - une pachymétrie supérieure à  $450 \mu\text{m}$ .
- La morphologie du kératocône. Un pronostic favorable pour les kératocônes symétriques (en particulier type croissant), moins favorable pour les kératocônes

asymétriques. Cependant, l'introduction des anneaux progressifs a récemment amélioré les résultats.

Il convient également de noter que la pachymétrie constitue un facteur de bon pronostic, car elle permet d'envisager un complément de traitement avec la PKR topoguidée ou aberroguidée associée au *cross-linking*, améliorant ainsi les résultats insuffisants.

## Conclusion

L'amélioration des connaissances sur les mécanismes d'action des anneaux intracornéens ainsi que l'optimisation des nomogrammes prenant en compte la morphologie du kératocône ont permis d'améliorer les résultats dans le traitement du kératocône.

## Bibliographie

1. BARRAQUER JI. Modification of refraction by means of intracorneal inclusions. *Int Ophthalmol Clin*, 1966;6:53-78.
2. COLIN J, COCHENER B, SAVARY G *et al.* Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg*, 2000;26:1117-1122.
3. ALIÓ JL, SHABAYEK MH, ARTOLA A. Intracorneal ring segments for keratoconus correction: long-term follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:978-985.
4. ALFONSO SÁNCHEZ JF, LISA C, FERNÁNDEZ-VEGA CUETO L *et al.* Clasificación del queratocono basada en fenotipos clínicos. Influencia del astigmatismo congénito en la morfología del queratocono. In: *Biomecánica y arquitectura corneal*, 2014.
5. KAMMOUN H, PIÑERO DP, ÁLVAREZ DE TOLEDO J *et al.* Clinical Outcomes of Femtosecond Laser-Assisted Implantation of Asymmetric ICRS in Keratoconus With No Coincidence of Topographic and Comatic Axes. *J Refract Surg Thorofare NJ*, 1995. 2021;37:693-699.
6. SAKELLARIS D, BALIDIS M, GOROU O *et al.* Intracorneal Ring Segment Implantation in the Management of Keratoconus: An Evidence-Based Approach. *Ophthalmol Ther*, 2019;8(Suppl 1):5-14.
7. PIÑERO DP, ALIÓ JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease - a review. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2010;38:154-167.
8. FERNÁNDEZ J, PERIS-MARTÍNEZ C, PÉREZ-RUEDA A *et al.* Evaluation of a new nomogram for Ferrara ring segment implantation in keratoconus. *Int J Ophthalmol*, 2021;14:1371-1383.

L'auteur a déclaré être consultant de la société AJL.

## Chirurgie du kératocône: quand ça marche et quand ça ne marche pas



O. PRISANT

Cabinet Alma-Vision, Clinique de la Vision, PARIS.  
oprisant@gmail.com

Le kératocône (KC) est une pathologie évolutive entraînant une déformation cornéenne. La chirurgie conservatrice du kératocône a pour objectif de stabiliser l'évolution des patients évolutifs, notamment chez les patients jeunes, et de réhabiliter la vision. La réhabilitation visuelle comporte deux volets :

- faire remonter la meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC) en régularisant la cornée pour réduire les aberrations d'ordre supérieur ;
- la correction réfractive, pour s'approcher aussi près que possible de l'emmétropie postopératoire.

Les techniques utilisées dans cette chirurgie sont les méthodes dites cornéoplastiques. Elles permettent de régulariser la cornée : les anneaux intracornéens (méthode additive) et le laser Excimer topoguidé (méthode photo-ablative). Les implants phaqes ICL sont plus rarement utilisés dans le cadre du KC, lorsqu'il persiste une myopie après régularisation cornéenne. Le *cross-linking* (CXL) est actuellement la seule technique chirurgicale permettant de stabiliser la maladie.

Tous les KC sont différents les uns des autres. Si cette chirurgie permet très souvent d'emmétropiser les patients, il existe certains cas pour lesquels les résultats visuels peuvent être plus décevants. Voici, en exemples

cliniques, les trois principaux facteurs pronostiques permettant d'anticiper le résultat visuel final : le stade du KC, son phénotype et la réfraction pré-opératoire.

### Le stade du kératocône

Le stade du KC est le principal facteur pronostique de la chirurgie conservatrice. Celui-ci peut être évalué notamment par la mesure du Kmax (kératométrie maximale antérieure). Plus le stade du KC est avancé et plus la récupération en termes de remontée de la MAVC est limitée (*fig. 1* et *fig. 2*). Nous indiquons aussi le pronostic visuel en fonction du stade pré-opératoire (*fig. 3*).

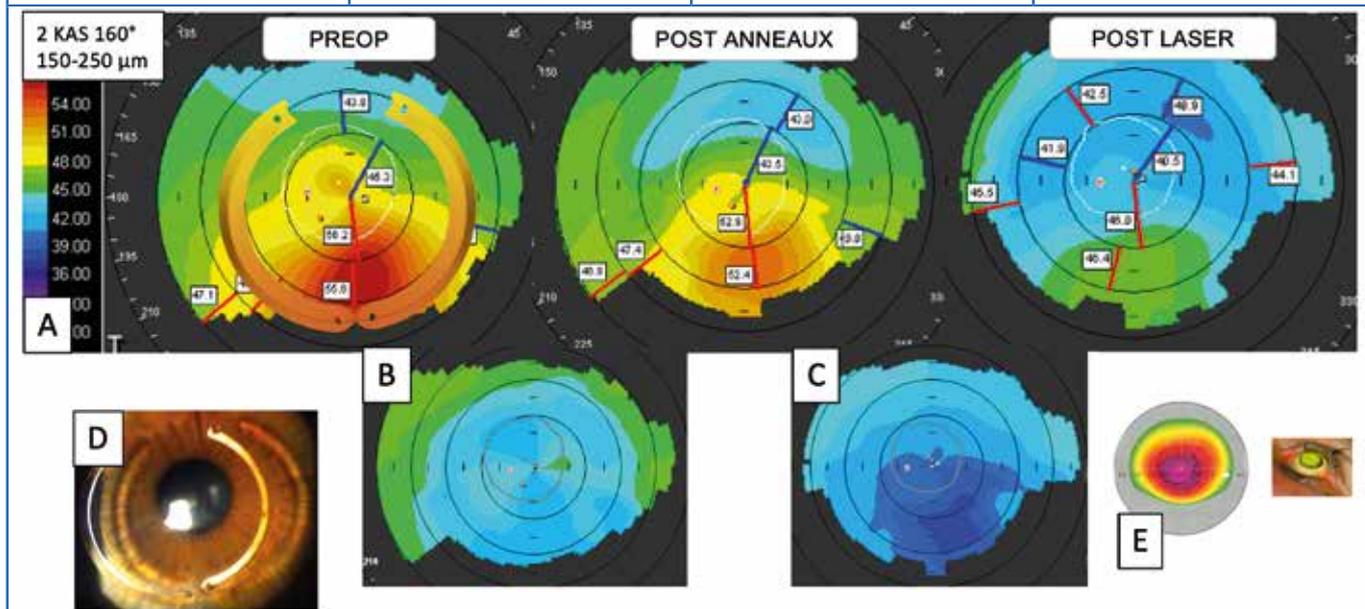
### Le phénotype du kératocône

Les anneaux induisent plus de remontée de la MAVC pour les KC décentrés en réduisant et recentrant le cône (*fig. 4*). Inversement, les KC centraux ou paracentraux, avec ou sans astigmatisme, répondent moins favorablement aux anneaux du fait de leur localisation déjà centrale (*fig. 5*). Nous avons été les premiers à publier sur les anneaux asymétriques dans *Cornea* en 2019 et avons montré que la remontée de la MAVC était significative pour les phénotypes "en canard" décentrés mais non significative pour les phénotypes "en bonhomme de neige" paracentraux.

### La réfraction

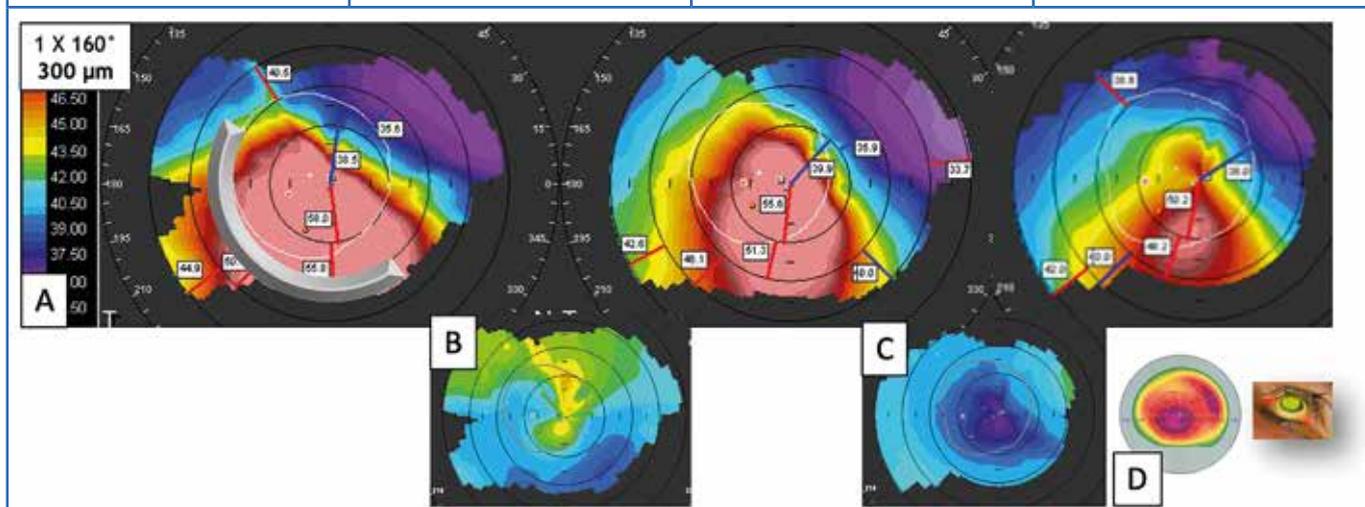
Les deux techniques de régularisation cornéenne (anneaux et laser topoguidé) permettent d'aplatir la cornée et de réduire la myopie. Lorsque l'équivalent sphérique initial est faiblement myope ou emmétrope, ces méthodes chirurgicales induisent une hypermétropie postopératoire (*fig. 6*). Inversement, lorsque la myopie est beaucoup plus forte, cela ne pose pas de problème. Nous utilisons dans ce cas les implants phaqes ICL, toujours en dernière étape, qui permettent d'emmétropiser avec une très bonne précision réfractive (*fig. 7*).

Homme 21 ans	<b>Pré-op.</b>	<b>Postanneaux</b>	<b>Post-topo CXL</b>
MACV	<b>6/10 -5,50 (-3,75) 10°</b>	<b>8/10 -3,00 (-2,00) 5°</b>	<b>10/10 +0,00 (-0,50) 175°</b>
KMAX	<b>51 D</b>	<b>48 D</b>	<b>42 D</b>
ASTIG K	<b>2,5 D</b>	<b>1,5 D</b>	<b>1 D</b>

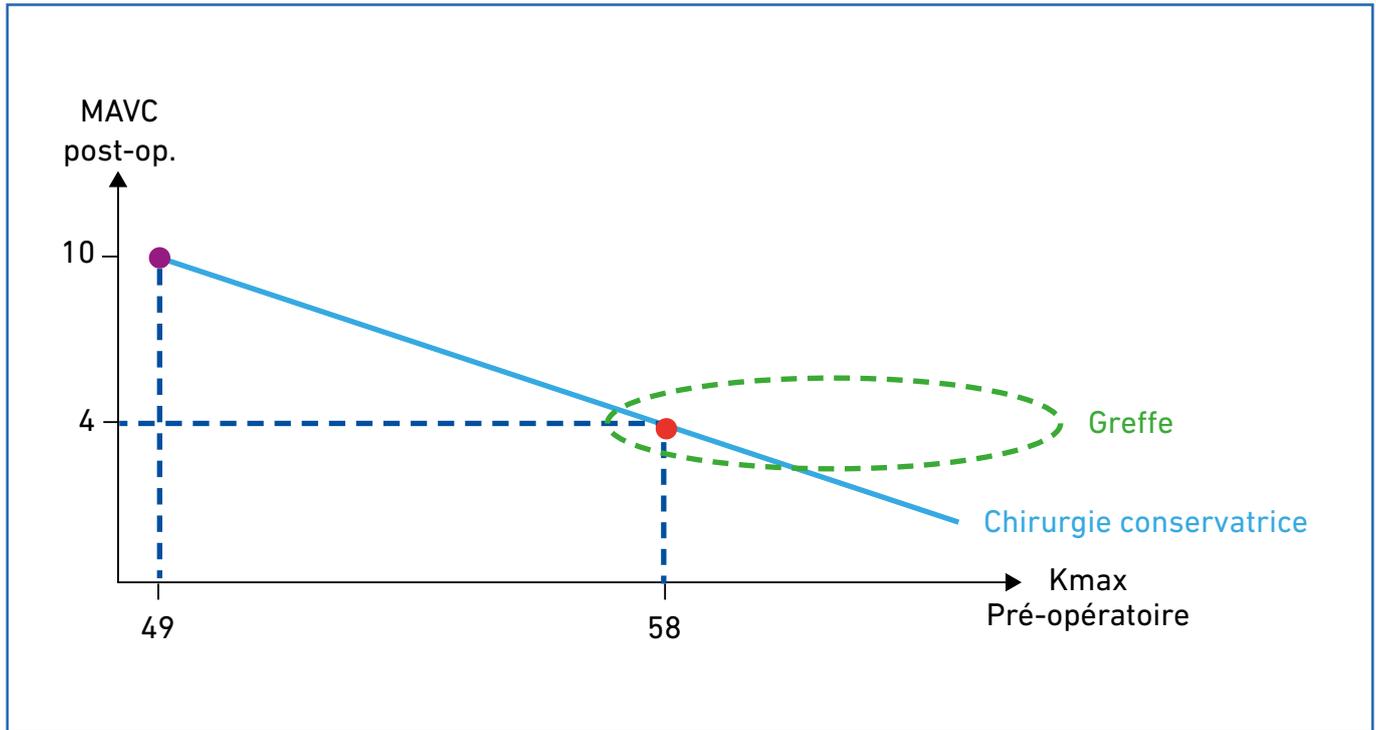


**Fig. 1 :** Succès d'une chirurgie conservatrice en deux étapes. Patient de 21 ans avec un kératocône de stade moyen (Kmax à 51 D). Prise en charge chirurgicale en deux étapes (anneaux puis Topolink avec CXL) ayant permis de faire remonter la MAVC à 10/10° et d'emmétropiser le patient. **A :** Cartes kératométriques pré-opératoire, postanneaux et postlaser topoguidé montrant une normalisation de la topographie après régularisation cornéenne. **B :** Carte différentielle montrant l'effet d'aplatissement des anneaux. **C :** Carte différentielle montrant l'effet de régularisation du laser topoguidé. **D :** Image en lampe à fente des anneaux. **E :** Profil d'ablation du laser topoguidé.

Femme 23 ans	<b>Pré-op.</b>	<b>Postanneaux</b>	<b>Post-topo CXL</b>
MACV	<b>4/10 -6,50 (-5,75) 15°</b>	<b>5/10 -0,50 (-3,00) 5°</b>	<b>6/10 +0,50 (-2,00) 65°</b>
KMAX	<b>59 D</b>	<b>53,3 D</b>	<b>50,4 D</b>
ASTIG K	<b>7 D</b>	<b>5 D</b>	<b>3,3 D</b>

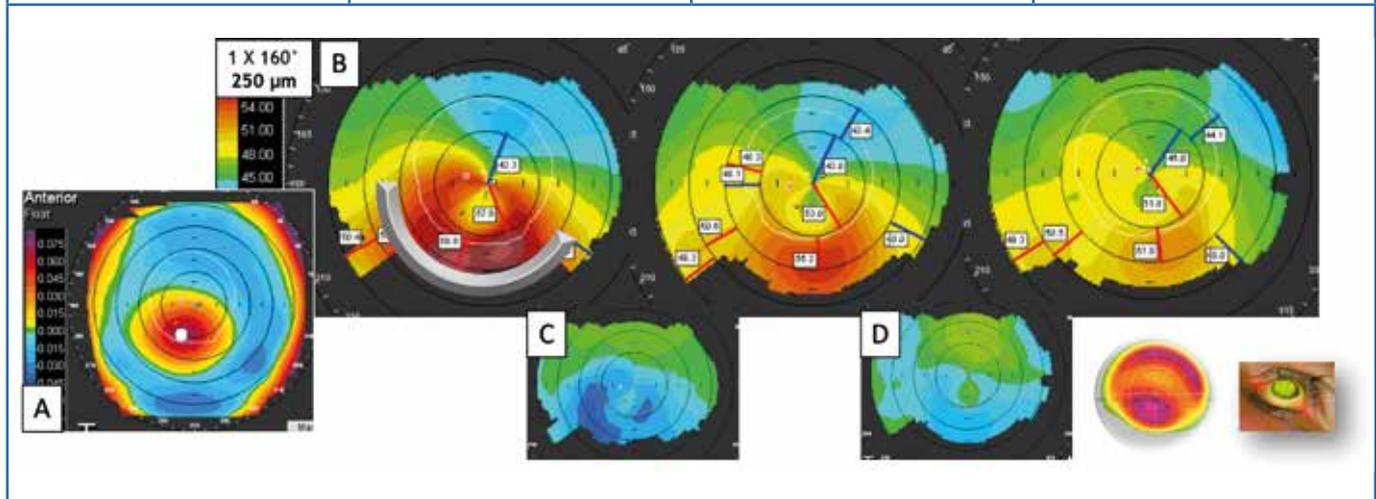


**Fig. 2 :** Chirurgie conservatrice en deux étapes sur un kératocône avancé. Femme de 23 ans avec un kératocône avancé (Kmax 59 D) ayant bénéficié de la pose d'un anneau intracornéen puis d'un laser topoguidé avec CXL. La MAVC finale reste limitée à 6/10° avec +0,50 (-2,00) 65° compte tenu d'un Kmax pré-opératoire élevé. **A :** Cartes kératométriques pré-opératoire, postanneaux et postlaser topoguidé montrant une régularisation cornéenne partielle du kératocône. **B, C :** Cartes différentielles montrant l'effet de régularisation de l'anneau puis du laser topoguidé. **D :** Profil d'ablation du laser topoguidé.



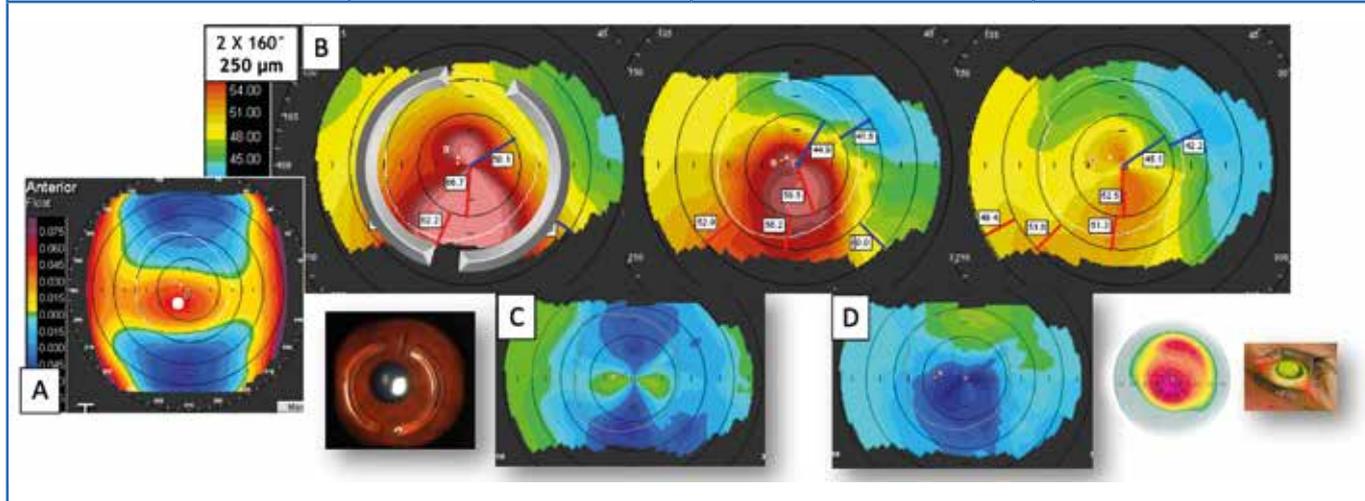
**Fig. 3 :** Corrélation entre le stade initial du KC et la MAVC postopératoire. Plus le stade initial est avancé, plus la remontée de la MAVC est limitée après chirurgie conservatrice. À un point tel que, à partir d'un certain stade (aux environs de 60-65 D), une greffe de cornée offrira de meilleurs résultats visuels et pourra être envisagée.

Homme 25 ans	Pré-op.	Postanneaux	Post-topo CXL
MACV	6/10 -2,50 (-2,50) 70°	8/10 -1,00 (-0,50) 60°	10/10 +0,25 (-0,50) 30°
KMAX	53 D	49,5 D	46,6 D
ASTIG K	5 D	2 D	2 D



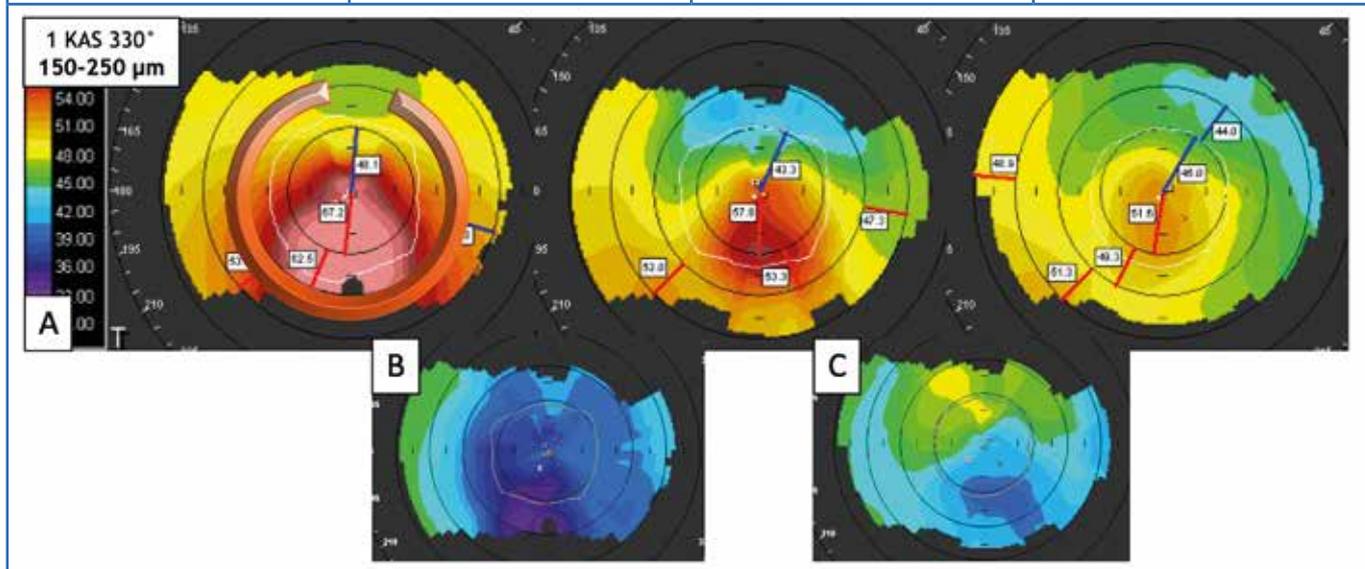
**Fig. 4 :** Succès d'une chirurgie conservatrice sur un KC décentré. Patient de 25 ans avec un KC décentré de type "croissant" ayant bénéficié de la pose d'un anneau de 160° puis d'un laser topoguidé + CXL. Ce phénotype répond très favorablement à la pose d'anneau, qui permet de réduire et de recentrer le cône. La régularisation est associée à une remontée de la MAVC et à une correction partielle de l'amétropie. Après le topolink avec CXL, le patient est emmétropisé avec une MAVC à 10/10°. **A :** Carte d'élevation antérieure montrant un cône décentré (point blanc). **B :** Cartes kératométriques pré-opératoire, postanneaux et postlaser topoguidé montrant la régularisation cornéenne. **C, D :** Cartes différentielles montrant l'effet d'aplatissement de l'anneau puis du laser topoguidé.

Homme 30 ans	Pré-op.	Postanneaux	Post-topo CXL
MACV	4/10 -4,50 (-5,00) 15°	4/10 -4,00 (-5,00) 60°	6/10 +0,50 (-1,00) 20°
KMAX	55 D	50 D	47 D
ASTIG K	6 D	3,6 D	2,4 D



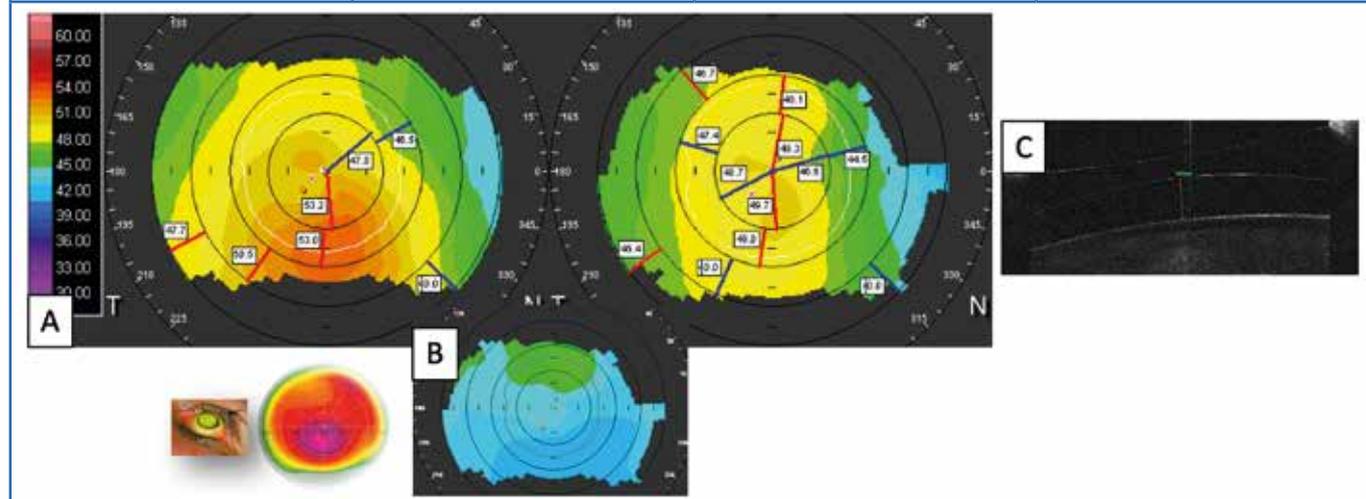
**Fig. 5 :** Chirurgie conservatrice sur un KC paracentral. Patient de 30 ans avec un KC de type "bonhomme de neige" ayant bénéficié de la pose de deux anneaux de 160° puis d'un laser topoguidé avec CXL. Ce type de KC ne répond pas aussi favorablement à la pose d'anneaux qui ne peuvent pas recentrer un cône déjà central. Malgré l'emmétropisation, la remontée de la MAVC est limitée à 6/10°. **A :** Carte d'élévation antérieure montrant un cône paracentral (point blanc). **B :** Cartes kératométriques pré-opératoire, postanneaux et postlaser topoguidé. **C, D :** Cartes différentielles montrant l'effet de régularisation de l'anneau puis du laser topoguidé.

Homme 15 ans	Pré-op.	Postanneaux	Post-topo CXL
MACV	3/10 -1,00 (-2,00) 170°	5/10 +2,00 (-2,00) 5°	7/10 +4,25 (-0,50) 75°
KMAX	60 D	52 D	47,2 D
ASTIG K	1 D	1,9 D	0,3 D



**Fig. 6 :** Kératocône avancé et faible myopie. Patient de 15 ans ayant un kératocône très avancé (Kmax à 60 D) avec une faible myopie (équivalent sphérique de -2,00 D). Pour optimiser la remontée de la MAVC, nous avons besoin de fortement régulariser la cornée, ce qui entraîne une hypermétropisation postopératoire. Après la pose d'anneau puis le laser topoguidé avec CXL, la MAVC est passée de 3/10° à 7/10° et l'équivalent sphérique est passé de -2,00 D à +4,00 D. **A :** Cartes kératométriques pré-opératoire, postanneau et postlaser topoguidé montrant la régularisation cornéenne. **B :** Carte différentielle montrant le fort aplatissement induit par l'anneau (1 KAS 330°/150-250 μm). **C :** Carte différentielle montrant l'effet de régularisation du laser topoguidé.

Femme 20 ans	Pré-op.	Post-topo CXL	Post ICL
MACV	7/10 -7,75 (-1,00) 25°	9/10 -7,00 (-1,00) 0°	9/10 -0,50
KMAX	48 D	45,6 D	45,1 D
ASTIG K	1,5 D	1,1 D	1,4 D



**Fig. 7 :** Kératocône et forte myopie. Patient avec un kératocône associé à une forte myopie de  $-8,50$  D environ en équivalent sphérique. Compte tenu du stade peu avancé de son KC (Kmax 48 D), la régularisation cornéenne est réalisée en une seule étape avec le laser topoguidé et CXL. Nous avons ensuite posé un implant plaque de type ICL permettant d'emmétropiser le patient. **A :** Cartes kératométriques avant et après laser topoguidé avec CXL. **B :** Carte différentielle montrant l'effet de régularisation du laser topoguidé. **C :** OCT permettant de mesurer la distance entre l'implant ICL et le cristallin (*vault*).

## Conclusion

La chirurgie conservatrice du KC a fait de considérables progrès et permet de donner d'excellents résultats en termes de remontée de la MAVC et pour la correction réfractive. Néanmoins, les facteurs pronostiques, au premier rang desquels le stade du KC, sont importants à considérer pour l'évaluation du résultat visuel attendu. Lors de la consultation pré-opératoire, il sera important d'expliquer au patient les résultats qu'il peut raisonnablement attendre de cette chirurgie.

### Pour en savoir plus

- GUYOT C, LIBEAU L, VABRES B *et al.* Résultats réfractifs et facteurs pronostiques de succès du traitement du kératocône par anneaux intracornéens : étude rétrospective sur 75 yeux. Published online January 22, 2019. Accessed November 19, 2019.
- SEDAGHAT MR, MOMENI-MOGHADDAM H, PIÑERO DP *et al.* Predictors of Successful Outcome following Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation. *Curr Eye Res*, 2019;44:707-715.
- ARORA R, JAIN P, GOYAL JL *et al.* Comparative Analysis of Refractive and Topographic Changes in Early and Advanced Keratoconic Eyes Undergoing Corneal Collagen Crosslinking: *Cornea*, 2013;32:1359-1364.
- AL-TUWAIQI WS, OSUAGWU UL, RAZZOUK H *et al.* One-Year Clinical Outcomes of a Two-Step Surgical Management for Keratoconus—Topography-Guided Photorefractive Keratectomy/Cross-Linking After Intrastromal Corneal Ring Implantation: *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, 2015;41(6):359-366.
- KANELLOPOULOS AJ. Ten-Year Outcomes of Progressive Keratoconus Management With the Athens Protocol (Topography-Guided Partial-Refractive PRK Combined With CXL). *J Refract Surg*, 2019;35:478-483.

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

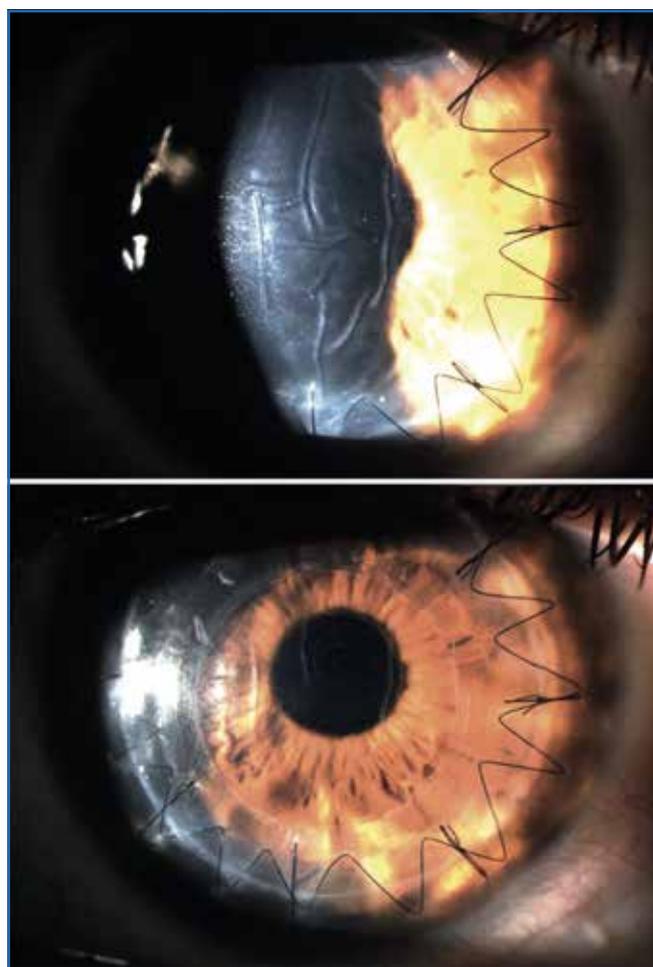
## Traitement des plis de compression invalidants après kératoplastie lamellaire automatisée pour un kératocône multi-opéré



M. ASSOULINE  
Centre Iéna Vision, PARIS.  
Clinique de la Vision, PARIS.  
Mikajaki, GENÈVE (Suisse).  
dr.assouline@gmail.com

**N**ous présentons un cas inhabituel de traitement itératif d'un kératocône très évolué de l'œil gauche, diagnostiqué vers 2004 chez un jeune homme né en 1989, originaire d'Inde. Ce patient a bénéficié successivement de segments intracornéens Keraring, d'un *cross-linking* (aux États-Unis), d'un segment supplémentaire Intacs, d'une PTK au laser Excimer, d'une kératoplastie lamellaire automatisée (aux États-Unis), d'une ablation de fils puis d'un segment intracornéen quasi circulaire (Keraring 340°) pour traiter les plis de compression du stroma postérieur.

En 2015, nous avons rapporté, dans cette revue, le premier cas d'utilisation d'un tel segment quasi circulaire (Keraring 355°) pour le traitement des plis de compression descémétique apparus après réalisation d'une DALK (kératoplastie lamellaire profonde manuelle par la technique de la *big bubble*) (fig. 1).



**Fig. 1 :** Traitement des plis descémétiques par stretching de la Descemet au moyen de l'insertion d'un anneau Keraring 355° sous un greffon lamellaire profond. Pré-opératoire: +4,25 (-5,50) 115° = 1,6 (en haut); postopératoire: +3,00 (-3,00) 100° = 7 (en bas). Premier cas mondial. In: "Le keratocône est il une pathologie rétinienne?" Assouline M, *Réalités Ophtalmologiques*, édition spéciale CLV, avril 2015.

## Description du cas clinique

La séquence chronologique détaillée des actes successifs de contactologie et de chirurgie, qui précise l'état anatomique et l'acuité visuelle obtenue, est la suivante :

❶ 2003-2004 : **Kératocône diagnostiqué sur myopie évolutive**

❷ 01/04/2008 : **Échec de la lentille rigide OG après quatre ans d'essais en milieu hospitalier**

– AV 0 = 3/10

– Le patient nous est adressé par la National Keratoconus Foundation de l'American Institute of Ophthalmology

09/05/2008 : **Pose de 2 segments intracornéens (Keraring/Ferrara) OG (fig. 2A)**

– AV -4 (-3,75) 20° = 4/10

– Échec relatif des essais de lentille rigide OG complémentaire (fig. 2A)

❸ 30/07/2010 : **Cross-linking OG (à Los Angeles, États-Unis)**

– AV -3,26 (-3,00) 0° = 3/10

❹ 30/03/2010 : **Ajout d'un segment (Intacs) inférieur OG (fig. 2B)**

– AV -2,00 (-4,00) 160° = 3/10

– Échec des essais de lentille sclérale OG complémentaire (fig. 2C)

❺ 12/11/2013 : **PTK au laser Excimer de l'apex OG**

– AV -0,50 (-4,00) 95° = 4/10

❻ 02/05/2022 : **Kératoplastie lamellaire automatisée (aux États-Unis) (fig. 2D)**

– Plis stromaux descemétiques de compression, très marqués, beaucoup mieux vus en infrarouge avec l'EyeLib, qu'en lampe à fente (fig. 3)

– Ces plis stromaux sont bien visibles en OCT (fig. 4)

– La vision postopératoire est significativement dégradée par rapport à l'état antérieur

– AV +3,00 (-7,75) 55° = 2/10

❼ 13/09/2023 : **Ablation des fils**

– Persistance des plis très significatifs (fig. 2E)

– AV +1,25 (-1,25) 20° = 2/10

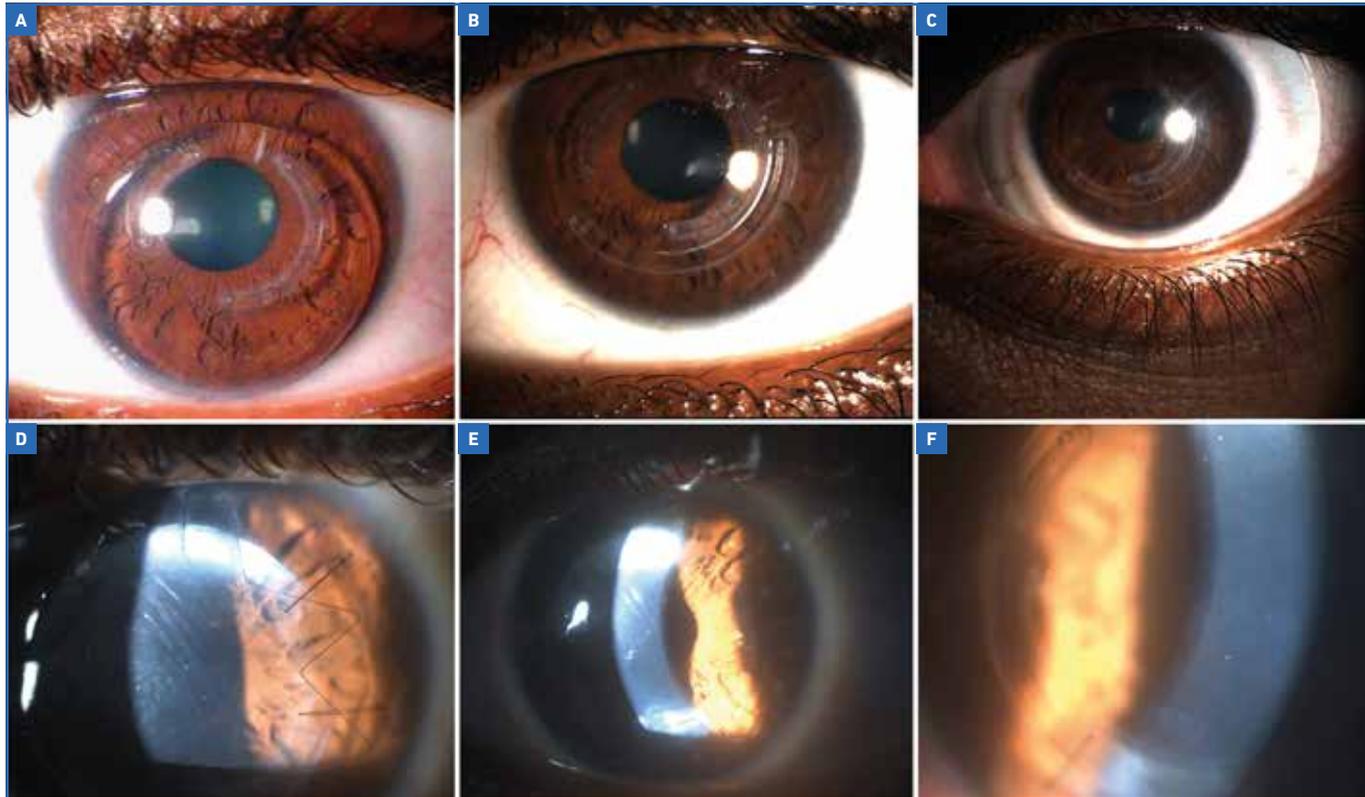


Fig. 2 : Séquence des actes successif.

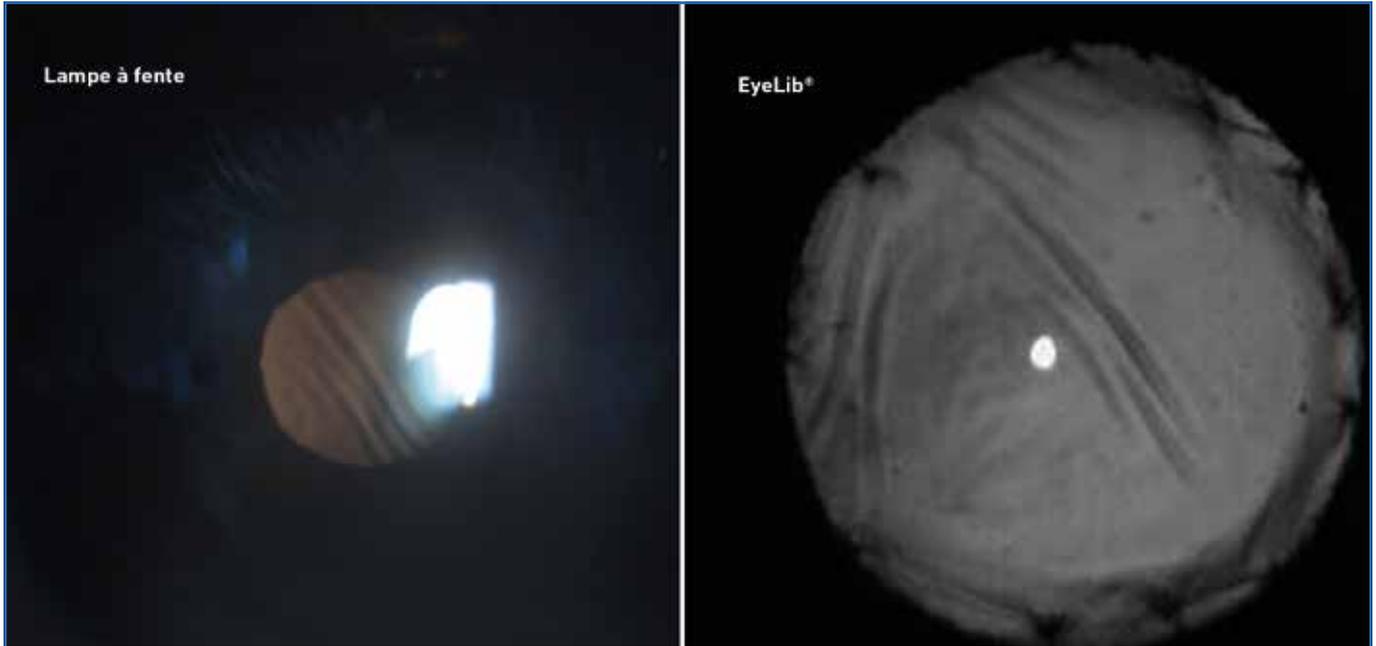


Fig. 3: Plis stromaux-descémétiques postérieur. Rétro-illumination irienne.

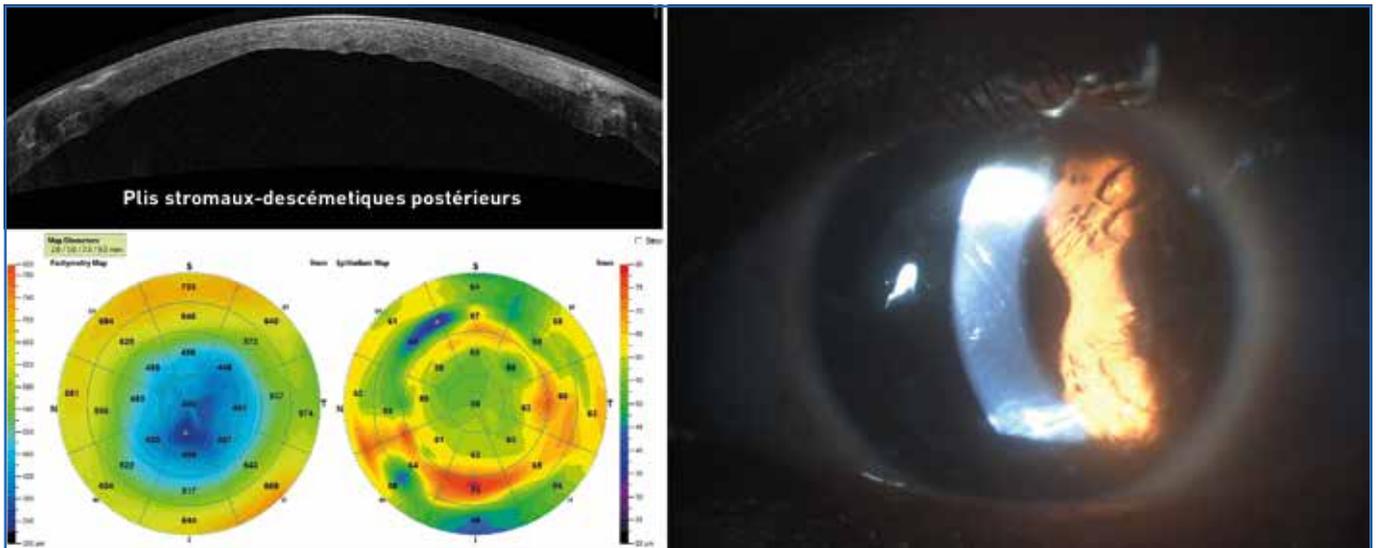


Fig. 4: Postkératoplastie lamellaire.

⑧ 03/10/2023: **Implantation intrastromale d'un Keraring 340° (fig. 2F)**

– Il est à noter que la chirurgie est plus difficile que dans le cas princeps cité plus haut, en raison de fortes adhérences stromales

– Effacement complet des plis, bien objectivé par l'OCT, mais interface lamellaire stromale cicatricielle résiduelle (fig. 5)

– AV +0,75 (-1,50) 0° = 5/10

**Points importants pour la prise en charge**

Ce cas illustre assez bien un certain nombre de points importants pour la prise en charge des kératocônes.

L'efficacité des traitements conservateurs est limitée, lorsque ceux-ci sont appliqués tardivement, après des essais infructueux et prolongés de lentilles rigides perméables ou sclérales, sur des formes de kératocône

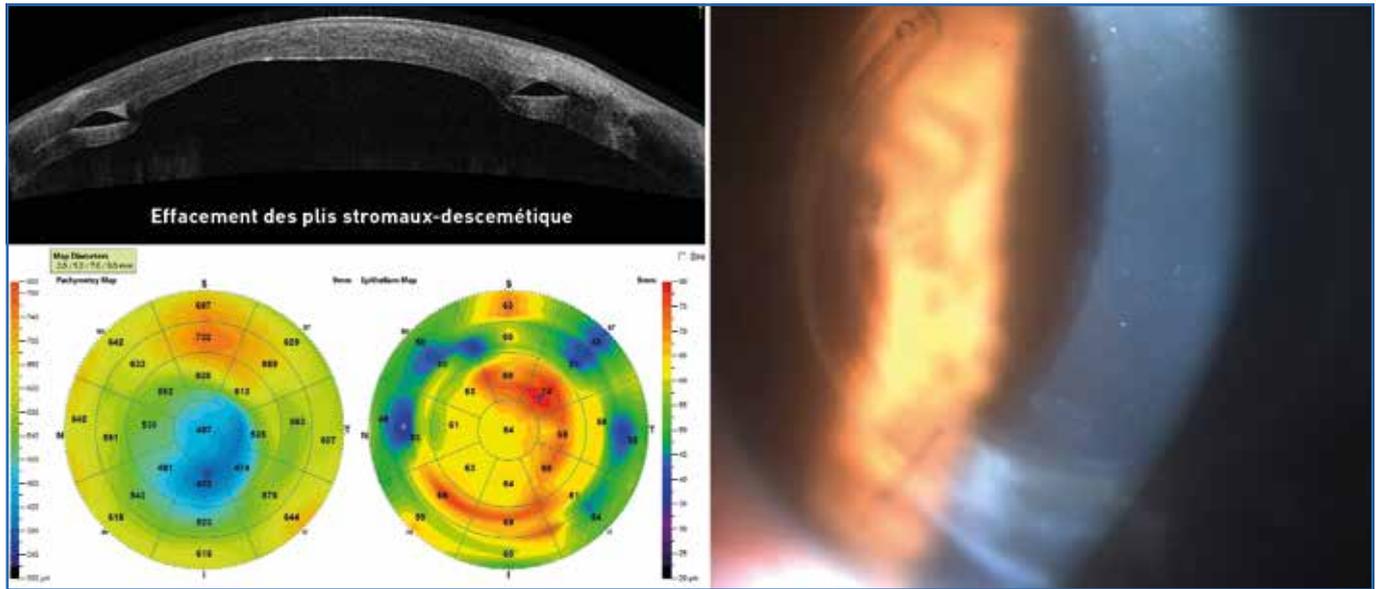


Fig. 5: PostKeraring 340°.

devenues trop évoluées. Les ophtalmologistes et les contactologues devraient inciter les patients à consulter des spécialistes de la chirurgie du kératocône beaucoup plus précocement au cours de l'évolution initiale afin de leur permettre de bénéficier de traitements, freinateurs ou correcteurs appropriés. Au-delà d'une kératométrie topographique de 58 D à l'apex ou d'une réduction de la pachymétrie au-dessous de 400 microns, le pronostic anatomique et visuel se dégrade d'autant plus vite que le patient est plus jeune (moins de 25 ans) et d'un niveau socio-éducatif défavorisé.

Il est probable que le *cross-linking* primaire, en rigidifiant le stroma, limite l'efficacité des segments intracornéens secondaires. Ces derniers devraient, selon nous, intervenir en première intention, notamment parce qu'ils sont plus efficaces pour corriger la forme de la cornée et améliorer l'acuité visuelle corrigée et non corrigée que le *cross-linking*.

Il est relativement admis aujourd'hui que la kératoplastie lamellaire profonde prédescemetique (DALK) est une approche plus favorable que la kératoplastie lamellaire automatisée (KLA), dont l'interface cicatricielle est une limitation fréquente de la meilleure acuité visuelle finale.

Lorsque la greffe lamellaire est pratiquée sur une cornée très déformée (Ozgun 2021), notamment chez le sujet jeune ou en cas d'évolution pendant plus de

cinq ans (Li 2019), la compression de la Descemet (DALK) ou du stroma résiduel postérieur (KLA) par le greffon peut générer des plis très délétères pour la vision (Mohamed 2009).

Le calcul théorique suggère que ces plis pourraient être prévenus par l'augmentation relative de la taille du greffon d'autant plus important que la cornée receveuse est cambrée ou que la taille de la trépanation est élevée (Genc 2020) ou par une modification de la technique de dissection (Shi 2010).

Ces plis postérieurs peuvent être corrigés assez simplement par l'insertion d'un segment intracornéen quasi circulaire, dont l'effet de distension spatiale (spacer) permet de lisser l'interface optique postérieure (stretching).

Cette implantation semble aussi efficace et moins risquée que le lissage de la Descemet à la spatule (Neri 2019) et permet également de réduire l'irrégularité et l'astigmatisme du greffon.

## Pour en savoir plus

- Assouline M, Le kératocône est-il une maladie rétinienne? *Réalités Ophtalmologiques*, numéro spécial CLV, avril 2015.
- GENC S, ESEN F, GULER E *et al.* A theoretical model for graft punch size calculations to prevent Descemet's membrane folds following deep anterior lamellar keratoplasty. *Arq Bras Oftalmol*, 2020;83:366-371.

- LI X, ZHAO Y, CHEN H *et al.* Clinical Properties and Risk Factors for Descemet Membrane Folds After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty in Patients with Keratoconus. *Cornea*, 2019;38:1222-1227.
- MOHAMED SR, MANNA A, AMISSAH-ARTHUR K *et al.* Non-resolving Descemet folds 2 years following deep anterior lamellar keratoplasty: the impact on visual outcome. *Cont Lens Anterior Eye*, 2009;32:300-302.
- NERI A, MORAMARCO A, IOVIENO A *et al.* Management of Descemet Membrane's Folds After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Descemet Membrane-Tucking Technique. *Cornea*, 2019;38:772-774.
- OZGUR A, UCGUL AY, CUBUK MO *et al.* Descemet's membrane area and posterior corneal power may predict the Descemet membrane folds after deep anterior lamellar keratoplasty in patients with advanced keratoconus. *Int Ophthalmol*, 2021;41:4017-4024.
- SHI W, LI S, GAO H *et al.* Modified deep lamellar keratoplasty for the treatment of advanced-stage keratoconus with steep curvature. *Ophthalmology*, 2010;117:226-231.

---

M. Assouline déclare être actionnaire fondateur de la société Mikajaki.

## DMEK versus DSAEK, le choix d'une technique



**D. BERNHEIM<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>CHU, GRENOBLE.  
 DBernheim@chu-grenoble.fr  
<sup>2</sup>CHU, ROUEN.  
 muraine@free.fr



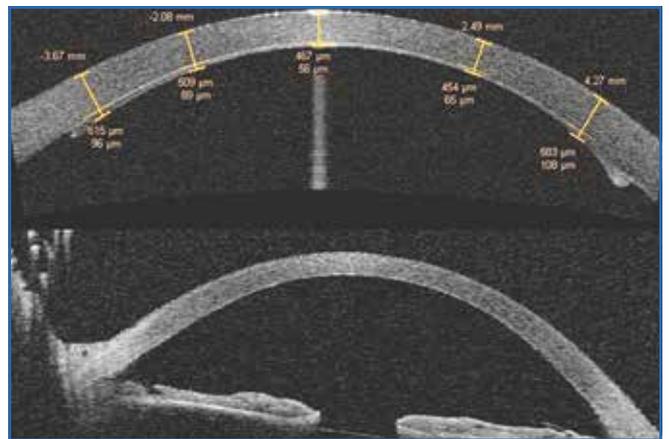
**M. MURAINÉ<sup>2</sup>**

Les greffes endothéliales ont radicalement changé notre prise en charge des pathologies endothéliales de la cornée (dystrophie de Fuchs, kératopathies bulleuses de l'aphaque ou du pseudophaque, échec de greffe...) depuis le début des années 2000 [1, 2]. Comparées aux greffes transfixiantes qui étaient alors la technique de référence, elles permettent une récupération visuelle plus rapide, et ce sans induire d'astigmatisme ou de fragilité du globe oculaire, le tout avec un taux de rejet beaucoup plus faible.

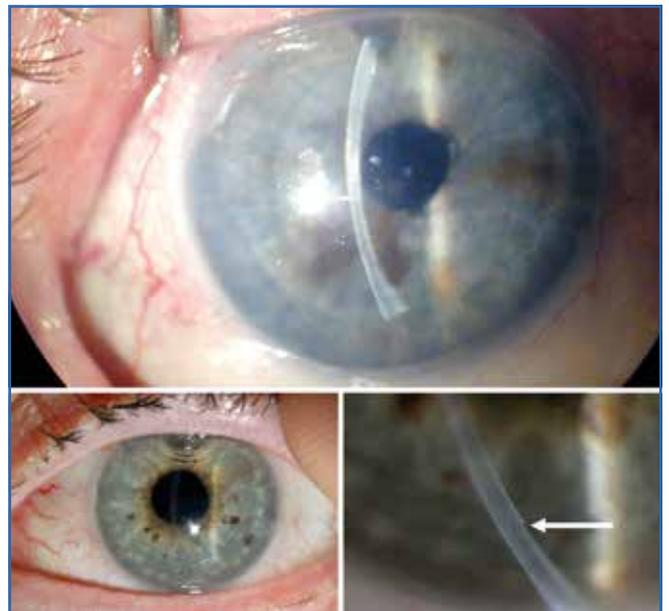
Pour ces raisons, le nombre de greffes endothéliales a rejoint, en 2010, le nombre des kératoplasties transfixiantes pour les dépasser largement par la suite. Aujourd'hui aux États-Unis et dans de nombreux pays, les greffes endothéliales représentent les deux tiers des techniques de greffe de cornée.

Le premier temps chirurgical de ces greffes endothéliales est le même pour tous les opérateurs. Il consiste à retirer la membrane de Descemet et l'endothélium du receveur à l'aide d'un crochet inversé; on l'appelle rhexis endothélial ou descemetorhexis. En revanche, lors du second

temps chirurgical, qui consiste à greffer un endothélium venant d'un donneur, il existe plusieurs techniques possibles. Très schématiquement, on va distinguer d'un côté



**Fig. 1:** Aspect de greffes endothéliales en OCT. En haut, greffon UT-DSAEK. En bas, greffon DMEK.



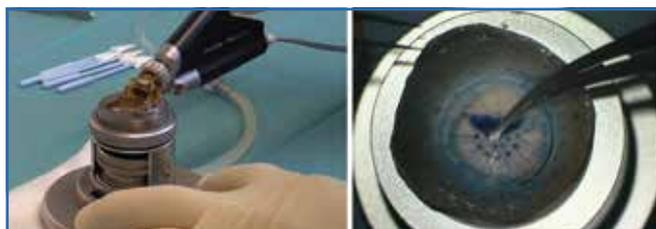
**Fig. 2:** Aspect de greffes endothéliales en lampe à fente. En haut, greffon UT-DSAEK. En bas, greffon DMEK.

les techniques appelées *Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty* (DSEK) au cours de laquelle le greffon endothélial comprend une petite épaisseur de stroma du donneur [2] et de l'autre, la technique appelée *Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty* (DMEK) pour laquelle seul l'endothélium et la membrane de Descemet sont greffés [1] (*fig. 1 et 2*). Examinons les caractéristiques de ces deux techniques, leurs avantages et leurs inconvénients afin de pouvoir proposer le choix le plus raisonné adapté à chaque patient.

## La DSEK

La particularité de la DSEK vient du fait que l'endothélium est prélevé avec une petite épaisseur de stroma, ce qui facilite sa préparation et sa manipulation. Lorsque l'épaisseur du stroma résiduel du donneur se situe entre 150  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$  on parle de DSEK, lorsqu'elle est à  $100 \pm 20 \mu\text{m}$ , on parle d'ultrathin DSEK et lorsqu'elle se situe entre 30  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$  de nanothin DSEK. En comparaison, l'épaisseur d'un greffon DMEK est de 15  $\mu\text{m}$ .

La préparation d'un greffon DSEK peut être soit manuelle (technique la plus ancienne), soit automatique (*fig. 3*). Dans ce cas, on parle alors de *Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty* (DSAEK). La technique manuelle exige une courbe d'apprentissage relativement longue car il faut réaliser une dissection lamellaire profonde et régulière à l'aide d'une spatule à dissection. En revanche, la technique automatique ne nécessite pas de disposition chirurgicale. Elle est d'ailleurs le plus souvent réalisée par les techniciens de banque de cornées. L'opérateur utilise alors un microkératome dont la lame motorisée va retirer automatiquement une épaisseur de stroma antérieur pour ne laisser que 100  $\mu\text{m}$  de stroma postérieur et l'endothélium en arrière. Toutes les études rapportées à ce jour retrouvent une récupération visuelle identique entre les deux techniques. Comme la



**Fig. 3 :** techniques de préparation du greffon. Préparation du greffon DSAEK à l'aide du microkératome sous hotte à flux laminaire à la banque de cornée (à gauche). Préparation du greffon DMEK par la technique du peeling (à droite).

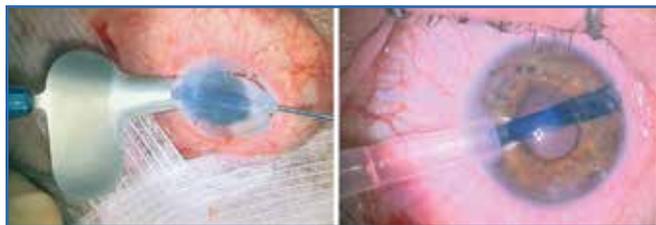
perte cellulaire endothéliale est également similaire, la technique automatique est rapidement devenue la plus populaire et la plus utilisée [3].

Plusieurs études ont également comparé les résultats visuels et la perte cellulaire entre un greffon préparé automatiquement par un technicien de banque de cornée la veille ou plusieurs jours avant la chirurgie ou par le chirurgien lui-même à la tête du patient, sans pouvoir trouver de différence significative [4]. Ces constatations ont déplacé petit à petit la préparation des greffons DSAEK vers les banques de cornées, ce qui permet à l'équipe chirurgicale qui les a commandés de gagner du temps au moment de la chirurgie et de disposer d'un greffon de qualité sans avoir pris le risque de le perforer.

En revanche, les études publiées rapportent pour la plupart un lien direct entre l'épaisseur du greffon DSAEK et la récupération visuelle des patients. À 3 mois, 6 mois ou 10 mois postopératoires, la récupération visuelle est significativement meilleure dans le groupe *ultrathin* DSAEK en comparaison du groupe DSAEK [5]. Il semblerait qu'il y ait une limite de 125 microns en dessous de laquelle il n'y a plus de différence significative en termes de récupération visuelle en fonction de l'épaisseur [6]. En revanche, les greffons dont l'épaisseur est supérieure à 125 microns présentent une récupération visuelle moins bonne.

Lorsque le chirurgien souhaite privilégier une technique de greffe endothéliale de type DSEK, la technique la plus utilisée sera de ce fait une *ultrathin* DSAEK préparée par la banque de cornées.

La technique d'implantation est relativement aisée chez un patient, sous anesthésie locale le plus souvent (*fig. 4*). Après avoir retiré l'endothélium du receveur, le chirurgien doit réaliser une incision cornéenne limbique de 3 mm à 5 mm suivant l'épaisseur du greffon DSAEK à sa disposition. Le greffon est alors enroulé, endothélium à l'intérieur et protégé par une goutte de viscoélastique, soit dans un injecteur dédié, soit dans une spatule métallique incurvée (*glide*). Le greffon est ensuite transféré en chambre antérieure, soit par simple poussée de l'injecteur soit à l'aide d'une pince introduite par une ponction opposée. En général, le greffon se déplisse en quelques secondes avant que le chirurgien ne le plaque à la cornée par une injection de bulle d'air, endothélium dirigé vers le plan irien.



**Fig. 4:** techniques d'implantation. Implantation d'un greffon DSAEK à l'aide du glide de Busin et d'une pince 23 gauge (à gauche). Implantation d'un greffon DMEK (à droite).

## La DMEK

La DMEK est une greffe purement endothélio-descémétique. Il s'agit d'un greffon très fin de 15  $\mu\text{m}$  sans aucune couche de stroma associée. L'intervention respecte une certaine logique chirurgicale puisqu'il s'agit d'un remplacement pièce pour pièce de l'endothélium et de la membrane de Descemet pathologiques par leur équivalent sain. Une telle procédure devrait logiquement permettre une récupération visuelle meilleure puisqu'il n'y a pas d'interface stromal rajouté.

La préparation du greffon lors de la DMEK est toujours manuelle et délicate. Ce geste nécessite un certain entraînement de la part du chirurgien, qui doit détacher la membrane de Descemet sans léser les cellules endothéliales attenantes. Ce geste peut être réalisé de plusieurs façons. La technique la plus utilisée est appelée la technique du *peeling* [1] (*fig. 3*). Décrite et popularisée par Gerrit Melles, elle consiste à positionner le greffon concavité endothéliale vers le haut, puis à détacher petit à petit toute la membrane de Descemet à l'aide d'une ou de deux pinces. Dans cette technique, le greffon est libéré dans le milieu de culture et s'inverse invariablement avec l'endothélium vers l'extérieur (technique *endo-out*). Pour d'autres, tels Marc Muraine [7], le greffon sera détaché par hydrodissection après l'avoir inversé sur une chambre antérieure artificielle. Une telle préparation permet de préparer le greffon enroulé dans l'injecteur avec l'endothélium vers l'intérieur (*endo-in*). Enfin, il est également possible de détacher le plan descémétique par injection d'air dans le stroma façon *big bubble* bien que cette technique soit nettement moins répandue.

Lors de cette étape, le risque principal est de déchirer le greffon et de devoir annuler l'intervention. Pour pallier cet "inconvenient", un certain nombre de banques de cornées proposent le greffon déjà détaché, soit libre

dans le milieu ou dans le fût d'une cartouche, soit encore maintenu à la cornée par une petite charnière.

L'intervention par elle-même peut être réalisée sous anesthésie topique, locorégionale ou anesthésie générale, selon le choix et les habitudes du chirurgien. La difficulté réside dans l'injection puis le positionnement du greffon dans le bon sens (endothélium vers le bas). En effet, le greffon est si fin qu'il s'enroule sur lui-même et qu'il est parfois peu visible (*fig. 4*). Il est donc conseillé soit de marquer la membrane de Descemet avec un marqueur asymétrique soit d'utiliser un OCT peropératoire. En général, l'intervention est relativement courte pour des mains entraînées. Dans la technique *peeling*, des mouvements de tapotement sur la cornée et de flux d'eau permettent l'ouverture et le positionnement du greffon. Dans la technique Muraine, une simple injection de BSS ou d'air souvent suffit. La chambre antérieure est ensuite remplie d'air ou de gaz SF<sub>6</sub> afin de plaquer le greffon pendant les heures suivant l'intervention.

Devant la pénurie de greffons, certaines équipes ont proposé de ne greffer que des demis ou des quarts de greffon avec un bon résultat visuel. Cependant, le capital endothélial reste inférieur à l'utilisation de greffon complet et la technique est de ce fait peu utilisée.

Le suivi postopératoire nécessite des visites répétées le premier mois, avec une possibilité de ré-injection d'air en cas de décollement du greffon. L'examen à la lampe à fente, l'OCT de segment antérieur, la pachymétrie et la microscopie spéculaire permettent de contrôler le bon positionnement du greffon et la récupération visuelle, souvent déjà très bonne à un mois. La perte cellulaire endothéliale se poursuit jusqu'à six mois puis elle se stabilise. Comme pour la DSEK, les patients devront suivre une corticothérapie locale à dose dégressive pendant un an.

## Avantages et inconvénients des deux techniques

Le premier avantage de la DSAEK ou de l'UT-DSAEK est la facilité de préparation du greffon. En effet, le risque de déchirer le greffon est beaucoup plus important lors de la DMEK en raison du caractère manuel de la découpe et de la finesse et de la fragilité du greffon. Il faut en particulier faire très attention lorsque le donneur a été opéré de cataracte car les incisions causées par l'intervention

sont autant de points de fragilité qu'il faudra contourner en préparant un greffon DMEK. Ce point de différence explique en grande partie le retard de développement de la DMEK au sein des équipes chirurgicales.

Le second avantage de l'UT-DSAEK réside dans sa facilité d'implantation. Plus le greffon est épais, plus il est facile à déployer en chambre antérieure. Quelques secondes suffisent lorsqu'il s'agit d'un greffon DSAEK alors que la mise en place d'un greffon DMEK peut être beaucoup plus longue d'où un risque d'endommager la mosaïque endothéliale. Une des raisons à cette différence réside dans le fait que le greffon DMEK a tendance à s'enrouler spontanément sur lui-même avec l'endothélium tourné vers l'extérieur dès qu'il est dans un milieu liquide. Pour le chirurgien, la difficulté va être de réussir à l'inverser pour pouvoir le placer avec l'endothélium dirigé vers l'iris. Le geste s'acquiert au bout de quelques dizaines de procédures et n'est aujourd'hui plus trop un problème. En revanche, la situation peut être beaucoup plus périlleuse lorsque la cornée est très opaque ou lorsque le donneur a moins de 50 ans car, dans cette situation, le greffon DMEK a tendance à s'enrouler tellement vigoureusement sur lui-même qu'il est parfois impossible de le dérouler correctement.

En revanche, le grand avantage de la DMEK est de permettre une récupération visuelle beaucoup plus rapide qu'après UT-DSAEK avec une différence de 1,5 ligne en moyenne à 3 mois, 6 mois et 12 mois [8]. Plusieurs méta-analyses confirment ce point et rapportent une différence moyenne de 0,06 LogMar en faveur de la DMEK, d'où l'engouement actuel pour cette technique chirurgicale [9]. Au bout d'un an, 66 % des patients opérés de DMEK atteignent une acuité visuelle de 20/25 contre seulement 33 % après *ultrathin* DSAEK [10]. Cette différence s'explique par le nombre beaucoup plus élevé d'aberrations de haut degré dans le groupe UT-DSAEK [11]. En effet, malgré la précision de la découpe par les microkératomes il n'est jamais possible d'avoir une épaisseur régulière partout sur tous les greffons.

Le second avantage de la DMEK réside dans un taux encore plus faible de rejet. Selon Price, celui-ci serait de 7,9 % à cinq ans après DSAEK contre un taux de 2 % à quatre ans après DMEK [12].

Pour rendre le choix entre les deux techniques encore plus difficile, il n'y a aucun doute que le nombre de complications à type de décollements postopératoires du greffon nécessitant un rebullage est très nettement supérieur dans le groupe DMEK (24 % *versus* 4 %) que dans le groupe UT-DSAEK [8-10].

Par ailleurs, si on attend deux ans après l'intervention, les études ne retrouvent plus de différence significative en termes de récupération visuelle dans les deux groupes. Pour Weisenthal *et al.*, sur une série de patients opérés d'un œil par DMEK et de l'autre par UT-DSAEK, la récupération visuelle est de 0,09 LogMAR après DMEK et de 0,11 LogMAR après UT-DSAEK [13]. Mieux même, lorsqu'on demande au patient quel œil voit le mieux à deux ans, 34 % répondent l'œil opéré de DMEK, 27 % celui opéré de UT-DSAEK et 39 % ne voient pas de différence entre les deux yeux.

Wacker K, Baratz KH, Maguire LJ *et al.* [14] rapportent également une amélioration constante de l'acuité visuelle après DSAEK jusqu'à cinq ans après l'intervention.

Si on concentre notre attention sur les patients aux lourds antécédents de vitrectomie et présentant une kératopathie bulleuse opérés de UT-DSAEK ou de DMEK, la récupération visuelle est significativement meilleure dans le groupe UT-DSAEK en raison d'un nombre plus élevé de manipulations peropératoires et de complications dans le groupe DMEK (mauvaise adhérence du greffon, échec de greffe, œdème maculaire...) [15].

De ces différentes constatations, nous disposons avec l'UT-DSAEK d'une technique très simple et reproductible en toute situation mais avec une récupération visuelle légèrement moins bonne pendant la première année et, de l'autre, une technique (DMEK) plus difficile à maîtriser mais permettant une récupération visuelle plus rapide pour une incidence de rejet encore plus faible.

## Conclusion

Le choix de la technique la plus adaptée n'est pas toujours simple car chacune a ses avantages et ses inconvénients. Le choix va donc dépendre des arguments chiffrés décrits plus haut et de l'habitude du chirurgien qui reste en définitive maître de son geste.

## Bibliographie

1. MELLES GRJ, ONG TS, VERVERS B *et al.* Preliminary clinical results of Descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*, 2008;145:222227.
2. GOROVYOY MS. Descemet-stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea*, 2006;25:886889.
3. MUIJZER MB, VAN LUIJK CM, VAN DEN BOGAERDT AJ *et al.* Prospective evaluation of clinical outcomes between pre-cut corneal grafts prepared using a manual or automated technique: with one-year follow-up. *Acta Ophthalmol*, 2019;97:714720.
4. RAGUNATHAN S, IVARSEN A, NIELSEN K *et al.* Comparison of organ cultured precut corneas *versus* surgeon-cut corneas for Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty. *Cell Tissue Bank*, 2014;15:573578.
5. DICKMAN MM, KRUIT PJ, REMEIJER L *et al.* A Randomized Multicenter Clinical Trial of Ultrathin Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK) *versus* DSAEK. *Ophthalmology*, 2016;123:22762284.
6. KUZMAN T, METER A, KALAUZ M *et al.* Influence of Donor Thickness on Visual Acuity in Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *J Ophthalmic Vis Res*, 2022;17:462469.
7. MURAINÉ M, GUEUDRY J, HE Z *et al.* Novel technique for the preparation of corneal grafts for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*, v 2013;156:851859.
8. CHAMBERLAIN W, LIN CC, AUSTIN A *et al.* Descemet Endothelial Thickness Comparison Trial: A Randomized Trial Comparing Ultrathin Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty with Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty. *Ophthalmology*, janv 2019;126:1926.
9. SINGH T, ICHHPUJANI P, SINGH RB *et al.* Is ultra-thin Descemet stripping automated endothelial keratoplasty a viable alternative to Descemet membrane endothelial keratoplasty? A systematic review and meta-analysis. *Ther Adv Ophthalmol*, 2023;15:25158414221147823.
10. DUNKER SL, DICKMAN MM, WISSE RPL *et al.* Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty *versus* Ultrathin Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty: A Multicenter Randomized Controlled Clinical Trial. *Ophthalmology*, 2020;127:11521159.
11. LIN CC, CHAMBERLAIN WD, KAKIGI C *et al.* Mediators of Visual Acuity in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty and Ultrathin Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*, 2023.
12. PRICE MO, SCANAMEO A, FENG MT *et al.* Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: Risk of Immunologic Rejection Episodes after Discontinuing Topical Corticosteroids. *Ophthalmology*, 2016; 123:1232126.
13. WEISENTHAL RW, YIN HY, JARSTAD AR *et al.* Long-term Outcomes in Fellow Eyes Comparing DSAEK and DMEK for Treatment of Fuchs Corneal Dystrophy. *Am J Ophthalmol*, 2022;233:216226.
14. WACKER K, BARATZ KH, MAGUIRE LJ *et al.* Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty for Fuchs' Endothelial Corneal Dystrophy: Five-Year Results of a Prospective Study. *Ophthalmology*, 2016;123:154160.
15. MIMOUNI M, SORKIN N, SLOMOVIC J *et al.* Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty *versus* Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty in Complicated Vitrectomized Eyes. *Curr Eye Res*, 2021;46:12831290.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

## Questionnaire de pratique



C. ALBOU-GANEM



B. AMELINE



P. BOUCHUT



B. BRIAT



J. COULLET



A. DENOYER



V. DIMEGLIO



L. GAUTHIER



M. LE LOIR



P. LÉVY



N. MESPLIÉ



G. MONTEFIORE



D. PIETRINI



L. TRINH

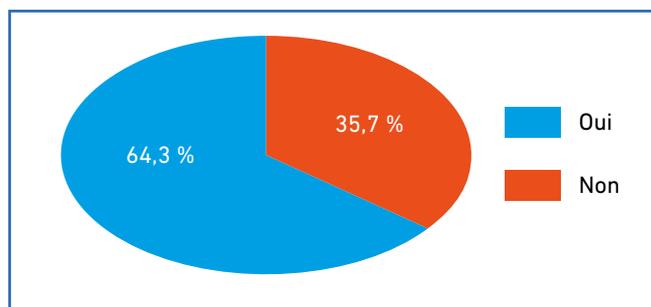
## Questionnaire chirurgie lenticulaire (SMILE)

>>> **Question 1 : Avez-vous accès ou avez-vous eu accès à une plateforme permettant de réaliser une chirurgie lenticulaire ?**

1. Oui
2. Non

*1 seule réponse était attendue*

**Nombre de répondants: 14**

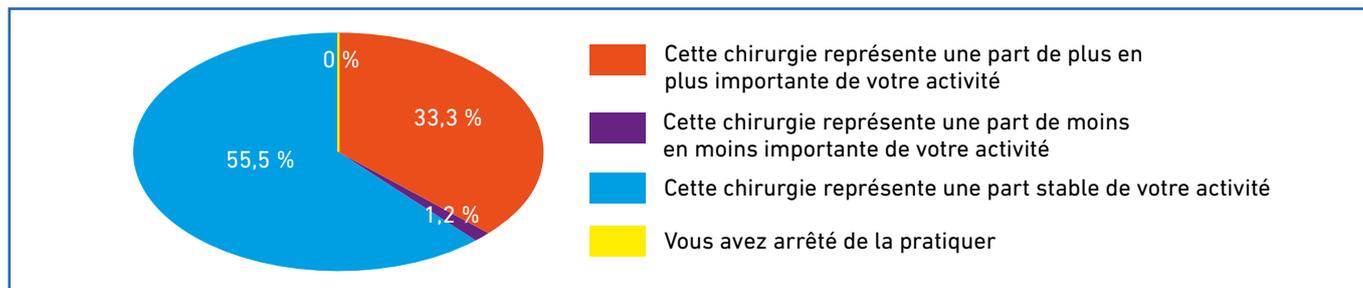


**A. Si vous avez ou avez eu un accès à cette chirurgie :**

1. Cette chirurgie représente une part de plus en plus importante de votre activité
2. Cette chirurgie représente une part de moins en moins importante de votre activité
3. Cette chirurgie représente une part stable de votre activité
4. Vous avez arrêté de la pratiquer

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants: 9**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 1A
V. Dimeglio	4	À l'époque du début du SMILE, nous avons essayé 2 Visumax qui ne nous avait pas donné satisfaction à l'époque.
B. Ameline	1	Champ d'action limité (< 10 %), mais correspondant à la demande de certains patients. La mise à jour du laser conditionne les indications.
P. Bouchut	4	Mauvaise reproductibilité du laser dans les découpes, retard de récupération visuelle, pas de contrôle du centrage ni de la cyclotorsion, etc.
B. Briat	1	Prédictibilité des résultats, facilité du retour au domicile des patients venant de loin, moindre œil sec, et de plus en plus demandé par les patients.
A. Denoyer	4	Cas particulier, je n'ai plus de SMILE actuellement. Pas certain que ma part d'activité SMILE ait augmenté si je l'avais encore. À voir quand j'aurai mon futur femto-SMILE en 2024...
D. Piétrini	4	La chirurgie lenticulaire intra-stromale est séduisante sur le principe, mais elle présente encore des insuffisances (absence de <i>tracking</i> oculaire) et des complications spécifiques (lâchage de succion fréquents et inadéquation à certains yeux) qui n'existent pas avec les autres techniques validées. On peut espérer dans l'avenir voir disparaître ces complications.

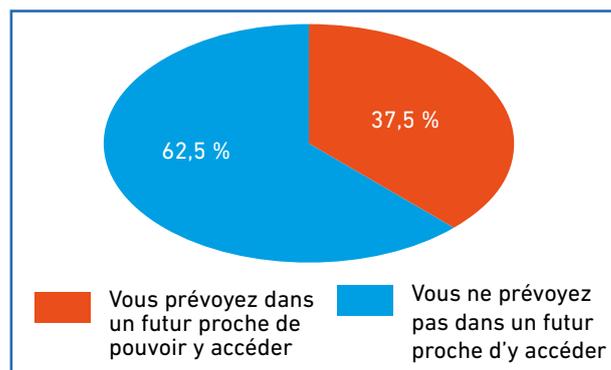
## B. Si vous n'avez pas accès à cette chirurgie

1. Vous prévoyez dans un futur proche de pouvoir y accéder
2. Vous ne prévoyez pas dans un futur proche d'y accéder

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants : 8\***

\* Certains répondants à cette question ont répondu à la question A qu'ils avaient arrêté de pratiquer cette chirurgie et ils ont néanmoins répondu à la question B.



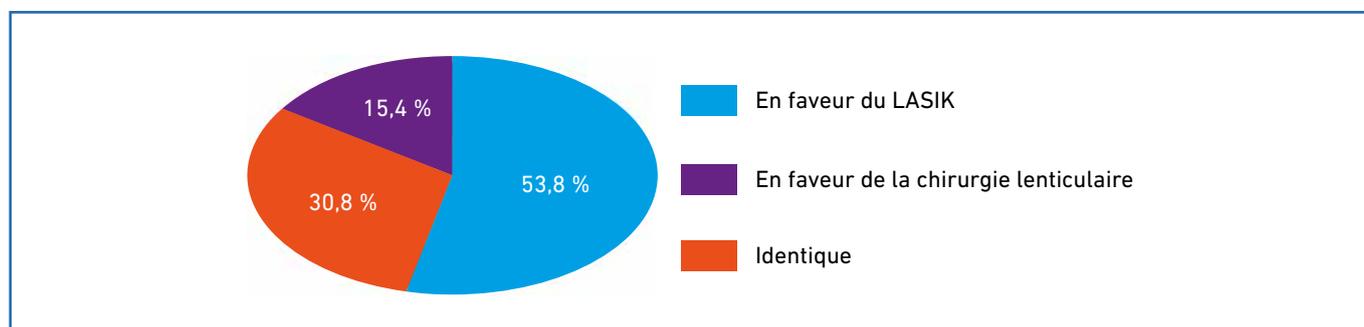
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 1B
J. Couillet	2	Pas d'intérêt ?
V. Dimeglio	2	Il s'agit plus d'une demande de la part des patients que des chirurgiens, le marketing domine encore l'intérêt médical. Mais la tendance peut s'inverser.
P. Bouchut	1	Si les nouveaux lasers permettent des découpes plus performantes et reproductibles.
M. Le Loir	2	Mêmes contre-indications que le LASIK, délai de récupération post-op et problème des retouches.
P. Lévy	1	Plus marketing ou possibilité d'offrir un plateau complet qu'un réel enthousiasme pour le moment.
N. Mesplié	2	Investissement important pour bénéfice quasi nul. N'augmente pas nos indications opératoires, ne donne pas de meilleurs résultats réfractifs que les techniques photo-ablative. Problèmes rares de sécheresse depuis les volets fins.
A. Denoyer	1	Intéressant pour les myopies importantes chez le patient sec. Répond à une demande de patients "informés". Mais est-ce un bon argument ?

>>> **Question 2 : Quel est, à votre avis, le rapport bénéfice-risque de cette chirurgie par rapport à un LASIK ?**

1. En faveur du LASIK
2. En faveur de la chirurgie lenticulaire
3. Identique

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondeurs : 13**



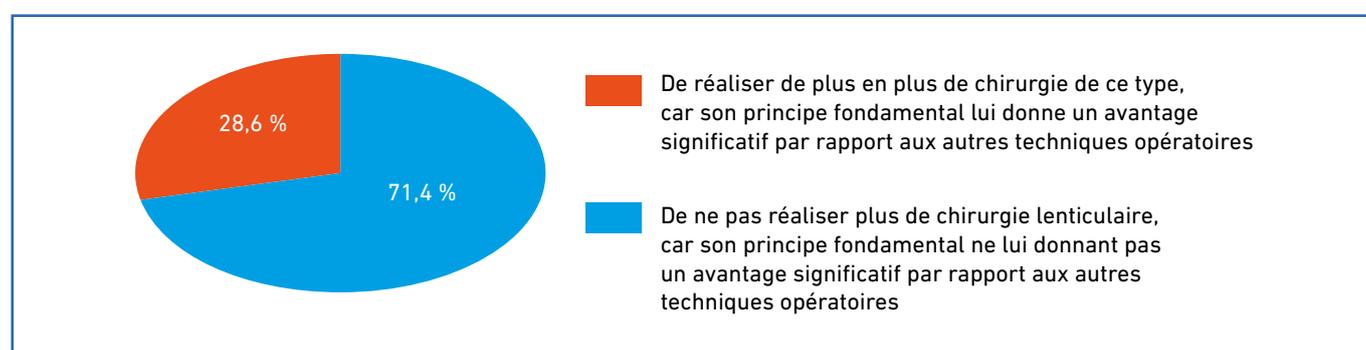
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 2
<b>J. Coulet</b>	3	Moins de sécheresse et pas de risque de déplacement capot en SMILE. Risque technique et de retouche plus important en SMILE. Risque d'ectasie en SMILE qui semble devenir similaire avec le recul au LASIK (méta-analyse).
<b>V. Dimeglio</b>	1	Le LASIK est plus simple à réaliser. La technologie LASIK est éprouvée, la technologie SMILE est complexe en termes de traitement de surface des optiques. Elle reste en cours de développement. Seul Zeiss semble la maîtriser. Les reprises et la gestion des complications en LASIK sont mieux codifiées qu'en SMILE. En dix ans, le SMILE n'a pas prouvé sa supériorité médicale.
<b>L. Gauthier</b>	1	Problèmes d'extraction du lenticule supérieurs aux problèmes du LASIK et problème de la retouche.
<b>C. Albou-Ganem</b>	2	Avantages sur le plan du risque traumatique et sécheresse oculaire, mais plus consommateur de tissu.
<b>B. Ameline</b>	1	Champs d'indication les plus larges, prédictibilité meilleure.
<b>P. Bouchut</b>	3	Seul intérêt du SMILE, c'est en cas de sports ou professions à risque traumatique mais moins précis en résultat visuel, astigmatisme, pas de traitement HM ni presbytie, sécheresse présente idem LASIK.
<b>B. Briat</b>	3	Chaque technique a ses avantages et inconvénients d'où la possibilité de proposer dans son arsenal l'une ou l'autre.
<b>M. Le Loir</b>	1	Mêmes indications et contre-indications que le LASIK, moindre précision réfractive, élargissement des indications LASIK aux patients présentant un syndrome sec oculaire minime à modéré grâce à une prise en charge de la surface oculaire pré-opératoire (soins de paupières, lipiflow, IPL).
<b>P. Lévy</b>	1	Toujours plus de risques de complications en cas de déchirure ou d'ablation incomplète du lenticule, plus de difficulté en cas de retouche.
<b>N. Mesplié</b>	1	Retouche plus facile en LASIK... Le LASIK traite plus d'amétropies... L'avantage théorique du SMILE est moins de sécheresse et plus de solidité, mais la trans-PKR marche très bien dans ces cas.
<b>L. Trinh</b>	2	Pas de capot donc pas de risque de déplacement de capot et sécheresse oculaire diminuée par rapport au LASIK dans les six premiers mois.
<b>A. Denoyer</b>	3	À l'exception d'une moindre sécheresse induite par le SMILE. Pas plus de complications en SMILE après une courbe d'apprentissage et une bonne sélection des patients.

>>> **Question 3** : Si on prend comme hypothèse que la technologie progresse suffisamment pour rendre cette chirurgie plus reproductible et plus simple, vous envisagez :

1. De réaliser de plus en plus de chirurgie de ce type, car son principe fondamental lui donne un avantage significatif par rapport aux autres techniques opératoires
2. De ne pas réaliser plus de chirurgie lenticulaire, car son principe fondamental ne lui donnant pas un avantage significatif par rapport aux autres techniques opératoires

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 14



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 3
J. Coulet	1	Si progrès de la découpe en femto +++ à discuter.
V. Dimeglio	2	L'avantage est essentiellement économique (un seul laser, pas de gaz), mais dispensera-t-il un jour d'avoir un laser Excimer ? L'idéal serait un seul laser femto/Excimer en <i>solid state</i> .
L. Gauthier	1	Pour les patients à risque de traumatisme oculaire.
B. Ameline	1	Pour répondre à la demande des patients et pour son principe de chirurgie sans volet.
P. Lévy	1	Si on atteint un risque proche de celui du LASIK, on peut prétendre à faire plus d'ablations lenticulaires dans la mesure où l'on peut alors se rapprocher des avantages (sans les inconvénients) de la PKR, moins de sécheresse et moins de fragilisation en cas de choc.
B. Briat	1	Actuellement, la technologie lenticulaire est en plein essor. Cyclotorsion pour gestion des traitements cylindriques et prise en charge des amétropies hypermétropiques.
A. Denoyer	1	Préserve la surface et l'innervation. Donc croissance prévisible de la proportion de SMILE si les profils d'ablation s'améliorent encore. On peut traiter les hypermétropes et surtout les presbytes...

## LASIK – Le circuit du patient



S. PELLEN

Clinique de la Vision, MONTPELLIER.  
severine.pellen@clvmontpellier.fr

À l'heure actuelle, le résultat réfractif ne suffit plus à rendre le patient satisfait de son intervention chirurgicale au laser. Alors que l'intelligence artificielle a pris une place prépondérante, que les logiciels et autres algorithmes marketing s'immiscent dans la vie du quotidien, plus que jamais, et particulièrement dans le domaine de la santé, le patient est attentif à la manière dont il va vivre son expérience chirurgicale.

Si le patient exige rapidité, technologie de pointe et dématérialisation, il reste néanmoins très sensible à la qualité de la prise en charge humaine et à la dimension émotionnelle de l'expérience qu'il va vivre. Deux facteurs déterminent le niveau de satisfaction du patient opéré de chirurgie réfractive : le résultat visuel et la perception de la prise en charge [1].

Ces deux notions centrales de résultat et de perception de la prise en charge sont au cœur des deux items de mesure que sont les *patient reported experiences measures* (PREM) et les *patient reported outcomes measures* (PROM) utilisés couramment au sein des organisations de santé depuis dix ans. Les PREM évaluent le niveau de satisfaction du patient au regard de sa prise en charge. Les PROM évaluent le résultat de l'opération. En chirurgie réfractive, il existe un questionnaire spécifique validé et publié par l'American Academy of Ophthalmology, le *patient reported outcomes with Lasik and scoring guide* PROWL-SS [2].

Le circuit du patient désireux de se passer de sa correction optique peut être décomposé en trois phases distinctes. Lors de la première phase, le patient élabore et évalue la faisabilité de son projet. Ensuite, deuxième phase, il passe à l'action. Enfin, lors de la dernière phase, il évalue et communique sur son résultat. Ce processus de prise de décision s'apparente au modèle des phases de l'action théorisé par Heckhausen en 1986; Heckhausen & Gollwitzer en 1987; Achtziger & Gollwitzer en 2008 [3]. Tour d'horizon de ces phases et des enjeux associés.

### Phase 1. Élaboration du projet par le patient

#### 1. La collecte d'information

Le patient souhaitant se passer de sa correction optique va s'informer grâce à différents canaux. Pour élaborer son projet, le patient consulte généralement plusieurs sources d'information. Aujourd'hui, la source principale d'information est internet. Sur le web, plusieurs paramètres sont explorés par les patients.

D'abord, les avis publiés sur la fiche du compte Google business profil du médecin ou de la clinique sont très regardés par les patients. Une étude récente a confirmé que 76 % des Français déclarent que les notes ont un impact direct sur leur prise de décision... [4].

Ensuite, le site internet du médecin et celui du centre au sein duquel se déroulera l'opération sont également importants. Ils constituent une vitrine rassurante pour le patient.

Enfin, la présence par des publications régulières sur les réseaux sociaux (par exemple, Instagram) est également plébiscitée par les patients.

L'enjeu autour de la stratégie web sera de faire correspondre la notoriété réelle avec la e-notoriété. Bien sûr, le "bouche-à-oreille" est également un vecteur d'information primordial.

## 2. La prise du rendez-vous pré-opératoire

À la clinique de la Vision Montpellier, le patient peut prendre rendez-vous pour le bilan pré-opératoire de trois manières. Le patient peut : prendre rendez-vous *via* le site Doctolib de la clinique ; téléphoner ; envoyer une demande de contact *via* le site internet. Quelle que soit la manière dont le patient prend contact avec la structure, il sera toujours recontacté par téléphone par notre secrétariat. En effet, le contact téléphonique est indispensable à deux niveaux. Il permet de :

- qualifier les patients qui seront vus en bilan pré-opératoire de chirurgie réfractive. Il s'agit sur ce point de valider que la réfraction du patient rentre dans les critères d'opérabilité de chirurgie réfractive cornéenne, vérifier l'âge du patient, comprendre la demande du patient. En cas d'incompatibilité avec une chirurgie cornéenne au laser, le patient sera orienté vers le cabinet d'un chirurgien pratiquant le type de technique adéquat ;
- donner les informations nécessaires au patient candidat. À ce stade, il s'agit d'informer le patient de la durée, du déroulé, de l'objectif et du tarif du bilan. Il sera aussi proposé au patient de choisir son praticien et lui confirmer le nom du médecin qui le recevra. Le patient sera également informé du tarif de la chirurgie afin de s'assurer qu'il ait compris le type d'intervention proposé. Il lui sera demandé d'ôter ses lentilles de contact au moins 48 heures en amont et près de quatre semaines en cas de lentilles rigides et d'apporter ses dernières ordonnances afin de valider la stabilité de sa réfraction.

À ce niveau, l'enjeu consiste à filtrer les patients qui viendront au bilan et à leur donner suffisamment d'informations préalables pour valider qu'ils entrent dans la prise en charge souhaitée et leur donner d'ores et déjà les informations tarifaires.

## 3. Le jour du bilan pré-opératoire

Le jour du bilan pré-opératoire, le patient restera environ une heure trente sur place. Son rendez-vous s'organisera autour de trois axes :

- le patient est d'abord reçu par un optométriste ou un orthoptiste. Celui-ci réalise l'entretien avec le patient, évalue le profil et la motivation du patient. Il réalise la mesure de la réfraction et les examens indispensables pour poser l'indication de chirurgie (topographie cornéenne couplée ou non à un AS OCT, l'aberrrométrie, le

dépistage d'un dysfonctionnement de surface oculaire). Ensuite, une compilation des éléments importants à la décision chirurgicale est réalisée pour permettre une lecture rapide et efficace du dossier pour le chirurgien ;

- le patient rencontre alors son chirurgien qui lui indique si l'opération est possible. Le chirurgien explique la technique proposée, le déroulé de l'opération, les suites opératoires et les éventuelles complications. Il répond aux questions du patient ;
- si le patient est opérable, il est alors orienté vers un salon dédié aux explications de dossier pré-opératoire. Un membre de l'équipe, optométriste ou coordinatrice du secrétariat, le prend en charge et édite un dossier pré-opératoire à son nom. Ils parcourront ensemble le dossier afin de détailler les éléments qu'il comprend (consentement, ordonnance pré-opératoires et postopératoires, consignes pré-opératoire et postopératoire, devis). Une vidéo en trois dimensions est montrée au patient afin de concrétiser les explications du chirurgien. Les recommandations pré-opératoires et postopératoire seront données afin que le patient puisse se préparer et être parfaitement rassuré sur les étapes à suivre. Le dossier lui est alors transmis de manière dématérialisée. Souvent, d'autres questions surgissent à ce moment. Il est important d'y apporter des réponses. C'est également le moment, pour les patients qui le souhaitent, de prendre RDV pour la chirurgie (*fig. 1*).

Il est également très important de prendre le temps d'expliquer aux patients non opérables les raisons de leur non-éligibilité. Effectivement, l'expérience des patients non opérables s'arrête à ce niveau. Toutefois, ces patients



Fig. 1 : Le jour du bilan pré-opératoire.

sont susceptibles de faire part de leur expérience et peuvent être des ambassadeurs de votre pratique expliquant la qualité du bilan et la qualité des explications données lors de leur parcours.

À ce niveau, le pari est double. En effet, la qualité des examens est cruciale car elle permet au chirurgien de poser l'indication chirurgicale et de baser sa programmation sur ces éléments, déterminant ainsi en partie la qualité du résultat postopératoire. Ensuite, pour le patient, ce moment constitue l'occasion de valider que les informations qu'il aura collectées en amont sont bien en adéquation avec la réalité de la qualité du bilan et aussi des informations délivrées par le médecin et du dossier remis.

À la clinique de la Vision Montpellier, environ 75 % des patients qui réalisent le bilan pré-opératoire sont opérables. Le taux de conversion des patients opérables s'élève à plus de 85 %, c'est-à-dire que 85 % des patients opérables se font opérer. Pour ces patients opérés, à peu près la moitié d'entre eux choisissent leur date de chirurgie à la fin du bilan pré-opératoire.

## Phase 2. Action, le jour de l'intervention

### 1. L'accueil le jour de l'intervention

Le patient a élaboré son projet, collecté des informations et validé que celles-ci sont en adéquation avec la réalité. Il a confiance en son chirurgien et s'est préparé à l'intervention. Il est prêt logistiquement, émotionnellement et financièrement. Lors de son arrivée, nous vérifions ses données d'identité et les éléments administratifs. Il est très important de vérifier l'adresse électronique du patient. Le patient remet au secrétariat le consentement et le devis signé. Un bracelet d'identification est alors fixé au poignet du patient indiquant l'identité du patient et ses allergies éventuelles (*fig. 2*).

Certains patients peuvent présenter un niveau d'anxiété élevé. Le personnel doit donc être en mesure de reconnaître les attitudes de l'anxiété du patient et les désamorcer en rassurant le patient sur la suite de son parcours. Les patients sont installés en compagnie de leur accompagnant en salle d'attente. Ce lieu est pensé pour être accueillant et rassurant; des collations sont à disposition permettant aux patients d'être installés confortablement



Fig. 2 : L'accueil le jour de l'intervention.

et aux accompagnants de patienter sereinement le temps de l'intervention de leur proche.

### 2. La détente pré-opératoire

Depuis plus de dix ans, à la Clinique de la Vision nous avons pensé, travaillé et fait évoluer cette étape qui consiste à préparer le patient juste avant l'intervention et œuvré pour qu'il vive au mieux son expérience chirurgicale. Pour nous, cette étape est déterminante, notamment au niveau de la mesure du PREM.

Notre sophrologue va chercher le patient en salle d'attente et l'accompagne au vestiaire. Elle lui demande d'enlever ses chaussures et ses vêtements d'extérieur et l'aide à revêtir un habit stérile par-dessus ses sous-vêtements. Le patient se désinfecte les mains et s'équipe d'une charlotte. Notre sophrologue établit alors un premier contact avec lui afin de jauger son niveau de stress.

Ensuite, la séance s'articule autour de deux axes. Il s'agit d'abord d'une préparation mentale à l'intervention, qui intègre la découverte de la salle de bloc en images, les images des sources lumineuses à fixer pendant l'intervention et le détail de ce qui va se passer au bloc opératoire. Notre sophrologue utilise des photos de l'enceinte du bloc et des sources lumineuses vues par le patient, allongé sur le lit du laser (*fig. 3*).

Ensuite, vient la phase de relaxation, durant laquelle le patient peut se détendre en travaillant sur sa respiration et la visualisation, notamment de son lieu ressource (*fig. 4*).



Fig. 3 : La détente pré-opératoire.



Fig. 4 : La détente pré-opératoire.

La séance de relaxation apporte au patient une sensation de confiance, de contrôle sur lui-même, de calme et de concentration. De manière générale, il se sent mieux pour vivre l'intervention. Le bénéfice pour le chirurgien est également notable : le patient va être plus calme, moins bouger pendant les phases critiques. Le patient est préparé pour savoir ce qu'il doit faire pour faciliter le travail du médecin. De manière générale, l'intervention devient plus fluide.

Le masque de réalité virtuelle adapté à la chirurgie réfractive peut également être utilisé si la séance de sophrologie n'est pas proposée. L'expérience proposée par l'intermédiaire du masque de réalité virtuelle (*virtual reality*, VR) reprend les deux étapes : préparation mentale et détente. Le masque de réalité virtuelle est personnalisé aux locaux du centre et un discours hypnotique adapté à la chirurgie réfractive est diffusé au patient (*fig. 5*).



Fig. 5 : La détente pré-opératoire.

### 3. Au bloc opératoire

L'infirmier vient chercher le patient en salle de relaxation, vérifie l'identité du patient et le bracelet d'identification afin de s'assurer que le patient présent est bien celui pour qui la programmation a été validée sur le laser. Le patient est installé sur le lit du laser, en position centrale, c'est-à-dire entre le laser Excimer et le laser femtoseconde.

L'identité du patient est alors revérifiée au regard des informations de l'écran du laser. Ensuite, la phase de découpe du volet cornéen est réalisée, puis le lit du laser pivote pour permettre à l'infirmier de réaliser le champ opératoire. Enfin, il est dirigé vers le laser Excimer pour que le chirurgien puisse réaliser la photo-ablation.

À la Clinique de la Vision Montpellier, toute l'équipe a été formée à l'hypnose ericksonienne. Cette formation permet au personnel d'adapter son discours et sa prise en charge en cas d'anxiété du patient. Tout au long de l'intervention, le chirurgien explique les différentes étapes et indique au patient ce qu'il doit faire. En cas de nécessité et pour permettre au médecin de se concentrer sur la procédure, l'équipe relaie les demandes.

En cas de non-acquisition de la reconnaissance irienne, l'identité du patient sera automatiquement vérifiée. Deux membres de l'équipe accompagnent le chirurgien au bloc ; ils sont tous deux infirmiers de bloc opératoire diplômé d'État (IBODE). L'un est dédié à la fonction de technicien laser et l'autre se charge de la préparation des instruments, du champ opératoire et du document de traçabilité.

CHECK-LIST	
« SECURITE DU PATIENT AU BLOC OPERATOIRE AU SEIN DE LA CLINIQUE DE LA VISION »	
VERSION N°2	Édité le : 23 septembre 2014
AVANT INTERVENTION	APRES INTERVENTION
1 : L'identité du patient est correcte : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	9 : Vérification fiche intervention : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
2 : Le bracelet d'identification est-il présent : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	10 : Si événement indésirable fiche incident remplie : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> NA
3 : Le type d'intervention et site opératoire sont confirmés par le patient : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	11 : Collyres post opératoires instillés : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
4 : Programmation et dossier diagnostiques sont disponibles en salle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	12 : Consignes post opératoires données au patient : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
5 : La calibration de l'énergie des lasers est vérifiée : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> Pré opératoire <input type="checkbox"/> Per opératoire	
6 : Vérification risque allergique : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
7 : Vérification « ultime » avec chirurgien et équipe : Identité confirmée : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Type intervention confirmée : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Site opératoire confirmé : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Programmation confirmée : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
8 : Champ opératoire réalisé selon protocole : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> NA	NA : Non Applicable
Nom et Signature du coordonnateur :	Nom et Signature du chirurgien :

Fig. 6 : Au bloc opératoire.

Une check-list reprenant les items principaux liés à la sécurité du patient est remplie et signée par le médecin pour chaque chirurgie (fig. 6). En cas d'évènement indésirable l'infirmier remplira une fiche dédiée qui sera intégrée au dossier patient et transmise pour traitement à la directrice de l'établissement.

Le défi au sein du bloc opératoire est de réaliser une opération qui allie sécurité et technicité tout en considérant la dimension émotionnelle vécue par le patient.

#### 4. Le repos postopératoire

Lorsque la chirurgie est terminée, le patient est accompagné en salle de repos. Il passera par le SAS doté du vestiaire à double ouverture, ce qui lui permet de récupérer ses effets personnels de l'autre côté sans croiser un patient qui rentrerait. Le circuit patient est pensé pour que les patients opérés et ceux en attente de l'être ne se croisent pas.

Les équipes ont pris soin d'installer l'accompagnant du patient opéré en salle de repos. Le patient porte des

lunettes de soleil fournies par la clinique, ce qui le protège de la lumière. La salle est placée dans la pénombre (fig. 7).

Une collation est servie au patient. Ensuite, un membre de l'équipe donne et/ou répète les consignes postopératoires. Présent, l'accompagnant entend également les recommandations si le patient n'y est pas attentif. Nous remettons au patient un livret d'explications postopératoires reprenant les éléments clefs. Ce livret est également doté d'un QR code qui renvoie les patients vers une vidéo reprenant les éléments les plus importants à retenir en postopératoire (fig. 8).



Fig. 7 : Repos postopératoire.

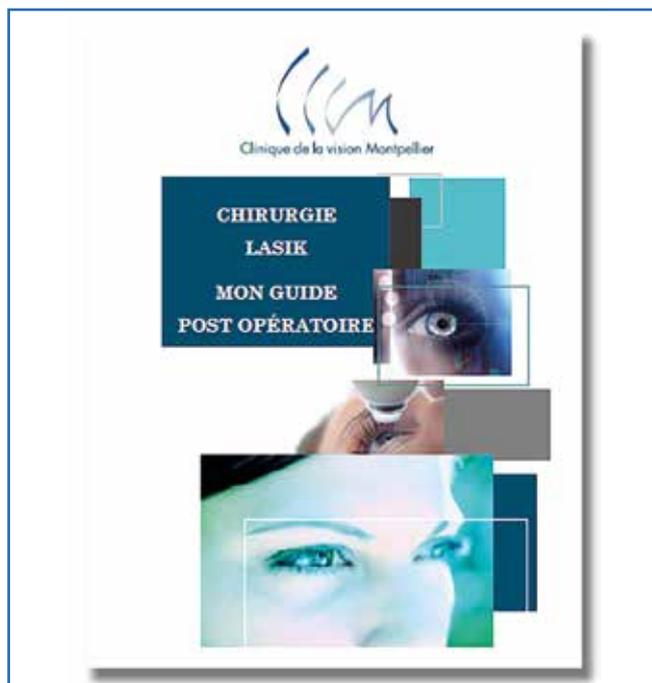


Fig. 8 : Livret d'explications postopératoires.

## 5. Le retour à domicile

Dès qu'il le souhaite, le patient peut regagner son domicile. Il passe par le secrétariat et procède au règlement de son intervention. Une facture lui est remise. Il peut ainsi sortir rassuré sur ce qu'il doit faire et son rendez-vous postopératoire est déjà fixé.

Le patient doit savoir ce qui l'attend, notamment en termes de sensations, de capacité visuelle et de suivi du traitement. Cela lui permet d'envisager un retour serein à domicile. La majorité des chirurgiens communiquent également un numéro de téléphone joignable à tout moment (SMS) en cas de problème.

## Phase 3. Suites de l'opération et évaluation du résultat

### 1. Le RDV J + 1

Le rendez-vous J + 1 permet aux chirurgiens de s'assurer que les suites de l'opération se déroulent correctement (volet cornéen, transparence du volet, évaluation acuité visuelle...). En cas de pose de lentilles à visée antalgique, la lentille sera alors retirée par le médecin.

Le patient se rend alors compte du résultat visuel en cas de LASIK. Il peut également poser toutes les questions qu'il souhaite. Ce rendez-vous a un double objectif. Pour le chirurgien, c'est l'opportunité de s'assurer que les suites de l'opération se passent normalement et, en cas de problématique, de pouvoir réagir rapidement. Pour le patient, cela constitue l'opportunité d'être rassuré, de pouvoir poser les questions qui surviendraient et connaître les étapes suivantes.

### 2. Le suivi postopératoire à une semaine et les six premiers mois

Certains chirurgiens réalisent un contrôle à une semaine et/ou à 1 et 6 mois. Le suivi du patient est très important. En effet, en plus de valider que les suites opératoires se déroulent normalement, cela permet de garder le contact avec son patient et d'être informé d'éventuelles insatisfactions qui se présenteraient et de pouvoir y remédier.

Systématiquement, une semaine après l'intervention LASIK la clinique fait parvenir aux patients un lien leur permettant de publier un avis sur leur intervention. Nous rappelons ici l'importance du recueil et de la vérification de l'adresse électronique.

	Enjeux	Membre de l'équipe
<b>Phase n° 1 : Élaboration du projet</b>		
La collecte d'information	Correspondance entre notoriété réelle et e-notoriété	Web Master
La prise du rendez-vous pré-opératoire	Filter et informer les patients	Secrétariat
Le jour du bilan pré-opératoire	Assurer un bilan pré-opératoire de qualité Rassurer le patient sur son choix de chirurgien et de centre	Optométriste Orthoptiste Chirurgien
<b>Phase n° 2 : Phase d'action : le jour J</b>		
L'accueil	Rassurer le patient Collecter les éléments administratifs du dossier	Secrétariat
La détente pré-opératoire	Préparation mentale à l'opération	Sophrologue
Au bloc opératoire	Allier sécurité et technicité Considérer la dimension émotionnelle vécue par le patient	Infirmier Chirurgien
Le repos post-opératoire	S'assurer que les consignes sont intégrées et comprises	Secrétariat
Le retour à domicile	Autonomie du patient et gestion de la douleur	Chirurgien
<b>Phase n° 3 : L'évaluation du résultat</b>		
Le RDV J+1	Évaluation médicale Rassurer et répondre aux questions du patient	Optométriste Orthoptiste Chirurgien
Le suivi postopératoire	Évaluation du résultat par le patient Retour d'expérience pour collecter PREMs et PROMs	Chirurgien Web Master

Expérience globale du patient LASIK

Responsable de centre

Tableau I: Enjeux lors des étapes du circuit patient à la Clinique de la Vision Montpellier.

Chaque avis est pris en compte par l'établissement et une réponse est apportée à chaque commentaire (positif, mitigé ou négatif). En cas de retour négatif ou d'insatisfaction, certains patients sont contactés par téléphone et nous leur proposons un rendez-vous postopératoire pour évaluation. La collecte des avis est très importante et permet de construire la e-notoriété de l'établissement, indispensable à la phase d'élaboration du projet par le patient candidat.

Régulièrement, nous faisons également parvenir des enquêtes de satisfaction aux patients opérés, ce qui permet de compiler des données PROM et d'adapter nos pratiques et mode opératoire et circuit patient.

## Conclusion

La décomposition du circuit patient au regard des enjeux de chaque étape nous montre la dimension globale de l'expérience du patient bénéficiant d'une opération réfractive (*tableau I*). De plus, en mettant en parallèle le ou les interlocuteurs dédiés à chaque étape, il devient évident que la réussite de l'expérience chirurgicale repose sur la totalité de l'équipe au sein de laquelle le médecin a la place centrale.

Les échanges entre les membres de l'équipe doivent être fluides, fréquents et constructifs afin d'adapter au mieux

la pratique aux besoins du patient. En effet, l'atteinte du résultat visuel attendu au regard du PROM ne suffit plus à combler le patient. Celui-ci évaluera la réussite de son opération au regard du résultat réfractif de l'expérience qu'il aura vécue et qu'il reportera au sein des PROM. Le responsable du centre sera le garant d'une bonne coordination entre tous les membres de l'équipe ; il évaluera régulièrement la satisfaction des patients et ajustera la pratique.

## Bibliographie

1. Review of ophthalmology – Three steps to LASIK Surgery – Christine Lapointe and Jan Watson, October 2024 <https://www.reviewofophthalmology.com/article/three-steps-to-lasik-surgery>
2. Patient-Reported Outcomes with LASIK Symptoms and Satisfaction (PROWL-SS) and Scoring Guide <https://www.aao.org/education/prowl-ss>
3. Le modèle des phases de l'action (Heckhausen, 1986 ; Heckhausen & Gollwitzer, 1987 ; Achtziger & Gollwitzer, 2008) <https://www.lesmotivations.net/spip.php?article113>
4. Étude réalisée en partenariat avec l'institut spécialisé Episto auprès de 1100 répondants de tous âges. Elle vise à décortiquer l'utilisation des avis clients par les internautes français et à étudier leur impact sur la prise des décisions des consommateurs.

---

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

## La salle opératoire de chirurgie réfractive cornéenne au laser



**B. AMELINE**

Clinique de la Vision – One Clinic, PARIS.  
docteur.ameline@gmail.com

La chirurgie réfractive, répandue depuis trente ans, joue son rôle thérapeutique et réparateur de la fonction visuelle. Nous n’aborderons ici que la chirurgie au laser de la surface cornéenne (LASIK, PKR et extraction lenticulaire), qui est la plus répandue. La chirurgie intra-oculaire par implantation précristallinienne entrant dans le secteur opératoire classe II (*tableau I*).

Les lasers réfractifs sont fabriqués et distribués essentiellement par cinq marques. Toutes sont étrangères, la plupart reposant sur une ingénierie allemande. Environ 220 machines existent en France dont les trois quarts possèdent une activité régulière quoique diverse. Elles constituent toutes des dispositifs médicaux estampillés “conformité européenne” et marqués CE. Les lasers sont de classe 4, conformément à CEI 60825-1 : 2001 et CEI 60825 : 2007. Aucun agrément n’est nécessaire. Seul un ophtalmologiste formé doit les mettre en œuvre. Depuis trente ans, aucune interdiction d’usage ou émission d’alerte n’a été émise en utilisation humaine.

Les patients sont des adultes (sauf très rare exception) consentants et informés. Après les explications orales et

écrites, la décision et le consentement reposent sur une codécision partagée entre patient et ophtalmologiste. Les objectifs, les suites et les risques de la technique sont exposés sur les sites de la Société française d’ophtalmologie et complétés *via* une fiche d’information des patients, réalisée sous l’égide de la Société française d’ophtalmologie (SFO) et du Syndicat national des ophtalmologistes de France (Snof) avec l’aide de la Société de l’association française des implants intra-oculaires et de chirurgie réfractive (SAFIR).

L’intervention se déroule en ambulatoire. Ce terme possède plusieurs définitions dont seuls importent les principes que le patient est ambulatoire et part dans le même état général qu’à son arrivée. La prise en charge de la douleur comprend une anesthésie topique et une prescription d’antalgiques facultative. L’effet régional ou général de ces collyres est inexistant. Aucune surveillance peropératoire ou postopératoire n’est nécessaire. Aucun appareillage spécifique n’est donc utile en salle de soins.

Type de chirurgie	Critères de sélection
<b>Chirurgie propre</b> Classe I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sans ouverture de viscères creux</li> <li>• Pas de notion de traumatisme ou d’inflammation probable</li> </ul>
<b>Chirurgie propre contaminée</b> Classe II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouverture de viscères creux avec contamination minime</li> <li>• Rupture d’asepsie minime</li> </ul>
<b>Chirurgie contaminée</b> Classe III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contamination importante par le contenu intestinal</li> <li>• Rupture d’asepsie franche</li> <li>• Plaie traumatique récente datant de moins de quatre heures</li> <li>• Appareil génito-urinaire ou biliaire ouvert avec bile ou urine infectée</li> </ul>
<b>Chirurgie sale</b> Classe IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plaie traumatique datant de plus de quatre heures et/ou avec tissus dévitalisés</li> <li>• Contamination fécale</li> <li>• Corps étranger</li> <li>• Viscère perforé</li> <li>• Inflammation aiguë bactérienne sans pus</li> <li>• Présence de pus</li> </ul>

**Tableau I :** Classification d’Altemeier.

## **Le risque technique**

Cinq lasers Excimer (Alcon, Bausch et Lomb, Schwind, Zeiss, Zimmer) et cinq lasers femtosecondes (Alcon, Bausch et Lomb, Johnson et Johnson, Schwind, Zeiss) sont actuellement disponibles en France.

Les appareils lasers sont des dispositifs médicaux et disposent d'un marquage CE. Ils sont tous homologués dans de nombreux pays, en particulier ceux possédant de rigoureuses exigences sanitaires (États-Unis, Royaume-Uni, pays scandinaves, Allemagne...). Les fabricants des tubes générateurs sont peu nombreux et le service rendu est robuste, les maintenances et services après-vente sont de qualité avec des modes d'aide rapide. On connaît des pannes mais aucun accident qui ait pu interférer sur la qualité du résultat médical. Ces lasers ne peuvent pas être employés pour un autre usage que celui autorisé. Un laser cornéen à visée réfractive ne demande aucun apport de fluides gazeux ou hydriques particuliers.

## **Des conditions d'utilisation identifiées**

Ces conditions d'utilisation sont indépendantes de la situation en secteur opératoire ou non. Il s'agit principalement de critères de température (19 °C-26 °C), d'hygrométrie (45 %-65 %), de nettoyage, d'entretien, de révision, de réglage, de stabilité, d'alimentation électrique (norme NFC 15-100), d'exigences informatiques, de renouvellement d'air... (norme ISO S 90-351) qui sont le propre de toute machine sophistiquée. La sécurité d'installation est assurée par la visite préalable des locaux prévue par un ingénieur ou un technicien biomédical représentant le distributeur et l'acquéreur. La mise en place doit avoir pour prérequis la satisfaction des contraintes d'emploi. Une attention doit être portée à la conservation d'un potentiel énergétique en cas d'interruption inopinée et brutale de l'alimentation électrique. Les mémorisations numériques des données de traitement doivent être récupérables et protégées.

## **Les risques en laser cornéen réfractif**

On estime qu'environ 1,5 million de traitements ont été réalisés en France depuis trente ans et plus de 30 millions dans le monde. Un rapport officiel de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), publié le 20 décembre 2020 et mis à

jour le 31 mars 2021, a été consacré aux effets indésirables et aux complications liés à la chirurgie LASIK. Ce rapport ne fait état d'aucun dysfonctionnement dû aux locaux, aux conditions techniques ou à toute déviation structurelle ou environnementale de la pratique du laser cornéen. Les risques connus du laser cornéen sont indépendants de la structure et sont répertoriés : réaction biologique, réaction cicatricielle, effets visuels, erreurs de correction... Le rapport conclut à la nécessité d'un comportement éthique et empathique du médecin associé à un respect de la réglementation.

## **Litige médicojuridique**

La Mutuelle d'assurance du corps de santé (MACSF) indique qu'aucune doléance n'est connue concernant directement les lasers cornéens et leur utilisation en vingt-cinq ans de protection par cette assurance professionnelle. En vingt-cinq ans en France, on ne connaît pas d'affection générale ou d'hospitalisation induite par l'acte proprement dit. Les recours portent essentiellement sur les conditions d'information, de suivi, d'indications et de relation au médecin. L'absence de réglementations spécifiques depuis les premiers lasers en 1991 n'a entraîné ni effet délétère ni incident lié aux soins.

## **Les structures hébergeant l'exercice de cette chirurgie**

En chirurgie réfractive, la totalité des instruments, des dispositifs et des moyens propres à une seule intervention sont à usage unique. Les étapes de décontamination sont donc quasi réservées à l'environnement et aux matériels lourds. Les dénominations des plateaux techniques de soins sont indépendantes des champs d'activité.

La mention de "secteur opératoire" comprend deux significations. Pour les soignants, c'est le lieu où se déroule l'acte, le contact et/ou l'emploi d'instruments qui procurent une légitimité au mot "opératoire". Pour l'administration, c'est une structure répondant à des normes et/ou à des agréments ; ces derniers autrefois taillés pour des opérations importantes ou risquées sont actuellement souvent remplacés par les traitements rapides et de nouvelles méthodes non invasives.

Le bloc opératoire est dans un secteur opératoire. Il s'agit d'un espace géographiquement délimité comportant,

entre autres, des salles opératoires, des salles de service (stockage, salle grise...), des espaces d'attente, voire des bureaux, un ou des circuits... Cet espace est particulièrement vulnérable à la biocontamination selon la norme en ISO 14698-1 (X 14-110).

Les salles opératoires peuvent faire partie de l'ensemble d'un bloc opératoire ou être isolées. Elles sont soumises à des normes à deux niveaux: la norme ISO 14664 et la norme ISO 14644-1, qui précisent les exigences techniques générales. La norme permet de garantir qu'aucune particule significative (poussière, particule...) ne viendra perturber l'acte. Les salles sont ainsi répertoriées selon des niveaux ISO 1, ISO 2, ISO 3... et ce jusqu'à 9, selon le nombre de particules présentes et leur taille. La classification correspondant aux exigences de sécurité médicale en chirurgie non invasive est ISO 7 ou ISO 8. On qualifie habituellement ces salles de "salles blanche".

Une "salle blanche" (aussi dénommée salle propre, selon l'usage et certaines spécificités) est une pièce au sein de laquelle la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser l'introduction, la génération, la rétention de particules à l'intérieur de la salle.

Les paramètres tels que la température, l'hygrométrie et la pression relative sont également maintenus à un niveau précis. L'alimentation électrique doit être aux normes exigées par les lasers. La climatisation, sans être obligatoire, est très conseillée car la pièce ne dispose pas de fenêtres et les appareils sont très sensibles aux variations de température. Ceci suppose donc l'existence d'une maintenance dédiée de cet équipement. La surpression est  $> 15$  Pa.

L'entrée et la sortie se font par l'intermédiaire d'un sas. Les opérateurs qui évoluent dans la "salle blanche" doivent être vêtus d'un équipement tel qu'une tenue stérile de bloc, un couvre-chef (charlotte ou calot), des gants, des chaussons, un masque.

L'air entrant dans la salle propre est filtré selon le niveau adapté et ventilé de façon laminaire ou turbulent. Les sols, parois et revêtements ainsi que le contenu répondent aux critères de nettoyage des salles de soins: ils sont lisses, bien éclairés, entretenus régulièrement. Il existe un distributeur de produit hydro-alcoolique pour

l'hygiène des mains, un collecteur à objet piquant, tranchant ou coupant. Un bionettoyage des surfaces horizontales (essuyage humide avec détergent désinfectant) est réalisé avant chaque séance opératoire.

Actuellement, l'appellation la plus appropriée correspondant aux actes de soins de classe 1 voire de classe 2 est le secteur interventionnel. Ceci à l'instar des investigations échographique ou angéologiques de radiologies. L'avantage terminologique réside dans le fait de ne pas calquer un acte sur une structure.

Une appellation nouvelle existe dans les pays anglosaxons et en Italie: le bloc hybride. Cet espace de soins concerne les actes mini-invasifs et les investigations. Il correspond peu ou prou à nos salles interventionnelles. Il a l'avantage de mieux spécifier que la salle pour les interventions qui y sont conduites ne nécessite pas l'arsenal le plus complet et au plus haut niveau compte tenu du ratio bénéfice/risque.

L'équipe et la préparation du patient. L'opérateur et son assistant(e), infirmier de bloc (Ibode), portent une tenue de bloc et un masque chirurgical. Ils effectuent une friction hydro-alcoolique des mains aux cours des différentes étapes nécessaires. L'opérateur porte des gants stériles. Le patient revêt une surblouse à usage unique, des surchaussures et une charlotte.

## La position d'autres pays

Dans les pays occidentaux (États-Unis, Royaume-Uni, Allemagne, pays scandinaves, Australie, Canada, Pays-Bas...) l'attitude suit le modèle anglo-saxon. Au Royaume-Uni, le document émis en 2022 par The Royal College of Ophthalmologists résume bien la situation. Il n'existe ni obligation directe liée à un type de structure nominalement désignée ni à aucun mode d'activité. En revanche, l'utilisateur est renvoyé à un comportement et à des prises de décision conformes à une liste de recommandations et de demandes constituant une charte ou un guide. Les items sont nombreux et comportent de nombreuses obligations pour l'ophtalmologiste qui se trouve en responsabilité pleine pour le flanc médical et pour l'organisation du soin. La somme des items est le fruit de décennies de responsabilisation directe des médecins et non pas du dispositif de soins. Il n'existe pas de réglementation européenne.

## Conclusion

Une salle blanche (ou salle propre ou encore salle hybride) n'est pas forcément et pas automatiquement liée à un bloc opératoire. Elle se situe dans une structure médicalisée réunissant les conditions techniques nécessaires au processus thérapeutique.

Les prérequis sont multiples : mise à disposition de moyens et de personnels formés, respect des recommandations générales d'entretien et de maintenance, suivi des modalités de prise en charge des patients et enfin, le code déontologie visant à préserver l'indépendance des médecins à l'égard de toute structure ou entreprise financière.

### Pour en savoir plus

- ANSM : rapport sur les complications et effets indésirables du LASIK [https://archiveansm.integra.fr/Dossiers/Chirurgie-refractive-Complications-et-effets-Indesirables-de-la-chirurgie-dite-Lasik/Les-differentes-techniques-de-chirurgie-refractive/\(offset\)/0](https://archiveansm.integra.fr/Dossiers/Chirurgie-refractive-Complications-et-effets-Indesirables-de-la-chirurgie-dite-Lasik/Les-differentes-techniques-de-chirurgie-refractive/(offset)/0)
- BREACK P. Comprendre et concevoir le bloc opératoire. *Éditions Hospihub*, septembre 2018.
- CCLIN OUEST, Guide pour l'évaluation des pratiques d'hygiène au bloc opératoire, T. 2002, 94 p. Salles propres et environnements maîtrisés apparentés. Norme NF S 90-351. Afnor. Juin 2003.
- CPIAS, *Stratégie de surveillance du risque infectieux liée aux surfaces en salle d'intervention chirurgicale ou en secteur interventionnel*, 2021. <https://www.cpias-pdl.com/wp-content/uploads/2018/12/2021-06-02-GUIDE-Strat%C3%A9gie-surv-du-RI-li%C3%A9-aux-surfaces-VFinale-FLG.pdf>
- FDA, *Lasik lasers-Draft guidance for industry and FDA administration staff*, July 2022.
- GENTILI M, JOUFFROY L, PAQUERON X *et al.* Anesthésie en chirurgie ambulatoire Arnette, Paris, 2005.
- German Society of Ophthalmology Evaluation and quality assurance of refractive surgery. *Der Ophthalmologe*, volume 117, pp. 25–35 (2020).
- HAS/ANAP Recommandations organisationnelles pour la sécurité au bloc opératoire Paris, 2013, Paris.
- LEBUISSON D. Organisation de la chirurgie réfractive du presbyte, pp.429-436 in *presbytie B Cochener*, Masson, Paris, 2012.
- NOLLERT G, WICH S, FIGEL A. (12 March 2010). "The Cardiovascular Hybrid OR-Clinical & Technical Considerations". CTSnet. Retrieved 27 January 2014.
- Royal College of Ophthalmologists Professional Standards for Refractive Surgery 2022 [https://www.rcophth.ac.uk > uploads > 2022/03](https://www.rcophth.ac.uk/uploads/2022/03)
- SFAR Tenue vestimentaire au bloc opératoire 2021 Paris.
- SF2H La qualité de l'air au bloc opératoire. Recommandations d'experts. Octobre 2004. 82 p.
- SF2H Blocs opératoires et locaux associés 2018 Fiche 10.11. Service d'hygiène hospitalière. CHU Caen. 2005.
- TOUBOUL D. Les différents lasers utilisés pour la chirurgie réfractive pp.21-30 in *Chirurgie réfractive de la myopie*, Lavoisier, Paris, 2016.
- UNAIBODE. Hygiène au Bloc Opératoire. De la pratique à l'évaluation, 3<sup>e</sup> édition. Mai 2006. Masson.
- WILLIÈME O. Les principes d'hygiène et l'architecture au bloc opératoire ULB 2016 *Hôpital ERASME*.

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

## Complications d'interface du LASIK : comment les prendre en charge



P. PLASSE

Polyclinique Saint Roch, MONTPELLIER.  
plassepauline@gmail.com

Les complications d'interface du LASIK sont moins fréquentes de nos jours du fait de l'amélioration des techniques chirurgicales associant laser femtoseconde et laser Excimer. Il faut cependant savoir les reconnaître et assurer une prise en charge adaptée. La kératite lamellaire diffuse (DLK), l'invasion épithéliale, la central toxic keratopathy (CTK) et la kératite infectieuse font donc l'objet de ces observations.

### Kératite lamellaire diffuse

Autrefois appelée SOS Syndrome, la kératite lamellaire diffuse [1] se définit cliniquement par l'apparition de dépôts de cellules inflammatoires granulaires blanches au sein de l'interface, le plus souvent en périphérie. L'épithélium est intact. Elle se développe au cours de la première semaine postopératoire, le plus souvent au cours du premier ou deuxième jour. Il existe également des cas d'apparition tardive.

La plupart des cas se produisent lors d'épidémies [2]. Les étiologies possibles incluent la contamination des stérilisateur par des endotoxines [3, 4], certains types de gants chirurgicaux [5, 6], certains types de stylos chirurgicaux [7, 8], l'exposition des instruments chirurgicaux à des substances toxiques chimiques [9] et certains détergents d'instruments chirurgicaux [10].

Il conviendra de grader la sévérité et la localisation de l'atteinte afin de réaliser un traitement adapté.

Le grade 1 est défini par des cellules granuleuses blanches à la périphérie du volet cornéen en dehors de l'axe visuel.

Le grade 2 est défini par des cellules granuleuses blanches au centre du volet cornéen impliquant l'axe visuel, la périphérie du volet cornéen ou les deux. Cet aspect peut être le résultat d'une migration des cellules du stade 1. Les grades 1 et 2 suivent une évolution auto-limitée se résolvent en 1 semaine à 10 jours.

La prise en charge consiste à prescrire des stéroïdes topiques (dexaméthasone 0,1 % Dexafree) administrés toutes les heures et une pommade stéroïdienne (dexaméthasone 1 % Sterdex) administrée au coucher. Un suivi toutes les 24-48 heures permettra d'identifier l'absence d'aggravation vers un grade 3. Une décroissance progressive sur plusieurs semaines sera poursuivie (soit environ 1 mois de traitement) [11].

Le grade 3 est un agrégat de cellules plus denses, blanches concentrées dans l'axe visuel central avec un éclaircissement relatif en périphérie. Il y a très souvent une dégradation de l'acuité visuelle d'une à deux lignes et une description de sensation de voile par le patient. La prise en charge consiste à soulever le volet cornéen et à réduire la réaction inflammatoire par irrigation soigneuse du lit stromal et du volet cornéen par solution saline équilibrée et par éponge humide. Un traitement stéroïde intensif horaire sera administré plusieurs jours avec décroissance progressive [11].

Le stade 4 est le résultat d'une kératite lamellaire sévère avec fonte du stroma, cicatrice permanente et dégradation visuelle. L'agrégation des cellules inflammatoires et la libération de collagénase entraînent une collection de liquide dans les lamelles centrales avec formation de

bulles sous-jacentes et perte de volume stromal [11]. On constate un *shift* hypermétrope dû à une perte de tissu central [12].

Le soulèvement du volet cornéen avec irrigation est non recommandé car il peut contribuer à la perte de volume stromal par friabilité du collagène secondaire à la digestion des enzymes collagénolytiques [13]. Ainsi, le traitement reposera sur la prescription de corticostéroïdes horaires à dose décroissante avec surveillance de l'évolution lente sur plusieurs mois.

L'utilisation de stéroïdes systémiques peut être proposée pour les patients de stade 2 évolutif ou stade 3 à une dose de 40 mg à 80 mg par jour, puis rapidement réduit à 20 mg-30 mg par jour dès régression clinique (environ 15 jours de traitement). L'utilisation précoce du traitement corticoïde par voie orale chez ces patients pourrait surseoir à un traitement chirurgical par soulèvement du volet cornéen [14].

## Invasion épithéliale

L'invasion épithéliale est une complication provoquée par une prolifération et une migration de cellules épithéliales à l'interface entre le lit stromal et le volet cornéen ou à une implantation directe de cellules épithéliales au moment de la chirurgie (*fig. 1*). Elle est plus fréquente après traumatisme avec déplacement du volet cornéen, des procédures de retouche chirurgicale ou en cas d'érosion cornéenne récurrente [15-16]. Elle peut être asymptomatique ou créer une déficience visuelle sévère avec astigmatisme irrégulier et fonte stromale du volet cornéen. Elle se présente dans le mois suivant la procédure.



Fig. 1 : Aspect clinique d'invasion épithéliale à la lampe à fente.

L'invasion épithéliale peut être classée en trois grades à l'aide de la classification Probst Machat [17-18]:

- le grade 1 est défini par une croissance interne limitée à moins de 2 mm du bord du volet cornéen sans modification visuelle et sans anomalie constatée au bord du volet cornéen. Cet aspect clinique peut être placé sous simple surveillance hebdomadaire car non évolutif;
- le grade 2 est représenté par une croissance interne plus épaisse à moins de 2 mm du bord libre du volet cornéen avec un bord du volet cornéen enroulé/ gris. Il n'y a pas de fusion ou érosion du bord du volet cornéen. Il nécessite un traitement non urgent dans un délai de 2 semaines à 3 semaines;
- le grade 3 se caractérise par une croissance interne de plus de 2 mm au bord du volet cornéen associé à un enroulement des bords du volet cornéen avec aspect blanc-grisâtre épais. Il existe des zones de fusion. Il nécessite un traitement urgent.

Actuellement, il existe une tendance à faire la différence entre une invasion épithéliale légère non cliniquement significative et une invasion épithéliale sévère avec perte d'acuité visuelle, astigmatisme important, changements topographiques, fonte du volet cornéen ou symptômes comme une sensation de corps étranger. Le traitement n'est pas nécessaire dans les invasions épithéliales légères avec nids isolés de cellules épithéliales sans progression ou répercussion visuelle [15]. En cas d'invasion épithéliale sévère, la chirurgie est obligatoire.

Le traitement chirurgical consiste à éliminer la croissance épithéliale par soulèvement du volet cornéen et grattage par instruments émoussés ou micro-éponges des cellules épithéliales du lit stromal et de la surface inférieure du volet cornéen, en évitant tout traumatisme épithélial. Une lentille thérapeutique sera mise en place, puis retirée à une semaine [16, 19-21]. Certains chirurgiens réalisent un soulèvement partiel du volet cornéen dans le cadre d'une invasion épithéliale périphérique [22].

Le patient doit être informé du risque de récurrence de l'invasion épithéliale (jusqu'à 44 %), qui peut nécessiter un traitement additionnel [19].

En cas de récurrence, des traitements d'appoint peuvent être proposés pour réduire le risque de récurrence. Des traitements adjuvants tels que l'éthanol, la mitomycine C, la photokératectomie thérapeutique ont été

décrits [19, 20, 23], mais leur utilisation est controversée à cause de leur toxicité.

La suture du volet cornéen ou le collage par fibrine après élimination des cellules épithéliales permet de créer une adhésion étroite et réduit le risque de récurrence [19, 22, 24-26]. Les techniques de suture décrites sont variables : 5 sutures à 11 sutures de Nylon 10/0 ou suture anti-torsion 11/0. Les sutures seront retirées 1 semaine à 8 semaines après la chirurgie [15, 22, 26-27]. Il existe également des rapports faisant mention de l'utilisation de membrane amniotique en prévention de la croissance épithéliale ou en cas de lésion/fente du volet cornéen [28-30].

Enfin, l'utilisation du laser YAG à faible énergie (0,6 mJ) est une alternative pour les cas non avancés, mais nécessite souvent une retouche [31-32].

## Central toxic keratopathy

La Central toxic keratopathy (CTK) est une opacification toxique non inflammatoire du lit stromal étendue postérieurement (*fig. 2*). Elle survient plus tardivement entre 3 jours et 9 jours après laser réfractif LASIK et est aussi possible après PKR. Elle est souvent associée à la kératite lamellaire diffuse [33]. Cliniquement, elle se manifeste par une opacité blanchâtre centrale du stroma avec stries stromales responsables d'une baisse d'acuité visuelle.

L'étiologie est indéterminée mais est probablement multifactorielle par photo-activation de substance toxique. La réaction toxique semble être catalysée par photo-activation au laser de la povidone iodée, les sécrétions meibomiennes, le talc des gants chirurgicaux au latex [34] ou les débris chirurgicaux de la lame du microkératome [35]. L'apoptose des kératocytes entraîne un aplatissement central de la cornée responsable d'un *shift* hypermétropique [36].

La DLK et la CTK présentent des caractéristiques communes, notamment une réduction de la clarté cornéenne et un *shift* hypermétropique. Cependant, l'opacification dans le cadre de la DLK apparaît de manière plus précoce et est strictement limitée à l'interface. Elle pourra donner lieu à une réaction inflammatoire avec hyperhémie conjonctivale, réaction de chambre antérieure, rougeur ciliaire [36]. Elle sera sensible au traitement corticoïde.



Fig. 2 : Aspect clinique de CTK à la lampe à fente.

La résolution spontanée à moyen terme en 2 mois à 18 mois est possible, et un traitement antioxydant peut améliorer la récupération visuelle [36].

Les traitements à base de stéroïdes empêchent la reconstruction de la matrice extracellulaire par les kératocytes et fibroblastes. Il est contre-indiqué de réaliser un soulèvement du volet car il peut majorer l'apoptose des kératocytes et donc l'hypermétropisation. Cependant, cette prise en charge reste discutée. En effet, une étude montre un aplatissement et un amincissement de la cornée moins important chez les patients ayant subi une prise en charge chirurgicale par soulèvement du volet cornéen et irrigation par rapport à un traitement non chirurgical [37].

La vitamine C (4 g/j) et le coenzyme Q10 (200 mg/j) favorisent le dépôt de matrice extracellulaire et la prolifération de cellules souches [36]. La doxycycline peut également favoriser les effets prolifératifs [38].

Enfin, un traitement réfractif à distance pourra être proposé pour corriger une hypermétropie résiduelle.

## Kératite infectieuse

Les publications distinguent les kératites infectieuses post-LASIK d'apparition précoce (survenant les deux premières semaines après la chirurgie) et celles d'apparition tardive (survenant de 2 semaines à 3 mois après la chirurgie) (*fig. 3*). Les organismes observés dans les kératites infectieuses précoces sont les staphylocoques et les streptocoques. Les organismes observés dans les

kératites infectieuses tardives sont opportunistes comme les champignons et les mycobactéries atypiques.

Il n'est pas recommandé de traitement empirique d'emblée car la plupart des organismes sont opportunistes et ne répondent pas à la thérapie conventionnelle [39].

On réalisera un soulèvement du volet cornéen afin de réaliser un grattage cornéen et une mise en culture adaptée. On pourra réaliser un rinçage de l'interface avec de la vancomycine 50 mg/mL pour les cas de kératite précoce ou avec de l'amikacine 35 mg/mL pour les cas de kératite tardive. Lorsque les cultures sont négatives et que l'infection s'aggrave, on pourra réaliser une biopsie cornéenne ou une PCR [39].

L'American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) recommande l'utilisation de collyres fortifiés par céphalosporine de 4<sup>e</sup> génération (gatifloxacine à 0,3 % ou moxifloxacine 0,5 %) associé à de la céfazoline 50 mg/mL à dose horaire pour les cas de kératite précoce. Si un patient travaille en milieu hospitalier, le risque de staphylocoque aureus résistant à la méticilline (SARM) est plus probable, et justifie l'utilisation de collyres fortifiés par fluoroquinolone de 4<sup>e</sup> génération associée à de la vancomycine 50 mg/mL. Il sera associé un traitement par doxycycline orale 100 mg deux fois par jour. Le traitement par corticoïdes sera stoppé.

Pour les kératites d'apparition tardives, il est recommandé un traitement par collyre fortifié de type



Fig. 3 : Aspect clinique de kératite infectieuse à la lampe à fente.

amikacine 35 mg/mL associé à une fluoroquinolone de 4<sup>e</sup> génération à dose horaire.

De la même manière, un traitement par doxycycline 100 mg deux fois par jour sera instauré et le traitement par corticoïde sera stoppé [39].

L'American Academy of Ophthalmology (AAO) recommande un traitement par collyres fortifiés type Vancomycine 50 mg/mL + tobramycine (14 mg/mL) ou une fluoroquinolone de 4<sup>e</sup> génération (gatifloxacine ou moxifloxacine).

En cas de mycobactérie atypique, il sera utilisé de la clarithromycine (10 mg/mL) locale, et la clarithromycine orale (500 mg) et de l'amikacine topique (8 mg/mL). En cas de kératite fongique, on proposera de la natamycine (50 mg/mL) et de l'amphotéricine B (1,5 mg/mL) [40].

Il n'y a pas de consensus français concernant les collyres antibiotiques à utiliser en cas de kératite infectieuse. Ainsi, compte tenu de la disponibilité différente des molécules sur notre territoire, il sera proposé un traitement probabiliste fortifié horaire donné à titre indicatif :

- pipéracilline (20 mg/mL) + gentamycine (15 mg/mL) + vancomycine (50 mg/mL);
- cefazidime (20 mg/mL) + vancomycine (50 mg/mL);
- céfazoline (50 mg/mL) + tobramycine (20 mg/mL) [41].

Le recours à une kératoplastie est parfois nécessaire surtout pour les agents pathogènes de spectre atypique [42].

## Bibliographie

1. SMITH RJ, MALONEY RK. Diffuse lamellar keratitis. A new syndrome in lamellar refractive surgery. *Ophthalmology*, 1998; 105:1721-1726.
2. BIGHAM M, ENNS CL, HOLLAND SP *et al.* Diffuse lamellar keratitis complicating laser *in situ* keratomileusis: postmarketing surveillance of an emerging disease in British Columbia, Canada. *J Cataract Refract Surg*, 2005; 31:2340-2344.
3. HOLLAND SP, MATHIAS RG, MORCK DW *et al.* Diffuse lamellar keratitis related to endotoxins released from sterilizer reservoir biofilms. *Ophthalmology*, 2000; 107:1227-1233; discussion 33-34.
4. VILLARRUBIA A, PALACIN E, GOMEZ DEL RIO M *et al.* Description, etiology, and prevention of an outbreak of diffuse lamellar keratitis after LASIK. *J Refract Surg*, 2007; 23:482-486.
5. HOFFMAN RS, FINE IH, PACKER M *et al.* Surgical glove-associated diffuse lamellar keratitis. *Cornea*, 2005; 24:699-704.

6. LAZARO C, PEREA J, ARIAS A. Surgical-glove-related diffuse lamellar keratitis after laser *in situ* keratomileusis: long-term outcomes. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32:1702-1709.
7. ROSMAN M, CHUA WH, TSENG PS *et al.* Diffuse lamellar keratitis after laser *in situ* keratomileusis associated with surgical marker pens. *J Cataract Refract Surg*, 2008; 34:974-979.
8. HADDEN OB, MCGHEE CN, MORRIS AT *et al.* Outbreak of diffuse lamellar keratitis caused by marking-pen toxicity. *J Cataract Refract Surg*, 2008; 34:112-1124.
9. SHEN YC, WANG CY, FONG SC *et al.* Diffuse lamellar keratitis induced by toxic chemicals after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32:114-1150.
10. YUHAN KR, NGUYEN L, WACHLER BS. Role of instrument cleaning and maintenance in the development of diffuse lamellar keratitis. *Ophthalmology*, 2002; 109:400-403; discussion 3-4.
11. LINEBARGER EJ, HARDTEN DR, LINDSTROM RL. Diffuse lamellar keratitis: diagnosis and management. *J Cataract Refract Surg*, 2000; 26:1072-1077.
12. DADA T, PANGTEY MS, SHARMA N *et al.* Hyeropic shift after LASIK induced diffuse lamellar keratitis. *BMC Ophthalmol*, 2006; 6:19.
13. LAM DSC, LEUNG ATS, WU JT *et al.* Culture-negative ulcerative keratitis after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 1999;25:1004-1008.
14. HOFFMAN RS, FINE IH, PACKER M. Incidence and outcomes of lasik with diffuse lamellar keratitis treated with topical and oral corticosteroids. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29:451-456.
15. GÜELL JL, VERDAGUER P, MATEU-FIGUERAS G *et al.* Epithelial ingrowth after LASIK: visual and refractive results after cleaning the interface and suturing the lenticule. *Cornea*, 2014;33:1046-1050.
16. WALKER MB, WILSON SE. Incidence and prevention of epithelial growth within the interface after laser *in situ* keratomileusis. *Cornea*, 2000;19:170-173.
17. NEFF KD, PROBST LE. LASIK complications. In: KRACHMER JH, MANNIS MJ, HOLLAND EJ, eds. *Cornea: surgery of the cornea and conjunctiva*. 3<sup>rd</sup> ed. St. Louis, MO: Mosby, 2011:1861-1882.
18. PROBST LE, MACHATT JJ. Epithelial ingrowth following LASIK. In: Machatt JJ, Slade SG, Probst LE, editors. *The Art of LASIK*. 2<sup>nd</sup> ed *Thorofare*, NJ: Slack; 1999. p. 427-433.
19. WANG MY, MALONEY RK. Epithelial ingrowth after laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2000;129:746-751.
20. HELENA MC, MEISLER D, WILSON SE. Epithelial growth within the lamellar interface after laser *in situ* keratomileusis (LASIK). *Cornea*, 1997;16:300-305.
21. LAHNERS WJ, HARDTEN DR, Lindstrom MD *et al.* "Alcohol and Mechanical Scraping for Epithelial In-Growth Following Laser *in situ* Keratomileusis." *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2005;21:148-151.
22. RAPUANO CJ. Management of epithelial ingrowth after laser *in situ* keratomileusis on a tertiary care cornea service. *Cornea*, 2010;29:307-313.
23. Haw WW, Manche EE. Treatment of progressive or recurrent epithelial ingrowth with ethanol following laser *in situ* keratomileusis. *J Refract Surg*, 2001;17:63-68.
24. WARING GO. Epithelial ingrowth after laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2001;131:402-403.
25. ANDERSON NJ, HARDTEN DR. Fibrin glue for the prevention of epithelial ingrowth after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2003;29:1425-1429.
26. NARVÁEZ J, CHAKRABARTY A, CHANG K. Treatment of epithelial ingrowth after LASIK enhancement with a combined technique of mechanical debridement, flap suturing, and fibrin glue application. *Cornea*, 2006;25:1115-1117.
27. ROJAS MC, LUMBA JD, MANCHE EE. Treatment of epithelial ingrowth after laser *in situ* keratomileusis with mechanical debridement and flap suturing. *Arch Ophthalmol*, 2004;122:997-1001.
28. LEE ES, LEE HK, CRISTOL SM *et al.* Amniotic membrane as a biologic pressure patch for treating epithelial ingrowth under a damaged laser *in situ* keratomileusis flap. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:162-165.
29. AZAR G, DOAN S, COCHEREAU I *et al.* Management of post- LASIK recurrent epithelial ingrowth with flap melting using annular amniotic membrane graft. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:2207-2208.
30. KWON KY, Ji YW, LEE J *et al.* Inhibition of recurrence of epithelial ingrowth with an amniotic membrane pressure patch to a laser *in situ* keratomileusis flap with a central stellate laceration: a case report. *BMC Ophthalmol*, 2016;16:111.
31. LINDFIELD D, ANSARI G, POOLE T "Nd:YAG laser treatment for epithelial ingrowth after laser refractive surgery." *Ophthalmic surg Lasers Imaging*. 2012;43:247-249.
32. KIM JM, GOEL M, PATHAK A. Epithelial ingrowth - Nd:YAG laser approach. *Clin Exp Ophthalmol*, 2014;42:389-390.
33. ALBOU-GANEM C, COCHENER-LAMARD B. Chirurgie réfractive de la myopie, 1. Paris: *Lavoisier Médecine sciences*, 2017. p. 123-125.
34. SONMEZ B, MALONEY RK. Central toxic keratopathy: description of a syndrome in laser refractive surgery. *Am J Ophthalmol*, 2007;143:420-427.
35. MOSHIRFAR M, KURZ C, GHAJARNIA M. Contact lens-induced keratitis resembling central toxic keratopathy syndrome. *Cornea*, 2009;28:1077-1080.
36. MOSHIRFAR M, HAZIN R, KHALIFA YM. Central toxic keratopathy. *Curr Opin Ophthalmol*, 2010;2:274-279.
37. MOSHIRFAR M, MACGREGOR N, WEST W *et al.* Five-year occurrence and management of central toxic keratopathy after femtosecond laser-assisted LASIK. *J Refract Surg*, 2021;37:25-31.
38. YIM CK, ZHU D. Central toxic keratopathy in siblings after laser-assisted keratomileusis: case report and literature review. *Cornea*, 2022;41:640-643.
39. DONNENFELD ED, KIM T, HOLLAND EJ *et al.* ASCRS White Paper: Management of infectious keratitis following laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2005; 31: 2008-2011.
40. RAPUANO CJ, BELIN MW, BOXER-WACHLER BS *et al.* Refractive surgery. Basic and Clinical Science Course, Section 13. *San Francisco CA. AAO* 2009-2010.
41. BOURCIER T, SAUER A, SALEH M *et al.* Kératites bactériennes. *EMC - Ophthalmologie*, 2013;10:1-9 [Article 21-200-D-22].
42. LINKE SJ *et al.* Infektiöse Keratitis nach... *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 2011;228:531-536.

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

## Questionnaire de pratique

### Quand la cornée est fine

#### Cas clinique 1

Un patient de 30 ans consulte pour une chirurgie réfractive. Il présente une réfraction de  $-4$  à chaque œil, une topographie cornéenne strictement normale avec une kératométrie moyenne à 42.

Il n'est pas allergique et n'a aucun antécédent familial ophtalmologique particulier.

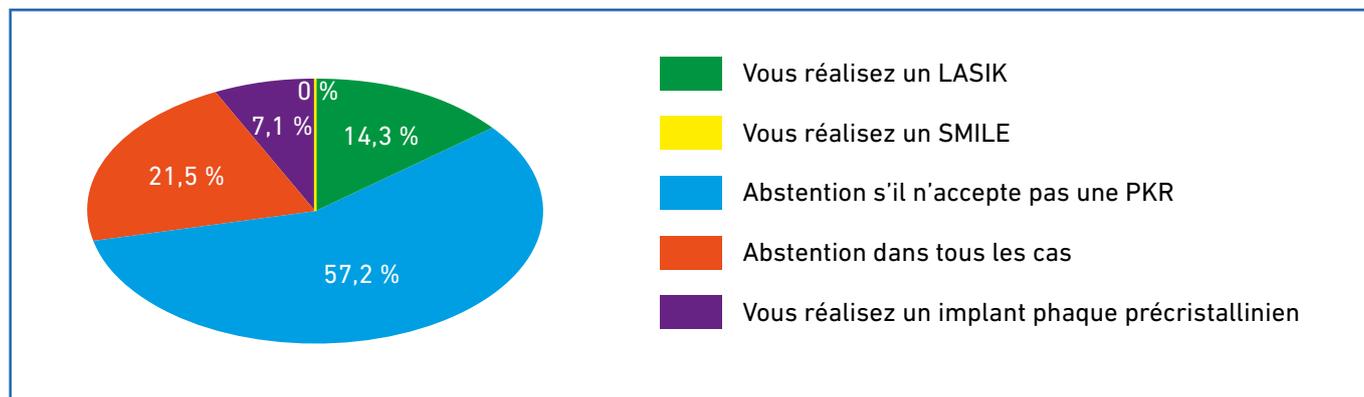
Sa pachymétrie est de 478 microns. Il ne souhaite pas de PKR, car des proches lui ont déconseillé cette chirurgie en raison des douleurs postopératoires.

#### Quel type de chirurgie lui proposez-vous ?

1. Vous réalisez un LASIK
2. Vous réalisez un SMILE
3. Abstention s'il n'accepte pas une PKR
4. Abstention dans tous les cas
5. Vous réalisez un implant phaqué précristallinien

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants: 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires
J. Couillet	3	Pas de LASIK sur une pachy fine < 500 $\mu$ . PRK + MMC si pachy finale postop (épithélium inclus) > 400 $\mu$ . Discuter ensuite ICL, si motivé et PCA suffisante.
V. Dimeglio	3	J'essaie de le convaincre de faire une PKR, pour son meilleur bénéfice-risque par rapport à l'implant phaqué. La douleur se gère bien avec sophrologie, antalgiques, anxiolytiques, lentille. S'il refuse, je propose un implant phaqué et je l'adresse à Pierre Lévy, qui a la meilleure expérience dans ce domaine.
L. Gauthier	1	Il reste au-delà de 300 $\mu$ de mur postérieur, au-delà de 30 ans et n'est pas astigmaté.
B. Ameline	3	J'argumenterais lourdement pour lui faire une PKR (ce qui est possible en réduisant au besoin la ZO à 6 mm). LASIK et SMILE exclus en raison de la pachymétrie. Ce patient doit être pusillanime et exigeant. S'il refuse, je préférerais en rester là et lui conseiller les lentilles.

Répondeurs	N° réponse	Commentaires (suite)
<b>P. Bouchut</b>	<b>1</b>	Un LASIK capot fin respecterait TPA et mur post à 300 µ, mais on serait hors recommandations de bonnes pratiques ; un SMILE consomme plus de tissu et la découpe serait plus profonde avec mêmes risques d'ectasie.
<b>B. Briat</b>	<b>5</b>	Implant phaqué si demande expresse, intolérance LDC, métier ou sport sans port de correction optique demandé.
<b>M. Le Loir</b>	<b>3</b>	Contre-indication du LASIK et SMILE pour ce traitement myopique avec une pachy < 500 µ. Excellent ratio B/R de la PKR. Réassurance et management rapproché péri-opératoire pour convaincre le patient.
<b>P. Lévy</b>	<b>5</b>	Jamais de LASIK ou SMILE sur une telle pachymétrie. J'essaie de rester factuel sur la PKR que je dédramatise. Implants phaqué sans arrière-pensée si PCA au moins 2,80 mm.
<b>L. Trinh</b>	<b>3</b>	J'évite les implants phaqué en cas de faible amétropie pour le ratio bénéfice/risque, je lui conseille de rester en lentilles.
<b>N. Mesplié</b>	<b>5</b>	PKR, car théoriquement moins risquée qu'un implant phaqué et budgétairement plus accessible... L'implant reste une bonne alternative. Pas de LASIK ou SMILE.
<b>A. Denoyer</b>	<b>3</b>	Je réexplique le postop de la PKR. Réponse 5 possible, mais dommage de réaliser deux chirurgies endoculaires pour ça (et ACD > 3 mm?). La crainte de la douleur est parfois un marqueur de manque de motivation aussi...
<b>D. Piétrini</b>	<b>5</b>	Pour les petites amétropies, l'implant phaqué reste une excellente alternative à la chirurgie cornéenne.

## Cas clinique 2

Un patient de 30 ans consulte pour une chirurgie réfractive avec une réfraction de +4 à chaque œil, une topographie cornéenne strictement normale avec une kératométrie moyenne à 42.

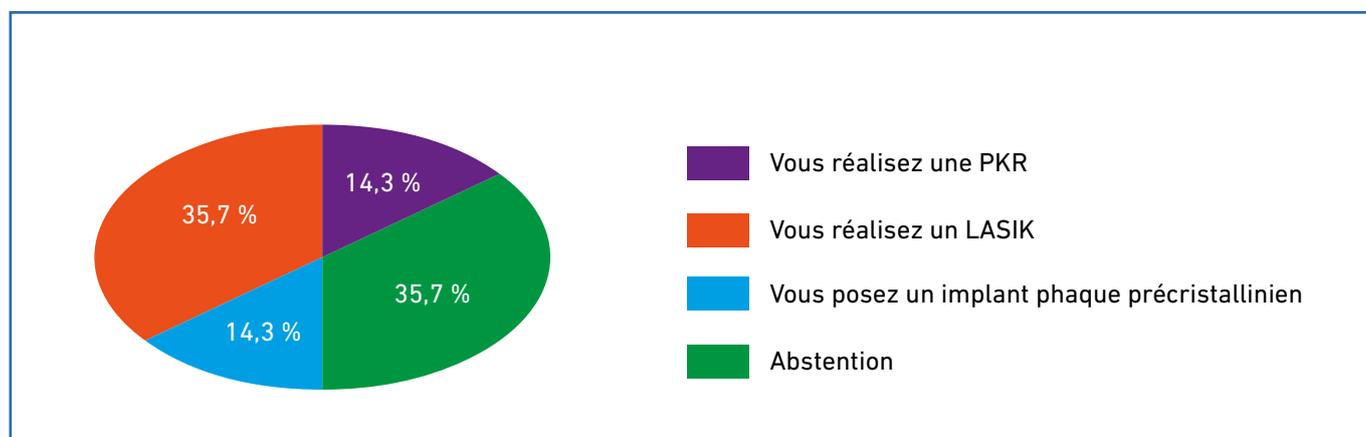
Il n'est pas allergique et n'a aucun antécédent familial ophtalmologique particulier. Sa pachymétrie centrale est de 478 microns et sa pachymétrie périphérique à 3,5 mm du centre de la pupille où l'ablation périphérique hypermétrique serait maximale est de 560 microns.

### Quel type de chirurgie lui proposez-vous ?

1. Vous réalisez une PKR
2. Vous réalisez un LASIK
3. Vous posez un implant phaqué précristallinien
4. Abstention

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants : 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires
V. Dimeglio	4	Par principe, quelle que soit la réfraction, je ne découpe pas de cornée en dessous de 500 µ et une PKR hypermétropique ne garantit pas une bonne stabilité dans le temps.
L. Gauthier	2	Il n'y a pas de problème de mur postérieur résiduel et l'association génétique hypermétrope kératocône est exceptionnelle.
B. Ameline	3	Contre-indication du LASIK à cause de la pachymétrie centrale (les ectasies sont possibles sur correction hypermétropique). Résultats aléatoires de la PKR hypermétropique. Je compléterais le bilan et je discuterais des implants phaques.
P. Bouchut	2	Peu de risque d'ectasie pour l'hypermétrope.
B. Briat	3	Implant phaques si bien sûr la biométrie (ACD) le permet chez l'hypermétrope, pachymétrie centrale largement inférieure à 500 µ avec <i>flap</i> obligatoire sur hypermétropie de 4 D.
M. Le Loir	2	PKR inefficace. Femto LASIK avec capot standard (et non aminci) de 110 µ. Rappel de la proscription <i>ad vitam</i> des frottements oculaires. L'implantation ICL se discute si biométrie favorable.
P. Lévy	2	Pas de LASIK à cause de la découpe (et pas de l'ablation tissulaire). Pas de PKR sur hypermétropie. Implants phaques si PCA > 2,80 mm avec iridotomie Yag au préalable.
L. Trinh	2	Je n'ai pas de problème à proposer un LASIK même sur cornée fine si la topo est normale.
N. Mesplié	2	La PKR donne des résultats peu prédictibles en hypermétropie. Une cornée fine n'est pas une contre-indication au LASIK, mais un point d'appel... Les ectasies post-LASIK hypermétropique sont rarissimes...
A. Denoyer	1	PKR avec mitomycine-C possible avec risque de régression important dont il faut informer le patient ++ (en plus du haze périphérique). Pas de LASIK, car pachy centrale fine = risque d'ectasie quel que soit le profil d'ablation.
D. Piétrini	1	Dans le doute, la PKR garde les mêmes indications que le LASIK.

### Cas clinique 3

Un patient de 30 ans consulte pour une chirurgie réfractive. Il présente une réfraction de -2 à chaque œil une topographie cornéenne strictement normale avec une kératométrie moyenne à 42.

Il n'est pas allergique et n'a aucun antécédent familial ophtalmologique particulier.

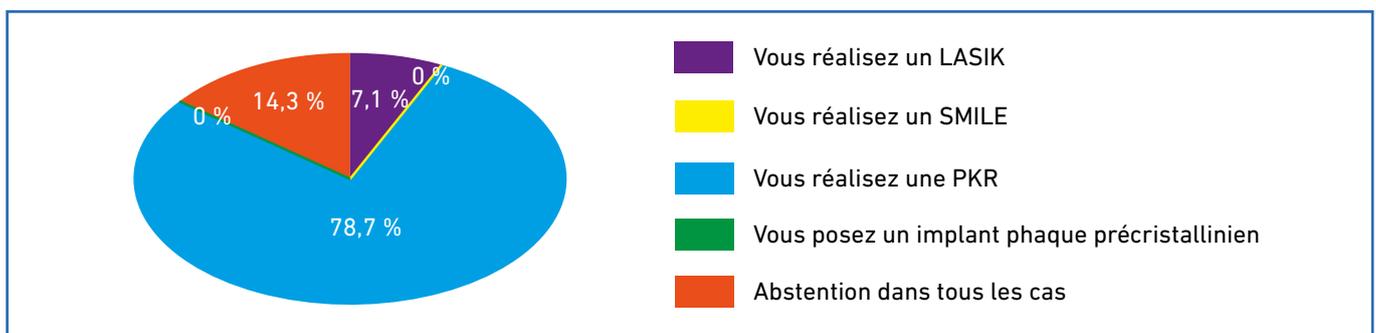
Sa pachymétrie est de 448 microns.

### Quel type de chirurgie lui proposez-vous ?

1. Vous réalisez LASIK
2. Vous réalisez un SMILE
3. Vous réalisez une PKR
4. Vous posez un implant phaques précristallinien
5. Abstention dans tous les cas

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants: 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires
J. Couillet	3	Si pachy post OP (épithélium inclus) > 400 µ.
B. Ameline	4	La pachymétrie autorise la PKR (au besoin en réduisant la ZO à 6 mm), ce qui laisserait une épaisseur stromale supérieure à 350 µ.
P. Bouchut	5	Une cornée très fine est globalement à risque, en dessous de 450 µ. Mais certains proposeraient une PKR ou LASIK.
B. Briat	3	PKR avec ablation autour de 30 µ avec tissu <i>saving</i> respectant les 400 µ postopératoires.
M. Le Loir	3	PKR permettant un faible pourcentage de tissu ablaté.
P. Lévy	3	PKR me semble complètement légitime sur cornée fine topographiquement normale.
L. Trinh	5	Je ne propose pas d'implant phaqué avec une correction si faible. Je lui conseille de rester en lentille. Pas de PKR avec une pachy < 470 µ.
N. Mesplié	3	Sur un traitement myopique faible, la PKR est comparable aux autres techniques en termes de résultats réfractifs et modifie beaucoup moins la biomécanique d'une cornée...
A. Denoyer	3	Si on veut être très prudent, on peut refaire une topo un an après pour vérifier la stabilité avant la chirurgie, pas indispensable à 30 ans, nécessaire si le patient avait 22 ans.

## Cas clinique 4

Un patient de 37 ans consulte pour une chirurgie réfractive. Il a été opéré il y a dix ans d'une myopie de -6.

Il présente une réfraction de -2 à chaque œil, une topographie cornéenne strictement normale avec une photoablation centrée sans aucun signe d'ectasie et avec une kératométrie moyenne à 38.

Il n'est pas allergique et n'a aucun antécédent familial ophtalmologique particulier.

Sa pachymétrie totale est de 420 microns; vous avez accès à ses données opératoires la pachymétrie initiale était de

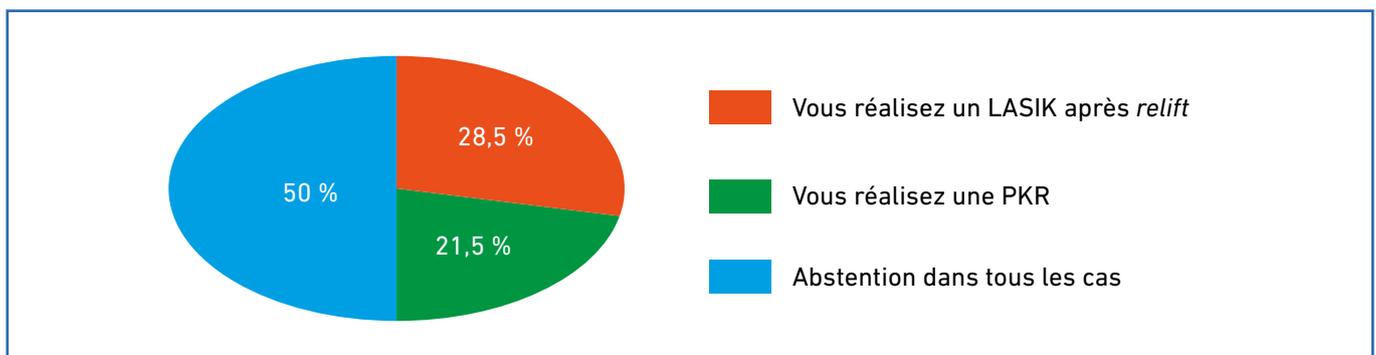
510 microns le *flap* avait été réalisé au laser femtoseconde programmé à 100 microns ce qui est confirmé par l'OCT de segment antérieur. Le mapping épithélial montre une épaisseur épithéliale centrale de 70 microns.

### Quel type de chirurgie lui proposez-vous ?

1. Vous réalisez LASIK après *relift*
2. Vous réalisez une PKR
3. Abstention dans tous les cas

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants: 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires
J. Couillet	2	Jamais de <i>relift</i> pour moi après dix ans. Pachy trop line pour une retouche en LASIK. PRK + MMC obligatoire.
V. Dimeglio	3	Kératométrie déjà plate, Pachy fine, rien ne prouve qu'il s'agit d'une simple régression. Il peut faire une ectasie future.
L. Gauthier	1	Le LASIK réalisé il y a de nombreuses années est le meilleur test de stabilité cornéenne.
B. Ameline	3	L'épaisseur stromale au centre est de 420-70 $\mu$ = 350 $\mu$ , ce qui ne laisse aucune place pour une ablation même en PKR (à noter que le mur postérieur doit déjà moins de 250 $\mu$ ).
P. Bouchut	4	Pas de <i>relift</i> , car PTA non respecté, pas de PKR, car hyperplasie épithéliale risquant de rendre aléatoire le résultat réfractif.
B. Briat	3	L'ajustement par LASIK laisserait un mur postérieur < à 300 $\mu$ et en PKR < 400 $\mu$ , malgré un tissu <i>saving</i> et jeu sur la ZO, Km post-op autour des 35/36 avec qualité de vision altérée.
M. Le Loir	2	Risque d'invasion épithéliale et mur stromal résiduel "limite" en cas de LASIK. La PKR sur le flap aurait un impact biomécanique minime et gommerait l'hyperplasie épithéliale centrale.
P. Lévy	1	Le taux de tissus ablaté est inférieur à 40 % même si l'on rajoute une ablation pour deux dioptries. L'ectasie, si elle avait dû avoir lieu, se serait déjà produite. Je ne serais pas opposé non plus à lui proposer pour éviter le risque d'IE une PKR mitomycine. À discuter avec le patient.
L. Trinh	1	<i>Relift</i> prudent et prévenir du risque d'invasion épithéliale +++, meilleure technique dans ce cas.
N. Mesplié	2	On dépasse les 300 $\mu$ de mur stromal résiduel... S'il y a régression, on peut espérer que le patient débute sa presbytie... PKR mito.
A. Denoyer	1	Hyperplasie épithéliale centrale essentiellement responsable de la régression... Pas de PKR sur capot, car risque de nouvelle régression et de Haze. Reprise LASIK même si stroma résiduel postérieur un peu < 300 $\mu$ .
D. Piétrini	3	Un traitement de surface ou sous un volet est difficilement compatible avec un objectif de sécurité d'un lit stromal résiduel supérieur ou égal à 300 $\mu$ et/ou d'une pachymétrie centrale supérieure ou égale à 400 $\mu$ .

## Intérêt de l'adaptation test en lentilles de contact avant chirurgie réfractive



### C. ALBOU-GANEM

Ancienne Vice-Présidente de la SFO (Société Française d'Ophtalmologie)  
Ancienne Présidente de la SAFIR (Société de l'Association Française des Implants et de la réfractive)  
Présidente et fondatrice de la SoFem (Société Ophtalmologique Féminine)  
Chirurgien Ophtalmologiste  
Centre Ophtalmologique Étoile  
Clinique de la vision/One Clinic  
cati@albou-ganem.com

La chirurgie réfractive permet de corriger toutes les amétropies : au laser, avec les implants phaqes ou avec les implants pseudophaques dans une chirurgie du cristallin (clair ou cataracté).

Le confort visuel et la qualité de vision se rapprochent de ceux obtenus avec les lentilles de contact. La question est de savoir s'il est judicieux et utile de proposer des lentilles de contact avant la chirurgie réfractive. Le problème se pose essentiellement chez les patients après 40 ans, lorsqu'une chirurgie cornéenne de la presbytie doit être associée à la correction de l'amétropie ou lorsqu'un implant multifocal ou à profondeur de champ est envisagé. En effet, l'essai de lentilles avant une chirurgie réfractive chez le patient jeune, myope ou hypermétrope, avec ou sans astigmatisme, est peu utile.

Si l'emmétropie souhaitée est obtenue, comme c'est le cas après photo-ablation actuellement, si la chirurgie est non compliquée et la zone optique adaptée à la morphologie de cornée et au diamètre de la pupille, le patient bénéficiera d'un confort de vision équivalent voire supérieur à

celui obtenu avec sa correction par lunettes. Le problème est différent chez le patient presbyte, en particulier chez l'emmétrope.

### Prévalence presbytie

Plus de 2,5 milliards de personnes sont presbytes et l'Europe compte plus de 7 millions de nouveaux presbytes par an. La correction de ces patients constitue donc un problème de santé publique, que la correction soit optique ou chirurgicale.

### Bilan pré-opératoire réfractif et chirurgie

#### 1. La réfraction

Une attention particulière est accordée à l'examen fonctionnel de la réfraction subjective. Il est capital de déterminer la meilleure acuité visuelle corrigée du patient. La méthode du "brouillard" et le test duochrome au cours de l'examen réfractif précisent la meilleure acuité visuelle corrigée et dépistent tout spasme accommodatif. Il est d'usage chez le patient hypermétrope de déterminer la réfraction la plus saturée possible. Un réfracteur automatique en vision de près et de loin aide à la rapidité de l'examen et à la précision des réponses du patient.

Dans le cas de l'hypermétropie, l'étude de la réfraction subjective est complétée par un examen sous cycloplégique. Chez le patient hypermétrope presbyte, une attention particulière est accordée aux faibles hypermétropies, pour lesquelles il n'est pas rare de constater des spasmes accommodatifs relativement importants, masquant ainsi une hypermétropie plus importante.

#### 2. Étude de l'équilibre binoculaire

La vision binoculaire du candidat à la chirurgie réfractive de la presbytie, en particulier s'il est hypermétrope, doit être examinée avec attention car la part accommodative

peut être importante et, dans certains cas, interroge l'indication opératoire. Le patient doit également être informé des décompensations réfractives ou sensorimotrices postopératoires possibles.

### 3. La dominance oculaire et la tolérance à la bascule

Chez le patient presbyte, l'addition optimale doit être adaptée, la dominance oculaire déterminée pour anticiper une indication de correction ablative par bascule, l'œil dominant étant généralement dédié à la vision de loin et l'œil dominé à la vision de près. La tolérance à la micromonovision doit être vérifiée. Il est conseillé de confronter plusieurs tests pour être certain du résultat. On retient notamment :

- le test de l'œil de visée qui détermine l'œil préféré de visée en binoculaire à l'aide du test de la carte trouée ou du viseur de l'appareil de photo ;
- le test du flou préférentiel avec l'interposition alternée d'un verre de +1,5 dioptrie en vision binoculaire de loin. L'œil dominé, qui sera corrigé en vision de près, est celui pour lequel le verre interposé gêne le moins la vision binoculaire corrigée en vision de loin.

Si le patient n'a pas conscience de cette différence, il est dit tolérant à la micromonovision. En cas d'intolérance réduire l'anisométrie. L'évaluation au réfracteur représente le pire des cas car elle ne tient pas compte de l'augmentation de la profondeur de champ induite par le profil d'ablation. On peut également inverser l'anisométrie pour voir si la tolérance est meilleure avec un brouillage de 1,5 D de l'œil dominant.

### Indications de l'essai en lentilles

#### ● Avant une chirurgie ablative

L'indication d'une chirurgie ablative se discute essentiellement après 40 ans, lorsque le patient est presbyte. Si l'œil de visée a été déterminé avec certitude et que le patient supporte sans inconfort le flou préférentiel, l'essai en lentilles de contact est inutile. Dans le cas contraire, et avant de contre-indiquer la chirurgie, un essai en lentilles de contact doit être proposé, en choisissant un concept qui se rapproche de celui utilisé pour la chirurgie (la monovision), l'hypermétropie saturée ou les lentilles multifocales à vision simultanée sur les deux yeux ou seulement sur l'œil dominé.

L'essai est particulièrement utile chez le patient emmétrope très attaché à conserver une bonne qualité de vision de loin. Une lentille unilatérale sur l'œil dominé lui permettra de tester son confort dans différentes situations.

#### ● Avant une chirurgie du cristallin

L'adaptation avant une chirurgie du cristallin est plus rarement proposée. En effet, si l'acuité visuelle est très abaissée, le patient aura des difficultés à évaluer le confort obtenu par une monovision ou par des lentilles progressives. En revanche, une adaptation test peut éventuellement être proposée :

- chez le patient emmétrope presbyte de plus de 55 ans souhaitant s'affranchir de sa correction et à qui il peut être proposé une ablation du cristallin clair avec implantation multifocale uniquement sur l'œil dominé. L'objectif est d'éviter chirurgie bilatérale, qui risque de diminuer la qualité de vision de loin du patient. Une lentille multifocale placée sur l'œil dominé permet d'évaluer l'éventuelle gêne de loin en vision binoculaire. Si le patient ne se trouve pas pénalisé et conserve sa qualité de vision de loin, il est possible de proposer une chirurgie du cristallin clair avec implant multifocal uniquement de l'œil dominé ;
- chez le patient candidat à un implant multifocal bilatéral ayant un cristallin peu dense.

Les lentilles à vision simultanée, fondées sur la discrimination cérébrale, et dont le système optique comporte plusieurs distances focales qui contribuent simultanément à la formation des images, se rapprochent au mieux de l'implantation multifocale.

### Conclusion

Le confort visuel et la qualité de vision obtenus après chirurgie réfractive cornéenne au laser se rapprochent de ceux obtenus avec les lentilles de contact. Il est donc parfois utile de proposer un passage aux lentilles de contact avant la chirurgie réfractive. C'est le cas essentiellement chez le patient presbyte si une monovision et ou une multifocalité sont envisagées ou chez le patient emmétrope afin de vérifier que la chirurgie unilatérale de la presbytie ne détériore pas sa vision de loin. La question se pose moins souvent en chirurgie de la cataracte.

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

## Changement cosmétique de l'apparence de la couleur des yeux



**D. PIÉTRINI**  
Clinique de la Vision, PARIS.  
docteurpietrini@gmail.com

**E**n ophtalmologie, la demande cosmétique est croissante pour modifier la couleur des yeux. Et cela, soit à visée réparatrice pour corriger un aspect disgracieux ou fonctionnellement gênant, soit pour modifier la couleur dans un but purement cosmétique (esthétique, mode, expression de soi et de son identité). Il nous paraît important de faire le point sur ces différentes techniques pour conseiller nos patients, les orienter dans leur choix et les informer sur les risques potentiels.

### Les lentilles cosmétiques

Les lentilles de contact cosmétiques (*fig. 1*) constituent la méthode de modification de la couleur des yeux la plus répandue. Elles représentent environ 7 % des lentilles portées dans le monde pour un marché de l'ordre du milliard de dollars. De très nombreux modèles sont disponibles avec un aspect cosmétique assez naturel dans la plupart des cas. Encadré médicalement, le port de lentilles colorées ne présente guère plus de risque que les lentilles correctrices. Mais il existe de nombreuses mauvaises pratiques de port liées à l'absence d'encadrement médical et à la mauvaise qualité de produits achetés en ligne par des patients souvent jeunes et non informés. La vente dans des magasins de déguisement n'est pas



**Fig. 1 :** Lentille cosmétique.

rare avec échanges fréquents entre les patients. L'excès de port voire le port nocturne est courant. Il en résulte nombre d'accidents graves, en particulier de kératites infectieuses microbiennes, surreprésentées dans plusieurs études chez ces porteurs de lentilles cosmétiques.

### La dépigmentation irienne par photocoagulation au laser

La dépigmentation irienne par photocoagulation Laser (*fig. 2*) est une technique peu populaire en France. Elle est pratiquée plus largement dans certains pays. Elle consiste à appliquer des impacts de laser YAG à la surface antérieure de l'iris pour éliminer le pigment mélanique et laisser apparaître les fibres stromales sous-jacentes de couleur grise. Le choix de la couleur résultante n'est pas possible et dépend de la couleur initiale de l'iris et de la quantité de dépigmentation au laser. La littérature scientifique est encore réduite et cette dépigmentation peut susciter des interrogations sur le risque de migration pigmentaire ou de gêne fonctionnelle liée à la photophobie parfois décrite. Une étude prospective récente sur plus de 1200 yeux n'a retrouvé aucune complication notable en dehors de réactions inflammatoires bénignes cédant au traitement médical et de rares cas de photophobie. Aucune hypertension n'a été décrite. Cette technique, comparée à certaines procédures décrites plus loin, a pour

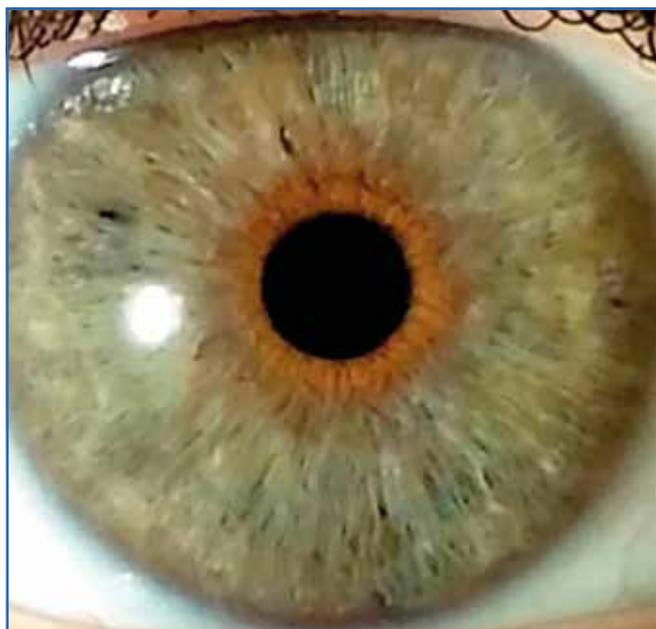


Fig. 2 : Dépigmentation irienne au laser.

avantage de ne pas modifier le fonctionnement normal de la pupille et de ne pas gêner l'examen de l'angle iridocornéen ou une intervention chirurgicale ultérieure. Son principal inconvénient réside dans l'obtention d'une coloration proche du gris pâle correspondant à celle des fibres stromales. En l'état actuel des connaissances, elle paraît suffisamment sûre pour pouvoir être proposée dans certains cas sélectionnés, en particulier dans l'hétérochromie irienne.

### Implants iriens à visée cosmétique en chambre antérieure

Depuis 2006, deux implants iriens cosmétiques ont été développés pour changer définitivement la couleur des yeux. Proposée initialement dans les cas d'aniridie, d'hétérochromie ou d'albinisme, leur implantation a été proposée à visée purement cosmétique chez des patients phaques. Ces deux implants (New Color Iris, KHAN Medical, développé par le Alberto Khan et l'implant irien Bright Ocular, Stellar Devices) ne sont ni marqués "conformité européenne" (CE) ni approuvés par la Food and Drug Administration (FDA) américaine. Il s'agit de disques de silicone colorés dont le diamètre mesure 11 mm à 13,5 mm. Ils disposent d'une pupille fixe d'environ 3,5 mm de diamètre. Ils reposent dans l'angle iridocornéen par l'intermédiaire d'haptiques périphériques. De très rares patients ont été implantés

en France, mais leur implantation est encore réalisée dans certains pays. De nombreuses études ont toutes conclu au danger de ces implants. Le résultat esthétique est impressionnant mais le taux de complications décrit dépasserait 50 % et pourrait atteindre 90 % dans certaines séries. Citons l'atrophie irienne, l'hypertonie oculaire parfois majeure conduisant à l'explantation parfois associée à une chirurgie filtrante, la cataracte et, surtout, la perte endothéliale conduisant à la greffe endothéliale. L'explantation est souvent nécessaire malgré la réticence des patients, qui doivent être dans ces cas monitorés sur le plan tensionnel et endothélial. Ces implantations apparaissent donc particulièrement risquées voire dangereuses et le taux de complications très élevé menace la fonction visuelle. Il faut fermement dissuader les patients d'avoir recours à ces mauvaises pratiques parfois vantées sur les réseaux sociaux.

### Implants iriens en chambre postérieure et reconstruction irienne

Les implants iriens destinés à la chirurgie réparatrice sont différents des implants précédents. Ils sont implantés chez des patients aphaques dans le sulcus ou dans le sac capsulaire pour réparer les défauts iriens et en particulier l'aniridie traumatique. L'aspect esthétique est parfaitement naturel, la pupille est fixe à 3,35 mm. Ces implants sont approuvés par la FDA (fig. 3).

### La kératopigmentation cornéenne

Le tatouage cornéen ou kératopigmentation a deux siècles. Initialement décrite par Galen pour masquer les



Fig. 3 : Iris artificiel aphaque avant/après (photos du laboratoire Humanoptics).

opacités cornéennes leucomateuses, la technique consistait à cautériser la cornée puis à appliquer différents pigments, comme le sulfate de cuivre. Au XIX<sup>e</sup> siècle, on retrouve la description de la kératopigmentation à l'aiguille pour tatouer le stroma cornéen à l'encre de Chine. Depuis la kératopigmentation a évolué et a démontré son intérêt cosmétique (pour améliorer l'aspect des cornées disgracieuses) et la capacité à traiter des symptômes fonctionnels gênants comme l'aniridie, les syndromes d'Urrets-Zavalía, l'hétérochromie irienne ou les colobomes de l'iris. L'utilisation de nouveaux pigments micronisés et les données obtenues par les études et leur évaluation critique ont permis d'envisager après une évaluation stricte leur application à visée purement cosmétique.

Il existe deux moyens pour tatouer la cornée en fonction de sa transparence. La kératopigmentation superficielle par microponctions à l'aiguille permet de traiter les cornées opaques. La kératopigmentation intrastromale manuelle ou au laser femtoseconde s'adresse aux cornées claires encore suffisamment transparentes.

Cette technique consiste à insérer un pigment dans une poche lamellaire créée préalablement dans le stroma cornéen antérieur. La technique initialement décrite consistait à réaliser cette dissection manuellement à l'aide de dissecteurs adaptés (fig. 4). La chirurgie est aujourd'hui réalisée essentiellement au laser femtoseconde, source de simplicité, de rapidité, de précision et de sécurité. Le tunnel cornéen est réalisé à une profondeur variable le plus souvent entre 200 microns et 250 microns. Le diamètre du tunnel circulaire intrastromal varie entre 5,5 mm et 9,5 mm. Le pigment choisi est ensuite injecté dans le tunnel (fig. 5). Pour le traitement des dysphotopsies, certains auteurs réalisent un second tunnel, plus profond, pour y injecter un pigment masquant jouant le rôle de l'épithélium pigmenté et insèrent le second pigment cosmétique dans le tunnel le plus superficiel. Les pigments utilisés aujourd'hui sont des pigments minéraux micronisés de troisième génération, associés en proportion variable à l'acide lactique ou au propanédiol. Certains sont marqués CE pour leur application dans le tatouage cornéen après évaluations histochimique et immunologique qui n'ont retrouvé ni diffusion des pigments ni inflammation *in situ* et ont permis d'éliminer les risques de toxicité ou de tératogénicité (fig. 6). De nombreux coloris de pigments iriens ou des lentilles cosmétiques (fig. 6).

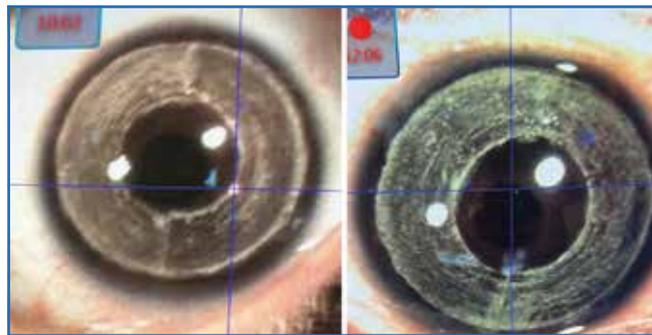


Fig. 4 : Aspect peropératoire de la dissection du tunnel cornéen et de l'insertion du pigment intra stromal.

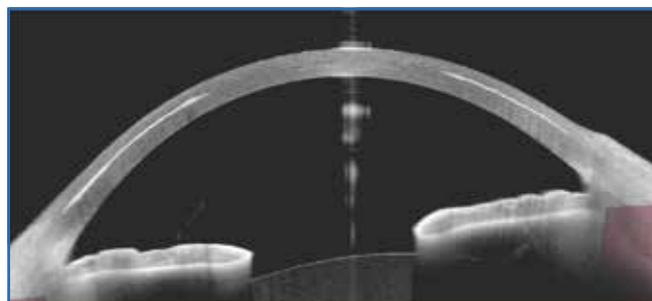


Fig. 5 : Aspect OCT visualisant la présence du pigment dans le stroma antérieur.



Fig. 6 : Aspect avant kératopigmentation (en haut) avec lentilles cosmétiques (au milieu) et après kératopigmentation (en bas).

Oria *et al.*, dans une étude prospective, rapportent les résultats à moyen et long terme de 79 yeux de 40 patients avec un suivi moyen de 29 mois allant au maximum à 69 mois. Le taux de satisfaction est élevé (92 %). La chirurgie n'induit aucun changement réfractif, pachymétrique ou topographique, confirmant ainsi la sécurité de l'opération. Une photophobie spontanément résolutive est fréquente au cours des premiers mois. Parmi les complications rapportées, on retrouve chez deux patients préalablement opérés de chirurgie réfractive par LASIK une diffusion du pigment dans l'interface du LASIK pré-existant, et un cas d'ectasie cornéenne à 6 mois traité par *cross-linking* conventionnel, stabilisée après deux ans de surveillance. Une chirurgie réfractive préalable par LASIK représente donc *a priori* une contre-indication à cette opération. La pupille fixe toujours supérieure ou égale à 5 mm peut rendre plus difficile l'analyse de l'angle iridocornéen ou une chirurgie du cristallin ou du segment postérieur. Ces chirurgies restent toutefois possibles dans de telles conditions et l'angle iridocornéen doit être évalué si besoin en pré-opératoire. Toutefois, la principale complication reste la perte de la pigmentation, très fréquente, souvent limitée mais parfois très marquée, pouvant atteindre jusqu'à 20 % des patients et peut nécessiter la répétition de l'intervention.

La kératopigmentation au laser femtoseconde apparaît donc comme celle qui bénéficie de la plus grande évidence scientifique et bénéficie des meilleurs résultats dans ses indications thérapeutiques et cosmétiques.

## Discussion

Cette revue exhaustive des différents modes de changement de l'apparence cosmétique de la couleur des yeux permet de distinguer les options valides des techniques dont la preuve scientifique est insuffisante et d'exposer les risques parfois importants de certaines options. À ce jour, la mise en place d'implants cosmétiques dans la chambre antérieure de l'œil est dangereuse. Elle représente une mauvaise pratique au regard des complications nombreuses et graves qui peuvent menacer la fonction visuelle de ces patients opérés souvent sans suivi. Ils doivent être avertis et dissuadés d'envisager ce type de chirurgie.

La dépigmentation irienne au laser YAG est une technique plus récente au recul plus faible et nécessite d'être

évaluée sur le long terme. Son intérêt et son efficacité à visée cosmétique semblent plus limités. Elle pourrait surtout trouver sa place dans le traitement d'hétérochromies iriennes si sa sécurité se confirme.

La kératopigmentation assistée au laser femtoseconde bénéficie d'un certain recul et s'appuie sur nombre de publications mettant en évidence un bon niveau de preuve scientifique de son efficacité et de sa sécurité dans ses indications thérapeutiques, fonctionnelles ou cosmétiques. La qualité des dernières générations de pigments améliore ses performances. Et cette technique nous paraît devoir être proposée plus largement dans la prise en charge des cornées inesthétiques souvent négligées et sans doute également à visée purement cosmétique chez des patients informés et très sélectionnés. Cette sélection doit être particulièrement drastique pour éliminer les demandes fantaisistes ou les personnalités fragiles. Chez certains patients, elle peut répondre à une demande cosmétique réaliste. L'aspect éthique de ces modifications permanentes se pose au même titre que pour toute chirurgie modifiant l'apparence physique, pour des raisons de bien être personnel, d'estime et de confiance en soi. Cet aspect dépend du contexte dans lequel chaque individu aborde la procédure, dans les normes culturelles et sociales de l'apparence physique. Le praticien doit aborder individuellement ces demandes selon sa propre sensibilité éthique et fournir une information très complète pour une décision éclairée.

## Conclusion

Les techniques décrites et en particulier la kératopigmentation se développent. Certaines ont fait la preuve de leur efficacité et de nombreux progrès restent à venir. Elles s'adressent avant tout aux patients dont l'apparence esthétique est difficilement tolérable ou dont les modifications iriennes sont source de symptômes fonctionnellement gênants. Ces procédures peuvent également s'adresser dans des cas très sélectionnés à des patients informés et très motivés par la modification de la couleur des yeux.

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

## Chirurgie de la presbytie en Mix and Match par laser et implants multifocaux



P. WAGNER

Clinique de la Vision, STRASBOURG.  
p.wagner.oph@orange.fr

À la demande de définition sur le “*Mix and Match en chirurgie de la presbytie*”, le robot conversationnel ChatGPT répond : “*Le Mix and Match en chirurgie de la presbytie fait référence à l'utilisation de différentes techniques ou procédures chirurgicales pour traiter la presbytie, souvent en combinant différentes approches pour obtenir les meilleurs résultats. Cela peut inclure des interventions comme la chirurgie au laser, les implants intraoculaires multifocaux ou accommodatifs, ou d'autres méthodes pour corriger la vision de près et de loin*”. Synthèse étonnante, surprenante, qui mérite des éclaircissements.

### Pourquoi Mix and Match

Une chirurgie réfractive réparatrice de la presbytie, par laser ou implants multifocaux, doit répondre à au moins deux critères :

- l'obtention d'une vision à toutes les distances sans apport de verres correcteurs pour l'une ou l'autre distance ;
- l'obtention d'un bon confort visuel qui n'altère pas trop la vision binoculaire, la sensibilité aux contrastes et ne crée pas trop d'effets photiques.

La technique du *Mix and Match* répond à ces objectifs.

En répartissant l'ensemble de la profondeur de champ sur les deux yeux traités différemment (œil dominant

favorisé en vision de loin et vision intermédiaire, œil dominé en vision de loin et de près), les trois distances sont respectées, la qualité visuelle est bonne avec un bon sens stéréoscopique, une sensibilité aux contrastes peu altérée et des effets photiques peu importants.

Les techniques à profondeur de champ limitée ou la monovision ne sont pas efficaces à toutes distances (pas de vision de près en profondeur de champ limitée, pas de vision intermédiaire en monovision) et détériore la vision binoculaire (monovision supérieure à 1,25 D).

### La plateforme de diagnostic

#### 1. L'Orbscan HZ

La technique de numérisation de l'Orbscan HZ par fente combinée à un système avancé de disques de Placido permet de recueillir :

- les mesures d'élévation et de courbure des surfaces antérieure et postérieure de la cornée, une carte pachymétrique et une kératométrie simulée ;
- une pupille mésopique.

#### 2. Le Sirius +

La technologie du Sirius + combine une caméra rotative en trois dimensions Scheimpflug et un topographe à disques de Placido et permet de recueillir :

- les mesures d'élévation et de courbure des surfaces antérieure et postérieure de la cornée, une pachymétrie et des valeurs kératométriques ;
- un outil de dépistage de kératocône ;
- une pupillométrie ;
- une analyse des aberrations cornéennes.

#### 3. Le Peramis

Le principe technologique du Peramis est basé sur un capteur de front d'onde pyramidal couplé à un

topographe à disques de Placido qui permet de recueillir :

- une topographie cornéenne antérieure;
- une pupillométrie;
- les aberrations cornéennes et totales (internes par soustraction).

#### 4. Le MS-39

L'appareil MS-39 combine un OCT de segment antérieur et un topographe à disques de Placido. Il fournit :

- les mesures d'élévation et de courbure des faces antérieure et postérieure de la cornée, une pachymétrie et des valeurs kératométriques;
- des mesures de l'épithélium cornéen;
- un outil de diagnostic du kératocône;
- une pupillométrie;
- les aberrations cornéennes.

Trois éléments fondamentaux, extraits de cette plateforme de diagnostic, vont conditionner la réalisation d'une chirurgie de la presbytie par *Mix and Match* :

- la qualité structurale de la cornée;
- la pupillométrie;
- les aberrations optiques cornéennes.

### Les outils

Ma boîte à outils du *Mix and Match* pour la chirurgie de la presbytie contient deux éléments :

- le PresbyMAX dans sa version Hybrid disponible dans la plateforme du laser Amaris de la société Schwind;
- l'implant multifocal Artis Symbiose de la société Cristalens.

#### 1. PresbyMAX Hybrid

Le PresbyMAX est un profil d'ablation multifocal bi-asphérique qui crée une profondeur de champ différente

entre l'œil dominant et l'œil dominé. Cela permet une bonne qualité de vision à toutes les distances et une bonne vision binoculaire (*fig. 1, fig. 2, fig. 3*).

#### 2. Implant Artis Symbiose

L'implantation de deux lentilles intra-oculaires, connues pour se compléter, Artis Symbiose Mid et Plus est une approche standardisée de *Mix and Match*. En plus d'une focalisation de loin, le Mid présente un profil pour la vision intermédiaire, le Plus pour la vision de près, permettant, en vision binoculaire, une zone de focalisation continue du loin au près. Le matériel est acrylique hydrophobe, le motif de la face antérieure diffractif. Une



Fig. 1 : Schwind Amaris® 1050 RS.

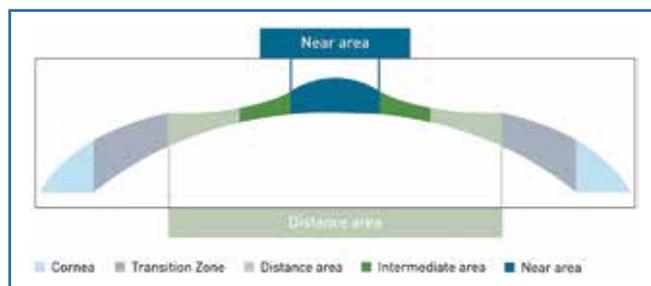


Fig. 2 : Coupe transversale schématique des profils PresbyMax bi-asphériques.

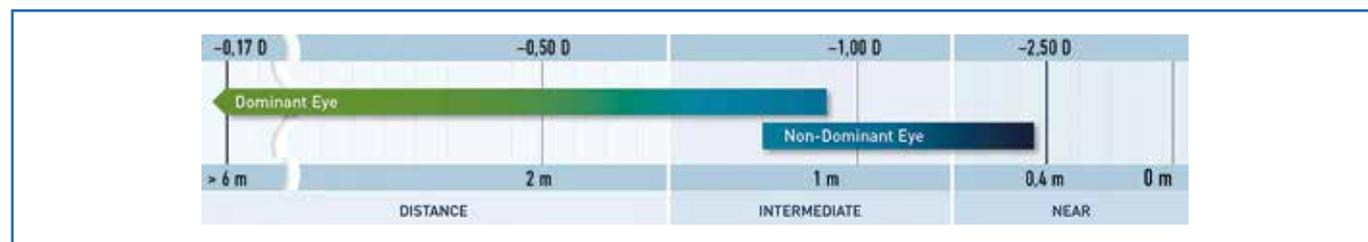


Fig. 3 : PresbyMax Hybrid – plages de vision pour œil dominant et œil dominé.

conception optique asphérique négative corrige partiellement une aberration de sphéricité positive de la cornée. L'optique est non apodisée, le rendant pupillo-indépendant (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

D'autres outils équivalents sont disponibles :

- Le SUPRACOR. Profil d'ablation multifocal, il crée lui aussi une profondeur de champ différente entre les deux yeux avec différents traitements disponibles (*low, mild, strong*) dans des combinaisons variables. Il est disponible



Fig. 4 : Artis Symbiose.

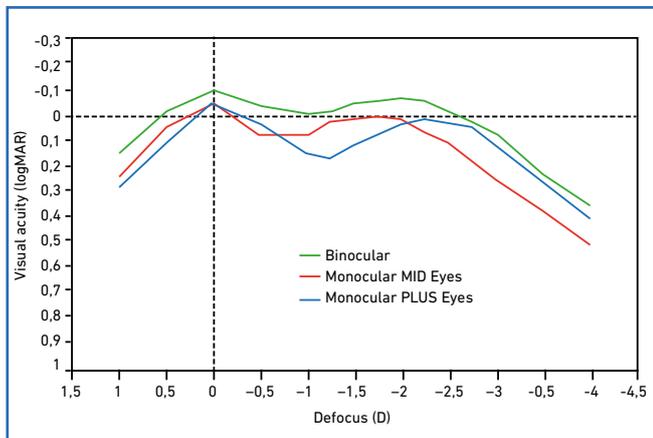


Fig. 5 : Courbe de défocalisation Artis Symbiose en Mid, Plus et binoculaire.

dans la plateforme du Laser TENEO 317 de la société Bausch + Lomb.

- L'implant TECNIS. Ce multifocal de la société Johnson & Johnson, à face postérieure diffractive et face antérieure asphérique, permet de recréer toute la profondeur de champ en combinant ses différents modèles, ZKBOO (add +275), ZLBOO (add +3,25) et ZMBOO (add +4).

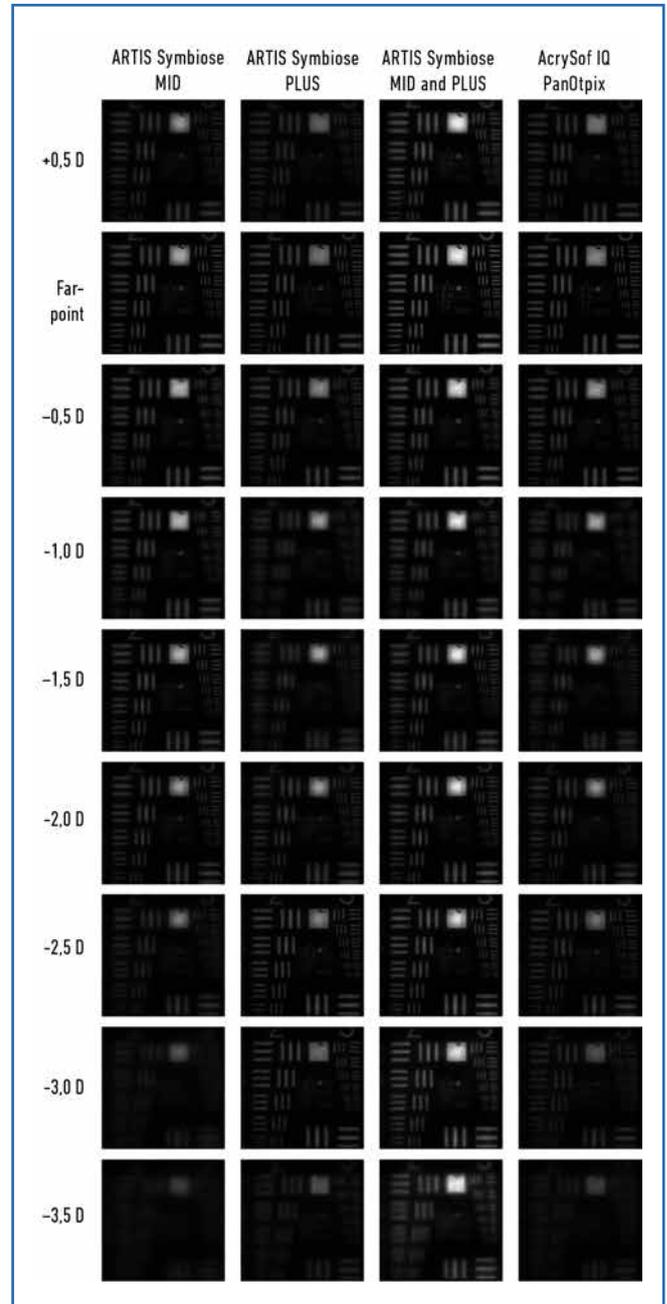


Fig. 6 : Graphique de résolution USAF.

## L'arbre décisionnel

Ayant pris soin d'éliminer les yeux compliqués (pathologie de surface et de transparence des milieux, maculopathie ou neuropathie) et les patients à risque d'effets indésirables délétères (effets photiques chez le chauffeur de poids lourds, conducteur de train...), la proposition du *Mix and Match* en chirurgie réfractive de la presbytie doit s'intéresser à divers critères plus spécifiques d'inclusion. Ces principaux critères sont les suivants :

### >>> Âge :

- 50 à 55 ans → PresbyLASIK seul;
- 55 à 60-65 ans → PresbyLASIK ou Prelex;
- 65 ans et plus → Prelex seul.

### >>> Critères PresbyLASIK PresbyMAX Hybrid

- cornée sans risque structurel pour réaliser un Lasik;
- pupille qui, idéalement, se ferme à 3 mm en photopique et s'ouvre à 6 mm en scotopique, le problème avec l'âge étant souvent l'ouverture insuffisante de la pupille avec pénalisation de la vision de loin;
- réfraction : hypermétropie < 5d, Myopie < 7 D et pas d'astigmatisme important;
- kératométrie < 45-46D pour les hypermétropes;
- essai lentilles concluant avec lentilles progressives Near/Near et addition différenciée œil dominant, œil dominé.

### >>> Critères Prelex ARTIS SYMBIOSE

- cornée, sans problème de surface (larmes épithélium), de stroma, d'endothélium (spéculaire) mais surtout sans aberrations optiques importantes c'est-à-dire HOA < 0,35 et coma < 0,30;
- se méfier des globes longs ou courts (inférieurs à 21,5 mm ou supérieurs à 26,5 mm) qui rendent la biométrie peu prédictible.

● Pour inclure un patient en PresbyLASIK PresbyMAX Hybrid, trois critères semblent fondamentaux :

- une cornée structurellement intègre;
- un jeu pupillaire suffisant;
- et un essai lentilles concluant.

● Pour inclure un patient en Prelex Artis Symbiose, seuls l'âge et les aberrations cornéennes sont déterminants.

## Résultats

### 1. Presbylasik PresbyMAX Hybrid

33 patients (66 yeux) > 50 % des indications de PresbyLASIK.

>>> **Âge moyen :** 53,5 ans (extrêmes 45 > 64 ans).

#### >>> Réfraction :

- emmétropes : 2 (6 %);
- hypermétropes : 23 (70 %), moyenne +1,7 D (extrême + 4 D);
- myopes : 8 (24 %), moyenne -4,2 D (extrême -8 D).

>>> **Objectif** (VL 1,0 faible, VI 0,8, P3) atteint 31/33 (94 %) avec 6 patients repris (18 %).

#### >>> Plaintes (9 %) :

- gêne par pénalisation œil dominé : 2;
- difficulté en vision de loin : 3.

### 2. Prelex avec Artis Symbiose

90 patients (180 yeux).

>>> **Âge moyen :** 60 ans (extrêmes 51 > 74 ans).

#### >>> Réfraction :

- emmétropes : 16 (18 %);
- hypermétropes : 54 (60%); moyenne +1,9 D (extrême + 6 D);
- myopes : 11 (12 %); moyenne -5,6 D (extrême -10 D);
- astigmates > 2 D : 9 (10%) avec 2/3 hypermétropes.

#### >>> Mode de recrutement :

- échec inclusion en PresbyMAX Hybrid;
  - réfraction : 12 (13%);
  - cornée : 17 (19%);
  - pupille : 26 (29%);
  - critères d'inclusion bons mais échec essai lentilles : 19 (21%).
- âge ou demande Prelex : 16 (18%).

>>> **Objectif** : (VL 1,0 faible, VI 0,8, P3) atteint 100 % avec 21 patients repris par laser (23 %).

#### >>> Plaintes (17 %) :

- 11 (12 %) se plaignent de halos nocturnes (parfois diurnes) dont 1 chez qui la dépose est évoquée;

– 8 (9%) se plaignent de perte de contraste avec, en particulier, besoin de luminosité pour la lecture.

## Discussion

Ce travail propose d'analyser la façon d'inclure des patients presbytes dans une chirurgie permettant de leur reconstruire une profondeur de champ complète. Les critères d'inclusion proposés sont stricts et permettent des taux de satisfaction importants avec des plaintes acceptables.

L'âge est respecté, PresbyLASIK vers 53 ans (moins de demande avant 50 ans et, aussi, volonté d'opérer plus tardivement avec un minimum de retraitements), Prelex vers 60 ans.

Les hypermétropes sont les plus concernés (2/3 en Presbylasik et en Prelex, dès +1,5D quand la vision de loin est difficile), peu d'émétropes (plutôt en Prelex, qui pénalise moins leur vision de loin), des myopes (1/5 en Presbylasik et en Prelex, dès -4 D quand la vision intermédiaire et de loin sont altérées).

La chirurgie par Prelex représente l'essentiel des indications (90/123, soit 73 %), 27 % pour le PresbyLASIK, essentiellement en raison de l'âge moyen des patients éligibles (58 ans) et aussi en raison du critère majeur d'inclusion en PresbyLASIK PresbyMAX Hybrid qui est le jeu pupillaire, absent d'emblée ou révélé insuffisant par l'essai lentilles (50 % des cas d'échecs d'inclusion).

L'objectif (obtention d'une profondeur de champ continu) est grandement atteint par les deux techniques (94 % à 100 %) avec des taux de reprises (en cas d'insuffisance de résultat) de 18 % en PresbyLASIK et 23 % en Prelex. Ce taux plus important en Prelex est lié à l'erreur de correction de l'équivalent sphérique (prédictibilité construite principalement sur la position effective des lentilles (*effective lens position*, ELP) et l'erreur de correction de l'astigmatisme (axe et valeur de l'astigmatisme antérieur, astigmatisme postérieur, positionnement).

Les plaintes à l'issue de ces chirurgies sont acceptables en PresbyLASIK (9 %), plus importantes (17 %) en Prelex

– parfois intolérables menant à l'explantation (un patient dans cette série). Mais ces plaintes, marginales dans l'activité quotidienne, impactent en fait peu l'excellent taux de satisfaction des patients.

## Conclusion

Après avoir exclu les yeux compliqués et les patients difficiles, les critères d'inclusion des patients vers une chirurgie de la presbytie visant à rétablir une profondeur de champ continue s'articulent autour de l'âge, du jeu pupillaire et des aberrations optiques cornéennes. La chirurgie par Prelex est la principale réponse à ce défi. Elle est favorisée par l'âge moyen des candidats, sa pupillo-indépendance, seulement limitée par la qualité optique cornéenne. Le PresbyLASIK PresbyMAX Hybrid est freiné par son extrême pupillo-dépendance, l'âge et les retraitements successifs. Les deux techniques sont fiables en termes de résultat et de satisfaction.

### Pour en savoir plus

- COCHENER B. Prise en charge de la presbytie aujourd'hui? *Réalités Ophtalmologiques*, 2014.
- MALECAZE F, LETSCH J. Chirurgie de la presbytie: approche cornéenne. *Les Cahiers d'Ophtalmologie*, 2017.
- ALBOU-GANEM C, PAGES C, AMAR R. Raffinement des profils d'ablation du Presbylasik. *Images en ophtalmologie*, 2016.
- GATINEL D. Théorie et conséquences pratiques du calcul biométrique prédictif de la puissance optique des lentilles intraoculaires en chirurgie de la cataracte. *Réalités Ophtalmologiques*, 2023.
- TIMSIT M. Chirurgie de la presbytie: lasers ou implants? Les éléments décisionnels. *VISYA, Clinique de la Vision, Chirurgie Réfractive*, 2015.
- GATINEL D. Dysphotopsies, <https://www.gatinel.com/chirurgie-de-la-cataracte/dysphotopsies/>
- NAUJOKAITIS T, GERD V, AUFFARTH GU *et al.* Complementary system vs conventional trifocal intraocular lens: comparison of optical quality metrics and unwanted light distribution. *Laboratory Science*, 2023.
- CHAN MIN Y, DONG HUI L, SUNGSOON H *et al.* Prospective study of bilateral mix-and-match implantation of diffractive multifocal intraocular lenses in Koreans. *BMC Ophthalmology*, 2018.
- LEVY P. Chirurgie de la presbytie par implants multifocaux et Presbylasik. Étude rétrospective et comparative des résultats quantitatifs et qualitatifs. *Pratiques en Ophtalmologie*, 2014.

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

## Opérations de la presbytie : les clés du succès



M. TIMSIT

Clinique de la Vision – Groupe Visya, PARIS.  
Clinique de la Mulette, PARIS.  
mt@ophthalmologie.fr

**S**ouvent négligée ou perçue comme une étape naturelle du vieillissement, la presbytie mérite une approche innovante. La chirurgie de la presbytie n'est pas simplement une correction visuelle. Elle est aussi l'ouverture à un avenir sans lunettes pour laquelle l'autonomie visuelle transcende les limites de l'âge.

La demande d'opération de la presbytie est de plus en plus fréquente. Une opération de presbytie réussie apporte d'immenses satisfactions. Elle impose un choix judicieux parmi la pléthore de techniques de laser et d'implants disponibles. Il est essentiel de guider la réflexion du patient et de l'impliquer à travers un processus décisionnel éclairé. Le rôle du chirurgien maîtrisant les différentes techniques et ses résultats consiste à orienter le patient vers une solution judicieuse, "à la carte", optimale en termes d'efficacité, de confort et de sécurité.

### Bien préciser les besoins visuels et l'objectif de la chirurgie

La vie moderne exige une vision dynamique. Les presbytes d'aujourd'hui sont actifs, embrassant des activités

variées, du sport aux voyages, en passant par une utilisation intensive de l'ordinateur. L'aspiration à une indépendance visuelle totale ou partielle, sans le fardeau des lunettes, devient une quête fréquente.

La chirurgie de la presbytie est plus complexe qu'une opération de la myopie. La correction de la myopie a un objectif clair et sans compromis : obtenir la meilleure vision possible de loin en acuité visuelle (10/10<sup>e</sup> et plus) et en qualité de vision. Une intervention bien optimisée offre fréquemment aux myopes opérés une vision qu'ils décrivent comme jamais connue avec leurs lunettes ou leurs lentilles, une clarté visuelle sans précédent. La correction de la presbytie, quant à elle, nécessite une approche plus nuancée, un jonglage subtil avec les compromis pour répondre aux attentes individuelles. Chaque cas étant unique, l'art du chirurgien réside dans sa capacité à personnaliser le résultat pour répondre aux attentes du patient. Il s'agit d'harmoniser la vision de près, intermédiaire et lointaine. Il convient donc de définir les préférences visuelles aux cinq distances de vision (*fig. 1*):

- en vision de loin éloignée. Conduite, signalisation routière, sous-titres au cinéma, plaques des rues...
- en vision de loin. Sports (golf, tennis...), panoramas, spectacles, loisirs, tourisme, reconnaissance des personnes de loin...
- en vision intermédiaire éloignée. Télévision, réunions de travail, conversation, activités à l'intérieur...
- en vision intermédiaire rapprochée. Smartphones, lire l'heure, ordinateur, bricolage, expositions, gros titres des journaux...
- en vision de près. Lecture à différentes distances, SMS, maquillage, rasage...

Les réponses à un questionnaire détaillé permettront de trouver la solution correspondant aux besoins visuels à toutes les distances. Il est donc crucial de bien préciser le résultat visuel escompté et d'obtenir l'adhésion du patient.



Fig. 1 : Préférences visuelles aux cinq distances de vision.

Avec une technique appropriée, la satisfaction après une intervention de presbytie est élevée. La plupart des patients n'ont plus besoin de lunettes ou seulement de manière occasionnelle. L'optimisation de la qualité de vision demeure une préoccupation primordiale, que ce soit avec le laser ou les implants. Les patients bien informés comprennent généralement qu'une altération modérée et acceptable de la qualité de vision de loin peut survenir, cela s'atténuant habituellement avec le temps. Certains effets secondaires, tels que les halos nocturnes et une vision parfois moins contrastée, sont souvent temporaires.

La progression graduelle de l'amélioration de la vision après une chirurgie réfractive constitue un aspect

important à expliquer. La vision étant un processus cérébral et oculaire, la neuro-adaptation joue un rôle clé dans l'amélioration progressive de la vision au cours des semaines suivant l'intervention. Il faut informer le patient que le résultat optimal est atteint avec une vision binoculaire, lorsque les deux yeux sont opérés.

Deux solutions sont possibles pour corriger la presbytie: le PresbyLASIK et les implants multifocaux.

Le choix entre les deux varie selon de nombreux critères qui seront envisagés plus loin: âge, métier, occupations, exigences visuelles, état du cristallin et du vitré, état de la réfraction (hypermétropie, myopie, astigmatisme).

## PresbyLASIK : les clés du succès

Le PresbyLASIK implique la création d'une multifocalité cornéenne par le laser (fig. 2 et 3). Ce processus repose sur le principe de partager la lumière en plusieurs foyers avec des zones transitionnelles. Il en résulte la formation de plusieurs images en vision de loin, intermédiaire et de près. Le PresbyLASIK exploite la capacité du cerveau à interpréter ces différentes images en fonction de la distance, offrant ainsi une solution multifocale pour corriger la presbytie. Dans le cas d'un traitement hyperprolate, la zone de bombement effectuée par le laser pour la vision de près au centre de la cornée est très étroite. Via un traitement varifocal, l'objectif consiste à obtenir une transition progressive entre les zones de correction de loin et de près. Cette variation de courbure de la cornée contribue à augmenter la profondeur de champ

**Les clés du succès du PresbyLASIK sont les suivantes :**

**>>> La découpe du volet cornéen par laser femtoseconde** doit être précise, large et bien centrée.

**>>> La multifocalité de la cornée obtenue par laser Excimer** doit être minutieusement optimisée. Chaque fabricant a ses propres algorithmes de programme de laser multifocaux pour la correction de la presbytie, avec des spécificités et des résultats différents. Parmi eux, on trouve des traitements bizones tels que Baush + Lomb (Supracor Strong, Regular, ou Mild), Schwind (PresbyMax), ou des traitements modifiant globalement l'asphéricité cornéenne comme Alcon Allegretto (F-CAT), Zeiss (LBV), VisX (Custom Vue), Nidek (Module Presbytie).

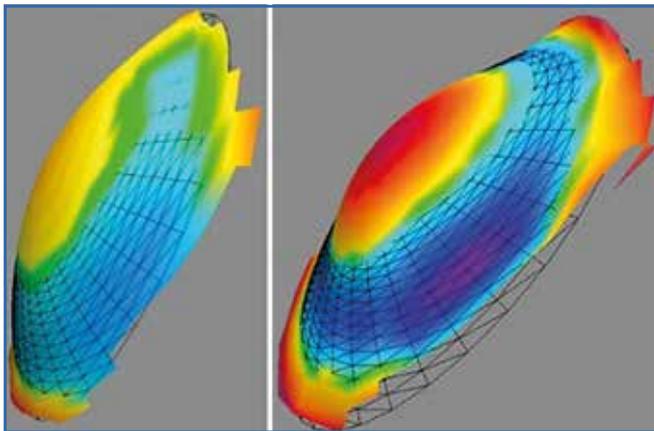


Fig. 2 : Cornée avant PresbyLASIK.

Fig. 3 : Cornée après PresbyLASIK. Bombement central.

Le chirurgien doit être capable de choisir le laser et le programme appropriés car la précision réfractive revêt une importance fondamentale. Compte tenu de la diversité des cas, un programme unique ne peut pas convenir de manière optimale pour tous.

**>>> La recherche de l'asphéricité cornéenne optimale** est capitale, elle vise à maximiser la qualité visuelle à différentes distances tout en minimisant les effets indésirables. Cela constitue un équilibre délicat car l'accentuation de l'asphéricité cornéenne augmente la profondeur de champ, améliorant ainsi la vision de près. Cependant, elle peut également entraîner des aberrations visuelles, qui affectent la qualité de vision, en particulier des contrastes, et peuvent conduire à l'apparition de halos nocturnes.

Ces effets secondaires sont plus prononcés lorsqu'on cherche à améliorer la vision de près avec une plus grande multifocalité. Le défi majeur consiste à atteindre un compromis délicat entre l'amélioration de la vision de près et la préservation de la vision de loin, en ajustant l'asphéricité de manière à minimiser les effets secondaires tout en offrant des résultats optimaux pour chaque patient.

Une hypermétropie faible (de 0,75 D à 2,50 D) nécessite un traitement hyperprolate de type PresbyLASIK dont le but est de créer une différence de puissance très rapide entre la cornée centrale et la cornée paracentrale (fig. 4).

En cas d'hypermétropie supérieure à 3 D, le PresbyLASIK n'est pas nécessaire. Un simple traitement hypermétropique suffit à créer une multifocalité suffisante à la correction de la presbytie (fig. 5). La recette pour améliorer encore cette vision de près est de corriger l'hypermétropie saturée sur l'œil dominant et de créer une petite monovision entre les deux yeux.

**>>> L'intervention vise un compromis stratégique** qui, bien que ne fournissant pas une vision tout à fait parfaite de loin ou de près pour chaque œil, offre au patient une grande indépendance aux lunettes. Voici la stratégie recommandée pour chaque œil :

– **œil dominant.** La priorité est de préserver la vision de loin. Cela peut être accompli par un traitement monofocal ou par un traitement à multifocalité modérée (fig. 6). Le patient devrait être en mesure de lire des lettres de

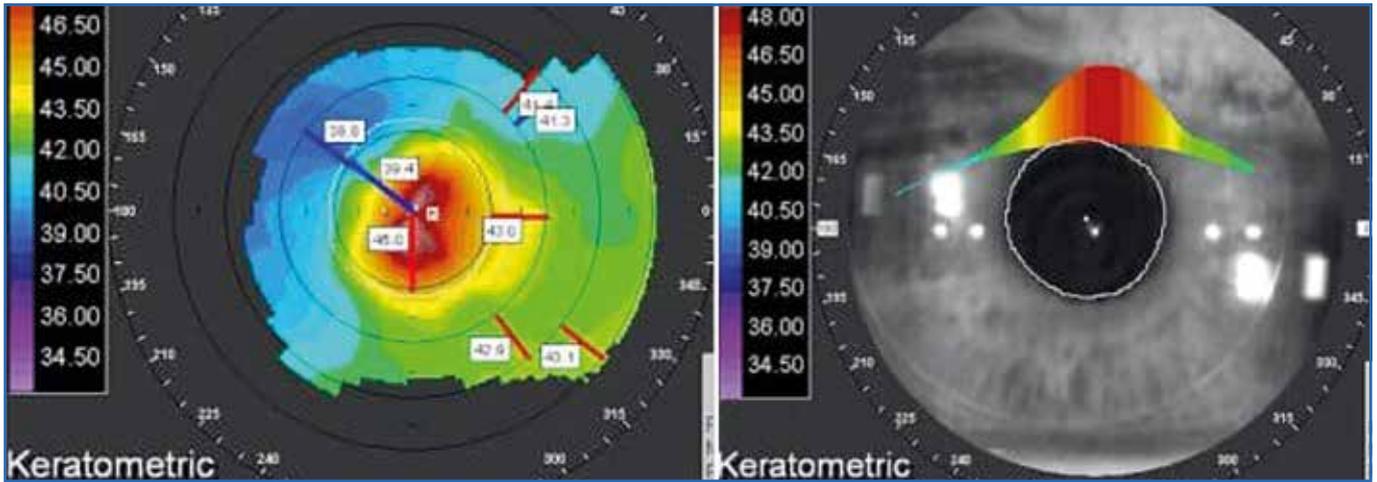


Fig. 4 : Opération de presbytie par PresbyLASIK. Topographie cornéenne de face et de profil. Bombement central de la cornée de petite taille permettant la lecture.

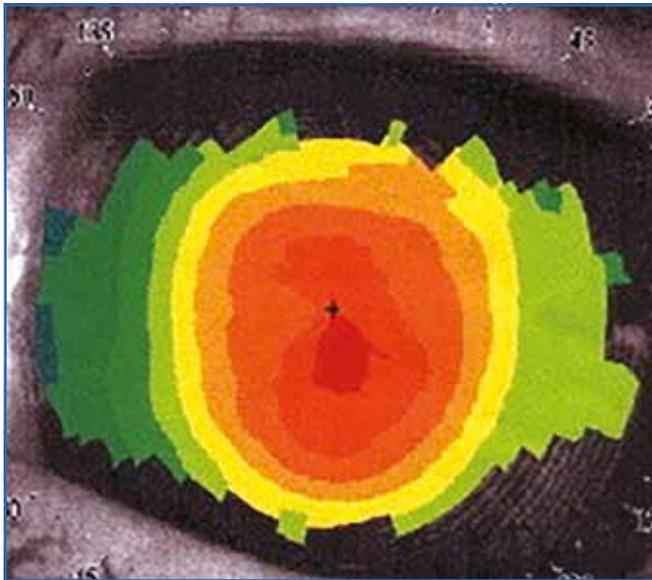


Fig. 5 : LASIK hypermétropique simple. Zone de traitement large.

taille moyenne tout en maintenant une vision nette à distance;

– **œil dominé.** L'objectif consiste à obtenir une bonne profondeur de champ et une vision de près de qualité. Cela est généralement réalisé par un traitement multifocal plus important (fig. 7) associé à un certain degré de monovision. Cet œil sera ajusté pour voir de près, ce qui permettra de lire des petites lettres. Il sera alors légèrement moins efficient en vision de loin que l'œil dominant.

Cette approche offre une vision équilibrée et fonctionnelle pour les activités quotidiennes, tout en laissant la possibilité d'utiliser des lunettes d'appoint dans des situations spécifiques telles que la conduite automobile rapide, la lecture de la signalisation routière ou la lecture de petites lettres en conditions de faible luminosité.

>>> **Il est plus judicieux de ne pas opérer les deux yeux le même jour.** Il s'agit là d'une opinion personnelle

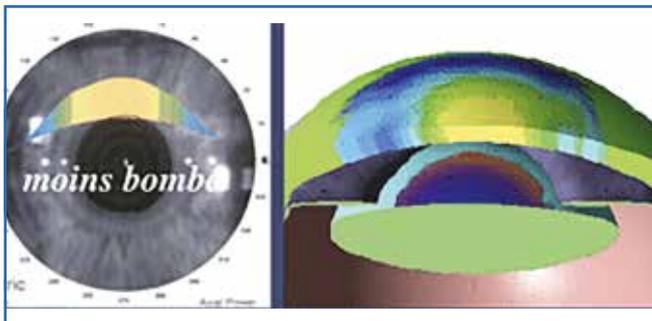


Fig. 6 : Un bombement modéré de la cornée favorise la vision de loin et intermédiaire éloignée mais moins la lecture.

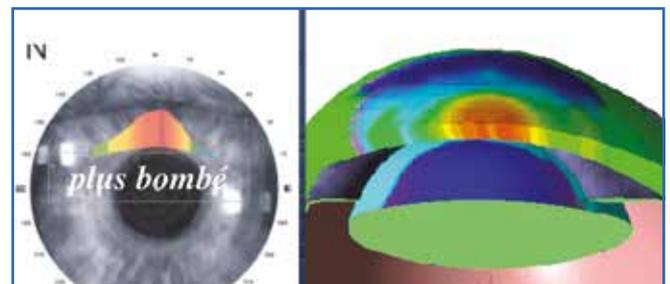


Fig. 7 : Un bombement important de la cornée favorise la lecture mais défavorise la vision de loin.

fondée sur l'expérience et la prudence. Cette approche est pertinente lorsqu'il s'agit de corriger une presbytie en faisant bomber la cornée par laser, car la réaction de la cornée peut être variable et parfois inattendue. Proposer l'intervention sur le second œil après une analyse de la vision du premier œil, généralement 15 jours plus tard, permet d'ajuster la stratégie en fonction des résultats obtenus sur le premier. L'intervention du second œil viendra améliorer la vision de loin ou la lecture. Une chirurgie pour laquelle les deux yeux seraient opérés en même temps sans attendre le résultat du premier œil peut soit donner une vision de loin insatisfaisante, soit donner un résultat immédiat satisfaisant mais non durable dans le temps, disparaissant au bout de quelques mois ou quelques années et nécessitant une nouvelle opération.

**>>> Il est essentiel que le chirurgien maîtrise le bombement de la cornée** postopératoire et future. Un bombement modéré favorise la vision de loin, tandis qu'un bombement important favorise la lecture. Ce bombement diminuant avec le temps, l'expérience du chirurgien joue un rôle déterminant dans la durabilité des résultats.

**>>> Une communication transparente et approfondie, contribue à une meilleure compréhension des résultats postopératoires :**

- Mettre en avant le compromis nécessaire pour obtenir une meilleure vision de près. Le résultat peut se traduire par une baisse modérée de l'acuité visuelle de loin sur l'un des deux yeux, d'une durée et d'une importance variables. Il est fondamental d'ajuster ce compromis en fonction des exigences visuelles de chaque patient.

- Le résultat n'est pas immédiat. Il ne peut s'évaluer qu'après quelques semaines, avec les deux yeux.

- La vision de loin sera moins performante au début et s'améliorera progressivement au cours des semaines suivant l'intervention. Il faudra rassurer régulièrement le patient pendant cette période, en expliquant que le résultat final en vision de loin ne peut être pleinement évalué qu'après un certain délai. Les fluctuations de la vision, les halos et les troubles de la vision nocturne peuvent être fréquents au début, mais ils s'estomperont progressivement.

- La sécheresse oculaire, fréquente les premiers mois, doit être traitée car elle peut affecter la vision de loin et de près.

- Une retouche, rare, peut être envisagée après quelques mois. Elle est généralement planifiée pour améliorer la vision de loin, souvent sur l'œil dominant. Cette procédure, relativement simple, implique le resoulèvement du volet cornéen et l'application de quelques secondes de laser.

### **Implants multifocaux : les clés du succès**

L'implant intraoculaire progressif multifocal (*fig. 8*) représente une avancée significative dans le domaine de la chirurgie réfractive, remplaçant le cristallin pour corriger la presbytie et d'autres erreurs réfractives telles que l'hypermétropie, la myopie ou l'astigmatisme. Il permet au patient de bénéficier d'une vision plus nette à différentes distances, réduisant ainsi, voire éliminant, la dépendance aux lunettes pour la plupart des activités quotidiennes. Si le cristallin est encore clair, l'implantation de ces implants (Prelex) permet d'éviter une opération ultérieure de la cataracte. En agissant préventivement, cette approche offre une solution durable pour corriger la presbytie.

La chirurgie de la cataracte peut être considérée comme une intervention réfractive, car elle offre la possibilité de restaurer une vision claire en retirant le cristallin opacifié et de corriger les autres anomalies réfractives dans la même intervention.

Les résultats obtenus avec les implants multifocaux sont définitifs et stables tout au long de la vie du patient. Ils



**Fig. 8 :** Implant intraoculaire progressif multifocal.

constituent donc une option attrayante pour de nombreux patients cherchant une solution durable à leurs problèmes de vision.

**Les clés du succès des implants multifocaux sont nombreuses pour assurer des résultats optimaux :**

**>>> Motivation et attentes réalistes.** Le patient doit être motivé, actif et dynamique, désireux de minimiser sa dépendance aux lunettes pour la lecture et la vision de loin. Il doit être informé et avoir des attentes réalistes, comprenant que la chirurgie sera délicate et considérée comme une intervention de haute qualité. Le surcoût des implants multifocaux (premium) par rapport aux implants monofocaux n'est pas remboursé par l'Assurance maladie.

**>>> Acceptation des effets indésirables potentiels.** Le patient doit accepter les effets indésirables éventuels tels que les halos autour des lumières la nuit (*fig. 9*), la baisse de vision nocturne, l'éblouissement aux lumières vives et une qualité de vision légèrement moins bonne ou moins contrastée, surtout en faible intensité lumineuse. Ces effets secondaires sont généralement peu gênants et s'atténuent avec le temps.

**>>> Bon état oculaire.** Un examen pré-opératoire approfondi, notamment par OCT pour évaluer la rétine chez les patients de plus de 60 ans. Un bon état du film lacrymal et de la cornée est également crucial pour des calculs d'implants fiables et des résultats visuels de qualité.

**>>> Chirurgie précise.** La chirurgie doit être réalisée avec une grande précision. Des impératifs techniques tels que la micro-incision (*fig. 10*), le centrage du capsulorhexis, le centrage de l'implant, un polissage capsulaire

soigneux, la gestion de l'astigmatisme et l'absence d'incidents opératoires sont essentiels. En cas d'incident rare, un implant classique peut être posé à la place de l'implant multifocal.

**>>> Acceptation d'une possible utilisation ponctuelle de lunettes.** Bien que la plupart des patients n'aient pas besoin de lunettes au quotidien, des lunettes d'appoint peuvent parfois être utiles dans des situations spécifiques, telles que la lecture sous un faible éclairage, la réalisation de travaux minutieux ou la conduite nocturne.

**>>> Acceptation d'une possible chirurgie secondaire au laser.** Effectuée sur la cornée, elle permet de corriger un défaut réfractif résiduel (astigmatisme).

**>>> Bon éclairage pour la vision de près.** Les implants multifocaux nécessitent un bon éclairage pour une vision de près optimale.

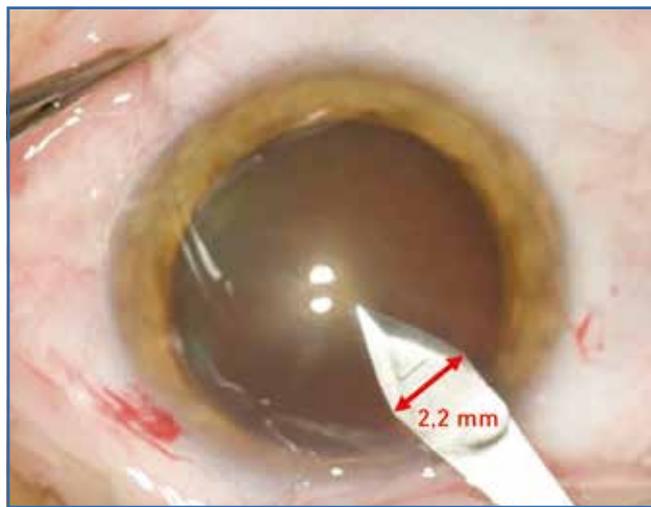


Fig. 10 : Micro-incision.



Fig. 9 : Différents degrés de halos, absents, modérés, plus importants.

>>> **Opération des deux yeux.** Les performances visuelles des deux yeux se complètent et se potentialisent. Il est recommandé d'opérer les deux yeux avec un intervalle de 15 jours à un mois. Cette approche permet d'ajuster en cas d'aléas ou d'effets secondaires mal supportés. La neuro-adaptation va encore améliorer la vision pendant quelques mois.

>>> **Calcul d'implant précis.** La précision du calcul de l'implant est primordiale. Une faible erreur de calcul peut entraîner un résultat décevant en laissant persister une myopie ou une hypermétropie. L'utilisation d'une biométrie optique de dernière génération et de formules de calcul récentes est recommandée. Les yeux atypiques nécessitent des formules adaptées et l'intelligence artificielle promet d'améliorer cette précision. Le calcul d'implant est imprécis pour les yeux déjà opérés de chirurgie réfractive du fait de la modification de la courbure cornéenne. La difficulté réside dans le fait qu'il s'agit de patients particulièrement exigeants car ils ont longtemps connu une vision satisfaisante sans correction.

>>> **Gestion de l'astigmatisme.** L'astigmatisme doit être contrôlé avec précision pour les implants multifocaux, nécessitant parfois des incisions cornéennes, des implants toriques (*fig. 11*) ou une opération complémentaire par laser au moins trois mois après. Un astigmatisme résiduel peut affecter la qualité de l'acuité visuelle à distance.

■ La précision des mesures de l'astigmatisme est essentielle. Des facteurs tels que la qualité du film lacrymal

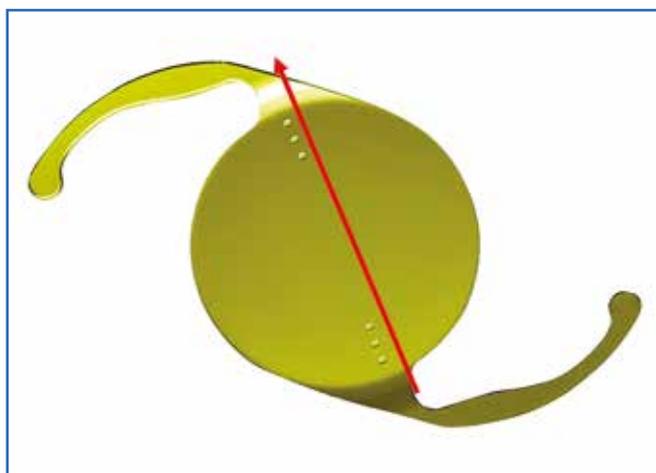


Fig. 11 : Repères sur l'implant torique pour l'alignement avec l'axe d'astigmatisme.

peuvent influencer l'évaluation de l'axe des astigmatismes faibles.

■ Il est nécessaire de tenir compte de l'astigmatisme cornéen total, résultant de l'astigmatisme cornéen antérieur et postérieur. Cela nécessite une topographie cornéenne d'élévation. Une mauvaise analyse de l'astigmatisme postérieur peut conduire à une sous-correction de l'astigmatisme inverse et à une surcorrection de l'astigmatisme conforme.

■ La précision de l'acte chirurgical est cruciale pour maîtriser l'astigmatisme créé par l'incision. La miniaturisation de l'incision, généralement inférieure ou égale à 2 mm, n'est pas astigmatogène, en particulier si elle est réalisée en temporal. La géométrie idéale de l'incision est carrée, avec une longueur du tunnel égale à sa largeur, favorisant l'auto-étanchéité sans suture et minimisant l'astigmatisme induit.

■ L'astigmatisme peut être corrigé par des incisions ou la mise en place d'un implant torique. Les incisions limbiques cornéennes relaxantes arciformes peuvent être réalisées manuellement ou au laser femtoseconde. Les implants toriques sont conçus pour corriger l'astigmatisme cornéen et sont recommandés lorsque l'astigmatisme dépasse une dioptrie.

■ Le positionnement précis de l'implant torique sur l'axe d'astigmatisme est crucial. Une imprécision de  $10^\circ$  entraîne une perte d'efficacité de 35 %. En cas de rotation postopératoire de plus de  $10^\circ$ , l'implant doit être repositionné dans les 15 jours (*fig. 11*).

>>> **Le choix judicieux de la marque de l'implant multifocal.**

Le choix judicieux de l'implant multifocal dépend des besoins spécifiques du patient et de ses attentes visuelles ainsi que de la compréhension approfondie des caractéristiques de chaque implant disponible sur le marché.

Voici quelques points clés à considérer :

■ Implants réfractifs et diffractifs. Il existe deux principaux types d'implants multifocaux, réfractifs et diffractifs. Les implants diffractifs, plus couramment utilisés,

agissent par la diffraction de la lumière sur les foyers de loin, de près et intermédiaire.

■ **Priorités de vision.** Chaque implant multifocal a ses propres spécificités en termes de priorités de vision. Certains favorisent la vision de loin, d'autres la vision de près, tandis que certains sont conçus pour optimiser la vision intermédiaire, importante dans la vie quotidienne moderne (utilisation de smartphone, tablette, écrans d'ordinateur).

■ **Qualité visuelle améliorée.** Les résultats obtenus avec les implants multifocaux sont souvent très bons. Mais les implants peuvent varier dans leurs effets secondaires, tels que l'éblouissement, les halos ou le contraste. Certains implants peuvent minimiser ces effets indésirables.

■ **Implants bifocaux.** Ces implants offrent une bonne vision de loin et en lecture mais la vision intermédiaire peut être légèrement moins performante. L'addition de près peut varier et certains implants peuvent être sensibles au diamètre pupillaire (implants Zeiss ATlisa 809, Alcon Restor...).

■ **Implants multifocaux diffractifs.** Favorisant les zones de vision intermédiaire, les implants trifocaux offrent une bonne vision de loin, bien que légèrement moins contrastée qu'avec les implants bifocaux. La vision de près peut être légèrement moins performante et les halos peuvent être plus fréquents, diminuant généralement avec le temps (implants Zeiss ATlisa TRI, Physiol Fine vision, Alcon Panoptix, Medicontur Liberty, Tecnis Symphony, Tecnis Synergy, Hanita Intensity, Cristalens Artis Symbiose...).

■ **Les implants à profondeur de champ étendue (EDOF).** Ils représentent une avancée plus récente dans le domaine des implants intra-oculaires. Ce choix d'implant offre une solution intermédiaire pour les patients qui recherchent une certaine indépendance à l'égard des lunettes pour les activités quotidiennes, en vision de loin et intermédiaire. Ces implants sont conçus pour réduire les effets secondaires tels que les halos, tout en maintenant une qualité visuelle satisfaisante. Une micromonovision peut être envisagée avec un œil légèrement myopisé (par exemple, -0,50 D), afin d'améliorer la vision de près. Cependant, il faut informer les patients que la lecture est

généralement possible "à bout de bras" mais nécessite des lunettes dans les conditions habituelles.

Voici quelques implants EDOF couramment utilisés : Oculentis Lentis MF15/30, Mplus ou Mplus X, J & J Eyance, Zeiss ATLara, Miniwell, Synthesis, Alcon Vivity, SAV Lucidis, B & L LuxSmart, Hoya Vivinex... Le chirurgien doit évaluer attentivement les besoins individuels et les attentes du patient pour recommander l'implant le plus approprié, performant et bien toléré, chaque implant apportant une solution technique et un résultat différents.

■ **Mix and Match.** Certains chirurgiens optent pour une approche *Mix and Match* en combinant des implants aux propriétés différentes sur les deux yeux, par exemple, un bifocal sur un œil et un trifocal sur l'autre, visant à améliorer la vision intermédiaire.

## Que faire si les implants ne donnent pas satisfaction ?

Si le résultat visuel ne correspond pas aux attentes, si la monovision ou les implants multifocaux sont mal supportés, il est possible de procéder à des améliorations de plusieurs façons.

>>> **Rechercher et traiter une sécheresse oculaire qui est souvent présente avec parfois une blépharite.** Elle peut entraîner des anomalies de la surface oculaire responsable de la gêne visuelle.

>>> **L'opacification de la capsule postérieure du cristallin** est rapidement pénalisante, imposant une capsulotomie au laser Yag.

>>> **Un œdème maculaire** peut aussi pénaliser la vision, il doit être diagnostiqué par une OCT maculaire et traité.

>>> **Les implants peuvent être changés** dans le mois qui suit leur pose. Au-delà, l'intervention est plus périlleuse du fait des adhérences qui se développent entre la capsule et l'implant, exposant au risque de rupture zonulaire ou capsulaire et d'issue de vitré et ses complications (placement de l'implant non optimal, œdème maculaire, décollement de rétine...).

>>> **Une opération de complément par laser sur la cornée** peut corriger :

- un astigmatisme résiduel pour améliorer la vision de loin;
- une myopie ou une hypermétropie inconfortables.
- une presbytie qui ne gênait pas auparavant car compensée par la myopie peut être traitée par un PresbyLASIK. Ces interventions de retouche par laser sont assez délicates et demandent une expertise particulière en chirurgie réfractive par laser.

## Choix d'une opération

Le choix varie selon de nombreux critères (âge, métier, occupations, exigences visuelles, état du cristallin et du vitré, astigmatisme associé...). L'un des critères de choix les plus importants est l'état réfractif au départ selon que le sujet est hypermétrope, myope ou présente une bonne vision de loin.

### 1. L'opération de la presbytie chez l'hypermétrope

**L'hypermétrope-presbyte est le meilleur candidat aux opérations de presbytie.** Sa demande de chirurgie est souvent plus élevée que celle des myopes, en raison de l'impact plus prononcé sur leur vision de près avec l'âge.

Contrairement au myope, qui a souvent vécu avec son défaut visuel stabilisé, l'hypermétrope a généralement connu une vie sans lunettes jusqu'à l'âge de 40 ans environ. La soudaine chute de sa vision sans lunettes pour la lecture, associée à une détérioration rapide, peut être source d'inconfort. Ce handicap s'aggrave rapidement en quelques années et est souvent mal vécu. L'opération de l'hypermétropie-presbytie offre une nette amélioration de la vision de près, intermédiaire et de loin, réduisant considérablement la dépendance aux lunettes.

**>>> Le choix d'une opération par laser ou par implants varie en fonction de plusieurs paramètres :**

- L'âge est un élément de décision important entre laser et implant. L'implant n'est pas indiqué en dessous de 55 ans pour deux raisons : d'une part, l'accommodation du cristallin est encore efficace, il est donc souhaitable de la préserver ; de l'autre, le risque accru de décollement de rétine et d'œdème maculaire postopératoire est avéré, le vitré n'étant pas encore décollé. Le laser est donc plus indiqué avant 60 ans. Après 60 ans, les indications de la chirurgie cornéenne au laser se réduisent, l'implant

est plus cohérent car l'accommodation a quasiment disparu. La réserve d'accommodation peut être étudiée par le tracé de la courbe de défocalisation par l'OQAS, permettant d'apprécier l'accommodation résiduelle simulée et le parcours d'accommodation.

- L'état de vieillissement du cristallin. Un début d'opacification quantifiée par l'OQAS, oriente vers l'implant de façon à ne pas avoir à ré-intervenir quand une cataracte se complétera.

### >>> Avantages et inconvénients du laser et des implants (Prelex) chez le sujet hypermétrope

#### ■ Avantages du laser

Le PresbyLASIK présente l'avantage d'être une chirurgie cornéenne de surface, non invasive, sans intervention endoculaire. Les retouches éventuelles sont simples, se faisant par le re-soulèvement du capot et non à l'intérieur de l'œil. Les résultats sont excellents. Ils varient en fonction de l'expérience du chirurgien mais, dans l'ensemble, le PresbyLASIK offre une vision de loin et de près similaire aux implants multifocaux. De plus, il existe moins de gêne diurne (éblouissement) et nocturne (halos). Il offre également une meilleure sensibilité aux contrastes et une meilleure vision intermédiaire.

#### ■ Inconvénients du laser

Le PresbyLASIK peut présenter une précision réfractive moindre et la durabilité des résultats, au fil du temps, dépend largement de l'expérience du chirurgien, surtout lorsque la presbytie évolue. Une cataracte ultérieure pourra être opérée, sans difficulté. Pour les aléas potentiels du LASIK, la sécheresse oculaire est une occurrence fréquente. Les complications sérieuses telles que la kératite interstitielle, l'invasion épithéliale, les infections et l'ectasie sont exceptionnelles.

#### ■ Avantages du Prelex

Ses résultats sont plus précis et prédictibles. Une opération complémentaire cornéenne au laser peut corriger un défaut réfractif résiduel tel que l'astigmatisme, bien que cela soit rarement nécessaire. L'équilibre de la vision binoculaire est maintenu, éliminant ainsi le besoin de monovision. La vision de près des deux yeux demeure

constante dans le temps. En outre, cette intervention prévient la nécessité d'une intervention ultérieure pour la cataracte. Ces aspects font du Prelex une option intéressante pour ceux qui recherchent une correction de la vision durable et précise.

## ■ Inconvénients du Prelex

La chirurgie endoculaire, bien que plus invasive, présente des aléas potentiels plus délicats à traiter, tels que l'infection, l'œdème maculaire et le décollement de la rétine. Les effets secondaires induits par cette méthode peuvent être plus importants que ceux associés au laser, ce qui nécessite une information détaillée. Parfois, une correction complémentaire par des lunettes peut être nécessaire pour la vision intermédiaire. Une reprise chirurgicale, rare, est cependant plus invasive.

## 2. L'opération de la presbytie associée à la myopie

Le cas de la myopie demande une réflexion particulière. Le myope est habitué à lire sans lunettes, la presbytie étant compensée par la myopie. Il préfère en règle conserver ce privilège. Il peut s'agir :

- d'un myope de la quarantaine désirant se faire opérer de sa myopie. Il lit sans lunettes et désire conserver cet avantage. Or, si la myopie est complètement corrigée chirurgicalement sur les deux yeux, le myope aura besoin, dans un avenir proche, de lunettes pour lire. Il est donc important, lors de la chirurgie de la myopie, d'empêcher cette nécessité et maintenir un certain degré de myopie résiduelle ;
- d'un myope plus âgé, ne pouvant plus lire confortablement avec ses verres de loin et devant passer aux verres progressifs ;
- d'un patient déjà opéré avec une monovision qu'il ne tolère pas ;
- d'un patient déjà opéré de sa myopie dans le jeune âge. Il peut être ré-opéré pour sa presbytie à condition que les conditions anatomiques consécutives à son opération antérieure le permettent.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées :

- monovision lors d'un LASIK. C'est une bonne indication chez le myope jeune ;
- PresbyLASIK sur l'œil dominé. L'œil dominant est corrigé de la myopie par un LASIK classique ;
- Implants progressifs à partir de la soixantaine.

## ■ Les clés du succès d'une monovision

La monovision est une technique qui implique de corriger un œil pour la vision de loin tout en laissant l'autre œil légèrement myope pour favoriser la vision de près. Elle peut être réalisée pour la chirurgie au laser ou par implants.

La meilleure indication est l'opération de la myopie, par laser à l'âge de la presbytie débutante, par implants phaqes ou lors de l'opération de la cataracte. La monovision est une technique prédictible mais ajustable, le cas échéant, par une retouche. Elle préserve une bonne qualité de vision (ni halos ni éblouissement, peu de modifications des contrastes). La vision est acquise dès les premiers jours sans perte d'acuité visuelle binoculaire. La neuro-adaptation permet d'améliorer le confort au bout de quelques semaines. Des verres correcteurs d'appoint sont parfois nécessaires pour éviter la fatigue visuelle en lecture prolongée ou pour améliorer les performances visuelles de loin.

La monovision impose de bien déterminer l'œil choisi pour la vision de loin et celui pour la vision de près. On choisit en général l'œil dominant pour la vision de loin et, pour la vision de près, l'œil dominé laissé myope. Cette solution est la mieux supportée en vision binoculaire. Mais l'inverse avec l'œil dominant pour la vision de près peut aussi être un choix judicieux, à tester.

Les réglages sont délicats car la différence de réfraction entre les deux yeux doit être à la fois efficace et confortable.

Pour l'œil dominant destiné à la vision de loin, il faut une correction parfaite de la myopie ou de l'hypermétropie et de l'astigmatisme. La vision de loin ne reposant que cet œil la satisfaction du patient en dépendra.

Pour l'œil dominé, il faut un dosage très précis de la correction à effectuer :

- si la myopie résiduelle n'est pas suffisante, le résultat sur la presbytie sera décevant ou ne sera pas durable et le sujet devra reporter tôt ou tard des lunettes pour lire quand la presbytie évolue. Cette limitation rend la monovision insuffisante pour compenser une presbytie complètement installée chez un myope plus âgé ;
- si la myopie résiduelle est trop importante, il risque d'y avoir trop de différence entre les deux yeux engendrant

un inconfort, une fatigue oculaire, une altération des performances visuelles pour les tâches complexes, un trouble de la vision stéréoscopique responsable d'une perte de la vision du relief pénalisant les activités 3D et une mauvaise appréciation des distances. La conduite automobile, par exemple, peut être perturbée par la perception de deux images superposées avec un éblouissement.

#### ■ Le PresbyLASIK

Le PresbyLASIK est plus délicat dans la chirurgie de la myopie mais il présente plusieurs avantages par rapport à la monovision classique :

– **correction complète.** Avec le PresbyLASIK, l'objectif est d'apporter une correction simultanée pour la vision de loin, la vision à mi-distance et la lecture sur l'œil opéré ;

– **meilleure vision à mi-distance et de loin.** Cela peut être avantageux dans de nombreuses situations, y compris lors de l'utilisation d'appareils électroniques et d'activités en plein air ;

– **amélioration de la vision binoculaire.** La vision binoculaire, qui résulte de la combinaison des images des deux yeux, est améliorée avec le PresbyLASIK. La faible différence entre les deux yeux est bien tolérée par le cerveau, offrant un confort visuel bien meilleur comparé à une monovision plus prononcée ;

– **moins d'effets secondaires potentiels.** Par rapport à une monovision pure, le PresbyLASIK entraîne moins de problèmes tels que la diminution de la perception de la profondeur et une adaptation plus aisée au niveau du cerveau, car la différence entre les deux yeux est moindre.

#### ■ Les implants chez le myope

**Avec un implant progressif**, le myope risque de trouver que sa vision de loin était meilleure avant avec ses lunettes et sa vision de près meilleure avant, sans lunettes. Il n'aura plus la vision de près qu'il avait à 10 cm. Après explications, il vaut souvent mieux utiliser en cas de chirurgie du cristallin clair un implant monofocal en gardant une certaine myopie aux deux yeux.

**S'il existe une cataracte importante**, le myope peut être satisfait avec un implant multifocal car il obtiendra une amélioration de son acuité visuelle et de ses halos. Avec un implant EDOF il sera déçu en vision de près.

### Chez le myope fort

Il est admis d'éviter une chirurgie de remplacement d'un cristallin clair chez le myope jeune avant 60 ans en raison du risque accru de décollement de rétine. Dans ce cas, une monovision peut être proposée avec un implant phaqué de type ICL car, à cet âge, l'évolution vers une cataracte dans les années qui suivent est plus fréquente.

Un début d'opacification du cristallin, plus précoce chez le myope fort, oriente vers le remplacement du cristallin par un implant de façon à ne pas avoir à ré-intervenir quand la cataracte se complétera. Sera très utile l'examen de l'OQAS, au besoin répété, pour juger de l'importance et de l'évolutivité de cette opacification. Il sera prudent d'attendre que le décollement du vitré soit constitué pour limiter le risque de décollement de rétine. De même, il faudra traiter préalablement d'éventuelles lésions rétinienne périphériques par laser Argon. Le calcul d'implant est moins précis chez le myope fort et il existe souvent des lésions maculaires (importance de l'OCT rétinienne) contre-indiquant l'implant progressif. Il faut alors plutôt s'orienter vers une chirurgie de myopie par implants monofocaux avec monovision. Il faut alors prévenir, en cas d'imprécision du calcul d'implant, de l'éventualité d'une intervention complémentaire par laser cornéen.

### 3. La chirurgie par implants chez le patient opéré de chirurgie réfractive

La chirurgie par implants chez les patients ayant déjà subi une chirurgie réfractive, et qui atteignent maintenant l'âge de la presbytie, présente des défis particuliers. C'est un cas de plus en plus fréquent Voici quelques points essentiels à considérer :

■ La motivation est élevée. Les patients opérés de chirurgie réfractive ont généralement une forte motivation à maintenir une vision sans lunettes, après la chirurgie de la presbytie ou de la cataracte.

■ Le calcul d'implant peut être imprécis. La chirurgie réfractive modifie la courbure cornéenne, ce qui rend ce calcul plus délicat chez les patients déjà opérés. Il est crucial d'expliquer ce point aux patients et d'utiliser des formules de calcul perfectionnées.

Il existe une contre-indication des implants multifocaux si la chirurgie réfractive antérieure a induit un taux significatif d'aberrations optiques. Ces aberrations peuvent entraîner des effets secondaires indésirables, tels que des halos et une perte de contraste.

On peut alors proposer certains implants EDOF comme alternative intéressante aux implants multifocaux. Ils offrent une meilleure qualité visuelle avec moins de halos et une perte de contraste réduite, tout en fournissant une bonne profondeur de champ.

#### 4. L'opération de la presbytie chez le sujet voyant bien de loin : le cas le plus difficile

La correction de la presbytie chez les individus emmétropes ou faiblement hypermétropes, présente des défis particuliers. Ce cas reste toujours un défi complexe et délicat, contrairement à ce que pense la personne qui n'a de gêne qu'en vision de près. Ces personnes, qui ont une bonne acuité visuelle de loin sans correction, peuvent être moins tolérantes aux compromis potentiels liés à la chirurgie de la presbytie. La complexité réside dans la nécessité de fournir une vision de près améliorée tout en préservant la qualité de la vision de loin, ce qui peut être délicat. Le fait que le patient puisse comparer directement la vision de loin entre l'œil opéré et non opéré souligne l'importance d'une communication pré-opératoire approfondie. Les explications pré-opératoires doivent être détaillées, mettre en avant le compromis nécessaire pour obtenir une amélioration de la vision de près sans pénaliser significativement la vision de loin avec les deux yeux. La simulation des résultats est capitale pour que le patient comprenne les attentes réalistes et prenne sa décision en toute connaissance de cause. Le port préalable d'une lentille de contact ne simule pas toujours le résultat du laser. Il est prudent de ne pas opérer les individus ayant des exigences élevées en matière de vision de loin, en particulier ceux dont le métier dépend fortement de cette capacité, comme les pilotes d'avion ou les conducteurs professionnels, surtout s'ils travaillent la nuit.

#### Le choix du type d'opération chez le sujet voyant bien de loin peut se résumer ainsi :

##### >>> Avant 55-60 ans : le PresbyLASIK

Le PresbyLASIK sur un seul œil peut être une option pour réactiver les capacités d'accommodation. L'œil

dominé est généralement choisi pour une légère monovision, dont l'amplitude peut être évaluée en pré-opératoire pour minimiser l'impact sur la vision de loin. Un traitement hyperprolate de faible diamètre, centré sur la pupille, peut être utilisé pour augmenter la profondeur de champ tout en préservant la qualité de vision. Si la correction de la presbytie appliquée à cet œil est légère, il est important d'informer le patient sur la possibilité d'une ré-intervention ultérieure en raison de l'évolution de la presbytie.

Lorsqu'il est décidé d'opérer les deux yeux, il est capital de bien corriger l'œil dominant, en particulier pour l'astigmatisme, afin d'assurer la satisfaction du patient, en particulier pour la vision de loin

##### >>> Après 55-60 ans : implant multifocal (Prelex) ou implant EDOF

L'implant multifocal (Prelex) ou un implant EDOF peut être envisagé, particulièrement lorsque l'accommodation devient significativement défaillante. À ce stade, le handicap visuel lié à la presbytie devient plus gênant, rendant le patient plus enclin à accepter la notion de compromis. Sur l'œil dominant, un implant EDOF peut être posé pour favoriser la vision de loin et à mi-distance. Sur l'œil dominé, un implant diffractif bifocal ou trifocal peut être proposé.

Chez ces patients très exigeants en vision de loin, la chirurgie doit être parfaite, avec un calcul d'implant précis et une correction optimale de l'astigmatisme, éventuellement par l'utilisation d'un implant multifocal torique. Tout défaut réfractif résiduel, même minime, peut être mal vécu par le patient et pourrait nécessiter une intervention cornéenne complémentaire par laser. Il est important d'informer le patient de cette éventualité.

#### Bien choisir le chirurgien et le plateau technique

Le choix du chirurgien de la presbytie est capital et plusieurs critères doivent être pris en compte. Tout d'abord, l'accès à un plateau technique complet et moderne est essentiel pour permettre au chirurgien de prendre des décisions en toute liberté. Une clinique exclusivement dédiée à la chirurgie réfractive ou à la chirurgie de la cataracte est préférable, offrant ainsi un environnement

au sein duquel des dizaines d'opérations sont réalisées chaque semaine. Le personnel est formé à la chirurgie ophtalmologique et la clinique doit disposer des techniques les plus modernes et d'un matériel régulièrement testé, mis à jour et entretenu.

L'expérience du chirurgien est également un facteur déterminant. Un chirurgien ayant une longue expérience dans l'opération de la presbytie et capable de pratiquer toutes les différentes techniques offre une perspective plus complète. Il est fondamental qu'il ne se limite pas à une seule technique, car certaines peuvent évoluer avec le temps, tandis que d'autres peuvent s'avérer moins durables.

La polyvalence du chirurgien est un atout. En effet, en plus de la chirurgie réfractive par laser, le chirurgien devrait être compétent dans la chirurgie de la cataracte et de la cornée. Cela lui permettra de choisir entre le laser

et les implants, de gérer divers problèmes qui peuvent survenir et de ré-opérer si nécessaire.

La disponibilité du chirurgien est également un critère important pour assurer un accompagnement postopératoire attentif. L'opération de la presbytie nécessite un bon contact, une écoute attentive et une grande disponibilité, avant et après l'opération.

Une chirurgie de la presbytie réussie apporte un haut degré de satisfaction. L'étude des besoins visuels est essentielle. Le choix opportun de la technique chirurgicale, l'information, la précision de la chirurgie et le suivi sont les clés de la réussite.

---

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

## Prévention et traitement de la sécheresse oculaire postopératoire et postcataracte



**P. RAPOPORT**  
Cabinet d'ophtalmologie, PARIS.  
docteur.rapoport.pascal@gmail.com

Dans la chirurgie réfractive comme, désormais, en chirurgie de la cataracte, l'exigence est devenue la norme. Le patient informé par son entourage, par les médias ou par un chirurgien enthousiaste s'attend à une chirurgie indolore et à des suites simples sans aucune gêne ou désagrément.

La sécheresse oculaire est souvent le "grain de sable" qui vient perturber cette belle histoire. Afin d'éviter cette complication, source d'incompréhension et de conflit entre le patient et son chirurgien, il est nécessaire de rechercher les patients à risque afin de mieux les informer, de proposer des traitements pré-opératoires, d'adapter éventuellement les pratiques chirurgicales et postchirurgicales.

L'objectif consiste à identifier les patients les plus susceptibles de décompensation d'une pathologie de surface oculaire, de proposer des soins pré-opératoires et une prise en charge spécifique en postchirurgie.

### Identifier les risques

#### 1. Les antécédents

En 2021, aux Pays-Bas, Vehof J, Snieder H, Jansonius N *et al.*, ont mis en évidence, au cours d'une étude transversale que la sécheresse oculaire, dans près de 10 % des cas, était parfois associée à des troubles musculosquelettiques, gastro-intestinaux, ophtalmiques, auto-immuns, psychiatriques, fonctionnels, dermatologiques et atopiques... [1].

Une méta-analyse a permis de mettre en évidence les facteurs de risques individuels suivants : âge avancé, sexe féminin, travail sur écran, port de lentilles de contact, ptérygion, glaucome, chirurgie oculaire, dépression, syndrome de stress post-traumatique, apnée du sommeil, asthme, allergie, hypertension, diabète sucré, maladies cardiovasculaires, accidents vasculaires cérébraux, rosacée, maladies thyroïdiennes, goutte, migraine, arthrite, ostéoporose, tumeur, eczéma et maladie systémique [2].

Plusieurs médicaments peuvent entraîner, entretenir ou aggraver la sécheresse oculaire : antidépresseurs, anticholinergiques, antihistaminiques, bêtabloquants, antispasmodiques, diurétiques et dérivés de l'isotrétinoïne [3].

L'interrogatoire cherchera à évaluer la présence d'une malocclusion palpébrale lors des phases de sommeil.

#### 1. Les questionnaires standardisés

Il existe de nombreux questionnaires. Le test *Ocular surface disease index* (Osdi) est le plus fréquemment proposé et certaines plateformes de bilans proposent une version avec calcul automatique des résultats. Le test *Symptom assessment in dry eye* (Sande), quant à lui, repose

sur l'utilisation de lignes non graduées; il est rapide et efficace pour le suivi des symptômes.

### 3. Le clignement palpébral

Il peut être réalisé à la lampe à fente (Laf) ou enregistré à l'aide d'un smartphone filmant au ralenti. Il est essentiel d'expliquer au patient le rôle du clignement dans le fonctionnement des glandes de Meibomus. Sa fréquence peut être diminuée ou augmentée et il est parfois incomplet. Il peut être modifié en cas d'affection neurologique ou d'antécédents de chirurgies palpébrales. Après un LASIK, la perte de stimuli neuronaux et la diminution de la fréquence des clignements augmentent l'importance des clignements incomplets, qui doublent approximativement les intervalles entre les clignements efficaces [4].

### 4. L'examen à la lampe à fente

L'examen du globe oculaire permet d'analyser l'hyperhémie conjonctivale, dilatations vasculaires limbiques ou plus diffuses, anomalies associées de la surface conjonctivale (ptérygion, pinguecula). On recherchera la présence de sécrétions filamenteuses. L'instillation de fluorescéine permet de visualiser une kératite éventuelle qui, par sa localisation donne, une indication sur le type de sécheresse et sa sévérité.

- **Examen des paupières:** présence de telangiectasies du bord libre plus ou moins œdémateux (*fig. 1*). La présence de collerettes autour des cils en faveur d'une infestation par Demodex (*fig. 2*).

- **Analyse des orifices des glandes de Meibomus:** présence de bouchons, de cicatrices, une pression sur les paupières permettra de visualiser la qualité et la quantité des sécrétions produites.

- **Examen de la conjonctive tarsale.** Il permet de visualiser les glandes de Meibomus et, après l'indispensable goutte de fluorescéine, une *lid wiper epitheliopathy* (*fig. 3*) [5], qui caractérise le frottement excessif du bord palpébral sur la surface oculaire.

### 5. Le bilan paraclinique

Longtemps, le diagnostic de sécheresse oculaire a été essentiellement clinique. Désormais, de nombreuses

plateformes proposent des tests rapides qui permettent d'évaluer cette affection. Ces examens complémentaires permettent d'améliorer l'échange entre le patient et le médecin. On dispose aujourd'hui de systèmes qui



Fig. 1 : Télangiectasies.

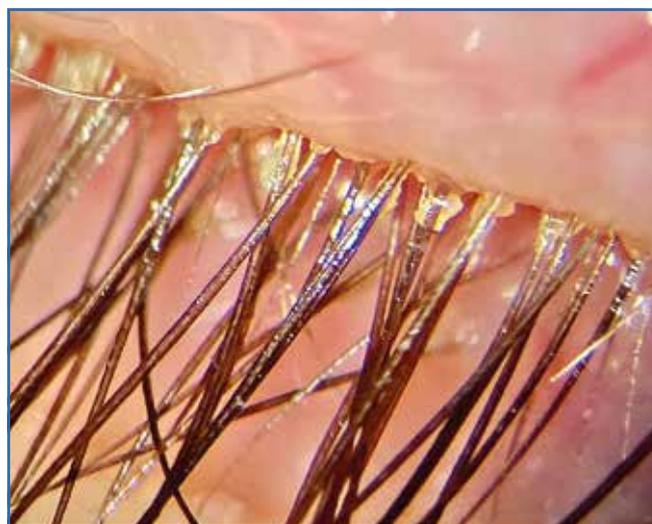


Fig. 2 : Engainement ciliaire-Demodex.

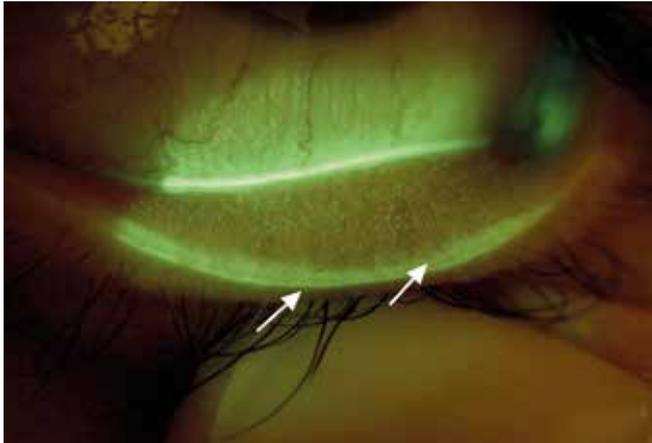


Fig. 3: Lid wiper epitheliopathy.



Fig. 4: A et B: Mesure automatisée du ménisque lacrymal (A) Antares CS0 Médical DevEyes (B) MYAH Topcon. C: Break up time automatisé (MYAH Topcon).

associent meibographie, photographies du segment antérieur, mesure du ménisque lacrymal et du *break up time* (fig. 4). Certains dispositifs, tel le Lipiview, donne une estimation de l'épaisseur du film lipidique et de la proportion de clignements incomplets.

La tomographie en cohérence optique (*Optical coherence tomography*, OCT) permet de réaliser un mapping épithélial qui démontre la présence d'amincissements progressifs de l'épithélium augmentant avec l'ancienneté des troubles et commençant souvent par la zone supérieure de la cornée [6].

## Les conséquences sur l'acte chirurgical

Il est essentiel de diagnostiquer les maladies de la surface oculaire chez les candidats à la chirurgie de la cataracte afin d'optimiser les résultats postopératoires car le film lacrymal constitue un élément important du dioptré oculaire. Dans les yeux dont le film lacrymal est sain, il peut y avoir une différence de puissance minimale de 0,1 D entre les clignements. Chez les personnes dont le film lacrymal est instable, il peut y avoir une variation de plus de 1,0 D, ce qui peut correspondre à une erreur de la même ampleur dans le calcul de la puissance de la lentille et, par conséquent, avoir un impact significatif sur la vision [7].

Une revue systématique récente a indiqué qu'un traitement adéquat de la maladie de la surface oculaire avant la chirurgie de la cataracte est également bénéfique pour les résultats réfractifs de la procédure, en réduisant de manière significative les erreurs postopératoires [8-9].

Les résultats en chirurgie réfractive semblent également affectés par la sécheresse oculaire préexistante. La présence de facteurs de risques de sécheresse oculaire peut orienter le choix du type d'intervention, même si aucune n'est dénuée de risque d'aggravation des symptômes. Ce risque augmente en cas de réalisation de traitement LASIK comparé au Smile et, dans une moindre mesure, à la photokératectomie réfractive (PKR) [10].

On peut s'interroger sur la pertinence du choix d'un implant multifocal en cas de sécheresse oculaire déjà présente ou de signes de blépharite chronique même peu symptomatiques. Une opération de la cataracte avec un implant multifocal, mais avec des interférences dues à des irrégularités du film lacrymal, conduira à un résultat

réfractif défavorable et laissera un patient mécontent. Environ 15 % des patients porteurs d'implants intra-oculaires multifocaux insatisfaits souffrent de sécheresse oculaire et signalent une vision floue, des phénomènes de halos et d'éblouissements en plus d'une irritation, d'une rougeur et d'un larmoiement excessif [11].

### Vers une prise en charge préchirurgicale

Dès lors qu'une pathologie de surface oculaire est évoquée, il est souhaitable de la prendre en charge avant l'acte chirurgical. Le patient comprendra d'autant mieux la situation que des explications claires et détaillées lui auront été données. En effet, si le patient symptomatique est assez facilement convaincu, le patient sans signe fonctionnel mais présentant des signes de blépharite ou d'atrophie des glandes de Meibomius peut parfois se montrer peu réceptif. C'est dans ces cas que la réalisation de meibographies (fig. 5) et de photographies du segment antérieur pré-opératoires prend toute son utilité.

Ces interventions pré-opératoires sont étayées par une étude de Song *et al.* [12] dans laquelle 120 patients atteints de dysfonctionnement des glandes de Meibomius (DGM) modérée, subissant une chirurgie de la cataracte, ont été répartis de manière aléatoire en trois cohortes. La cohorte 1 a reçu un traitement anti-inflammatoire postopératoire de routine, la cohorte 2 s'est vu prescrire un traitement préopératoire de la DGM, y compris l'hygiène des paupières, des compresses chaudes et le régime anti-inflammatoire postopératoire habituel de la cohorte 1. La cohorte 3, quant à elle, a reçu un régime

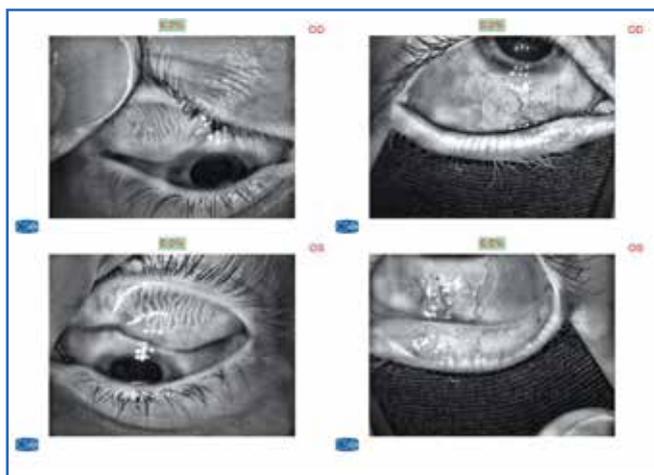


Fig. 5: Meibographie (Antares Medical/Deveyes).

anti-inflammatoire postopératoire plus intense et plus long (gouttes de tobramycine/dexaméthasone 6 fois par jour pendant 1 semaine et diminution progressive au cours des 4 semaines suivantes).

Après l'opération, les meilleurs résultats en termes de scores DGM et DED à 1 mois et 3 mois ont été observés dans la cohorte 2, soulignant ainsi l'importance du traitement pré-opératoire du DGM avant l'opération de la cataracte.

Différentes approches peuvent être utilisées pour le traitement préopératoire de la surface oculaire chez les patients subissant une intervention chirurgicale. On peut ainsi traiter :

- uniquement les patients présentant des anomalies préexistantes de la surface oculaire ;
- les patients qui risquent de développer une sécheresse oculaire postopératoire ;
- tous les patients indépendamment de leurs facteurs de risque et de l'altération du système de la surface oculaire.

Les traitements les plus utilisés chez les patients souffrant de sécheresse préexistante sont des traitements symptomatiques, des substituts lacrymaux et pommades lubrifiantes.

Les méthodes actuelles de traitement du syndrome de DGM sont les suivantes :

- thérapie physique. Nettoyage des paupières, compresses chaudes, expression de la glande de Meibomius (MGX), thérapie de pulsation thermique de la glande de Meibomius, LipiFlow et correction des habitudes de clignement du patient ;
- traitement médicamenteux. Larmes artificielles, anti-inflammatoires stéroïdiens, ciclosporine, antibiotiques locaux ou par voie générale ;
- thérapie diététique. Acides gras oméga-3, vitamine D, compléments alimentaires. Bien qu'il existe de nombreuses façons de traiter le DGM, il n'existe actuellement aucun traitement définitif et efficace de la DGM. En outre, de nombreux traitements sont difficilement suivis en raison de leur mauvaise observance.

L'émergence de traitements de la sécheresse par lumière pulsée et par photobiomodulation, pouvant être combinés aux traitements plus classiques, apporte de nouvelles options thérapeutiques :

## ● La lumière pulsée (IPL)

La lumière pulsée intense (IPL) a été utilisée en dermatologie pour délivrer des impulsions intenses de lumière non cohérente d'une longueur d'onde de 500 nm à 1200 nm afin de traiter diverses affections, notamment la pigmentation de la peau, les dommages causés par le soleil et l'acné. Un flash manuel commandé par ordinateur délivre la lumière appropriée, qui est filtrée pour une action spécifique.

La lumière pulsée a été signalée pour la première fois de manière anecdotique il y a plus de quinze ans pour le traitement du DGM. Une étude plus récente, prospective, en double aveugle, contrôlée par placebo et portant sur deux yeux, a comparé l'effet de multiples impulsions de lumière pulsée sur un œil tandis que l'autre œil recevait un traitement fictif. Le traitement a permis d'améliorer la qualité du film lacrymal et de réduire les symptômes. Une analyse rétrospective de dossiers médicaux a montré de manière indépendante une amélioration de 77 % de la fonction des glandes de Meibomius dans au moins un œil et une amélioration de 89 % des symptômes de sécheresse oculaire lorsque la lumière intense pulsée était utilisée en combinaison avec l'expression manuelle des glandes de Meibomius. Une étude de cohorte rétrospective multicentrique portant sur 100 patients atteints de DGM et traités par la lumière pulsée a montré des améliorations cliniques similaires et a conclu que la thérapie par lumière pulsée était un traitement sûr et efficace de l'EDE [13]. Ces dernières années, la lumière pulsée a été étendue au traitement de la blépharite et a également été introduite dans le DEWS II [14].

Une étude prospective d'observation a suivi 60 patients atteints de cataracte et présentant des signes de dysfonctionnement des glandes de Meibomius. La moitié a été traitée préventivement et à un mois postchirurgie par IPL. L'efficacité du traitement a été évaluée un mois et trois mois après l'intervention chirurgicale. Le questionnaire Osdi, l'examen biomicroscopique des bords des paupières, le score de sécrétion de la glande de Meibomius (MGYSS), les scores de coloration à la fluorescéine de la cornée (CFS), le temps de rupture du film lacrymal (TBUT), la hauteur du ménisque lacrymal (TMH) et la morphologie de la glande de Meibomius (meibographie) suivie du Kératographe 5 M (K5M) ont été utilisés pour évaluer l'état des patients.

Les scores de l'Osdi, du MGYSS, du TBUT et du CFS présentaient des différences significatives entre les résultats pré-opératoires et postopératoires. Dans le groupe traité par IPL, l'état postopératoire de la surface oculaire était manifestement meilleur et le taux de satisfaction des patients était plus élevé qu'avant l'opération. Il y avait des différences significatives dans les scores Osdi, Emas, MGYSS et CFS avant et un mois après l'opération ( $p < 0,05$ ). En outre, il y avait également des différences significatives dans les scores Osdi, Emas, MGYSS et MGLS avant et trois mois après l'opération. Aucune complication n'est apparue pendant le traitement par TPO [15].

## ● La photobiomodulation (LLLT)

Mécanisme d'action de la *Low-level laser therapy* (LLLT). On pense que le mécanisme biologique de base des effets de la LLLT est l'absorption de la lumière rouge et infrarouge par les chromophores mitochondriaux, en particulier le cytochrome c oxydase (CCO) contenu dans la chaîne respiratoire située dans les mitochondries. On suppose que cette absorption d'énergie lumineuse peut provoquer la photodissociation de l'oxyde nitrique inhibiteur de la CCO, ce qui entraîne une amélioration de l'activité enzymatique, du transport d'électrons, de la respiration mitochondriale et de la production d'ATP. À son tour, la LLLT, en modifiant l'état d'oxydoréduction cellulaire, peut induire l'activation de nombreuses voies de signalisation intracellulaires, modifier l'affinité des facteurs de transcription concernés par la prolifération cellulaire, la survie, la réparation des tissus et la régénération.

Une étude a cherché à évaluer l'efficacité d'un traitement par photobiomodulation ou thérapie par la lumière de faible intensité (LLLT). Les patients ont bénéficié de deux séances de traitement :  $7 \pm 2$  jours avant l'opération de la cataracte (T0) et  $7 \pm 2$  jours après (T1). Les mesures des résultats évaluées  $30 \pm 4$  jours après la chirurgie (T2) comprenaient le questionnaire Osdi, le temps de rupture non invasif (Nibut), la hauteur du ménisque lacrymal, la perte de glande de Meibomius (MGL) et le score de rougeur. Les patients traités avec la LLLT avaient des scores Osdi significativement plus bas comparés aux contrôles à T1 et T2, des valeurs Nibut plus élevées à T2 et des valeurs MGL Meiboscore plus basses à T1. Contrairement aux contrôles, les patients traités avec la

LLLT avaient des scores Osdi significativement plus bas et des valeurs Nibut plus élevées à T2 comparé à T0 [16].

## Conclusion

La prise en charge de la sécheresse oculaire concerne le chirurgien avant, pendant et après l'intervention. Un dépistage précoce peut permettre un traitement pré-opératoire efficace pour diminuer les risques d'aggravation postopératoire. Pour le patient, cette prise en charge pré-opératoire est plus que jamais indispensable car la souffrance induite par la sécheresse est trop souvent aggravée par l'idée d'une possible erreur médicale ou par l'altération des rapports chirurgien/patient.

Comme le rappelle Marc Aurèle: "Dans les grandes douleurs toutefois, aie recours à cette maxime d'Epicure: *La douleur n'est ni intolérable ni éternelle, si tu le souviens de ses limites et si tu n'y ajoutes rien par l'opinion que tu t'en fais.*"

Remerciements à M.-C. LACHOT pour l'aide iconographique.

## Bibliographie

1. VEHOF J, SNIEDER H, JANSONIUS N *et al.* Prevalence and risk factors of dry eye in 79,866 participants of the population-based Lifelines cohort study in the Netherlands. *Ocul Surf*, 2021;19:83-93.
2. QIAN L, WEI W. Identified risk factors for dry eye syndrome: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2022 ;17:e0271267.
3. TAHIRI JOUTEI HASSANI R, BAUDOUIN C, DENOYER A. La surface oculaire. Rapport SFO, 2015.
4. McMONNIES CW. Incomplete blinking: exposure keratopathy, lid wiper epitheliopathy, dry eye, refractive surgery, and dry contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye*, 2007;30:37-51.
5. KORB D, GREINER J, HERMAN J *et al.* Lid-Wiper Epitheliopathy and Dry-Eye Symptoms in Contact Lens Wearers1. *CLAO Journal*, 2002;28:p 211-216.
6. EDORH NA, EL MAFTOUHI A, DJERADA Z *et al.* A. New model to better diagnose dry eye disease integrating OCT corneal epithelial mapping. *Br J Ophthalmol*, 2022;106:1488-1495.
7. GIANNACCARE G, BARABINO S, DI ZAZZO A *et al.* Preventing and Managing Iatrogenic Dry Eye Disease during the Entire Surgical Pathway: A Study Focusing on Patients Undergoing Cataract Surgery. *J. Clin. Med*, 2024, 13, 748.
8. BIELA K, WINIARCZYK M, BOROWICZ D *et al.* Dry Eye Disease as a Cause of Refractive Errors After Cataract Surgery—A Systematic Review. *Clin. Ophthalmol*, 2023;17:1629-1638.
9. KIM J, KIM MK, HA Y *et al.* Improved accuracy of intraocular lens power calculation by preoperative management of dry eye disease. *BMC Ophthalmol*, 2021;21:364.
10. SHEN Y, WANG J, ZHOU X *et al.* Impact of Dry Eye Disease on the Uncorrected Distance Visual Acuity after Small Incision Lenticule Extraction. *J Clin Med*, 2023;12:6179.
11. ALIO JL, PLAZA-PUCHE AB, FERNANDEZ-BUENAGA R *et al.* Multifocal intraocular lenses: An overview. *Surv Ophthalmol*, 2017;62:611-634.
12. SONG P, SUN Z, REN S *et al.* Preoperative management of MGD alleviates the aggravation of MGD and dry eye induced by cataract surgery: a prospective, randomized clinical trial. *Biomed Res Int*, 2019;2019:2737968.
13. GUPTA P.K, VORA G.K, MATOSSIAN C *et al.* Outcomes of intense pulsed light therapy for treatment of evaporative dry eye disease. *Can J Ophthalmol*, 2016;51:249-253.
14. JONES L, DOWNIE L, KORB D *et al.* TFOS DEWS II Management and Therapy Report, *The Ocular Surface*, Volume 15, Issue 3, 2017, 575-628.
15. GE J, LIU N, WANG X *et al.* Evaluation of the efficacy of optical pulsed technology treatment in patients with cataract and Meibomian gland dysfunction in the perioperative period. *BMC Ophthalmol*, 2020;20:111.
16. GIANNACCARE G, ROSSI C, BORSELLI M *et al.* Outcomes of low-level light therapy before and after cataract surgery for the prophylaxis of postoperative dry eye: a prospective randomised double-masked controlled clinical trial. *Br J Ophthalmol*, 2023;bjo-2023-323920.

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

## Questionnaire de pratique

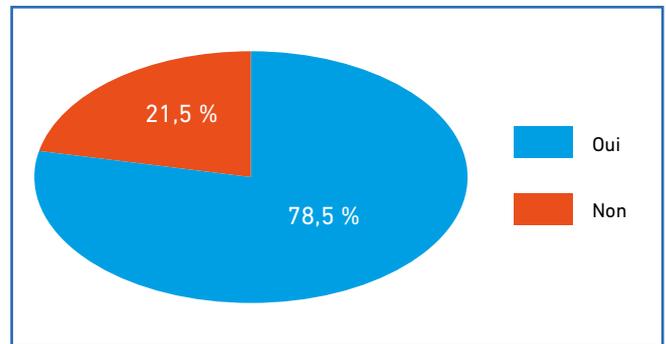
### Utilisation du *Wavefront*

>>> **Question 1 :** Réalisez-vous un examen du *Wavefront* systématique avant toute chirurgie réfractive cornéenne ?

1. Oui
2. Non

*1 seule réponse était attendue*

**Nombre de répondants : 14**

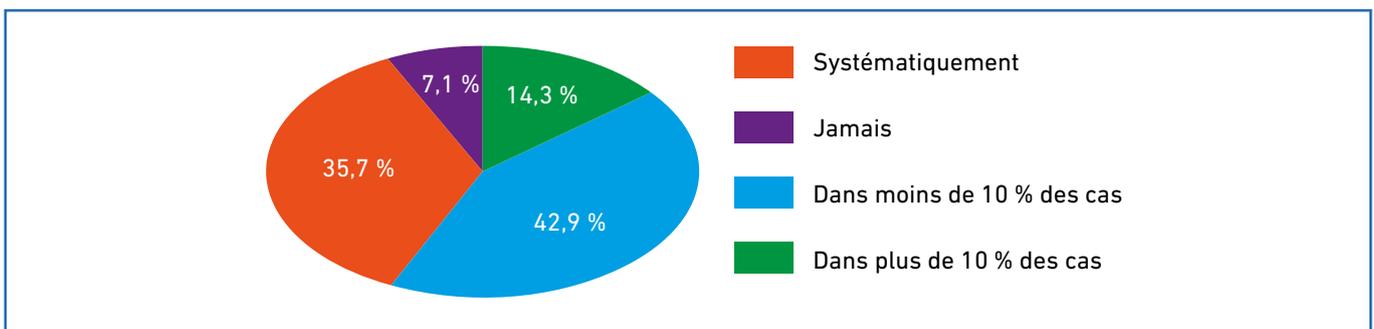


>>> **Question 2 :** Intégrez-vous le *Wavefront* dans votre algorithme de traitement laser pour un patient non préalablement opéré ?

1. Systématiquement
2. Jamais
3. Dans moins de 10 % des cas
4. Dans plus de 10 % des cas

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants : 14**



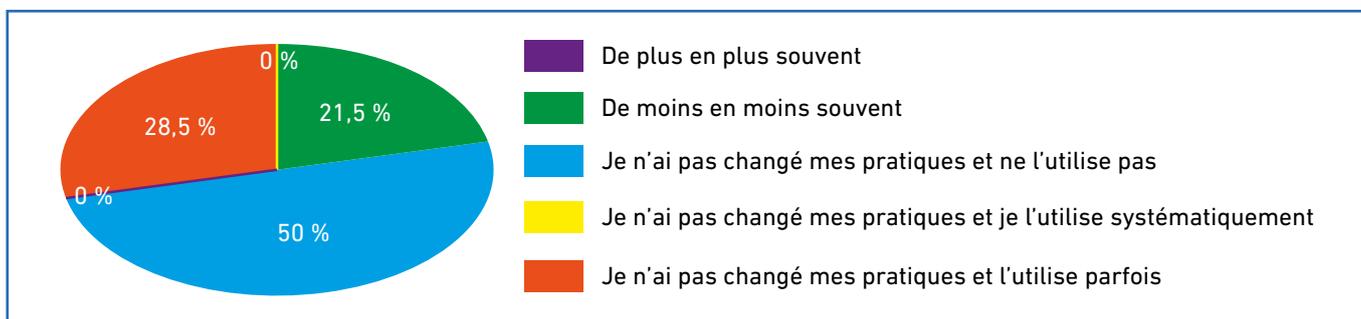
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 2
J. Coulet	4	Intérêt du PPR dans l'affinage de la réf à corriger. TTT custom si HORMS > 40 µ/si diam de traitement trop large en TT classique.
V. Dimeglio	1	Nous utilisons le ZyWAVE de B & L, intégré systématiquement dans le laser, il sert à affiner la programmation, surtout chez l'hypermétrope presbyte en rapprochant la subjective du PPR pour la programmation Supracor.
B. Ameline	2	Aucun intérêt.
P. Bouchut	2	Peu de différence en qualité de vision et parfois shift réfractif.
B. Briat	2	Reconnaissance irienne systématique.
P. Lévy	3	Je l'utilise surtout en cas d'HOA anormalement élevées ou dans le traitement des astigmatismes mixtes (le traitement en mode aberrométrie est plus compact et permet de délivrer la totalité du traitement sur le stroma exposé). Éventuellement aussi en cas de très grande pupillométrie scotopique.
N. Mesplié	3	Uniquement si HOA cornéennes élevées et MAVAC faible et/ou gêne fonctionnelle en conduite nocturne.
A. Denoyer	3	Je fais systématiquement une aberrométrie pour tous les patients (donc c'est peut-être la réponse 1 si on entend "algorithme de bilan pré-op."). Profil d'ablation aberroguidé uniquement en cas de RMS > 40 µ ou bien si une HOA sort du lot (gros coma sans kératocône ou bien gros trefoil ou grande AS 4 <sup>e</sup> ordre). Environ 5 % des patients.

>>> **Question 3 : Dans le cadre d'un patient non opéré à qui vous réalisez une chirurgie cornéenne vous utilisez un *link Wavefront***

1. De plus en plus souvent
2. De moins en moins souvent
3. Je n'ai pas changé mes pratiques et ne l'utilise pas
4. Je n'ai pas changé mes pratiques et je l'utilise systématiquement
5. Je n'ai pas changé mes pratiques et l'utilise parfois

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondeurs: 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 3
V. Dimeglio	2	Sur le Ténéo, le mode "perso aberro" n'est pas vraiment plus performant que le traitement standard proscan, ce qui n'était pas le cas sur les lasers précédents.
M. Le Loir	3	Le <i>link Wavefront</i> sera bientôt disponible pour la plateforme Alcon EX500.
N. Mesplié	5	Traitement aberration free en routine, et le traitement des HOA cornéennes uniquement si gêne fonctionnelle importante...
A. Denoyer	5	Je ne comprends pas la question... Je pense que le terme "traitement aberroguidé" serait plus approprié dans la question. S'il s'agit de ça, il faut peut-être reporter la seconde partie de ma réponse à la question 2 ici.

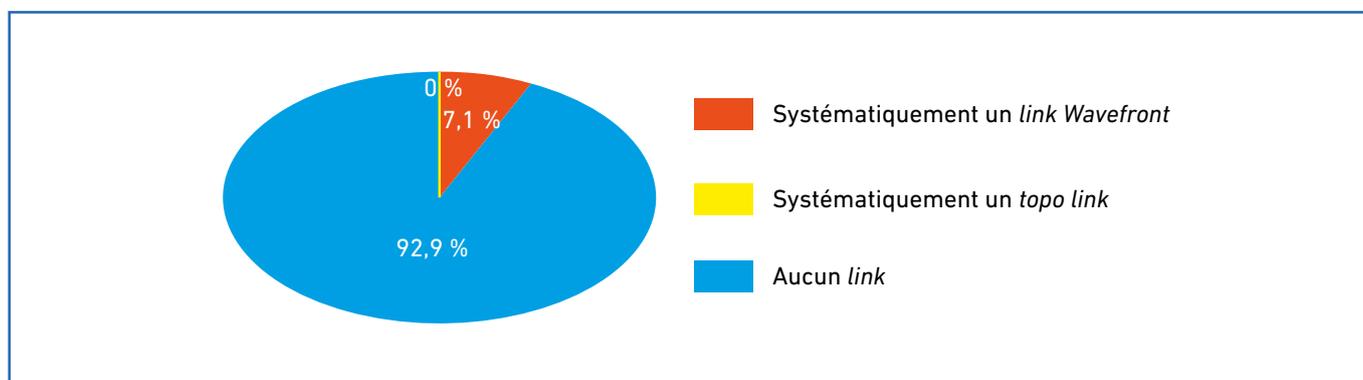
>>> **Question 4 :** Vous devez réintervenir chez un patient déjà opéré de chirurgie réfractive cornéenne pour une amétropie résiduelle sans signe fonctionnel, ni décentrement ni petites zones optiques.

Vous utilisez :

1. Systématiquement un *link Wavefront*
2. Systématiquement un *topo link*
3. Aucun *link*

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 14



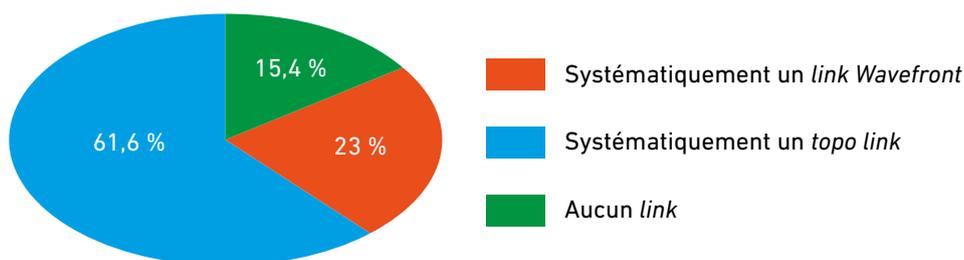
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 4
J. Couillet	1	Si HORMS > 40, sinon non.
B. Briat	3	Si pas d'aberration sur chirurgie initiale, décentrement, irrégularité... Ni <i>Wavefront</i> ni <i>topoguided</i> .
P. Lévy	3	À moins d'un taux élevé de HOA et dans ce cas <i>link Wavefront</i> .
A. Denoyer	3	Je réalise une aberrométrie pré-op., et en l'absence d'HOA top élevées (cf. Q2), je ferai un profil d'ablation standard. Sinon traitement aberroguidé.

>>> **Question 5 :** Vous devez réintervenir chez un patient déjà opéré de chirurgie réfractive cornéenne pour une amétropie résiduelle sans aucun signe fonctionnel, mais un petit décentrement ou une petite zone optique. Vous utilisez :

1. Systématiquement un *link Wavefront*
2. Systématiquement un *topo link*
3. Aucun *link*

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 13



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 5
J. Coulet	1	Oui, s'il existe une correspondance morphologique entre la carte aberrométrique (centroïdes) et la topographie +++.
V. Dimeglio	3	PKR sur une grande zone optique.
L. Gauthier	3	L'utilisation d'un link diminue la précision réfractive et le risque de nouvelle intervention sans bénéfice optique fonctionnel puisque le patient ne se plaint de rien.
P. Bouchut	1	Car pas de <i>topo link</i> sur ma plateforme.
B. Briat	2	<i>Topo link</i> si perte de la MAVC, gestion du décentrement et améliorer la zone optique.
P. Lévy	3	Pas de signes fonctionnels, donc pas d'utilité à utiliser un <i>link</i> .
N. Mesplié	3	J'augmente ma ZO de traitement.
A. Denoyer	3	Même commentaire qu'en Q4. Ablation standard en l'absence de signes fonctionnel ou de coma très importante dans ce cas.

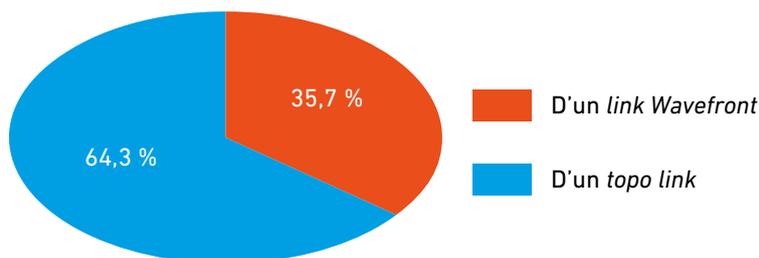
>>> **Question 6 : Vous devez réintervenir chez un patient déjà opéré de chirurgie réfractive cornéenne pour une amétropie résiduelle ayant des signes fonctionnels importants liés à un éventuel décentrement ou petites zones optiques.**

Si vous utilisez un link, il s'agit :

1. D'un *link Wavefront*
2. D'un *topo link*

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants : 14**



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 5
J. Couillet	2	<i>Topo link</i> plus efficace dans ce cas.
V. Dimeglio	2	Je confie le patient à mon confrère Clair-Florent Schmitt-Bernard, spécialiste des cornées pathologiques, qui le traitera en <i>topo link</i> sur notre laser Zeiss Mel 80, que je n'utilise plus.
L. Gauthier	2	Les photo-ablations pour ces grosses altérations optiques sont importantes et mieux gérées par un <i>topo link</i> avec des mesures pré-opératoires plus reproductibles.
B. Briat	2	Étant donné la présence de signes fonctionnels sur aberrations cartographiées, le <i>topo link</i> s'impose.
P. Lévy	2	Discussion collégiale avec des confrères et je confie ce type de patient à un confrère habitué à traiter ce type de cornée. Je pense cependant qu'un <i>topo link</i> est plus fiable.
L. Trinh	2	Je préfère corriger sur la cornée les aberrations optiques originaires de la cornée. C'est plus cohérent que de vouloir corriger toutes les aberrations totales.
N. Mesplié	2	Schwind propose un traitement des HOA cornéennes.
A. Denoyer	1	Signes fonctionnels, donc probable aberrométrie perturbée +++. Ma plateforme me permet le traitement aberroguidé, et pas le traitement topoguidé. Si je disposais du <i>topo link</i> et, selon mon expérience, j'envisagerais peut-être la réponse 2.
D. Piétrini	2	Le <i>topolink</i> est très efficace pour la régularisation cornéenne. Il permet de diminuer les conséquences d'un décentrement et d'agrandir les zones optiques parfois aux dépens d'une bonne précision réfractive.

## Implants phaques myopiques en 2024 Êtes vous unilatéral ou bilatéral? Serez-vous: ICL ou IPCL?



D. CHONG-SIT  
Clinique de la Vision, PARIS.  
chongsit@yahoo.fr

Deux questions sont au menu de cette actualité 2024 des implants phaques myopiques de chambre postérieure (PPCIOL):

- faut-il franchir le pas d'une chirurgie bilatérale en 1 temps par rapport à une classique prise en charge unilatérale?
- l'IPCL 2.0 peut-il devenir un vrai concurrent pour l'ICL EVO? (*fig.1A et fig. 1B*).

### Unilatéral ou bilatéral, là est la question...

Depuis 1997, l'implantation phaqué en chambre postérieure constitue mon choix et je n'ai franchi le pas de la chirurgie bilatérale en un temps que, depuis 2016, dans le sillon de Marc Weiser et, surtout, "aidé" par un patient souhaitant minimiser (légitimement) ses coûts logistiques. Les vingt premières années de mon expérience en traitements unilatéraux (entre le CHNO des 15-20 et la Clinique de la Vision) ont été émaillées de quelques hypertopies aiguës, parfois graves avec syndrome d'Urretz Zavalía dans trois cas (ICL, PRL et ICA), mais ni hypertonie chronique, ni infection. La



Fig. 1 : A. ICL EVO. B. IPCL 2.0 myopique.

littérature, quant à elle, retrouve quelques cas d'endophtalmie sur implant phaqué [1-3], mais les statistiques sont faibles, environ 1 cas pour 5000 actes. Ce risque est encore mieux géré depuis l'antibiothérapie intracamérulaire.

En 2011, le Visian ICL V 5.0 avec le percement de l'optique par l'"AquaPort" (permettant d'éviter chez les myopes la réalisation d'une iridectomie périphérique) a constitué une réelle révolution et a apporté une grande sérénité aux chirurgiens.

## Petit argumentaire pour ou contre une chirurgie bilatérale en 1 temps

### 1. Pour

#### >>> Simplicité

- Concernant la gestion de l'anisométrie, en particulier pour les patients ne portant pas de lentille.
- Reprise d'activité le lendemain possible.
- Ressenti psychologique des patients, en particulier pour les candidats ayant initialement consulté dans l'optique d'une chirurgie LASIK bilatérale.
- Gestion du planning du chirurgien.
- Une seule anesthésie générale, si ce mode est retenu.

#### >>> Gain de temps

- Pour le planning du patient et des accompagnants.
- Pour le chirurgien et pour le bloc opératoire. Plus dans la logistique préopératoire que peropératoire, puisque les deux yeux sont opérés de façon totalement séparée (nouvelle installation du patient et de la "table"; nouveau lavage chirurgical et changement de casaque).
- Moins de consultations postopératoires, pour le patient et le chirurgien.

#### >>> Coût

- En particulier, pour le patient si son éloignement justifie des transports itératifs et un hébergement exceptionnel.
- Concernant la chirurgie elle-même, la gestion des coûts dépend essentiellement de la structure dans laquelle l'acte est effectué.
- Dans une clinique classique, la gestion de cette chirurgie non prise en charge est variable (forfait pour deux yeux ou facturation au temps...), mais certainement avantageuse si les deux yeux sont opérés à la suite, en particulier par rapport aux prestations des anesthésistes (surtout si AG): moins de UNI.



Fig. 2 : Pince "bec de canard" à usage unique.

● Dans le cas plus rare d'une structure de bloc opératoire autonome, comme à la Clinique de la Vision de Paris, une salle de bloc opératoire dédiée aux implants phaqes permet une chirurgie en "externe" sécurisée (avec instrumentation entièrement à usage unique) (fig. 2). Il n'y a ni anesthésiste ni "prime" à une chirurgie bilatérale en un temps, donc pas de bénéfice ou de perte financière pour le patient en fonction de l'option choisie: moins de BI, malgré une activité soutenue.

- Les facturations hospitalières sont variées.

### 2. Contre

- Gestion du risque accrue, en particulier le fantôme de l'endophtalmie bilatérale [4].
- Survenue d'une hypertonie bilatérale n'ayant pas de logique spécifique, contrairement aux infections.
- Moindre optimisation du choix du 2<sup>nd</sup> implant et en particulier de sa taille en fonction du contrôle postopératoire.
- Un certain degré de "stress" pré-opératoire et postopératoire pour le chirurgien (associé indirectement à la notion de risque).

### 3. Discussion

Une tendance se dirige vers la réflexion d'une chirurgie de la cataracte bilatérale en 1 temps. De nombreuses études montrent l'efficacité de ce protocole en termes d'ergonomie, sans réel risque infectieux [5, 6]. Les enjeux sont totalement différents selon les pays, leurs niveaux socio-économiques et leurs ressources médicales (budget et nombre de praticiens). En France, D. Monnet rapporte dans "Habitudes des ophtalmologistes français en 2023" (R.O.F. N° 239) que 18 % des chirurgiens déclarent pratiquer occasionnellement des chirurgies en un temps et 35 % l'envisageraient en dehors de problèmes de remboursement. Ici, le principal frein pour le développement de cette pratique n'est pas (pour

cette chirurgie prise en charge) la gestion du risque, mais probablement la perte économique (pour les établissements de santé et pour les chirurgiens) quand les deux yeux sont opérés le même jour.

Situation inverse concernant la chirurgie réfractive phaque (non prise en charge). Et les mêmes éléments jouent dans des sens opposés. La gestion du risque devient fondamentale et réduit la dynamique du BI; mais la pression économique pousse à sa réalisation.

En France, on dénombre environ 50 % de chirurgie BI et 50 % d'UNI. Cette statistique concerne le nombre de procédure et non la pratique des opérateurs. Elle semble spécifique au marché français au sein duquel plus de 60 % des chirurgies sont réalisées sous anesthésie générale et pour lesquels 80 % des interventions sont réalisées par 20 % des opérateurs. Les chirurgiens ayant l'activité la plus importante sont probablement les plus enclins à l'optimisation et à envisager la solution BI.

On compte 1 % d'anesthésie générale en Italie (marché équivalent au marché français) et environ 35 % de BI; en Allemagne, 15 % de BI, car les guides de bonnes pratiques recommandent l'UNI. Par ailleurs, en Chine, Jiang Y *et al.* ont réalisé une étude dans laquelle ils démontrent que deux tiers des chirurgiens ont déclaré faire directement du bilatéral dès leurs premières chirurgies... [7].

### ICL EVO. ou IPCL 2.0, là est la question...

L'ICL dont le design et le nom (ICL, VISIAN ICL puis ICL EVO) se sont modifiés depuis trente ans constitue la référence incontestée pour ce type de chirurgie additive [8, 9]. Sa dernière évolution notable a été l'élargissement de la zone optique à 6,1 mm (jusqu'à 10 D) de l'EVO + en 2018, bien après l'Aquaport de la V5.

L'excellente tolérance du Collamer (polymère d'Hema et collagène porcin) est parfaitement reconnue, mais la fabrication des implants est certainement moins facile que ne l'est celle d'implant acrylique hydrophile classique. Ceci explique probablement la limite supérieure de correction < 20 dioptries (historique et inchangée depuis plus de trente ans) et la complexité d'élaboration d'une optique destinée aux myopes presbytes non pas multifocale mais à profondeur de champ (EDOF) en cours d'évaluation à ce jour ICL EVO VIVA.

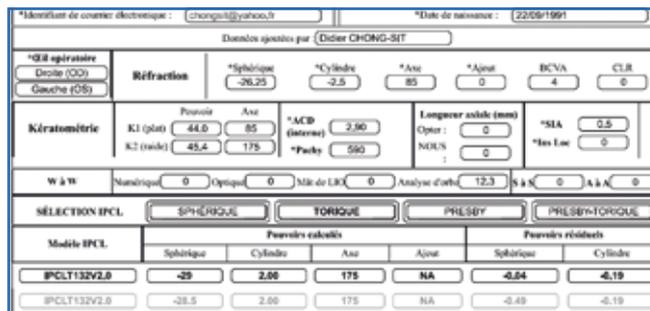


Fig. 3A: Fiche de programmation et de commande d'une très forte myopie:ES -27,5 D (chirurgie réalisée en février 2024).

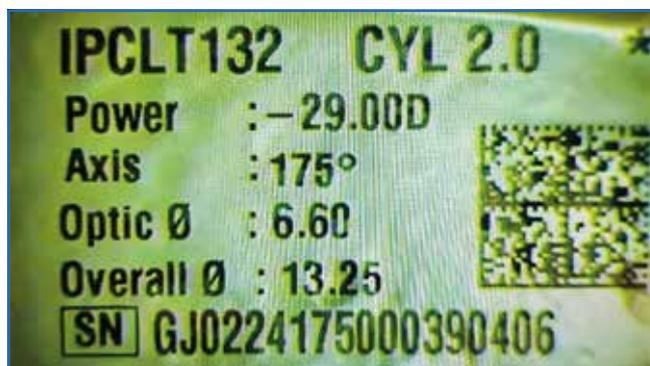


Fig. 3B: Implant IPCLT 13,2 mm de S +29.0 Cyl -2.0.

Au vu de ces éléments, la sortie par la firme indienne Care Group d'un implant de conception "très proche" en acrylique hydrophile hybride a été la bienvenue dès la première version de l'IPCL en 2013, en particulier pour sa gamme de puissance extrêmement large; correction myopique jusqu'à -30,00 D (par pas de 0,5 D) et torique jusqu'à 10,00 D (adapté en cas de kératocône) [10].

**Exemple:** 4/10f avec -26,25 -2,5 85°; IPCL de -29 +2,0 175 - M1: 3/10f sc et 7/10f +1,75 -1 85° (fig. 3A et 3B).

Depuis 2017, l'IPCL 2.0 distribué en France par Emetrop coche maintenant tous les critères les plus exigeants d'un bon implant phaque: navette souple de chambre postérieure avec des orifices au centre (380 µ, sans effet photique négatif; absent des implants hypermétropiques) et en périphérie pour une meilleure circulation de l'humour aqueuse. Son excellente tolérance et son efficacité sont parfaitement comparables avec le Visian ICL, ainsi que le notent Taneri [11] et Ratheb [12].

Voici, les avantages et les inconvénients de l'IPCL 2.0.

## 1. Avantages de l'IPCL 2.0

- Parfaite maîtrise de fabrication des acryliques hydrophiles qui permet de corriger toutes les amétropies myopiques ( $-30,0$  versus  $-19,0$ ).
- Zone optique nettement plus avantageuse que celle de l'ICL EVO +. Elle est la même quelle que soit la puissance dioptrique et ne varie qu'en fonction de la longueur de l'implant: 5,75 mm jusqu'à 11,75 mm (très rare) et 6,2 mm de 12,0 mm à 14 mm et même 6,6 mm sur commande. (*tableau I*), contrairement aux versions EVO + dont la ZO se réduit en fonction de l'amétropie (6,1 jusqu'à  $-9,0$  et seulement 5 à  $-14,0$  D) et EVO (4,9 à  $-18,0$  D) (*tableau II*).
- Son indice de réfraction supérieur (IPCL: 1,465/ICL: 1,442) permet un amincissement théorique d'environ 5 % et permet de l'injecter par une incision cornéenne temporaire (non astigmatogène) de 2,2 mm.
- Le tore et l'axe de l'IPCL Toric sont inclus dans l'optique et une pose horizontale (sur l'axe  $0^\circ$ - $180^\circ$ ) est systématiquement prescrite. L'implantation est simplifiée et cela peut certainement optimiser la stabilité lors de la correction d'un astigmatisme oblique (en particulier pour les kératocônes).
- Les sept longueurs d'implant possibles permettent un choix plus ajusté et un *vaulting* plus précis.
- Une surface antérieure plus lisse (et statistiquement significative) dans les lentilles intraoculaires phaqes IPCL 2.0 par rapport aux lentilles ICL EVO en étude par microscopie à force atomique [13].
- Chirurgicalement et subjectivement, l'IPCL est plus facile à poser, car le matériau, malgré sa finesse, est paradoxalement moins fragile et plus "tonique". Cela se ressent par une plus grande facilité pour l'insertion dans la cartouche (proche des implants navettes de cataracte) et une manipulation aisée dans la CA lors de la mise en place des haptiques derrière l'iris.
- Les implants fabriqués en Inde (Care Group) et un matériel expérimenté de longue date expliquent un prix plus attractif que celui de l'ICL, surtout pour les pays émergents (Inde et Chine en particulier). En Europe,

Model n°	Optical Diameter (mm)	Overall Diameter (mm)
EPCL11	5,75	11,00
EPCL112	5,75	11,25
EPCL115	5,75	11,50
EPCL117	5,75	11,75
EPCL12	6,20	12,00
EPCL122	6,20	12,25
EPCL125	6,20	12,50
EPCL127	6,20	12,75
EPCL13	6,20	13,00
EPCL132	6,20	13,25
EPCL135	6,20	13,50
EPCL137	6,20	13,75
EPCL14	6,20	14,00

Tableau I: Zone Optique IPCL 2.0.

EVO Visian myopique et myopique torique		
Puissances sphériques	Diamètre zone optique	Diamètre ZO efficace au plan de la cornée
-0,5 D à -9,0 D	5,8 mm	7,30 mm
-9,5 D à -10,0 D	5,5 mm	6,93 mm
-10,5 D à -12,5 D	5,3 mm	6,62 mm
-13,0 D à -18,0 D	4,9 mm	6,17 mm
EVO+ Visian myopique et myopique torique (ZO élargie)		
Puissances sphériques	Diamètre zone optique	Diamètre ZO efficace au plan de la cornée
-0,5 D à -9,0 D	6,1 mm	7,60 mm
-9,5 D à -10,0 D	5,9 à 6,4 mm	7,40 à 7,60 mm
-10,5 D à -12,5 D	5,3 à 5,8 mm	6,60 à 7,3 mm
-13,0 D à -18,0 D	5,0 à 5,2 mm	6,3 à 6,5 mm
-14,5 D à -18,0 D	ND	ND

Tableau II: Zone Optique ICL EVO.

cette concurrence tarifaire salubre peut permettre ou faire espérer une baisse des prix des implants phaqes.

## 2. Inconvénients

- Aucun inconvénient ophtalmologique et en particulier chirurgical notable.
- Pas de problème particulier spécifique de cet implant, par rapport aux autres PPCIOL. Attention toutefois à la "tonicité" de l'implant, qui peut plus facilement se retourner si l'injection n'est pas contrôlée.
- La commande proprement dite (après un calcul online) est faite auprès du laboratoire Emetrop. Le système n'est malheureusement pas aussi sophistiqué que pour la

commande d'un ICL *via* OCOS, en particulier ni visibilité des disponibilités ni commande en ligne.

- Les stocks d'implants myopiques en France sont modestes, d'autant plus avec sept tailles au choix. La livraison depuis l'Inde, prévisible en six semaines pour les implants sphériques et les implants toriques sur mesure, alourdit la programmation opératoire des IPCL.

- Une littérature encore modeste pour l'IPCL 2.0.

## Conclusion

L'implantation phaqué est maintenant une ancienne technique. L'implantation en CP permet d'assurer aux chirurgiens et aux patients sécurité, qualité optique et efficacité réfractive pour la chirurgie des myopies fortes. Plus de 1,5 million d'actes de chirurgie réalisés avec l'ICL dans le monde. À ce jour, plus de 150 chirurgiens sont formés et certifiés à poser des ICL en France.

Dans un marché français en croissance de 15 % par an, avec près de 2500 procédures annuelles, deux implants de qualité similaire sont un gage de saine concurrence, avec un bénéfice immédiat sur les coûts et une dynamique chirurgicale en termes d'innovation, dont les options IPCL presby-opiques [14] et ICL EVO VIVA (fig. 4) pourraient ouvrir de nouvelles perspectives chirurgicales chez tous les myopes presbytes.

L'ICL, avec son antériorité et son réseau commercial, a toute légitimité pour satisfaire les chirurgiens expérimentés soucieux d'une parfaite disponibilité en ligne (par OCOS). Il ne lui manque qu'une extension de gamme. De

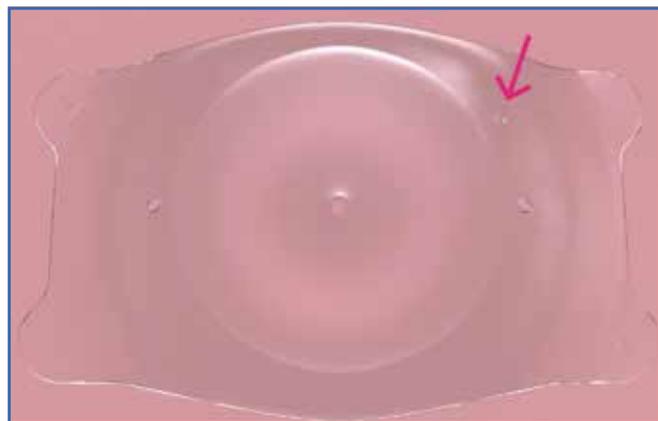


Fig. 4 : ICL EVO VIVA : ICL EDOF en cours d'évaluation en France.

son côté, l'IPCL [15] peut aisément séduire des chirurgiens ayant moins de pratique ou débutant dans cette chirurgie, par une expérience chirurgicale simplifiée. En tout état de cause avec l'IPCL 2.0, il n'y a plus aucune légitimité à programmer un bioptric (Implant phaqué + Laser) dans les cas rares des myopies les plus fortes...

Remerciements à Clémence Assadi Area Manager France STAAR Surgical pour ses informations concernant le marché des ICL en France et en Europe.

## Bibliographie

1. ALLAN B, ARGELES-SABATE I, MAMALIS N. Endophthalmitis rates after implantation of the intraocular Collamer lens: Survey of users between 1998 and 2006. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2009;35:766-769.
2. DAVIS M, EPSTEIN R, DENNIS R *et al.* Culture-positive endophthalmitis after implantation of intraocular Collamer lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2009;35:1826-1828.
3. ZHENG K, ZHENG X, GAN D *et al.* Successful antibiotic management of Staphylococcus epidermidis endophthalmitis after implantable collamer lens implantation. *BMC Ophthalmol*, 2023; 23: 410.
4. PUVANACHANDRA N, HUMPHRY RC. Bilateral endophthalmitis after bilateral sequential phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2008;34:1036-1037.
5. KHAYAM N, LAM CHJ, LOW S *et al.* Time and Motion Studies to assess surgical productivity in cataract theatre lists within the National Health Service: Immediate Sequential Bilateral Cataract Surgery *versus* Delayed Sequential Bilateral Cataract Surgery Eye, 2023;volume 37, 3751-3756.
6. BJERAGER J, LEEGAARD HOLM DM, HOLM L *et al.* Outbreak of Bilateral Endophthalmitis After Immediate Sequential Bilateral Cataract Surgery, *JAMA Ophthalmol*, 2023;141:1075-1078.
7. JIANG Y, CHEN X, CHENG M *et al.* Immediate or Delayed Sequential Bilateral ICL Surgery: a Survey of Chinese Ophthalmologists. *Ophthalmol Ther*, 2023;12:217-237.
8. LEVY P. Les implants phaques ICL sont-ils dangereux?, *Réalités Ophthalmologiques*, 2019;26.
9. ASSOULINE M. La révolution ICL pour la correction de la myopie forte: expérience personnelle et revue de la littérature. *Réalités Ophthalmologiques*, 2023;301:37-47.
10. DOROODGAR F, NIAZI F, NIAZI S *et al.* Visual outcomes of a new implantable Phakic contact lens in patients with stable keratocornus. *Int Eye Sci*, 2019;19:1089-1094.
11. TANERI S, DICK HB. Initial clinical outcomes of two different phakic posterior chamber IOLs for the correction of myopia and myopic astigmatism. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022; 260:1763-1772.
12. Rateb M, Gad A, Tohamy D *et al.* A Prospective Comparative Study between Implantable Phakic Intraocular Contact Lens and Implantable Collamer Lens in Treatment of Myopia in Adults. *J Ophthalmol*, 2022;2022:9212253.
13. GROS-OTERO J, KETABI S, CAÑONES-ZAFRA R *et al.* Atomic force microscopy comparative analysis of the surface roughness of two posterior chamber phakic intraocular lens models: ICL *versus* IPCL. *BMC Ophthalmol*, 2021;21:280.
14. BIANCHI GR. Cesk Slov Oftalmol. Presbyopia management with diffractive phakic posterior chamber IOL. 2020 Winter;76:211-219.
15. CHONG-SIT D. IPCL 2.0, nouvel implant phaqué de chambre postérieure. Supplément à *Réalités Ophthalmologiques*, 2020; n° 271, Clinique de la Vision – Saison 12.

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

## Complications de l'implant phaqué



R. FLAMANT, A. SAAD  
Hôpital Fondation Rothschild, PARIS.  
roxaneflamant@gmail.com

L'implant phaqué bénéficie ces dernières années d'un intérêt grandissant de la part de la communauté ophtalmologique pour la correction des amétropies plus ou moins sévères et non traitables par laser réfractif. Son caractère réversible, la grande qualité optique obtenue et une balance risque/bénéfice significativement améliorée grâce à l'évolution du design des implants en font un outil de poids dans l'arsenal thérapeutique du spécialiste en chirurgie réfractive. En effet, lors de sa première mise sur le marché dans les années 90, cet implant se déclinait sous des formes diverses : en chambre antérieure (avec support angulaire ou fixation irienne) ou en chambre postérieure. Il affichait dès lors un profil d'innocuité varié. Il s'est aujourd'hui standardisé en un implant de sulcus, comportant un ou plusieurs pores centraux et/ou périphériques, diminuant sensiblement ses effets secondaires [1]. Cependant, ce design présente encore quelques complications rares mais significatives, pour la plupart liées à la chirurgie même, plus qu'à l'implant.

Les complications de l'implant phaqué moderne et leur prise en charge sont décrites ici. Ces complications sont divisées en plusieurs catégories [2-4] :

- les erreurs réfractives ;
- la dysphotopsie ;
- l'hypertonie aiguë ;
- le *vaulting* ;
- les complications rétinienne ;

- l'endophtalmie exogène ;
- les complications tardives :
  - perte endothéliale,
  - cataracte iatrogène.

### Les erreurs réfractives

Les études démontrent que l'implantation phaqué présente une excellente prédictibilité en termes de réfraction, avec 70 % à 98 % des yeux opérés tombant à  $\pm 0,5$  D de la cible et 78 % à 84 % des yeux obtenant une acuité visuelle non corrigée égale à 10/10. Cependant, trois causes d'erreur réfractive peuvent être rencontrées :

>>> **Les erreurs réfractives pures.** Afin de les prévenir, il convient de s'assurer de la fiabilité des mesures réfractives pré-opératoires, subjectives et sous cycloplégie.

>>> **Une rotation de l'implant phaqué torique.** Elle peut être prévenue par un positionnement peropératoire minutieux. En cas de rotation, il convient de vérifier que l'implant n'est pas trop petit par rapport au sulcus.

>>> **Un astigmatisme** induit par les incisions.

Si l'emmétropie n'est pas atteinte pour une des trois raisons citées ci-dessus et en fonction de la tomographie cornéenne, une retouche par laser réfractif peut être considérée. En cas de rotation d'un implant phaqué torique, le repositionnement de cet implant est rarement efficace. En effet, l'implant aura tendance à se remettre dans sa position "préférentielle". Une retouche laser du cylindre sur base de cette nouvelle position semble donc être l'option thérapeutique à favoriser.

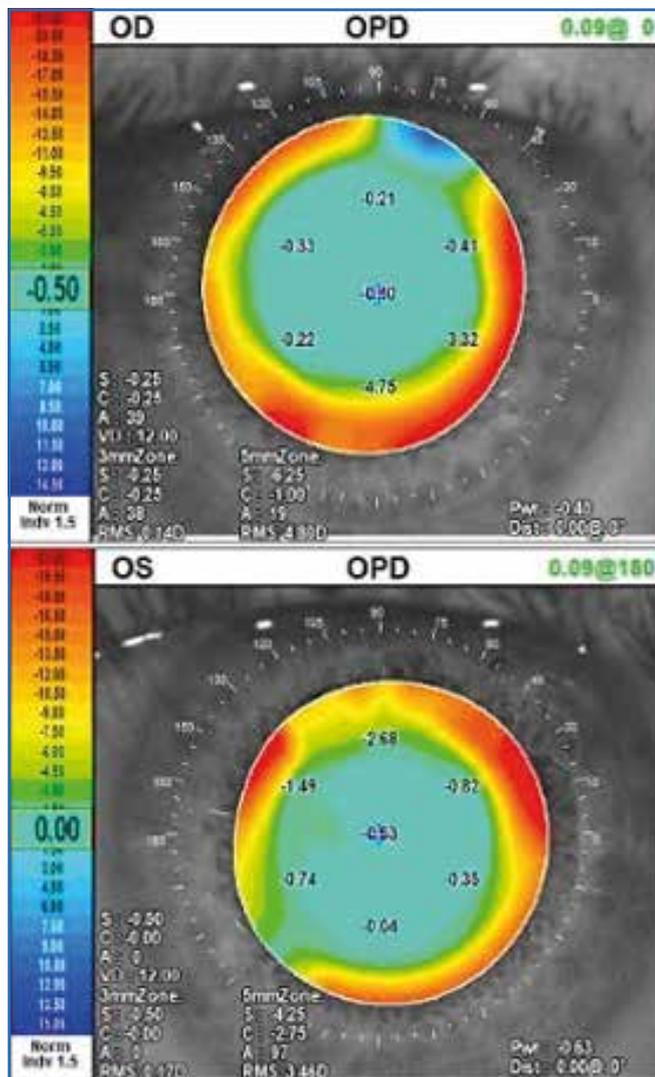
### La dysphotopsie

Les symptômes dysphotopiques vont être liés à trois facteurs :

>>> **Le diamètre pupillaire mésopique.** Les patients présentant un diamètre pupillaire mésopique > 5 mm ont un risque de halos nocturnes augmenté.

### >>> Le décentrement de l'implant.

>>> **La dimension de l'optique (fig. 1).** Une optique plus grande diminuera le risque de dysphotopsie. La dernière version des implants phaqes permet d'obtenir un diamètre optique de 4,9 mm (6,17 mm dans le plan cornéen) pour les fortes amétropies de -14,50 à -18,00 D (ICL, Staar) ou 6,2 mm jusqu'à -30,00 D (IPCL, Care Group). L'implant ICL (Staar) présente par ailleurs une gamme d'optique de 4,9 mm à 5,8 mm selon l'amétropie corrigée (6,17 à 7,30 dans le plan cornéen).



**Fig. 1 :** Images de la myopie d'un patient, de -15,00 D, traité par ICL (Staar Surgical). La zone optique des implants dont la puissance est supérieure à -14,50 D est réduite à 4,9 mm. Ce patient avec un diamètre pupillaire de respectivement 6,93 mm et 6,78 mm présente des plaintes de halos lumineux importantes. L'OPD met bien en évidence la disproportion entre le diamètre pupillaire du patient et la zone optique de l'implant (*vue ici en bleu*).

Il est cependant important de noter que, au regard de l'amétropie importante des patients candidats à l'implant phaqué, du bénéfice attendu de la chirurgie et de l'absence d'alternative thérapeutique, cet effet secondaire est bien toléré dans la grande majorité des cas.

Devant une plainte de dysphotopsie précoce, il convient tout d'abord de rassurer le patient car les études montrent que ces dernières diminuent rapidement lors des premiers mois postopératoires.

Enfin, en cas de symptômes persistants, des collyres agonistes cholinergiques muscariniques peuvent être prescrits lors de situations ponctuelles symptomatiques comme la conduite nocturne. Dans les cas extrêmes, une explantation peut-être indiquée.

### L'hypertonie aiguë

L'hypertonie oculaire postimplantation d'une lentille phaqué est définie comme une pression intra-oculaire (PIO) de plus de 21 mmHg. Senthil *et al.* lui associent un taux d'incidence de 5,17 %. Sur une étude sur 127 yeux à dix ans de suivi avec l'implant à pore central (ICL V4c, Staar Surgical), aucune hypertonie oculaire persistante n'a été mise en évidence. De plus, aucun patient n'a dû subir de chirurgie du glaucome [1]. L'hypertonie postopératoire précoce est cependant possible à cause de différentes étiologies dont va dépendre la prise en charge [4]:

>>> **cortico-responder.** Les stéroïdes prescrits en postopératoire sont la première cause d'hypertonie oculaire postimplantation (63,6 %) [4].

*Présentation clinique.* Hypertension modérée sans modification du volume de la chambre antérieure.

*Traitement.* Éviction des corticostéroïdes ou relais par corticoïde à faible pénétrance (minéralocorticoïdes) et collyres hypotonisants.

>>> **résidus de produit visco-élastique.** Deuxième cause d'hypertonie postopératoire (15 % des cas).

*Présentation clinique.* Survenue dans les heures qui suivent l'intervention, sans modification du volume de la chambre antérieure.

**Prévention.** Une injection intraveineuse peropératoire préventive d'acétazolamide associée à un rinçage méticuleux de la chambre antérieure peut diminuer l'incidence de cette complication.

**Traitement.** L'administration de collyre hypotonisant ou par voie systémique le temps de la résorption du produit viscoélastique est nécessaire à sa prise en charge [4].

**>>> bloc pupillaire et fermeture de l'angle.** Son incidence a significativement diminué avec l'intégration de pores centraux au design des implants phaqes, rendant l'iridotomie périphérique préventive non nécessaire.

**Présentation.** Hypertonie postopératoire associée à une diminution importante du volume de la chambre antérieure ainsi qu'une fermeture de l'angle, associée ou non à un bloc pupillaire.

**Traitement.** L'administration d'hypotonisants topiques et systémiques type acétazolamide ou mannitol, et la réalisation d'une ou plusieurs iridotomies périphériques en urgence [4]. De plus, il conviendra d'évaluer si le *vaulting* est supérieur à 750  $\mu\text{m}$  voir 1 000 microns, ce qui conditionnerait un retrait de l'implant en semi-urgence.

## Le vaulting

Le *vaulting* (V) se définit comme la distance entre la face postérieure de l'implant phaqué et la face antérieure de la capsule cristallinienne (fig. 2A et 2B):

–  $V > 750 \mu\text{m}$ . L'implant induit un déplacement antérieur de l'iris. Les risques de blocage pupillaire avec fermeture de l'angle et de dispersion pigmentaire sont majorés;

–  $V < 250 \mu\text{m}$ . L'implant est trop proche du cristallin. Le risque de cataracte souscapsulaire antérieure est accru.

Le *vaulting* doit donc être dans l'idéal compris entre 250  $\mu\text{m}$  et 750  $\mu\text{m}$ , et se mesure le plus fréquemment à l'aide d'une imagerie du segment antérieur comme la tomographie par cohérence optique (OCT-SA).

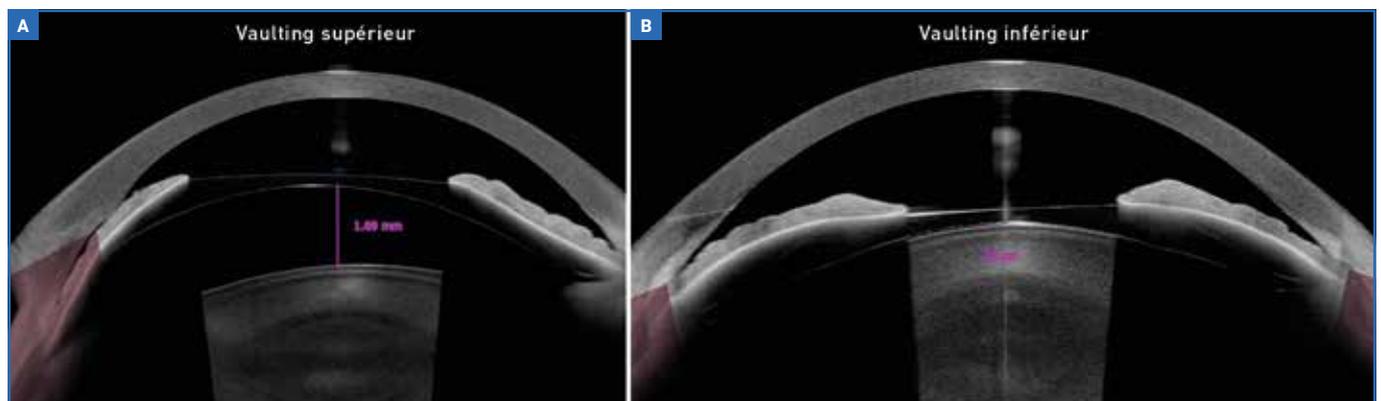
Le *vaulting* étant déterminé par l'adéquation de la taille de l'implant avec la taille du sulcus, le choix d'une formule de sizing adaptée est crucial afin de prévenir les complications liées à un implant mal dimensionné. Différentes formules existent (fabricant, Nakamura, Kim ou encore des algorithmes d'intelligence artificielle) et permettent d'affiner l'évaluation de cette métrique clef. Bien que la valeur de la distance entre les éperons scléreaux prévale actuellement dans les formules de sizing d'implant, certains auteurs évoquent le diamètre interne du corps ciliaire comme paramètre plus pertinent dans la prédiction du *vaulting*. De plus, il convient de considérer que l'épaississement progressif du cristallin et l'épaississement progressif antéropostérieur du corps ciliaire entraînent une diminution du *vaulting* dans le temps [1]. Enfin, certaines études décrivent la nécessité d'observer le *vaulting* de manière dynamique et non statique, car l'accommodation et le myosis vont le modifier sensiblement *in vivo*.

La prise en charge d'un *vaulting* sousoptimal dépend du type d'erreur observé:

–  $V > 750 \mu\text{m}$ .

*En peropératoire.* Possibilité de réaliser une rotation de l'implant afin de le verticaliser. Cela en diminuerait le *vaulting* jusqu'à 400  $\mu\text{m}$  parfois.

*En postopératoire.* Si la chambre antérieure est étroite et associée à un risque de blocage pupillaire, il est



**Fig. 2 :** Visualisation d'un *vaulting* en OCT de segment antérieur. **A :** *Vaulting* supérieur à 750  $\mu\text{m}$ , mesuré par la règle violette. On observe la fermeture de l'angle iridocornéen consécutive. **B :** *Vaulting* inférieur à 250  $\mu\text{m}$ , mesuré par la règle violette. On observe la proximité de la face postérieure de l'implant avec la capsule antérieure cristallinienne, faisant redouter l'apparition d'une cataracte iatrogène.

nécessaire de procéder à l'échange de l'implant. Il est cependant parfois possible de tolérer un *vaulting* jusqu'à 1000  $\mu\text{m}$  sur des chambres antérieures profondes. Une surveillance est alors nécessaire afin de prévenir les éventuelles complications ;

– **V < 250  $\mu\text{m}$ .** Un sous-*vaulting* peropératoire ou postopératoire peut justifier un retrait de l'implant. Cependant, les nouveaux implants phaqes comportant un orifice central semblent avoir un risque bien plus faible d'entraîner une cataracte. Il est parfois possible de surveiller un *vaulting* de 100  $\mu\text{m}$  à 250  $\mu\text{m}$ , selon l'âge du patient. Chez un patient jeune, un échange sera en effet plus facilement proposé que chez un patient de 45 ans ou 50 ans.

### Les complications rétinienues

Le lien entre les déchirures et décollement de rétine et l'implantation d'une lentille phaue reste un sujet controversé. Certaines publications suggèrent que les mouvements du vitré liés aux variations de volume de la chambre antérieure lors de l'intervention génèrent des tractions vitréorétiniennes causant des déchirures rétinienues et aboutissant à un décollement de rétine [1]. D'autres auteurs ne mettent pas en évidence de lien de causalité entre ces deux évènements et y voient une évolution naturelle du risque rhéomatogène du grand myope [2].

Une étude récente réalisée par Arrevola-Velasco L *et al.* sur 473 yeux à dix ans n'a pas démontré de majoration significative de l'incidence du décollement de rétine chez les patients opérés d'implants phaqes (252 yeux, équivalent sphérique -12,6 D), en comparaison à un groupe contrôle de forts myopes (221 yeux, équivalent sphérique -10,5 D). Le groupe ICL présentait en effet un taux de décollement de rétine rhéomatogène de 1,77 % contre 1,25 % dans le groupe contrôle [5].

Il est cependant de bonne pratique de réaliser systématiquement un examen du fond d'œil dilaté rigoureux lors du bilan pré-opératoire et de référer à un rétinologue toute lésion rétinienne suspecte pour prise en charge prophylactique. De plus, certains chirurgiens recommandent de préférer un rinçage manuel du produit visco-élastique à l'emploi de la sonde d'irrigation-aspiration afin de minimiser les variations de volume de la chambre antérieure.

### L'endophtalmie exogène

Le risque d'endophtalmie aseptique et infectieuse est présent dans la chirurgie de l'implant phaue. Il représente 0,0167 % des cas et est similaire à celui des autres chirurgies intra-oculaires dans sa présentation et sa prise en charge [6]. Sa prévention consiste en un respect rigoureux de l'asepsie lors de l'intervention et ainsi qu'à l'injection de céfuroxime intracaméculaire en fin d'opération.

### Les complications tardives

#### 1. Endothéliale

Le geste opératoire causerait l'essentiel de la perte endothéliale décrite dans les implants phaqes. Cette dernière est estimée à 5,5 %-8,5 % en fonction des études et se stabiliserait progressivement à ses valeurs physiologiques de -0,5 % par an sans modification du polymorphisme et polymégalisme endothélial avec les implants à pore central [7]. À dix ans de suivi, une équipe publie récemment un taux de perte endothéliale entre 3,8 % et 4,5 % avec un implant à pore central [1]. Ce design semble en effet moins déséquilibrer la circulation dynamique de l'humeur aqueuse et réduirait donc significativement l'impact à long terme de l'implant de chambre postérieure sur l'endothélium cornéen [2]. Enfin, un *vaulting* trop important aurait une répercussion endothéliale plus importante et peut justifier un retrait de l'implant si une perte endothéliale est notée.

#### 2. Cataracte

Longtemps décrite comme la complication la plus fréquente de l'implant phaue, Fernandes *et al.*, en 1995, associent à la cataracte iatrogène un taux d'incidence de 5,17 % [8]. Cependant, la méta-analyse de Montés-Mico *et al.* de 2021 tempère ces statistiques en ne trouvant que 0,17 % de cataractes souscapsulaires associées aux implants phaqes de dernière génération [2]. Enfin, l'étude de 2023 d'Alfonso-Bartolozzi *et al.* sur 127 yeux implantés avec des implants à pore centraux (ICL V4c, Staar Surgical) et suivis pendant dix ans ne publient pas d'apparition de cataracte sous-capsulaire [1]. Ils ont en revanche retrouvé 5 cataractes (3 nucléaires et 2 souscapsulaires postérieures), prises en charge chirurgicalement sans complications ultérieures.

Tous les auteurs s'accordent sur ses causes :

>>> Le geste chirurgical. Lors d'un traumatisme direct cristallinien au cours de l'intervention ou encore lors d'une irrigation canulaire agressive à travers le pore de l'implant.

>>> Une myopie sévère. L'incidence plus élevée de cataracte précoce chez les patients présentant un implant phaqué peut aussi partiellement s'expliquer par la fréquence élevée de grand myope dans cette population, bien que ce paramètre soit difficile à prouver [2].

>>> Un *vaulting* très faible. Il présente un contact avec la capsule antérieure.

La prise en charge chirurgicale d'une cataracte iatrogène est similaire à un cas standard, à l'exception d'une étape de retrait de l'implant phaqué. Par ailleurs, les études montrent que les résultats réfractifs obtenus sur base de valeurs biométriques postimplantation phaqué sont similaires à ceux obtenus avec un examen pré-implantaire. Enfin, certaines formules de dernières générations telles que Pearl-DGS permettent de prendre en compte la présence de l'implant phaqué dans le calcul de la puissance de l'implant, optimisant le résultat attendu.

## Conclusion

L'implant phaqué est une bonne alternative thérapeutique pour les amétropies fortes non-éligibles à la chirurgie réfractive par laser. Sa balance risque/bénéfice est favorable, particulièrement avec les implants modernes à pore central, dont les rares complications

postopératoires associées pouvant être prévenues par le respect de ses indications, ces recommandations ainsi qu'un suivi rigoureux.

## Bibliographie

1. ALFONSO-BARTOLOZZI B, FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO L, LISA C *et al.* Ten-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with central port design in patients with low- and normal-vault. *J Cataract Refract Surg*, 12 déc. 2023.
2. MONTÉS-MICÓ R, RUIZ-MESA R, RODRÍGUEZ-PRATS JL *et al.* Posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with a central port: a review. *Acta Ophthalmol*, mai 2021;99:e288-301.
3. KOHNEN T, KOOK D, MORRAL M *et al.* Phakic intraocular lenses: part 2: results and complications. *J Cataract Refract Surg*, déc. 2010;36:2168-94.
4. SENTHIL S, CHOUDHARI NS, VADDAVALLI PK *et al.* Etiology and Management of Raised Intraocular Pressure following Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation in Myopic Eyes. *PLoS One*, 2016;11:e0165469.
5. ARREVOLA-VELASCO L, BELTRÁN J, RUMBO A *et al.* Ten-year prevalence of rhegmatogenous retinal detachment in myopic eyes after posterior chamber phakic implantable collamer lens. *J Cataract Refract Surg*, 1 mars 2023;49:272-277.
6. ZHANG H, GONG R, ZHANG X *et al.* Analysis of perioperative problems related to intraocular implantable collamer lens (ICL) implantation. *Int Ophthalmol*, 2022;42:3625-3641.
7. DEJACO-RUHSWURM I, SCHOLZ U, PIEH S *et al.* Long-term endothelial changes in phakic eyes with posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, sept. 2002;28(9):1589-93.
8. FERNANDES P, GONZÁLEZ-MÉJOME J.-M., MADRID-COSTA D *et al.* Implantable collamer posterior chamber intraocular lenses: a review of potential complications. *J Refract Surg*, 2011;27:765-776.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

## Intérêt de l'OCT-SA dans le sizing des implants phaqes



M. DELBARRE

Hôpital d'instruction des armées Percy, CLAMART.  
delbarremaxime@gmail.com

La pose d'un implant phaques de chambre postérieure est une alternative chirurgicale convaincante pour les patients qui ne sont pas éligibles à une chirurgie réfractive cornéenne au laser. Il existe aujourd'hui sur le marché français deux modèles d'implants phaques de chambre postérieure, l'implant Visian Implantable Collamer Lens (ICL, STAAR Surgical Co, Monrovia, California) et l'implant Implantable Phakic Contact Lens (IPCL; Care Group, Baroda, India). Ces implants ont des conceptions similaires pour leur design. Ils diffèrent dans leur matériau, dans la gamme de puissance disponible (IPCL: +15 à -30 D, cylindre jusqu'à 12 D; ICL: +10 à -20 D, cylindre jusqu'à 6 D) et dans les tailles disponibles (IPCL: 13 tailles de 11,0 mm à 14,0 mm par incrément de 250  $\mu\text{m}$ ; ICL: quatre tailles: 12,1 mm, 12,6 mm, 13,2 mm et 13,7 mm).

L'éligibilité pré-opératoire d'un patient à la mise en place d'un implant phaques repose avant tout sur le respect de critères anatomiques, notamment la profondeur de la chambre antérieure, qui doit être supérieure à 2,80 mm; la flèche cristallinienne, qui doit être inférieure à 600  $\mu\text{m}$  et les angles iridocornéen qui doivent être supérieurs à 30°. Enfin, la densité cellulaire de l'endothélium doit être supérieure à 2 500 cellules/ $\text{mm}^2$ .

Bien que plusieurs études aient montré l'excellent profil de sécurité et d'efficacité de cette chirurgie additive pour la correction d'amétropies modérées à élevées, Kamiya et coll. ont rapporté que l'extraction d'un implant ICL était nécessaire chez 1,2 % des yeux implantés, en grande partie à cause d'une sélection incorrecte de la taille de l'implant qui entraîne un *vault* postopératoire inadéquat [1].

### Effet de vaulting et dimension des implants phaques

Le *vault* fait référence à la distance entre la surface postérieure de l'implant et la capsule antérieure du cristallin. Dans la plage de 250  $\mu\text{m}$  à 750  $\mu\text{m}$ , les risques de cataracte souscapsulaire antérieure (en raison d'un *vault* insuffisant, implant trop petit), de glaucome secondaire dû à la dispersion de pigment irien, de fermeture de l'angle iridocornéen ou de perte de cellules endothéliales (en raison d'un *vault* excessif, implant trop grand), sont très faibles.

Le *vault* postopératoire est déterminé par les dimensions de l'implant et par l'anatomie oculaire qui influe de deux façons principales: premièrement, les dimensions sagittales, *anterior chamber depth* (ACD) et *lens vault* (LV), déterminent la distance entre l'implant et la capsule antérieure du cristallin. Ensuite, la dimension coronale de l'œil (*sulcus-to-sulcus*, STS) détermine le degré de compression de l'implant dans le sulcus ciliaire [2-4]. Les implants phaques de chambre postérieure sont conçus de telle manière que la compression latérale entraîne une courbure antérieure de l'implant [3]. Pour une distance STS donnée, l'augmentation de la taille de l'implant augmentera donc le *vault*.

### Méthode de calcul de référence de la taille des implants phaques

La méthode de référence recommandée par le laboratoire STAAR pour le calcul de la taille des implants ICL utilise

les valeurs *white-to-white* (WTW) et ACD. Le nomogramme de l'implant IPCL du laboratoire Care Group peut ajouter à ces mesures la distance STS ou *angle-to-angle* (ATA) afin d'optimiser le *sizing*.

La variabilité des mesures utilisées pour le calcul de l'implant avec le nomogramme du fabricant peut expliquer les *vaults* extrêmes parfois retrouvés. Ces valeurs peuvent être mesurées manuellement avec des calipers ou automatiquement en utilisant des équipements d'imagerie du segment antérieur tels que l'Orbscan (Bausch & Lomb, Inc.), le Pentacam (Oculus Surgical, Inc.) ou le IOLMaster (Carl Zeiss Meditec AG). Les valeurs WTW mesurées diffèrent selon la marque de l'appareil utilisé et, dans certains cas, la reproductibilité en utilisant le même appareil est insatisfaisante. Parmi tous les dispositifs de mesure disponibles, l'Orbscan produit les mesures WTW les plus stables.

De fait, il persiste encore aujourd'hui des préoccupations concernant la sélection de la taille de l'implant optimal, même lorsque nous utilisons le nomogramme de dimensionnement recommandé par le fabricant. Les *vaults* suboptimaux ne sont pas rares lorsque l'on utilise cette approche [5, 6].

## Apports de la biomicroscopie par ultrasons

Puisque ces implants sont positionnés dans le sulcus ciliaire, la mesure directe STS semble idéale pour choisir la taille de l'implant approprié. L'échographie constitue la seule méthode capable de révéler la morphologie de la chambre postérieure et d'analyser le corps ciliaire *in vivo* [7]. Bien que la biomicroscopie par ultrasons (*ultrasound biomicroscopy*, UBM) puisse mesurer directement la distance STS, cette mesure est chronophage, dépend des compétences et de l'expérience de l'examineur ; de plus, la résolution est faible, ce qui entraîne une faible reproductibilité. En pratique clinique quotidienne, l'UBM est rarement utilisée pour choisir la taille d'un implant phaque.

Plusieurs études ont montré l'absence de corrélation significative entre la distance WTW et la distance STS [8-10]. Packer a montré qu'une formule basée sur la distance STS n'est pas supérieure à une formule basée sur la distance WTW [11].

## Apports de l'OCT-SA

La tomographie par cohérence optique du segment antérieur (OCT-SA) fournit une imagerie structurale rapide et non invasive du segment antérieur. Elle permet des mesures précises et reproductibles du segment antérieur utilisées dans des formules de régression pour calculer le dimensionnement des implants phaqes.

### ● Exemples de mesures utilisées dans les formules de dimensionnement :

#### >>> Angle-to-angle (ATA)

Igarashi A, Shimizu K, Kato S *et al.* ont montré que la reproductibilité des valeurs ATA était plus élevée que celle des mesures WTW. Ils ont également trouvé une bonne corrélation entre les valeurs ATA, la taille de l'implant et le *vault* postopératoire [12]. Piñero DP, Puche ABP, Alió JL ont rapporté que les mesures ATA étaient corrélées avec les mesures STS, suggérant que la distance ATA a une corrélation plus élevée avec la distance STS qu'avec la distance WTW [13]. Ces résultats suggèrent que la distance ATA est un meilleur paramètre que la distance WTW pour le calcul de la taille de l'ICL.

>>> Scleral spur-to-scleral spur (SS-SS)/Anterior chamber width (ACW). Cette distance a été définie comme la distance entre un éperon scléral et l'autre éperon scléral au sein d'une coupe B-scan transversale. L'appellation varie selon les dispositifs et les publications.

>>> Lens vault (LV). Elle est définie comme la distance perpendiculaire entre la surface antérieure du cristallin et la ligne horizontale reliant les éperons scléraux [14].

>>> Crystalline lens rise (CLR). Elle est définie comme la distance antéropostérieure entre la face antérieure du cristallin et la ligne reliant les angles iridocornéens [15].

La disponibilité des mesures sur les OCT-SA varie en fonction du dispositif utilisé.

### ● Formules de dimensionnement des implants phaqes

Afin d'améliorer la prédictibilité de la taille des implants phaqes, plusieurs formules de régression basées sur

des données OCT-SA ont été développées, avec leurs propres forces et faiblesses en termes de précision, de validité externe et de facilité d'utilisation. Les formules les plus récentes permettent de calculer la taille de l'implant et/ou de prédire le *vault* postopératoire. Certaines sont directement incrémentées dans le logiciel de l'OCT. À ce jour, toutes les formules disponibles ont été développées pour l'implant ICL.

La majorité de ces formules ont été réalisées sur des ensembles de données asiatiques avec une importante proportion d'yeux fortement myopes. Cette particularité peut limiter la performance de ces formules chez des sujets d'une autre origine ethnique [16,17].

### >>> Formule NK

Cette formule est issue d'une analyse de régression linéaire simple et multiple analysant la relation de la taille de l'ICL avec les paramètres oculaires mesurés par un OCT-SA. La première version de cette formule a été déterminée par Nakamura T, Isogai N, Kojima T *et al.* lors d'une étude menée en 2018 à l'aide de l'OCT-SA MS-39 (CSO, Firenze, Italie) [18].

Les auteurs ont déclaré que la taille de l'ICL choisie pour l'implantation était trop grande, menant à un *vault* trop important. La formule a été modifiée en 2020 pour la version NK 2 (NK V2), ce qui a conduit à une sélection plus précise de la taille de l'ICL [19]. La formule était basée sur la théorie selon laquelle la compression horizontale de l'ICL entraînait une augmentation du *vault* ce qui a été testé *in vitro* [18,19]. Ils ont donc développé un coefficient de compression horizontale de 1,1, indiquant qu'une compression horizontale de 1,0 mm conduit à une augmentation du *vault* de 1,1 mm. Pour concevoir la troisième version de la formule (NK V3), ils ont effectué une analyse de régression multiple sur un échantillon de 115 yeux.

De cette analyse, un coefficient de compression horizontale plus petit de 0,729 a été calculé [20]. Par rapport à la formule NK V2, la formule NK V3 a montré moins d'erreurs entre le *vault* prédit et le *vault* réalisé.

$$\text{Optimal ICL Size (mm)} = 5,307 + 0,617 (\text{ACW [mm]}) + 0,501 (\text{CLR [mm]})$$

$$\text{Predicted vault (mm)} = 0,5 + 0,729 \times (\text{Implanted ICL size-optimal ICL size})$$

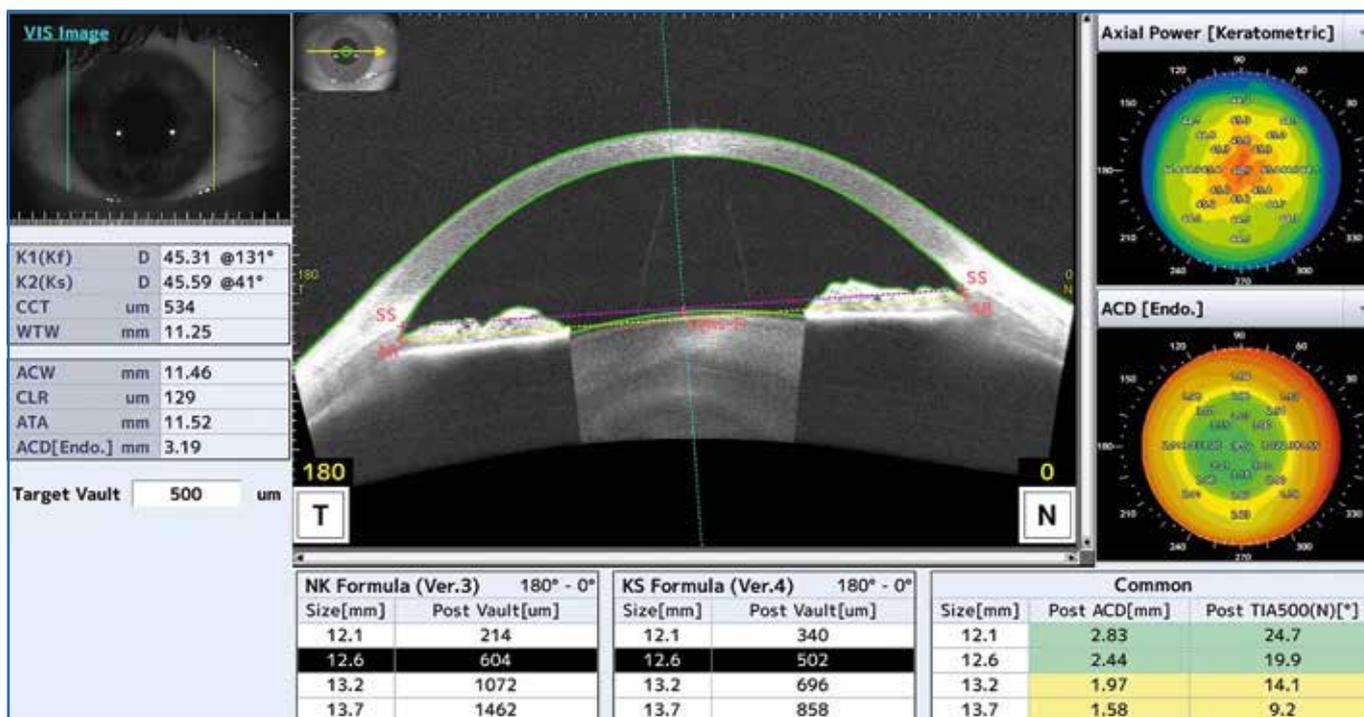


Fig. 1 : Rapport de l'OCT Casia 2 proposant une estimation du *vault* postopératoire en fonction de la taille de l'implant ICL selon les formules NK et KS. La profondeur de la chambre antérieure et l'ouverture de l'angle iridocornéen postopératoire sont estimées.

Cette formule est disponible sur l'OCT-SA Casia 2 (Tomey Corporation, Nagoya, Japon) (*fig. 1*).

## >>> Formule KS

Igarashi A, Shimizu K, Kato S *et al.* ont développé une formule basée sur la distance ATA dans une population japonaise grâce à l'OCT-SA CASIA 2 [12, 21].

Cette formule se décline en deux versions.

La première version (KS V1) s'appuie sur les mesures ATA et WTW [12]. Une corrélation significative entre la taille de l'ICL, le *vault* postopératoire et l'ATA a été trouvée.

Predicted postoperative *vault* (KS V1) =  $660,9 \times (\text{ICL size [mm]} - \text{ATA [mm]}) + 86,6$

Pour la seconde version (KS V2) Igarashi A, Shimizu K, Kato S *et al.* ont déterminé que la taille de l'ICL influençait l'erreur de prédiction du *vault* [21]. Par exemple, pour une taille d'ICL de 12,1 mm, le *vault* postopératoire était plus petit que prévu par la formule KS V1, et le *vault* postopératoire pour des tailles de 13,2 mm et 13,7 mm était plus important que prévu par la formule KS V1. Les formules suivantes sont issues de ces observations :

– Predicted postoperative *vault* (KS V2) (ICL size: 12,1 mm) =  $\text{KS V1} \times 0,8$

– Predicted postoperative *vault* (KS V2) (ICL size: 12,6 mm) =  $\text{KS V1}$

– Predicted postoperative *vault* (KS V2) (ICL size: 13,2 or 13,7 mm) =  $\text{KS V1} \times 1,3$

Cette formule est disponible sur l'OCT-SA Casia 2 (*fig. 1*).

## >>> Nomogramme de Kamiya

Kamiya K, Ryu IH, Yoo TK *et al.* ont développé un nomogramme de prédiction du *vault* en utilisant plusieurs méthodes de machine learning (ML) grâce à des paramètres préopératoires issus de l'OCT-SA CASIA2 [5]. L'échantillon était composé de 1745 yeux de sujets japonais et coréens.

Le *vault* un mois après l'opération a été comparé au *vault* prédit. Toutes les méthodes de ML qui ont prédit le *vault*

postopératoire ont montré une erreur absolue moyenne significativement plus faible et une plus grande proportion d'yeux à  $50 \mu\text{m}$ - $200 \mu\text{m}$  du *vault* cible par rapport au nomogramme du fabricant. Le modèle final est disponible à l'adresse suivante: <http://dx.doi.org/10.17632/ffn745r57z>

## >>> Nomogrammes de Rocamora

Rocamora L, Orlando J.-I., Lwowski C *et al.* ont développé un nomogramme à partir de données d'une population européenne présentant une myopie faible à modérée (disponible à cette adresse: <https://www.emmetropia.be/icl/>) [22].

Ce nomogramme repose sur une méthode *least absolute shrinkage and selection operator* (Lasso), technique de régression qui permet de sélectionner des variables et de régulariser le modèle pour améliorer sa précision et sa simplicité en réduisant les coefficients de certaines variables vers zéro. Cela permet de conserver uniquement les variables les plus significatives dans le modèle final.

Trois formules Lasso ont été créées. L'une utilisait des données de biométrie optique, une autre des données OCT – AS-OCT (MS39) – et la troisième une formule complète qui combine les deux précédentes. Chaque formule peut prédire le *vault* postopératoire pour une taille d'ICL donnée. L'erreur absolue moyenne (MAE) du *vault* postopératoire prédit par rapport au *vault* réalisé a été calculée pour ces trois formules et comparée à d'autres nomogrammes. La MAE s'est avérée significativement plus basse pour les formules Lasso par rapport aux autres modèles. En utilisant la formule Lasso, le *vault* postopératoire pouvait être estimé à moins de  $500 \mu\text{m}$  pour 97,3 % des cas et en utilisant les formules Lasso-OCT et Lasso-Full, la même estimation pouvait être faite pour la totalité des cas.

## >>> Nomogramme de Kim

Le nomogramme de Kim a été développé grâce à une analyse de régression Lasso qui utilise des mesures préopératoires obtenues par l'Anterior (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Allemagne): *aqueous depth* (AQD), *anterior chamber angle* (ACA) et *lens thickness* (LT) (*fig. 2*) [23]. Puisque cet OCT-SA ne fournit pas la valeur CLR, l'algorithme Lasso a sélectionné la valeur LT comme variable pour estimer l'impact du

cristallin sur la position de l'implant. Cette formule est basée sur un ensemble de données de 894 yeux d'une population coréenne.

Le modèle Lasso a montré des performances de prédiction significativement meilleures que le modèle basé sur le nomogramme du laboratoire Staar. Une version en ligne est disponible à cette adresse: <https://soo9028.github.io/iol-prediction-webpage/>

### >>> Nomogramme de Kang

Kang EM, Ryu IH, Lee G *et al.* ont utilisé un modèle de ML à partir de données de l'OCT Casia 2 pour prédire la taille de l'ICL et le *vault* postopératoire en utilisant les facteurs suivants: âge, sexe, équivalent sphérique pré-opératoire, puissance réfractive de l'ICL, type d'ICL (lentille torique ou non), WTW, ATA, ACD, ACW, CLR, *central corneal thickness* (CCT), taille de la pupille et taille de l'implant [24].

Les auteurs ont utilisé un modèle de ML d'ensemble (XGBoost) avec une population coréenne de 2756 yeux

et une population japonaise de 290 yeux. Ce modèle d'ensemble a pour avantage de prendre en compte les valeurs aberrantes de patients avec une adaptation incorrecte de l'implant. Ainsi, ce modèle a une erreur absolue moyenne plus basse pour la prédiction du *vault* ICL que d'autres modèles de ML et de nomogrammes de dimensionnement de l'ICL (fabricant, formule NK). La version web est disponible à cette adresse: <http://locus-iolcalc.ai>

### >>> Nomogramme de Russo

Russo A, Filini O, Savini G *et al.* ont étudié la précision de différents modèles de ML pour comparer le *vault* prédit au *vault* réel dans un échantillon de sujets européens (561 yeux) en utilisant des mesures de l'OCT MS39 (CSO, Firenze, Italie) [25].

L'algorithme *random forest* a prédit le *vault* réel à  $\pm 250 \mu\text{m}$  pour 90 % des yeux testés. La régression *extra tree* a obtenu une précision légèrement supérieure, avec une erreur de  $\pm 250 \mu\text{m}$  pour 94 % des yeux testés. Le nomogramme du fabricant, quant à lui, n'a obtenu une précision de  $\pm 250 \mu\text{m}$

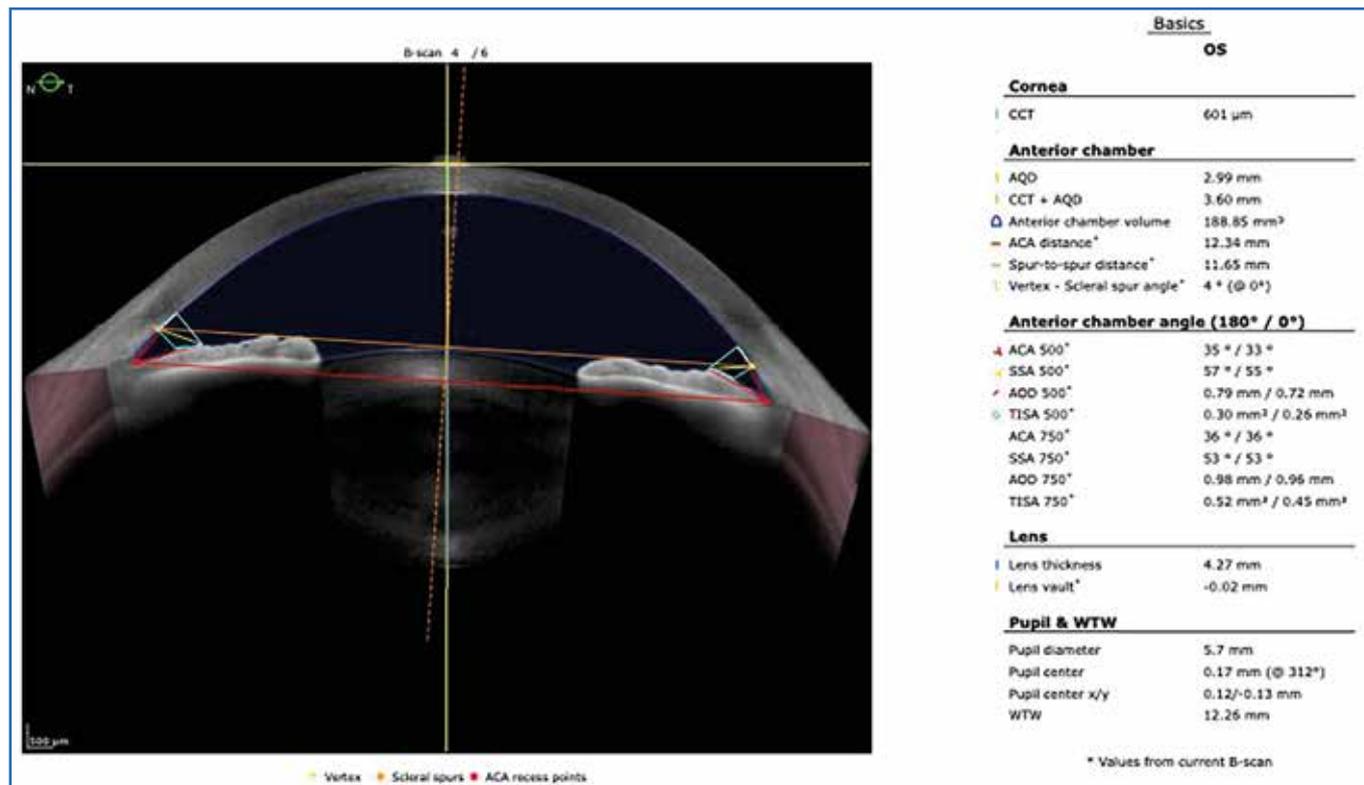


Fig. 2: Rapport de l'OCT Anterior précisant la biométrie du segment antérieur.

que dans 72 % des yeux testés. L'algorithme *extra tree* a atteint une précision (pourcentage de *vault* dans la plage de 250  $\mu\text{m}$  à 750  $\mu\text{m}$ ) allant jusqu'à 98 %. Le modèle peut être trouvé à l'adresse suivante : <https://www.centrooculistcobresciano.it/download/>

## ● Comparaison des formules NK3, KS4 et du nomogramme Staar

Xiong L, Wu J, Du H *et al.* ont mené une étude pour comparer l'efficacité de trois formules pour la sélection de la taille d'ICL. Les formules étudiées étaient la NK3, la KS4 et celle du laboratoire Staar [26]. Les résultats de l'étude ont montré que la formule KS4 avait le pourcentage le plus élevé d'yeux ayant atteint des *vaults* optimaux (250  $\mu\text{m}$  -750  $\mu\text{m}$ ) et les plus proches de 500  $\mu\text{m}$ . Il n'y avait pas de différence significative entre les tailles d'ICL recommandées par les formules NK3 et KS4. Cependant, il y avait des différences significatives entre les tailles d'ICL recommandées par les formules NK3/KS4 et la formule Staar.

Selon Xiong L, Wu J, Du H *et al.*, la formule KS4 est la meilleure méthode pour la sélection de la taille d'ICL, en particulier pour la taille de 12,6 mm. Les formules NK3 et KS4 sous-estiment les hauteurs ICL pour les tailles de 12,1 mm et 13,2 mm, tandis que la formule Staar fournit probablement une hauteur ICL insatisfaisante pour ces tailles.

## Conclusion

L'amélioration du dimensionnement des implants phaqes est un domaine d'intérêt majeur pour la chirurgie réfractive. Les OCT-SA sont un outil précieux pour déterminer la taille idéale de l'implant. Ces appareils non invasifs offrent une excellente reproductibilité et une rapidité des mesures.

Pour améliorer la précision du dimensionnement, des nomogrammes ont été développés en utilisant la régression linéaire, la régression multivariée ou divers modèles de *machine learning* (ML) grâce à l'intelligence artificielle.

Ces nomogrammes ne se contentent pas d'indiquer la taille appropriée. Ils calculent également le *vault*. L'application clinique de ces formules dépend des mesures pré-opératoires pouvant être obtenues. Chaque clinicien doit s'assurer que l'OCT-SA dont il dispose est

compatible avec le nomogramme qu'il souhaite utiliser. Le renouvellement des générations des machines d'examen se fait à un rythme rapide, rendant parfois les machines et, donc les formules, caduques.

## Bibliographie

1. KAMIYA K, SHIMIZU K, IGARASHI A *et al.* Posterior chamber phakic intraocular lens implantation: comparative, multicentre study in 351 eyes with low-to-moderate or high myopia. *Br J Ophthalmol*, 2017.
2. KOJIMA T, YOKOYAMA S, ITO M *et al.* Optimization of an implantable collamer lens sizing method using high-frequency ultrasound biomicroscopy. *Am J Ophthalmol*, 2012;153:632-637, 637.e1.
3. NAM SW, LIM DH, HYUN J *et al.* Buffering zone of implantable Collamer lens sizing in V4c. *BMC Ophthalmol*, 2017;17:260.
4. GARGALLO-MARTINEZ B, GARCIA-MEDINA JJ, RUBIO-VELAZQUEZ E *et al.* Vault changes after cyclopetal instillation in eyes with posterior chamber phakic intraocular lens. *Sci Rep*, 2020;10:9646.
5. KAMIYA K, RYU IH, YOO TK *et al.* Prediction of Phakic Intraocular Lens Vault Using Machine Learning of Anterior Segment Optical Coherence Tomography Metrics. *Am J Ophthalmol*, 2021;226:90-99.
6. MONTÉS-MICÓ R, RUIZ-MESA R, RODRÍGUEZ-PRATS JL *et al.* Posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with a central port: a review. *Acta Ophthalmol*, (Copenh) 2021;99:e288-301.
7. CHEN Q, QI M-Y, LEI X-H *et al.* Clinical observations of iridociliary cysts and their changes after implantable collamer lens implantation in myopic patients. *Int J Ophthalmol*, 2020;13:965-969.
8. POP M, PAYETTE Y, MANSOUR M. Predicting sulcus size using ocular measurements. *J Cataract Refract Surg*, 2001;27:1033-1038.
9. KAWAMORITA T, UOZATO H, KAMIYA K. Relationship between ciliary sulcus diameter and anterior chamber diameter and corneal diameter. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:617-624.
10. OH J, SHIN H-H, KIM J-H *et al.* Direct measurement of the ciliary sulcus diameter by 35-megahertz ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology*, 2007;114:1685-1688.
11. PACKER M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol*, Auckl NZ 2016;10:1059-1077.
12. IGARASHI A, SHIMIZU K, KATO S *et al.* Predictability of the vault after posterior chamber phakic intraocular lens implantation using anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*, 2019;45:1099-1104.
13. PIÑERO DP, PUCHE ABP, ALIÓ JL. Ciliary sulcus diameter and two anterior chamber parameters measured by optical coherence tomography and VHF ultrasound. *J Refract Surg*, Thorofare NJ 1995 2009;25:1017-1025.
14. NONGPIUR ME, HE M, AMERASINGHE N *et al.* Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology*, 2011;118:474-479.
15. BAÏKOFF G, BOURGEON G, JODAI HJ *et al.* Pigment dispersion and Artisan phakic intraocular lenses: crystalline lens rise as a safety criterion. *J Cataract Refract Surg*, 2005;31:674-680.
16. CHANG JS, MEAU AY. Visian Collamer phakic intraocular lens in high myopic Asian eyes. *J Refract Surg*, Thorofare NJ 1995 2007;23:17-25.
17. QIN B, TANG M, LI Y *et al.* Anterior segment dimensions in Asian and Caucasian eyes measured by optical coherence tomography.

- Ophthalmic Surg Lasers Imaging Off. *J Int Soc Imaging Eye*, 2012;43:135-142.
18. NAKAMURA T, ISOGAI N, KOJIMA T *et al.* Implantable Collamer Lens Sizing Method Based on Swept-Source Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Am J Ophthalmol*, 2018;187:99-107.
  19. NAKAMURA T, ISOGAI N, KOJIMA T *et al.* Optimization of implantable collamer lens sizing based on swept-source anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*, 2020;46:742-748.
  20. NAKAMURA T, NISHIDA T, ISOGAI N *et al.* Evaluation of implantable collamer lens sizing developed by reviewing the horizontal compression-vault coefficient. *J Cataract Refract Surg*, 2023;49:525-5230.
  21. IGARASHI A, SHIMIZU K, KATO S. Assessment of the Vault After Implantable Collamer Lens Implantation Using the KS Formula. *J Refract Surg*, Thorofare NJ 1995 2021;37:636-41.
  22. ROCAMORA L, ORLANDO JI, LWOWSKI C *et al.* Postoperative vault prediction for phakic implantable collamer lens surgery: LASSO formulas. *J Cataract Refract Surg*, 2023;49:126-132.
  23. KIM T, KIM SJ, LEE BY *et al.* Development of an implantable collamer lens sizing model: a retrospective study using ANTERION swept-source optical coherence tomography and a literature review. *BMC Ophthalmol*, 2023;23:59.
  24. KANG EM, RYU IH, LEE G *et al.* Development of a Web-Based Ensemble Machine Learning Application to Select the Optimal Size of Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens. *Transl Vis Sci Technol*, 2021;10:5.
  25. RUSSO A, FILINI O, SAVINI G *et al.* Predictability of the vault after implantable collamer lens implantation using OCT and artificial intelligence in White patient eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2023;49:724-731.
  26. XIONG L, WU J, DU H *et al.* Comparison of formulas in the implantable collamer lens vault prediction. *Medicine (Baltimore)* 2023; 102:e36542.

---

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

## Place de l'implant EDOF LuxSmart dans la chirurgie de la cataracte



G. BOUTILLIER

Hôpital Charles Nicolle,  
CHU, ROUEN.

Guillaume.Boutillier@chu-rouen.fr



C. ALBOU-GANEM

Clinique de la Vision, PARIS.  
cati@albou-ganem.com



A. ROURE

Vision Future, NICE.  
antoine.roure@orange.fr

La chirurgie de la cataracte a considérablement évolué au cours des dernières années grâce à l'amélioration des techniques chirurgicales, la précision accrue des formules de calcul et le développement de nouveaux implants intra-oculaires. Si la chirurgie de la cataracte est la première chirurgie réalisée en France, elle impose la connaissance des différentes familles d'implants, d'autant plus que le mode de vie actuel a fortement évolué depuis l'arrivée des smartphones et le temps consacré à la vision intermédiaire sur les écrans (fig. 1) [1]. Aujourd'hui, les patients ont des attentes plus importantes et certains souhaitent être indépendants

vis-à-vis des lunettes, pour la vision de loin et de près, sans négliger la vision intermédiaire.

Les implants intraoculaires multifocaux ont été conçus pour offrir simultanément une bonne vision de loin, de près et une bonne vision intermédiaire. Mais ils sont parfois associés à des phénomènes photiques significatifs qui peuvent être désagréables pour les patients [2]. Une nouvelle génération d'implant intra-oculaire EDOF a donc vu le jour pour améliorer la vision intermédiaire avec un profil photique qui serait similaire aux implants monofocaux.

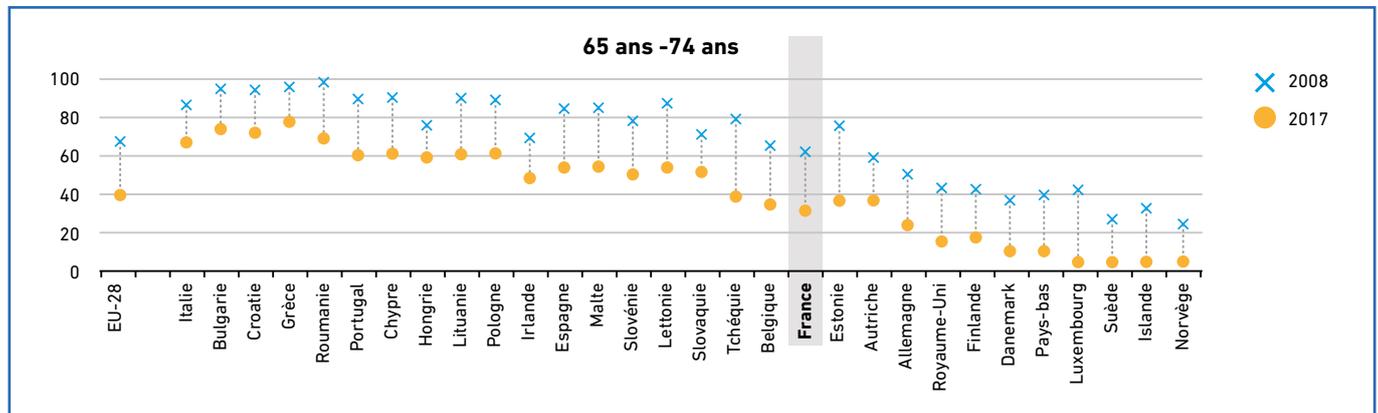


Fig. 1 : Évolution entre 2008 et 2017 des proportions de personnes âgées de 65 à 74 ans n'ayant jamais utilisé d'ordinateur.

## Place des EDOF dans la pratique courante de l'ophtalmologiste

G. BOUTILLIER

### 1. Que sont les implants intra-oculaires EDOF ?

Les implants intra-oculaires *Extended Depth Of Focus* (EDOF) ou à profondeur de champ étendue appartiennent à la gamme des implants "premiums" dont l'objectif consiste à s'affranchir au maximum d'une correction optique postopératoire. Caractérisés comme "intermédiaires" entre les implants monofocaux et les implants multifocaux, les implants EDOF permettent d'assurer le meilleur compromis entre acuité visuelle et qualité de vision. D'une part, ils fournissent théoriquement l'acuité visuelle de loin comparable à un implant monofocal, en y ajoutant une vision intermédiaire qui peut aider le patient dans la plupart des situations de la vie quotidienne. Mais cela reste souvent insuffisant pour la lecture prolongée ou les activités de précision telles que la couture ou la lecture obligeant le patient à porter des lunettes pour la vision fine de près. D'autre part, ils limitent les effets indésirables photiques existant avec les implants multifocaux. À ce jour, plusieurs catégories d'implants, bien différentes les unes des autres, portent le nom d'EDOF.

### 2. Critères de définition

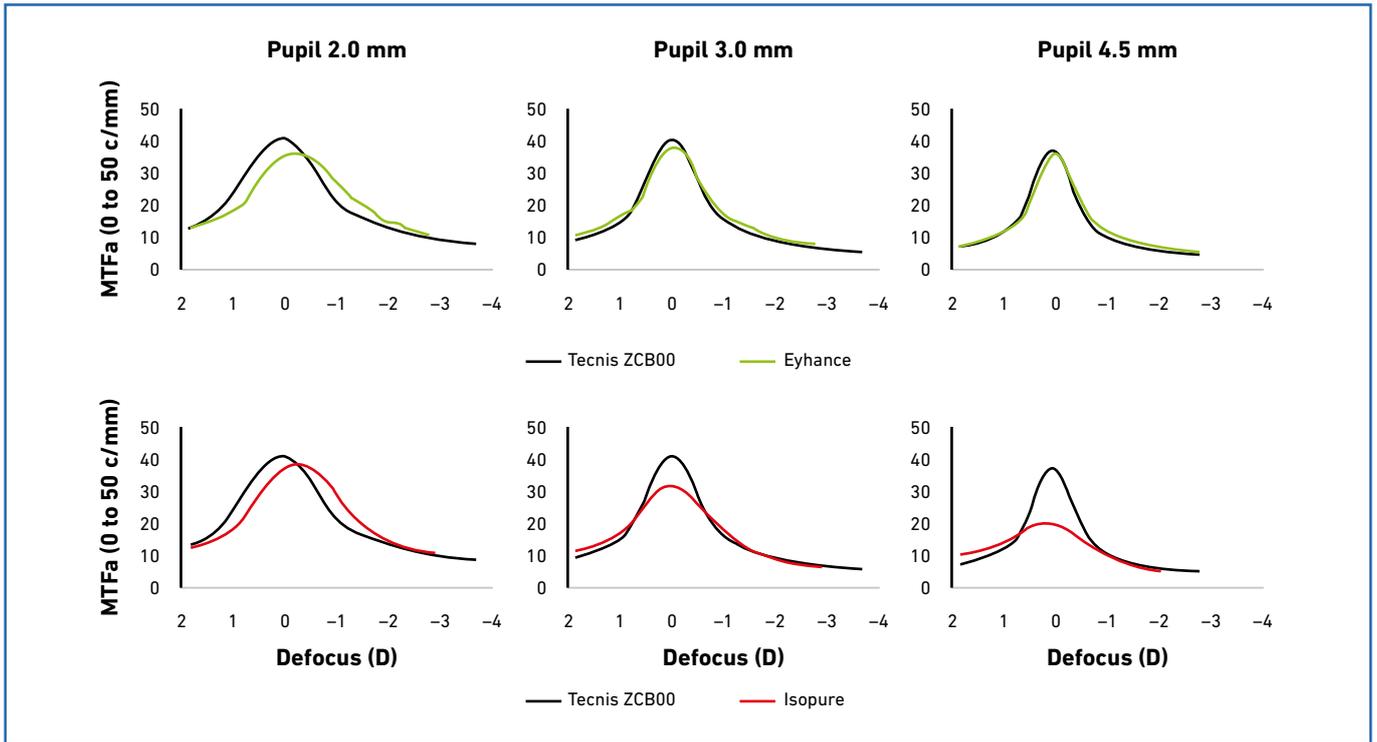
Les critères pour les implants intra-oculaires EDOF ont été définis pour la première fois par un groupe de travail de l'American Academy of Ophthalmology en 2017, sur la base des acuités visuelles de loin intermédiaires et la courbe de défocus postopératoire. Ainsi, l'implant EDOF doit démontrer une acuité visuelle comparable et une acuité visuelle intermédiaire significativement supérieure à celles de son parent monofocal. De plus, pour un niveau d'acuité visuelle de 0,2 logMAR, un implant EDOF doit démontrer une profondeur de champ supérieure d'au moins 0,5 D à celle de son parent monofocal. Plusieurs études ont souligné une corrélation élevée entre la *Modulation Transfer Function* (MTFa) et l'acuité visuelle clinique. Cette donnée peut ainsi être utilisée pour prédire la performance visuelle théorique à différents niveaux de focalisation chez les patients pseudophaques [3-5]. De plus, les valeurs de défocus pour lesquelles la MTFa est supérieure ou égale à 20 correspondent à une acuité visuelle théorique équivalente de 0 logMAR (soit 10/10<sup>e</sup>) [3].

### 3. Différences entre les implants monofocaux plus et les EDOF

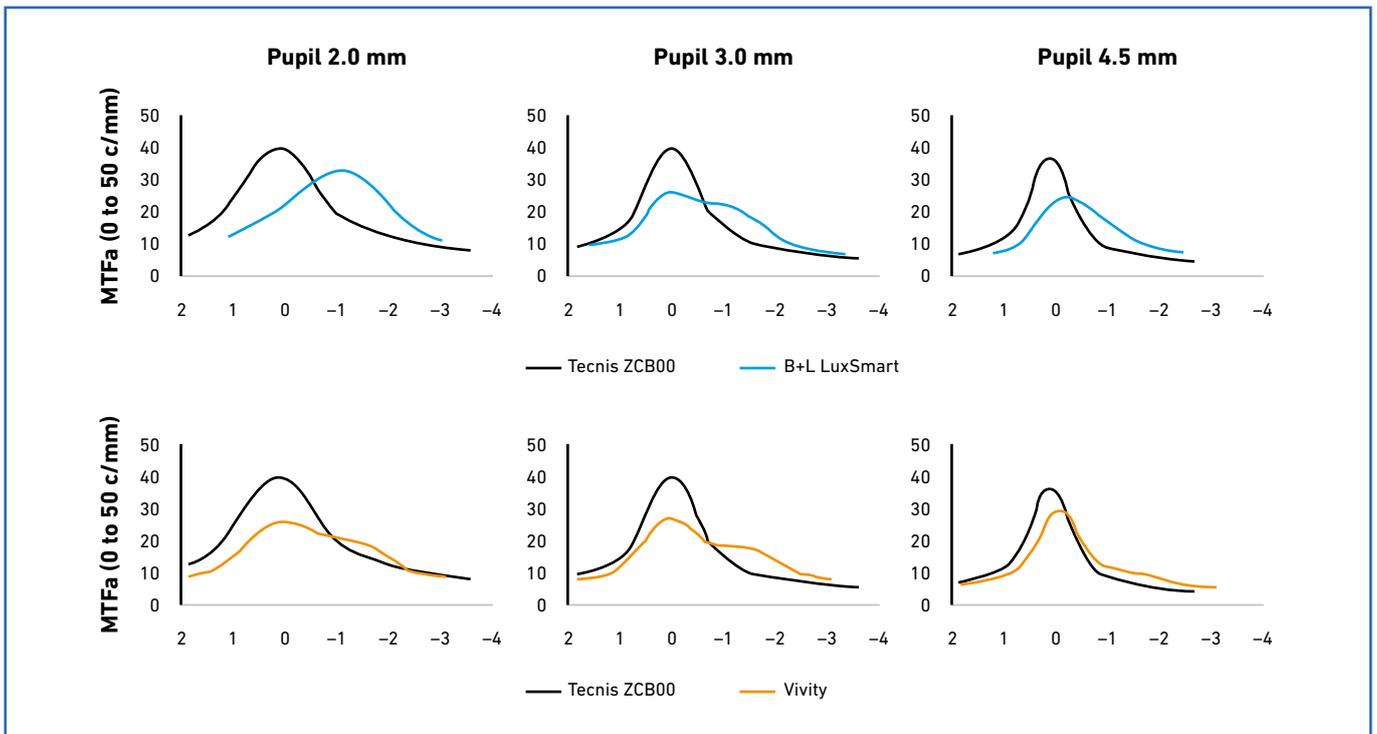
L'avantage des implants "monofocaux plus" réside dans une excellente vision de loin avec une bonne qualité de vision du fait du peu d'aberrations induites. Cependant, ces implants ne peuvent pas être considérés comme corrigeant la presbytie. La courbe de défocalisation de ce type d'implant, correspondant schématiquement aux performances visuelles de l'implant aux différentes distances, va se rapprocher de celle d'un implant monofocal : pic pour un défocus de zéro et courbe qui diminue relativement rapidement selon le modèle d'implant lorsque la défocalisation augmente. Sur le plan optique, cela signifie une bonne acuité visuelle de loin mais qui décroît fortement lorsque l'objet se rapproche en vision intermédiaire, accentué en vision de près. C'est le cas, par exemple, de l'implant intra-oculaire Eyhance (commercialisé par le laboratoire Johnson and Johnson) conçu avec une zone hyperasphérique centrale et de l'implant Isopure (commercialisé par le laboratoire PhysiOL) (*fig. 2*).

Les implants EDOF permettent une vision de loin théoriquement équivalente à un implant monofocal et une amélioration de la vision intermédiaire. Cependant, ils sont souvent insuffisants pour une vision de près satisfaisante. Si ce type d'implant permet une vision de près moins performante que les implants multifocaux, ils induisent en théorie moins d'effets photiques et offrent une meilleure conservation de la vision des contrastes. La première génération d'implants EDOF diffractifs est l'implant Symphony<sup>®</sup> (commercialisé par le laboratoire Johnson and Johnson) et l'implant AT Lara<sup>®</sup> (commercialisé par le laboratoire Zeiss) ; ils permettent un allongement de la zone de focalisation grâce à un réseau diffractif en échelottes [4]. Ces implants présentaient des résultats intéressants sur le plan visuel mais entraînaient de nombreux effets photiques du fait de leur optique diffractive.

Les implants réfractifs, tels que l'implant MiniWell<sup>®</sup> (commercialisé par le laboratoire SIFI), sont ensuite arrivés sur le marché pour limiter les effets photiques. La qualité de vision était ainsi préservée avec moins de halos et d'éblouissements mais la performance visuelle restait souvent limitée en vision intermédiaire et vision de près, sans la création d'une micromonovision.



**Fig. 2 :** Aire sous la courbe de transfert de modulation (MTFa) en fonction de la défocalisation pour les implants intra-oculaires Eyhance et Isopure et l'implant intra-oculaire monofocal Tecnis ZCB00 de référence, pour des diamètres de pupille de 2,0 mm, 3,0 mm et 4,5 mm. Une défocalisation de 0,00 D correspond à la vision de loin et une défocalisation négative correspond à la vision intermédiaire et la vision de près [3].



**Fig. 3 :** Courbe MTFa en fonction de la défocalisation de l'implant LuxSmart™ (Bausch + Lomb) et d'un implant EDOF Vivity (Alcon) comparés à un implant monofocal servant de référence de type Tecnis ZCB00 (Johnson and Johnson) [3].

Plus récemment, sont arrivés sur le marché les implants EDOF de nouvelle génération, diffractifs ou réfractifs. Ils offrent une extension de la vision fonctionnelle suffisante pour permettre une vie sociale sans port de lunettes et une indépendance à une correction optique lors des activités quotidiennes. En pratique, ils semblent présenter moins d'effets photiques que les EDOF de première génération et, surtout, moins que les implants multifocaux. L'implant Synergy™ (commercialisé par le laboratoire Johnson and Johnson), l'implant Vivity® (commercialisé par le laboratoire Alcon) et plus récemment l'implant LuxSmart™ (commercialisé par le laboratoire Bausch + Lomb) sont des exemples d'implant EDOF [5-7] (fig. 3).

#### 4. La place des implants EDOF

Les implants monofocaux sont actuellement le type d'implant le plus posé par les chirurgiens du fait de leur "sécurité". Ils assurent une vision de loin postopératoire satisfaisante avec correction et même parfois sans correction selon l'amétropie résiduelle, de faible coût sans reste à charge pour le patient, d'une bonne qualité de vision avec peu d'aberrations et d'effets photiques induits. Dans la plupart des cas, le patient est conscient de l'amélioration visuelle mais rapporte souvent de ne pas bien voir en vision de près. Cela peut susciter une certaine inquiétude voire une déception si celui-ci n'a pas été informé au préalable. Ainsi, l'implant monofocal peut être considéré comme un implant simple et efficace pour la vision de loin. Il est donc utile chez un patient n'ayant pas d'exigence visuelle autre que la correction de la vision de loin uniquement, notamment pour la vision de près qui sera dépendante d'une correction optique. Il s'agit de l'implant de référence en cas de pathologie oculaire sévère associée à la cataracte.

Les implants monofocaux plus présentent des caractéristiques similaires, avec un léger avantage pour la vision intermédiaire. Néanmoins, ils nécessitent le port d'une correction optique pour une bonne vision intermédiaire et pour la vision de près.

Les implants multifocaux sont très performants pour la vision aux différentes distances mais présentent des effets indésirables non négligeables (effets photiques, halos, éblouissements, perte de contraste). Il est donc essentiel de les prendre en compte lors de l'indication

opératoire. De plus, il est nécessaire de réaliser une sélection rigoureuse du patient qui conditionnera le résultat postopératoire : les réponses recueillies auprès du patient doivent permettre de connaître ses attentes visuelles, ses habitudes et ses antécédents. Les implants multifocaux permettent (sous réserve d'une cible réfractive quasi parfaite en postopératoire) une indépendance totale à toute correction optique mais présentent un risque d'altération plus ou moins important de la qualité de vision ; ce qui les empêche de devenir l'implant "standard" de référence pour tous les patients.

Enfin, les implants EDOF permettent aux patients "une vie sociale sans lunettes" avec une indépendance à l'égard d'une correction pour les activités de la vie quotidienne (vision de loin, vision intermédiaire et parfois vision de près pour les gros caractères), tout en limitant les effets indésirables photiques des implants multifocaux. Ces implants sont indiqués pour les patients demandeurs de ne plus porter de lunettes sauf parfois pour la vision prolongée de près. Ils ont l'avantage de conserver une certaine qualité de vision, ce qui rend leur indication quasi indépendante des activités personnelles et professionnelles du patient, conduite de nuit comprise. Ce type d'implant permet d'améliorer la vision intermédiaire, notamment la lecture sur le tableau de bord ou sur l'écran d'ordinateur, tout en ayant un faible surcoût pour certains d'entre eux, une meilleure tolérance à une petite amétropie résiduelle et moins d'effets photiques avec les EDOF réfractifs qu'avec les EDOF diffractifs de première génération ou les multifocaux. Les implants EDOF permettent donc de se rapprocher des performances visuelles d'un implant multifocal sans les effets indésirables.

#### Quel profil type idéal pour l'implant EDOF LuxSmart ?

##### C. ALBOU-GANEM

#### 1. L'implant intra-oculaire LuxSmart

L'implant intra-oculaire LuxSmart™ (commercialisé par le Laboratoire Bausch + Lomb) est une nouvelle génération d'implant intra-oculaire EDOF, d'un diamètre optique de 6,0 mm, en acrylique hydrophobe, à surface sphérique réfractive. Sa conception est de trois zones : une zone centrale, qui combine les aberrations sphériques d'ordre 4 et 6 de haut degré de signes opposés,

entourée d'une zone de transition brevetée conçue pour éviter la perte lumineuse responsable des effets photiques, puis d'une zone périphérique monofocale à surface asphérique réfractive [6]. Ce concept optique permet d'augmenter la profondeur de champ et d'améliorer la vision intermédiaire tout en maintenant de bonnes performances à distance [2].

## 2. Le patient idéal pour cet implant ?

L'implant intra-oculaire LuxSmart™ est destiné aux patients actifs qui souhaitent être indépendants des lunettes pour la vision de loin et intermédiaire après une chirurgie de la cataracte et qui appréhendent les phénomènes photiques des multifocaux. Afin d'obtenir le meilleur résultat possible, il est recommandé de calculer la puissance de l'implant intra-oculaire en visant l'emmétropie ou la première valeur positive sans dépasser +0,20 D, à l'aide de la constante A optimisée de 118,5 (biométrie optique).

### Exemple d'un cas patient idéal ayant bénéficié de l'implant intra-oculaire LuxSmart™

Il s'agit d'une patiente âgée de 70 ans, adressée pour une cataracte bilatérale, qui souhaite privilégier la vision intermédiaire. Son examen ophtalmologique est normal. Le choix se porte vers un implant intra-oculaire à profondeur de champ LuxSmart™ (21 D œil droit et 21,5 D œil gauche). À trois mois, la patiente est très satisfaite du résultat. Elle vit sans correction avec une acuité visuelle de 10/10<sup>e</sup> Parinaud 3 en binoculaire. Sa réfraction est à 10/10<sup>e</sup> avec 0,25 (-0,5) 115 à droite et 10/10<sup>e</sup> avec 0,25 (-1,5) 180 à gauche Parinaud 2 addition + 1 (fig. 4).

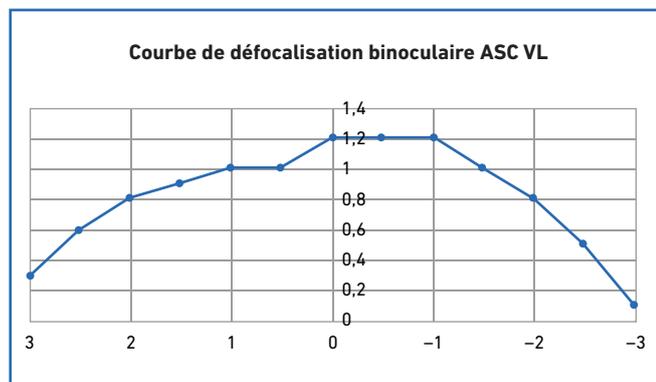


Fig. 4 : Courbe de défocalisation (informations issues de la pratique de C. Albou-Ganem).

## 3. Les autres profils de patients éligibles

Avec le recul sur la manipulation de l'implant intra-oculaire LuxSmart™, ses indications pourraient être élargies à d'autres profils de patients à condition que l'examen ophtalmologique soit normal. Il s'agit, d'une part, des patients qui ont des problèmes maculaires non sévères (petite membrane épitréminienne ou début de glaucome) et, d'autre part, des patients qui ont des amétropies fortes. Il serait également intéressant de pouvoir utiliser l'implant intra-oculaire LuxSmart™ en *Mix and Match* en corrigeant l'œil dominant avec un implant monofocal et l'œil dominé avec le LuxSmart™ ou bien chez les patients opérés de chirurgie réfractive qui veulent se passer de lunettes. Dans ce cas, un bilan topographique est réalisé pour voir la morphologie de la cornée et se rendre compte de l'existence ou non d'aberrations sphériques pour ne pas être délétères sur la qualité de vision.

## 4. Conseils pour une bonne utilisation

Il est recommandé de réaliser un calcul précis de l'implant pour être performant sur la vision de loin. De plus, il est conseillé de ne pas être délétère lors de la chirurgie en particulier ne pas induire d'astigmatisme, même si ces implants semblent plus tolérants aux légères erreurs réfractives que les implants multifocaux.

### Quels profils particuliers pour l'implant EDOF LuxSmart ?

#### A. ROURE

##### 1. Profils des patients particuliers qui pourraient bénéficier de cet implant

Avec le recul et l'expérience des chirurgies de la cataracte, l'implant intra-oculaire LuxSmart™ est de plus en plus utilisé chez des patients ayant un profil particulier. D'une part, le patient opéré au laser par LASIK pour une myopie pourrait être un candidat à l'utilisation du LuxSmart™. En effet, ces patients ont des zones de traitement plus larges sur le plan optique avec des aberrations sphériques positives moins défocalisantes. Utiliser un implant EDOF chez un patient myope opéré au LASIK qui peut avoir une cataracte assez jeune est intéressant. Cela permet en effet d'envisager de réhabiliter la vision de loin, en maintenant une vision intermédiaire et/ou de près satisfaisante, avec peu de phénomènes

parasites comme pourraient donner des implants diffractifs multifocaux (halos) et avec plus de sécurité réfractive. D'autre part, indépendamment de toute opération LASIK antérieure, le patient âgé de 55 ans à 65 ans avec une cataracte unilatérale et qui n'a pas envie d'être opéré du second œil reste un bon candidat à l'utilisation du LuxSmart™. L'implant EDOF donne à ce type de patient une vision intermédiaire souvent meilleure que sur l'autre œil et permet d'attendre la bilatéralisation. L'implant diffractif n'est pas toujours bien supporté en vision binoculaire; il faut éviter d'avoir à opérer l'œil controlatéral non cataracté.

## 2. Profils de patients particuliers contre-indiqués

Chez les patients opérés au LASIK pour une hypermétropie ou une presbytie, c'est-à-dire des patients qui ont un profil cornéen convexe et prolata donnant des aberrations négatives, il n'est pas souhaitable d'utiliser un implant EDOF. En effet, les traitements hypermétropiques sont déjà potentiellement défocalisants et une part d'incertitude viendrait s'ajouter à la précision du résultat optique.

Voici quelques exemples de cas patients particuliers ayant bénéficié de l'implant intra-oculaire LuxSmart™.

### ● 1<sup>er</sup> cas. Patiente adressée pour une cataracte unilatérale

Il s'agit d'une patiente âgée de 70 ans, adressée pour une cataracte unilatérale avec 9/10<sup>e</sup> œil droit et 4/10<sup>e</sup> œil gauche. Le choix se porte vers un implant intra-oculaire à profondeur de champ LuxSmart™ sur l'œil gauche car la patiente ne souhaite pas être opérée des deux yeux. À trois mois, la patiente est très satisfaite du résultat. Elle a amélioré son confort de vie et vit sans correction la plupart du temps. Son acuité visuelle est de 9/10 P2f en binoculaire avec un bon éclairage. Sa réfraction est à 9/10 avec +1 (-1,25) 90 à droite et 9/10 avec -0,50 (-0,50) 100 à gauche Parinaud 2 addition +2,25.

### ● 2<sup>e</sup> cas. Patiente précédemment opérée au LASIK et adressée pour une cataracte bilatérale

Il s'agit d'une patiente âgée de 52 ans, ex-forte myopie (-7) opérée au LASIK en 2001, adressée pour une cataracte bilatérale avec 3/10<sup>e</sup> de chaque côté, -6 de myopie d'indice. Le choix se porte vers un implant intra-oculaire

à profondeur de champ LuxSmart™ étant donné son antécédent d'opération au LASIK et son jeune âge. À trois mois, la patiente a amélioré sa qualité de vie et vit sans correction pour la vision de loin, avec une correction de temps en temps pour la vision intermédiaire et souvent pour la vision de près. Son acuité visuelle est de 8/10 P3f œil droit et 9/10 P3f œil gauche. Sa réfraction est à 8/10 avec -0,50 (-0,50) 175 à droite Parinaud 2 addition +1,50 et 9/10 avec 0,00 (-1,00) 80 à gauche Parinaud 2 addition +2,00.

### ● 3<sup>e</sup> cas. Patiente précédemment opérée au LASIK et adressée pour une cataracte unilatérale deux années de suite

Il s'agit d'une patiente âgée de 45 ans, opérée au LASIK en 2018, adressée pour une cataracte sous capsulaire gauche unilatérale, avec 10/10<sup>e</sup> œil droit et 4/10<sup>e</sup> œil gauche. Le choix s'est porté, en septembre 2021, vers un implant intra-oculaire à profondeur de champ LuxSmart™ au vu de son antécédent d'opération au LASIK, de son jeune âge et pour éviter d'opérer les deux yeux. Les résultats immédiats ont été très bons. La patiente a été revue en septembre 2022 pour une cataracte sous capsulaire œil droit. Un implant intra-oculaire à profondeur de champ LuxSmart™ a également été utilisé avec de très bons résultats. Son acuité visuelle est de 9/10 P2f en binoculaire. Sa réfraction est à 9/10 avec -0,50 (-0,50) 100 à droite et 9/10 avec -0,25 (-0,25) 90 à gauche Parinaud 2 addition +1,25. Pour cette patiente, l'implant intra-oculaire à profondeur de champ semblait être la solution la plus adaptée pour assurer une meilleure qualité de vie et la plus sécurisée en cas de survenue de problèmes rétiens.

## Conclusion

Les implants EDOF permettent une vie presque sans correction optique pour les activités quotidiennes sans altérer la qualité. L'implant intra-oculaire LuxSmart™ offre une bonne qualité de vision ainsi qu'une bonne profondeur de champ et peu d'effet photique. Aujourd'hui, le patient idéal pour cet implant intra-oculaire reste le patient actif désirant une indépendance aux lunettes et qui appréhende les phénomènes photiques des multifocaux. L'implant intra-oculaire LuxSmart™ répond avant tout aux besoins en vision intermédiaire. Ainsi, progressivement, la tendance pourrait tendre vers un

élargissement des indications du LuxSmart™ pour s'orienter vers une chirurgie réfractive plus "personnalisée" selon les besoins des patients et ses comorbidités.

Avant tout choix du type d'implant, il est conseillé de réfléchir à la différence entre un système diffractif et un système à profondeur de champ. Et de cibler les bons profils patients. La décision du type d'implant doit être partagée avec le patient. Par ailleurs, il ne faut pas faire de fausses promesses mais annoncer au patient des résultats réalistes. Comme pour tous les nouveaux implants, il est également conseillé de commencer à utiliser le LuxSmart™ chez un patient idéal en s'appliquant sur le calcul de l'implant. Au fur et à mesure de l'expérience, le LuxSmart™ pourra être utilisé chez des patients sortant des recommandations idéales, notamment ceux opérés au laser par LASIK pour une myopie. Les implants monofocaux gardent tout leur intérêt, en particulier chez les patients qui ne souhaitent pas s'affranchir du port de lunettes. La limite des implants à profondeur de champ reste la défocalisation du point image. Chez un patient qui a une DMLA ou un patient avec une incertitude sur un astigmatisme mixte (cornéen ou cristallinien), il est recommandé de privilégier la sécurité et d'utiliser un implant monofocal.

## Bibliographie

1. RIBEIRO F, COCHENER B, KOHNEN T *et al.* Definition and clinical relevance of the concept of functional vision in cataract surgery ESCRS Position Statement on Intermediate Vision 2020. Published by Wolters Kluwer on behalf of ASCRS and ESCRS.
  2. CAMPOS N, LOUREIRO T, RODRIGUES-BARROS S, CARREIRA AR *et al.* Preliminary Clinical Outcomes of a New Enhanced Depth of Focus Intraocular Lens. *Clinical Ophthalmology*, 2021;15:4801-4807.
  3. AZOR JA, VEGA F, ARMENGOL J *et al.* Optical Assessment and Expected Visual Quality of Four Extended Range of Vision Intraocular Lenses. *J Refract Surg*, 2022;38:688-697.
  4. COCHENER B, BOUTILLIER G, LAMARD M *et al.* A Comparative Evaluation of a New Generation of Diffractive Trifocal and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Refract Surg*, 2018; 34:507-514.
  5. GREVE D, BERTELMANN E, PILGER D *et al.* Visual outcome and optical quality of a wavefront-engineered extended depth-of-focus intraocular lens. *Cataract Refract Surg*, 2021;47:1139-1146.
  6. TAHMAZ V, SIEBELMANN S, KOCH KR *et al.* Evaluation of a Novel Non-Diffractive Extended Depth of Focus Intraocular Lens - First Results from a Prospective. *Curr Eye Res*, 2022;47:1149-1155.
  7. BORKENSTEIN AF, BORKENSTEIN EM, LUEDTKE H *et al.* Optical Bench Analysis of 2 Depth of Focus Intraocular Lenses. *Biomed Hub*, 2021;6:77-85.
- MACRAE S, HOLLADAY JT, GLASSER A *et al.* Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Consensus Statement for Extended Depth of Focus Intraocular Lenses; *Ophthalmol*, 2017;139-141.

## Pour en savoir plus



Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

## Implant EDOF LuxSmart: comment ça marche?



J. COULLET  
Centre Odysseum Ophtalmologie, MONTPELLIER.  
couillet.j@gmail.com

Nouveau venu sur le marché des implants de profondeur de champ (EDOF, *Extended Depth of Focus*), l'implant LuxSmart intra-oculaire LuxSmart™ (commercialisé par le laboratoire Bausch + Lomb) se distingue par sa technologie purement réfractive, basée sur une combinaison optique originale associant aberration sphérique primaire et secondaire de signes opposés. Faisons le point sur les principes optiques qui sous-tendent le fonctionnement de ce nouvel implant.

### Définition de l'aberration sphérique primaire Z4

L'ensemble des aberrations optiques monochromatiques a été classifié en aberrations "unités" selon différentes méthodes mathématiques de décomposition: Fourier, Zernike, LD/HD (*Low Degree/High Degree*). Nous présentons ici la décomposition polynomiale de Zernike (fig. 1) qui, malgré quelques imperfections, est la plus utilisée.

L'aberration sphérique primaire fait partie des aberrations optiques monochromatiques dites "de haut degré". En cela, elle se démarque des aberrations optiques "classiques" bien connues de type astigmatisme et défocus qui font partie de l'ordre 2.

La Z4 est donc la première aberration optique paire de haut degré, suivant le défocus, donc avec un impact significatif sur la qualité de vision. Contrairement au défocus, globalement homogène, elle entraîne une variation centrée (contrairement à la coma, variation décentrée) de la puissance optique, avec un gradient centrifuge (la puissance augmente du centre vers la périphérie) si elle est positive ou un gradient centripète (la puissance augmente de la périphérie vers le centre) si elle est négative. La résultante de cette aberration est donc une augmentation de la profondeur de champ (*Depth of Focus*, DoF) qui peut se mesurer par l'aberration sphérique transverse ou longitudinale au niveau du foyer image.

Moduler l'aberration Z4 est donc un élément optique important lors de la création de système visant à augmenter la DoF pour compenser la presbytie: implants intra-oculaires, lentilles, chirurgie réfractive. La clé étant de moduler la Z4 afin de trouver un ratio DoF/qualité de vision optimale permettant d'obtenir une bonne vision intermédiaire ou de près, tout en conservant une vision perçue comme acceptable (en dessous du seuil de "objectionable blur" défini par Atchinson).

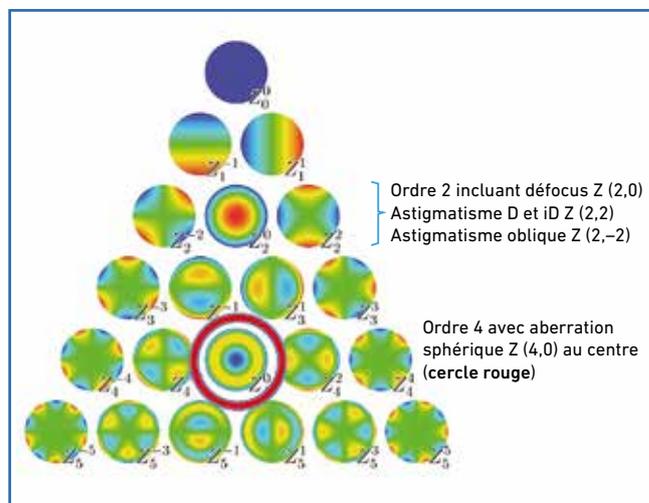


Fig. 1 : Décomposition polynomiale de ZERNIKE d'un front d'onde monochromatique.

## L'aberration sphérique secondaire Z6

Z6 est la dénomination polynomiale simplifiée de l'aberration sphérique secondaire. Par ailleurs, il existe aussi Z8 (aberration sphérique tertiaire), Z10 (aberration sphérique quaternaire). Par la suite, la pondération de ces aberrations sur la vision globale devient très peu significative cliniquement.

À l'image de l'aberration sphérique primaire, la Z6 est une fonction paire qui entraîne une variation centrée de la puissance optique. La Z6 peut donc être modulée de façon indépendante de la Z4 et combinée à cette dernière de différentes façons, afin d'obtenir une DoF contrôlée optimale. C'est notamment le principe optique utilisé pour l'élaboration de l'implant LuxSmart™.

## Étude de la combinaison Z4/Z6

L'augmentation de la DoF en modulant l'aberration sphérique est connue. Notamment l'utilisation contrôlée de la Z4, que l'on retrouve en implantologie (implants intra-oculaires EDOF réfractifs), en contactologie (lentilles multifocales à VP centrale pour l'aberration sphérique négative ASN) ou encore la chirurgie réfractive (presbyLASIK de type LBV – *Laser Blended Vision*, FCAT – *Fine-turned Customized Advanced Treatment*, Supracor™ ou traitement hypermétropie simple).

Ainsi, la vergence optique augmente de la périphérie vers le centre en cas de Z4 négative, ce qui est cohérent avec la présence d'une compensation optique de la presbytie car l'accommodation s'accompagne d'un myosis (souvent le patient lit avec une lumière d'appoint). Cependant, le myosis va aussi avoir tendance à "éteindre" l'effet de profondeur de champ de la Z4 en réduisant considérablement les aberrations de haut degré. Dans le cas de Z4 positive, le raisonnement inverse peut s'appliquer. Quelle est donc la stratégie gagnante ?

Dans leurs travaux *in vivo*, Benard Y., Lopez-Gil N. et Legras R. ont montré de façon formelle, par analyse subjective couplée à une convolution par optique adaptative, que l'effet de constriction pupillaire bénéfique sur la DoF est largement contrebalancé par l'action contrôlée de la Z4, en particulier négative (fig. 2) [1]. Ce qui revient à dire qu'un patient présente une meilleure DoF en mydriase avec la présence d'une ASN que lorsqu'il

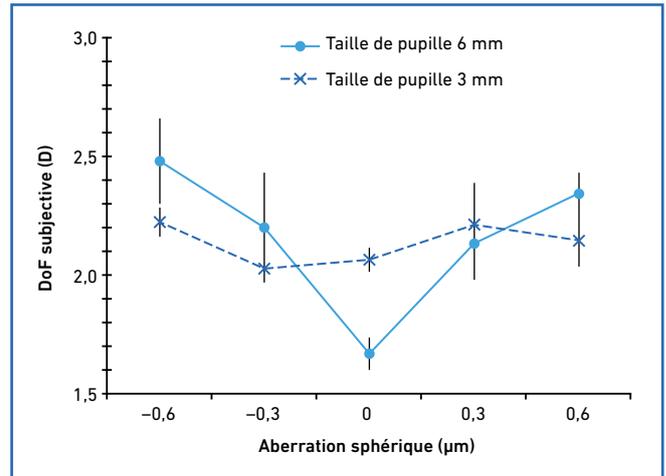


Fig. 2 : Variation de la profondeur de champ subjective, en fonction de l'ajout d'aberration de sphéricité par optique adaptative, et selon deux tailles de pupilles [1].

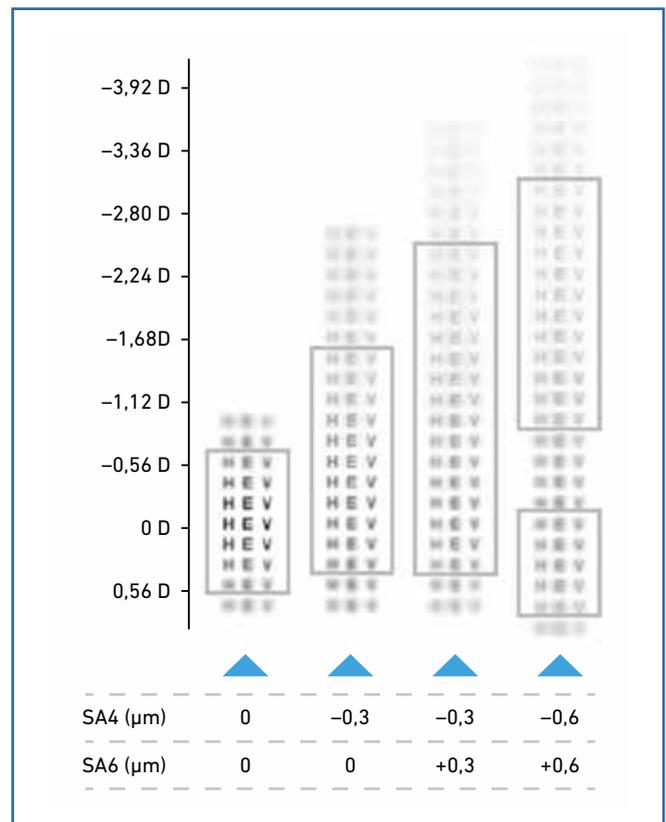


Fig. 3 : Convolution de profondeur de champ avec différentes aberrations optiques (à pupille constante). Lors de l'absence d'induction d'aberrations sphériques, le contraste et la qualité de l'image sont maximaux mais la profondeur de champ est faible (uniquement liée à l'aberration sphérique positive de la cornée). L'ajout modéré de Z4 négative (-0,3 µm) crée immédiatement une profondeur de champ significative avec un *blur* raisonnable. Lorsqu'une certaine quantité de Z6 positive est ajoutée (+0,3 µm), on optimise la profondeur de champ, tout en maintenant une qualité de vision correcte. En revanche, une trop grande induction d'aberrations optiques va créer une dégradation de l'image perçue (*objectionable blur*) ainsi qu'une disruption optique de la profondeur de champ. Les valeurs en µRMS sont données à titre indicatif [1].

est en myosis, situation au cours de laquelle la Z4 induite est quasiment effacée par la contraction pupillaire et son effet de bord (effet Stiles-Crawford).

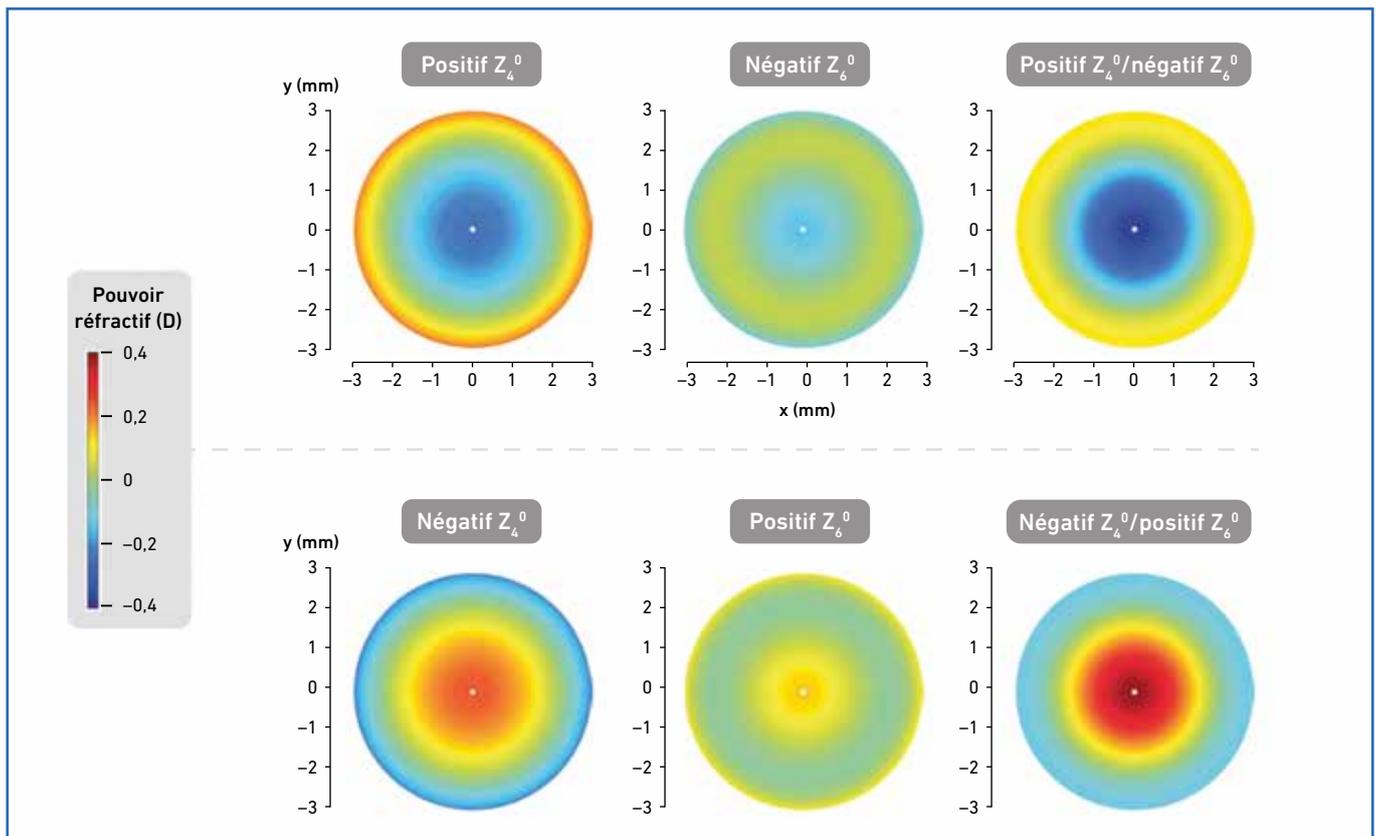
Ainsi, une modulation de la Z4 négative entraîne une induction de 30 % de DoF en plus avec ASN de  $0,3 \mu\text{m}$  et une augmentation de 45 % avec ASN de  $0,6 \mu\text{m RMS}$ , pour une pupille de 6 mm et dans les limites cliniques subjectives acceptables pour le patient (*objectionable blur*) [2].

Leurs travaux ont également porté sur la combinaison de la Z4 avec la Z6 pour optimiser l'effet de vergence centrale et maximiser la DoF. Ils ont montré, *via* leurs panels de patients tests, que la combinaison la plus efficace était d'associer une Z4 négative avec une composante Z6 positive (aberrations sphériques primaire et secondaire de signes opposés). Cette combinaison gagnante permettait d'augmenter de 63 % la profondeur de champ subjective *versus* celle obtenue uniquement avec la Z4 seule (*fig. 3*) [1].

L'analyse de la figure représentative des vergences optiques de ces deux aberrations sur 6 mm (*fig. 4*) permet de se rendre compte que le maximum de gradient de puissance optique est obtenu lors de la combinaison  $Z4 < 0 + Z6 > 0$ . Cela permet de créer un gradient de vergence centripète efficace, contrôlé et très progressif (*smooth optical pattern*). L'adjonction de l'aberration sphérique secondaire positive vient varier dans le même sens que l'aberration sphérique négative (variation centripète) et vient, en quelque sorte, lisser, étendre et optimiser la zone optique centrale responsable de la DoF, tout en minimisant le flou visuel ressenti [3].

Une combinaison utilisant une Z4 positive avec une Z6 positive ou négative aurait généré un gradient de vergence centrifuge mais qui, même avec une pupille de 6 mm, aurait été cliniquement peu efficace, du fait de l'effet de bord de la pupille.

Pour les auteurs, le schéma idéal serait donc une combinaison de Z4 de  $-0,6 \mu\text{m RMS}$  avec une Z6 de  $+0,15 \mu\text{m}$



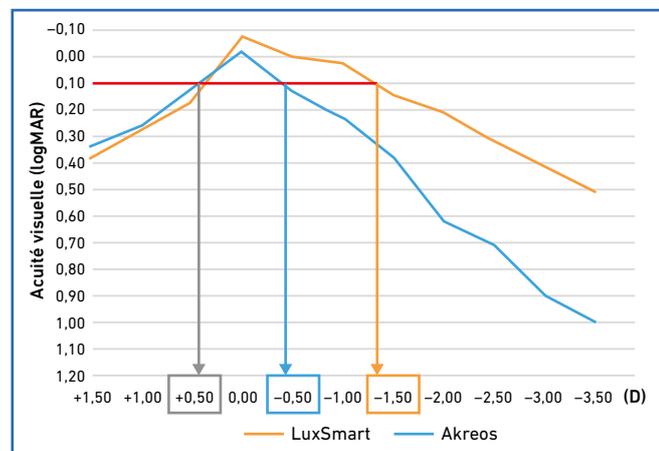
**Fig. 4 :** Représentation colorée des cartes de vergence de Z4 et Z6. Où l'on comprend pourquoi la combinaison de ces deux aberrations optiques en signes opposés permet d'induire un gradient de puissance optique optimisé, soit centrifuge ( $Z4 > 0$  et  $Z6 < 0$ ) soit centripète ( $Z4 < 0$  et  $Z6 > 0$ ). [3].

qui permettrait une DoF de 2,5 D avec une pupille de 6 mm et donc un parcours accommodatif large associé à une qualité de vision acceptable.

Ces travaux d'optiques fondamentaux et cliniques confirment donc l'intérêt de pouvoir bénéficier d'un implant intra-oculaire EDOF qui combine ainsi, dans sa zone optique centrale, Z4 et Z6 de signes opposés [4].

## Implant LuxSmart™ et premiers résultats cliniques

L'implant LuxSmart™ est un implant intra-oculaire acrylique hydrophobe avec un diamètre optique de 6 mm qui

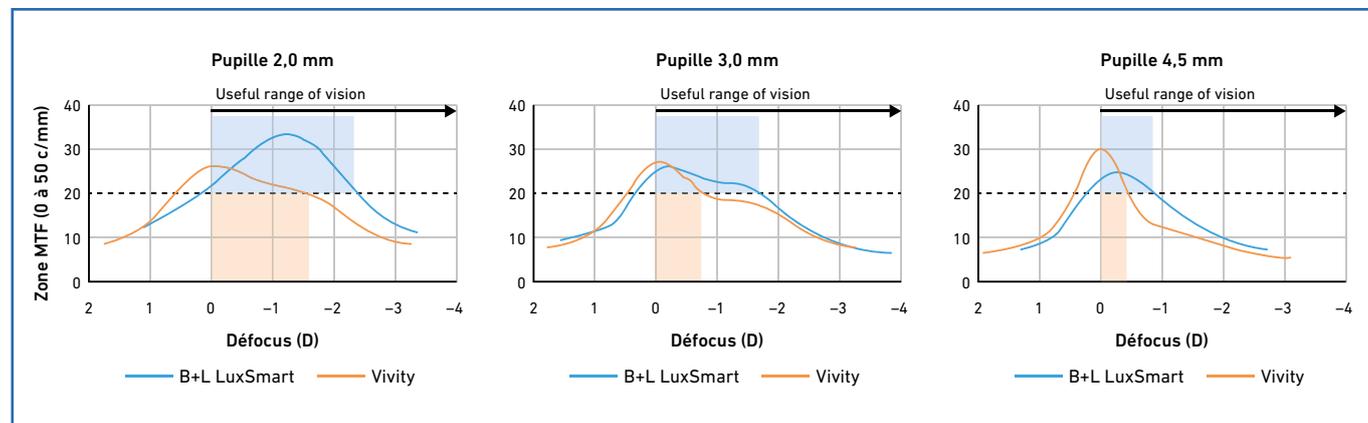


**Fig. 5.** Courbes de défocalisation comparées entre l'implant intra-oculaire Akreos® AO (*monofocal aberration free*) et le LuxSmart™. À un niveau d'acuité visuelle élevée (logMAR 0,1 soit 8/10<sup>e</sup>), le défocus de l'Akreos® AO est limité (+0,5/-0,5 D) mais pas nul (effet de l'aberration sphérique positive de la cornée native). En revanche, le LuxSmart™ bénéficie d'une profondeur de champ significativement plus étendue de 2D avec un défocus de +0,5/-1,5 D [5].

associe trois zones non visibles (technologie PRO – *Pure Refractive Optics*):

- une zone périphérique monofocale *aberration free*, ce qui signifie qu'elle est optimisée pour la VL avec une aberration sphérique neutre qui vient compenser l'AS positive moyenne de la cornée prolate;
- une zone EDOF centrale de 2 mm qui combine une Z4 négative et une Z6 positive, créant ainsi un gradient de vergence centripète dévolu à la vision intermédiaire;
- une zone de transition brevetée entre les deux et dont le rôle consiste à contrôler la direction des rayons lumineux au maximum de la perte de lumière.

L'implant LuxSmart™ bénéficie également d'un bord carré continu, incluant la jonction optique-haptique, pour minimiser la formation de *posterior capsule opacification* (PCO). De même, il existe en blanc avec filtre UV seul (LuxSmart™ Crystal) ou avec addition d'un filtre jaune pour la lumière violette. Les dioptries disponibles vont de 0 D à +10 D (par pas de 1 D) et de +10 D à +34 D (par pas de 0,5 D). Il est également disponible en version torique (LuxSmart™ Toric). Il bénéficie de la même géométrie globale que l'Akreos® (hormis la présence de détrompeur sur l'optique pour le LuxSmart™ et non à l'intérieur des anses) dont l'optique est dotée de la technologie *aberration free*. Cependant, à la différence de l'Akreos® AO, implant auquel il a été comparé, concernant la qualité de vision de loin et les performances en vision de près et intermédiaire, le matériau est hydrophobe. La comparaison de comportement optique entre le LuxSmart™ et l'Akreos® AO est ainsi réalisée (fig. 5) [5].



**Fig. 6.** Analyse MTFa ( $a =$  aire sous la courbe) avec signal spatial variable de 0 à 50 cycles par millimètre, en fonction des différentes tailles de pupille d'entrée. Le seuil de 20 cycles par millimètre est défini comme équivalent clinique à une acuité visuelle de 10/10<sup>e</sup>. Quel que soit le diamètre pupillaire, l'aire sous la courbe qui traduit la profondeur de champ utile reste significativement plus importante pour le LuxSmart™ que pour le Vivity® [6].

Son concurrent le plus direct, l'EDOF Vivity® commercialisé par le laboratoire Alcon fonctionne sur un principe radicalement différent de "plateau". Une analyse *in vitro* de la modulation de transfert du signal optique (analyse MTFa) a été réalisée par l'université polytechnique de Catalogne Barcelona Tech, département d'optique et d'optométrie, avec une lumière monochromatique de 530 nm (norme ISO) (fig. 6) [6].

## Conclusion

L'implant EDOF LuxSmart™ est donc un implant intra-oculaire réfractif pur, dont la technologie est basée, au sein d'une zone centrale de 2 mm, sur la combinaison de deux types d'aberrations sphériques, de signe opposé, pour optimiser le résultat optique. La profondeur de champ ainsi obtenue est cliniquement efficiente sans altération significative de la vision de loin. Il permet donc de cibler une indépendance sans lunettes dans la majorité des activités du quotidien.

## Bibliographie

1. BENARD Y, LOPEZ-GIL N, LEGRAS R. Optimizing the subjective depth-of-focus with combinations of fourth- and sixth-order spherical aberration. *Vision Res*, 2011;51:2471-2477.
2. BENARD Y, LOPEZ-GIL N, LEGRAS R. Subjective depth of field in presence of 4th-order and 6th-order Zernike spherical aberration using adaptive optics technology. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:2129-2138.
3. HUGHES RP *et al.* Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. *Clin Exp Optom*, 2020;103:68-85.
4. SCHMID R, BORKENSTEIN AF. Analysis of higher order aberrations in recently developed wavefront-shaped IOLs. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022;260:609-620.
5. CAMPOS N, LOUREIRO T, RODRIGUES-BARROS S *et al.* Preliminary Clinical Outcomes of a New Enhanced Depth of Focus Intraocular Lens. *Clin Ophthalmol*, 2021;15:4801-4807.
6. AZOR JA, VEGA F, ARMENGOL J *et al.* Comparative optical bench analysis of a new range of vision intraocular lens. Grupo de Optica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI). Department of Optics and Optometry. Universitat Politecnica de Catalunya Barcelona tech. Unpublished report.

L'auteur a déclaré être consultant pour Bausch + Lomb, Johnson & Johnson Vision et Cristalens.

## Implant multifocal et vieillissement oculaire



P. BOUCHUT  
Clinique Thiers, BORDEAUX.  
pierre.bouchut1@gmail.com

En 2024, l'implantation multifocale reste le "gold standard" pour la prise en charge la plus complète de la presbytie. L'implantation multifocale diffractive apportera en effet l'indépendance la plus grande aux verres de lunettes et notamment pour la lecture (fig. 1). Si d'autres stratégies sont possibles pour compenser la presbytie, elles n'apportent pas la même garantie de vision binoculaire (par exemple, l'utilisation d'une bascule réfractive) ou n'apportent pas non plus, la même prédictibilité réfractive en vision de loin et en vision de près, avec l'utilisation d'implants EDOF non diffractifs notamment.

L'utilisation d'implants multifocaux doit cependant respecter un cahier des charges bien codifié, comportant des indications et des contre-indications. Le résultat réfractif final doit être très proche de l'emmétropie pour obtenir une bonne vision. Ces éléments doivent être respectés pour un résultat et une satisfaction optimum de nos patients. Les contre-indications et les non-indications s'inscrivent dans l'analyse au moment de l'implantation. Cependant, il n'est pas exclu que le patient puisse développer des pathologies dans le futur, car elles sont liées au vieillissement oculaire, au vieillissement général normal ou à la suite à des pathologies diverses.



Fig. 1 : Implant diffractif Panoptix®.

Ces pathologies peuvent survenir au fil du temps chez des patients ayant bénéficié ou pouvant bénéficier de chirurgie avec implants multifocaux. Ce processus de vieillissement touche l'œil dans son ensemble, du film lacrymal à la rétine et au nerf optique. L'adaptation corticale peut aussi être concernée par le vieillissement. Lorsque ces pathologies arrivent bien après l'implantation, on considère que l'apprentissage cortical a déjà été acquis, et que ces pathologies seront plutôt source de limitations de performance visuelles que d'intolérance.

Pour comprendre les conséquences du vieillissement oculaire, il faut rappeler les grands principes de fonctionnement de l'optique diffractive. L'implant répartit l'énergie lumineuse reçue sur différents foyers : deux foyers pour les implants bifocaux, trois foyers sur les trifocaux et quadrifocaux actuels et sur cinq foyers pour l'implant pentafoveal. Cette répartition lumineuse s'accompagne d'une perte d'énergie maîtrisée, à moins de 10 %, avec les implants diffractifs de dernière génération. La qualité de vision dépend aussi de l'emmétropie sphéro-cylindrique postopératoire obtenue.

Des variations de résultats peuvent ainsi être notées au cours de la vie et du vieillissement et vont altérer les différentes structures de l'œil.

## Vieillesse et modification de réfraction

La réfraction peut légèrement évoluer en fonction de plusieurs phénomènes.

### 1. Le film lacrymal

Le film lacrymal a une tendance naturelle à se modifier dans le temps, diminution en quantité et altération de sa qualité [1]. Cela peut engendrer des changements de puissance réfractive jusqu'à 1 D. Cette modification peut être source de perte de précision, voire de perte d'efficacité visuelle, ou source de majoration d'effets photiques, diurnes ou nocturnes.

Une prise en charge efficace des troubles de la surface oculaire permet bien souvent une restauration du confort visuel ainsi que de la performance de la fonction visuelle perçue par le patient. Il faut aussi expliquer au patient que, indépendamment de toute chirurgie, il aurait été sensible à ces troubles [2], mais qu'il y est effectivement d'autant plus sensible avec ses implants. En effet, les implants diffractifs, du fait de l'exigence de leur optique, peuvent donner l'impression de les majorer.

La prise en charge d'altération modérée de la surface oculaire relève du domaine de la pratique courante. Cependant, il ne faut pas hésiter, le cas échéant, à recourir à une consultation spécialisée de sécheresse pour une prise en charge spécifique après bilan complet, analyse du film lacrymal, détermination de l'atteinte qualitative ou quantitative. Outre les traitements substitutifs de larmes prescrits, qui doivent être adaptés, de nouveaux traitements complémentaires physiques de type IPL, QMR peuvent être proposés pour une amélioration plus profonde. Une prise en charge réellement adaptée au long cours permet alors de surmonter l'écueil du vieillissement du film lacrymal et donne ainsi une restauration de la qualité visuelle.

### 2. La cornée

La cornée peut connaître aussi un vieillissement qui peut entraîner différents troubles allant d'une modification de l'astigmatisme inverse [3] à une modification de sa transparence. Avec le temps, il n'est pas rare que la cornée développe un astigmatisme inverse. Il est donc important, dès l'implantation initiale, de veiller à prendre en charge au

mieux l'astigmatisme préopératoire existant. Il est possible d'intégrer l'éventualité d'une petite évolution vers un astigmatisme inverse lors du choix de l'implant diffractif torique. Si l'astigmatisme inverse se majore, la vision de loin risque, à terme, d'être moins précise. Le défaut réfractif conduira à une majoration des troubles photiques, notamment à type de halos, pour la conduite nocturne.

Une simple correction par verres complémentaires permettra d'améliorer la situation. Pour les patients les plus jeunes et demandeurs, une correction réfractive de surface de type Lasik ou PKR peut être proposée et discutée dans certains cas.

Un vieillissement pathologique de la cornée avec perte de la transparence, comme une dystrophie stromale ou une atteinte endothéliale, engendrera des modifications réfractives et une perte d'efficacité de l'implant. Le traitement étiologique de la pathologie permettra une amélioration de la situation et la prise en charge devra tenir compte, dans la mesure du possible, du type d'implant présent.

S'il n'est pas indiqué de proposer un implant diffractif dans ces situations, en revanche, l'apparition de ces pathologies dans un œil déjà implanté, n'est pas un obstacle à la prise en charge moderne de leur traitement.

### 3. La capsule

Une variation réfractive peut venir du système optique capsule/implant. Si la cataracte secondaire est un phénomène bien connu et souvent rapidement traité par une séance de laser Yag avec un résultat rapide et spectaculaire, deux autres circonstances nécessitent toute l'attention à l'examen.

Une simple fibrose capsulaire peut être la source de perte d'efficacité ou d'insatisfactions avec un implant diffractif. Celle-ci n'est pas toujours facile à apprécier, l'acuité visuelle restant alors souvent très correcte sur le plan quantitatif alors que paradoxalement la qualité de vision se dégrade. Une capsulotomie au laser Yag améliore là aussi rapidement et spectaculairement la situation [4]. Une fibrose capsulaire antérieure peut être notée, avec certains implants. Elle peut alors être source de phimosis du rhéxis et responsable ensuite de tilt et de déplacement de l'implant créant souvent une hypermétropisation

de la réfraction par recul de l'implant dans le sac. Les implants diffractifs sont sensibles au défocus et un traitement approprié par laser Yag, de l'anneau capsulaire antérieur fibrosé, permettra, dans la majorité des cas, de retrouver la réfraction initiale postopératoire.

## 4. L'implant

Aujourd'hui, il n'y a pas de phénomène de vieillissement des matériaux des implants. De rares cas d'opacification des implants (hydrophiles) ou de glistening (hydrophobes) ont été parfois retrouvés. Ils ne sont pas liés à l'optique diffractive mais bien plus au matériel de l'implant. Ces matériaux n'ont plus cours aujourd'hui.

## Vieillessement et rétine

Un bilan pré-opératoire soigneux doit éliminer une pathologie en cours au moment de l'intervention et rechercher une pathologie prédisposant à une évolution péjorative dans le temps. Il est cependant difficile de présumer quel sera l'état rétinien plusieurs années après. Il est difficile de fixer les limites précises des indications et contre indications mais les grands principes sont bien connus [5, 6].

### 1. MLA-DMLA

Le bilan clinique et paraclinique préopératoire permettra de rechercher des éléments cliniques rétiniens maculaires évocateurs de MLA (altérations de l'EP, drusen...) et éviter ainsi d'implanter une lentille multifocale dans ces conditions. Une lentille diffractive peut diminuer l'intensité lumineuse et majorer les pertes de contraste. Les pathologies rétiniennes contre-indiquent donc ce type d'optiques multifocales.

Si l'implantation s'est faite dans le cadre d'un examen normal, mais qu'une MLA apparaît dans le temps, le besoin en lumière serait donc plus important pour maintenir une bonne vision qu'avec un implant mono focal. Il en serait de même en cas d'évolution vers une DMLA dont l'importance et l'évolution conditionneront l'acuité visuelle finale.

Bien souvent, en pratique, quelques rares altérations isolées de l'EP ne contre-indiquent pas en eux-mêmes une implantation multifocale en dehors d'autres facteurs de risques (contexte personnel ou familial).

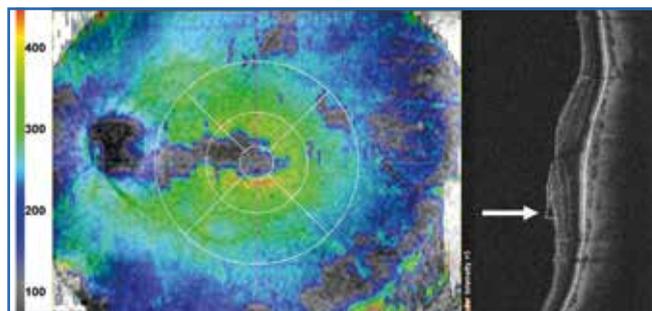


Fig. 2 : Membrane épirétinienne.

### 2. MER membrane épirétinienne

Les membranes épirétiniennes sont une pathologie très fréquente (fig. 2). Une membrane décompensée et symptomatique reste une contre-indication à l'implantation multifocale. Généralement, la récupération postopératoire dépend de l'atteinte rétinienne initiale. Bien souvent, l'acuité postopératoire d'une MER peut rester limitée chez le phaque ou le pseudophaque équipé en implant monofocal, du fait même de l'atteinte des photorécepteurs. Une implantation multifocale ne permettrait pas non plus une récupération visuelle optimale. Lorsque la chirurgie du cristallin est ultérieure à celle réalisée pour la MER, les rétines sont plus sujettes à présenter des OMC postinterventionnels. Ceux-ci peuvent parfois être résistants aux thérapeutiques simples. S'il est tentant de proposer un implant diffractif à un patient demandeur et ayant bien récupéré après une chirurgie de MER, il faut quand même garder à l'esprit ce risque plus élevé d'OMC postopératoire.

La question de l'implantation multifocale dans le cas d'une membrane asymptomatique de découverte fortuite lors du bilan préopératoire fait débat. La membrane peut en effet rester asymptomatique et ne jamais évoluer. Et il est difficile de refuser une implantation diffractive sollicitée par le patient. Cependant, le risque de décompensation lié à la chirurgie existe, il faut prévenir le patient de cette éventualité et lui énoncer les risques possibles avant tout choix raisonné.

### 3. Diabète

Il est important de distinguer les formes de diabète, leur stade et l'âge des patients. Un diabète avéré, soigné et difficilement équilibré reste une contre-indication à l'implant multifocal du fait des pathologies rétiniennes

présentes ou à venir. Une rétinopathie, tout comme un œdème maculaire peuvent se décompenser après chirurgie, limiter les résultats fonctionnels et rendre plus délicat des traitements ultérieurs par laser [7]. L'évolution de la rétinopathie reste donc une contre-indication initiale à ces implants. À l'opposé, une glycémie limite en l'absence de toute rétinopathie ne doit pas être systématiquement une contre-indication si les risques de développer une rétinopathie dans le temps sont faibles chez ces patients. De même, l'apparition tardive d'un diabète n'empêchera ni un suivi ni une éventuelle prise en charge oculaire.

#### 4. Rétine et grand âge

La question d'une limite d'âge pour proposer un implant diffractif est posée et ne fait pas toujours consensus. Si les fonctions rétinienne se dégradent avec l'âge, l'efficacité d'un implant multifocal perdure malgré tout. Les patients anciennement implantés se verront parfois obligés d'utiliser simplement plus de luminosité pour leur vision de près. L'implantation après 90 ans peut aussi poser la question d'une période d'adaptation plus longue, mais bon nombre de patients demandeurs restent satisfaits avec une implantation multifocale tardive.

#### Vieillesse et nerf optique

Un glaucome avéré ou une pathologie prononcée du nerf optique restent une contre-indication à l'implantation diffractive. Un nerf optique peu fonctionnel et un champ de vision altéré ne permettront pas une utilisation optimale de l'implant. Le patient serait déçu du résultat, qui peut pénaliser la fonction visuelle restante. Par ailleurs, le suivi en champ visuel peut s'avérer plus délicat.

En revanche, une hypertension simple, isolée, contrôlée, sans atteinte du nerf optique peut autoriser une implantation diffractive raisonnée si la demande du patient est forte et si la probabilité de développer un vrai glaucome est faible.

L'analyse objective des cas limites, la connaissance du vieillissement du nerf optique [8] et l'information du patient permettent des choix éclairés et raisonnables.

#### Conclusion

La prise en charge de la presbytie par implants multifocaux représente aujourd'hui environ 5 % des procédures

de chirurgie du cristallin en France. Ces implantations dépendent d'un faible pourcentage de praticiens qui, seuls, proposent régulièrement ces implants à leurs patients.

Les freins à l'implantation sont multiples, médicaux, économiques, et parfois philosophiques. Les contre-indications avérées à l'implantation peuvent être surestimées par principe de précaution.

L'implantation multifocale reste aujourd'hui la solution de choix pour une indépendance aux lunettes. Le vieillissement naturel n'est pas un obstacle à la chirurgie de la presbytie par implant multifocal. L'implantation multifocale diffractive donne d'excellents résultats pour peu qu'elle soit pratiquée dans un cadre prédéfini, avec un patient bien informé, présentant un œil fonctionnel et obtenant une réfraction finale postopératoire la plus proche possible de l'emmétropie sphéro-cylindrique.

#### Bibliographie

1. KITAZAWA K, INOMATA T, SHIH K *et al.* Impact of aging on the pathophysiology of dry eye disease: A systematic review and meta-analysis. *Ocul Surf*, 2022;25:108-118. doi: 10.1016/j.jtos.2022.06.004. Epub 2022 Jun 23.
2. AUDELAN T, LEGRAND M, M'GARRECH M *et al.* Ocular surface aging: Pathophysiology and consequences for management. *Fr Ophthalmol*, 2018;41:262-270. doi: 10.1016/j.jfo.2017.12.004. Epub 2018 Mar 22.
3. SHAO X, ZHOU KJ, PAN AP *et al.* Age-Related Changes in Corneal Astigmatism. *J Refract Surg*, 2017;33:696-703. doi: 10.3928/1081597X-20170718-04.
4. BAI H, LI H, ZHENG S *et al.* Nd:YAG Capsulotomy Rates with Two Multifocal Intraocular Lenses. *Int J Gen Med*, 2021 Nov 30;14:8975-8980. doi: 10.2147/IJGM.S342039. eCollection 2021
5. LEE JH, KONG M, SOHN JH *et al.* Analysis of Korean Retinal Specialists' Opinions on Implanting Diffractive Multifocal Intraocular Lenses in Eyes with Underlying Retinal Diseases. *J Clin Med*, 2022;11:1836. doi: 10.3390/jcm11071836.
6. KAYMAK H, GRAFF B, NIENHAUS S *et al.* Selection of Intraocular Lenses for Patients with Maculopathies. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2020;237:894-902. doi: 10.1055/a-1160-5917. Epub 2020 May 25.
7. XIA JL, PATNAIK JL, LYNCH AM *et al.* Comparison of cataract surgery outcomes in patients with type 1 vs type 2 diabetes mellitus and patients without diabetes mellitus. *J Cataract Refract Surg*, 2023;49:608-613.
8. COLEMAN-BELIN J, HARRIS A, CHEN B *et al.* Aging Effects on Optic Nerve Neurodegeneration. *Int J Mol Sci*, 2023;24:2573. doi: 10.3390/ijms24032573.

L'auteur a déclaré être consultant pour Alcon Chirurgie France, Johnson & Johnson Vision, Hoya Vision Care.





## 1. La monovision

### ● Traitement myopique

La cornée devient oblate et le traitement photo-ablatif peut induire des aberrations sphériques positives susceptibles de dégrader la qualité visuelle. De ce fait, les profils d'ablation modernes ont opté pour une induction minimale voire inexistante de profondeur de champ avec de grandes zones optiques. Pour le calcul biométrique, cette cornée oblate posera les problèmes, connus, de précision réfractive. Dans ce contexte, les formules spécifiques telles que la Barrett suite ou la Haigis-L, l'utilisation de l'intelligence artificielle avec la formule Pearls, ou encore l'utilisation du site de l'ASCRS permettront d'optimiser les précisions réfractives [3-5].

### ● Traitement hypermétropique

Chez les patients hypermétropes, le chirurgien a opté pour un traitement hypermétropique pur avec un degré de myopisation. Le profil d'ablation périphérique hypermétropique est inducteur d'hypermétropie, et ce d'autant plus que l'hypermétropie est importante. Cette hypermétropie induite sera pourvoyeuse d'une augmentation de profondeur de champ qui viendra s'ajouter à un degré de myopisation. La cornée reste prolate (voire hyperprolate) et si le traitement photo-ablatif est correctement centré et la zone optique suffisamment large (induisant un "plateau" de pouvoir réfractif équivalent), il n'y aura, dans ce contexte, que très peu de précaution à prendre pour le calcul biométrique et pour la qualité visuelle.

## 2. Le PresbyLASIK hyperasphérique

Pour les hypermétropies, le chirurgien opte pour un traitement photo-ablatif qui induit une hyperasphéricité se rajoutant à l'asphéricité induite par le traitement hypermétropique. En pratique, la cornée présente alors une zone optique à pouvoir réfractif équivalent plus réduite, avec une zone de transition très douce qui induit davantage de profondeur de champ qu'un traitement classique. Sur certaines plateformes (Wavelight, par exemple), la zone centrale cornéenne reste encore théoriquement suffisamment large (> 4 mm) pour ne pas induire de difficultés biométriques et ne pas dégrader de manière significative la qualité visuelle. Sur d'autres

plateformes, la zone hyperasphérique est très centrale (VisX, par exemple) et simule un profil multifocal avec les mêmes avantages et les mêmes problématiques (voir ci-dessous)...

Pour le traitement myopique, certains chirurgiens optent aussi pour une induction d'hypermétropie (qui va, dans un premier temps, compenser les aberrations positives). Nous n'avons pas retrouvé d'études scientifiques solides permettant d'évaluer une hyperasphéricité induite sur un traitement myopique (et nous n'en avons pas l'expérience). Cependant, on peut penser que la précision biométrique réfractive dépendra, là encore, de la zone centrale qui aura un pouvoir réfractif central...

## 3. Le PresbyLASIK multifocal

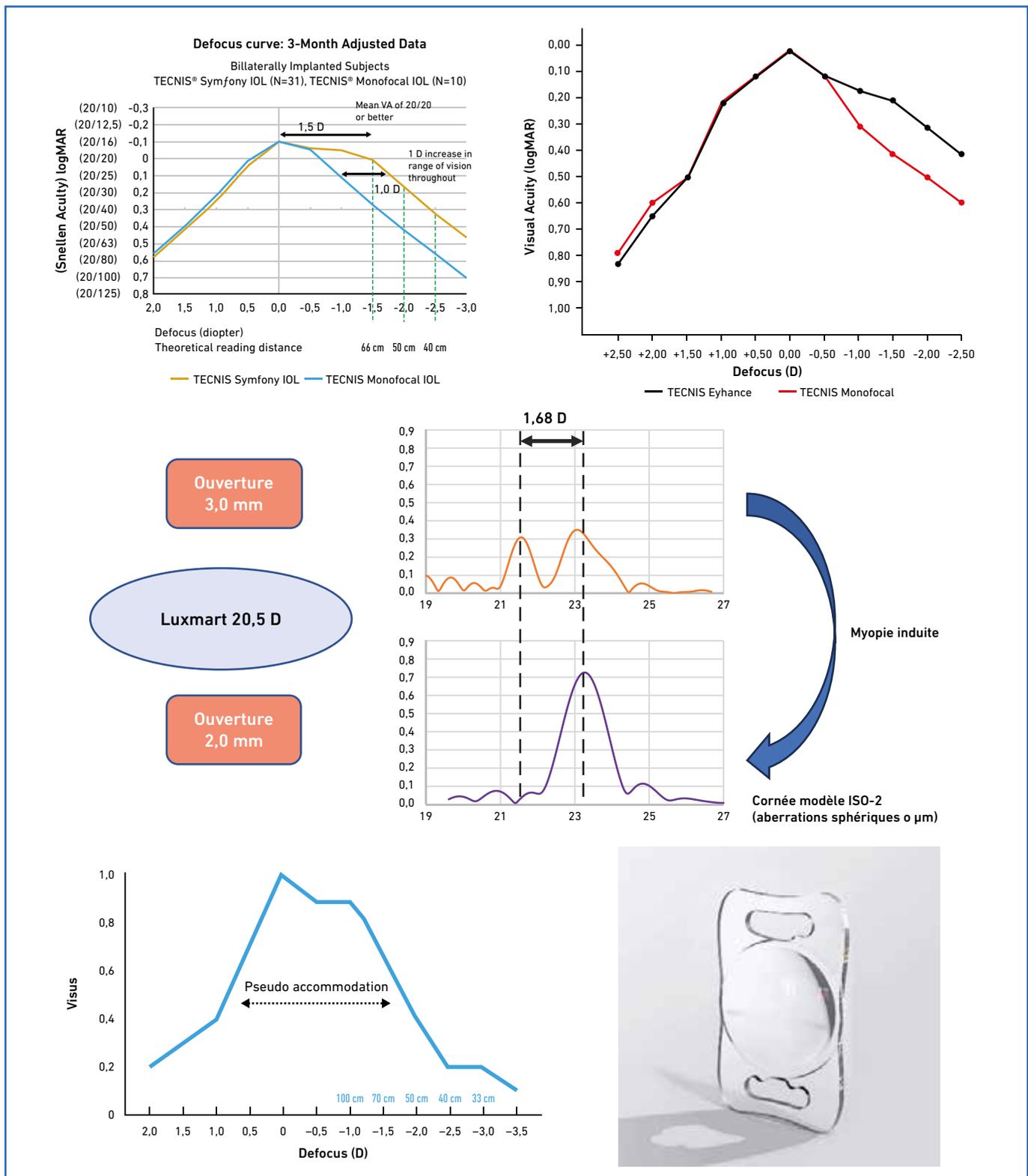
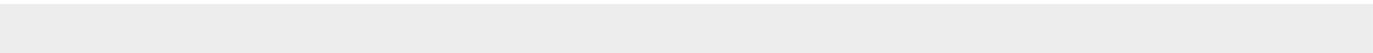
Dans ce contexte, la zone centrale sur les 2 mm présente des pouvoirs réfractifs différents plus ou moins importants suivant les laboratoires et les options choisies par le chirurgien. Ces pouvoirs réfractifs différents seront d'autant plus marqués si le traitement photo-ablatif associé est myopique. Il s'agit des profils les plus efficaces pour compenser la presbytie mais qui incitent aussi à prendre plus de précautions. Ces profils photo-ablatifs peuvent en effet être générateurs d'aberrations comatiques en cas de grand angle Kappa, d'aberrations sphériques négatives importantes, voire de myopisation en cas de petites pupilles. Lors d'une chirurgie cristallinienne, le calcul biométrique peut s'avérer complexe malgré les biomètres OCT. Par chance, lorsque l'heure d'une chirurgie cristallinienne est venue, il n'est pas rare que la multifocalité centrale ait régressé par hyperplasie épithéliale et que le calcul biométrique devienne plus facile...

## Les options en Prelex après PresbyLASIK

La chirurgie du cristallin clair (fig. 3) doit être évoquée lorsque le patient a plus de 55 ans, que sa presbytie est prononcée (> 2,25 D) et que le patient est dans une démarche plus définitive...

### 1. La monovision

La monovision est une option plausible en chirurgie du cristallin. Compte tenu du panel d'implants disponibles, il n'y a plus d'intérêt à réaliser une monovision avec des implants monofocaux, excepté si l'on craint



**Fig. 3 :** Quatre types d'implants EDOF à propriétés optiques différentes : l'implant symfony, implant diffractif de faible addition ; l'implant eyehance (monofocal plus), qui présente une faible hyperasphéricité centrale ; l'implant LuxSmart, implant réfractif central pupillodépendant ; l'implant topcon comfort réfractif sectoriel de faible addition. Ces implants permettent d'optimiser la vision intermédiaire et constituent des options pour une micromonovision dans le cadre d'une chirurgie du cristallin...

pour la qualité visuelle. En effet, pour permettre une bonne vision de près, une myopisation importante sur l'œil dominé devra avoisiner les 2 dioptries, ce qui aura pour conséquence une pénalisation non négligeable en vision de loin, une vision intermédiaire médiocre et une rupture de la vision binoculaire. En cas de monovision, il faudra donc naturellement s'orienter sur des implants monofocaux plus ou des implants EDOF qui permettront de réduire la myopisation sur l'œil dominé, d'améliorer la vision binoculaire ainsi que la vision de loin et la vision intermédiaire sans négliger la vision de près.

## 2. La multifocalité

La multifocalité reste la stratégie de première intention en chirurgie du cristallin clair chez les patients désirant une indépendance à la correction optique. Malgré les inconvénients connus de la multifocalité avec les phénomènes photiques et la perte de contrastes, en 2023 cette option reste choisie pour son efficacité par de nombreux chirurgiens...

## 3. La profondeur de champ

Les implants EDOF prennent une place de plus en plus importante dans l'arsenal thérapeutique de la chirurgie du cristallin. Initialement positionnés dans la chirurgie de la cataracte, ces implants sont dorénavant choisis par un nombre croissant de chirurgiens en cristallin clair. S'ils ne permettent pas une indépendance complète aux corrections optiques sans un degré de monovision, ils réduisent significativement les phénomènes photiques et permettent une vie courante sans lunettes.

## Les particularités du Prelex en cas d'antécédent de PresbyLASIK

### 1. La difficulté de la biométrie

À la suite du "pseudo-PresbyLASIK" sans hyperasphéricité et sans multifocalité, le calcul biométrique (fig. 4) présente peu de difficultés. Les formules biométriques optimisées permettent d'obtenir des résultats fiables pour envisager les implants les plus raffinés qui nécessitent une bonne précision réfractive [3-6].

Pour les PresbyLASIK hyperasphériques, la problématique n'est classiquement pas plus difficile si la zone

centrale cornéenne sur 4 mm présente un pouvoir réfractif constant. Il faudra utiliser les mêmes formules que dans les LASIK conventionnels. Si la zone hyperasphérique est très centrale, alors la situation est relativement similaire aux profils multifocaux...

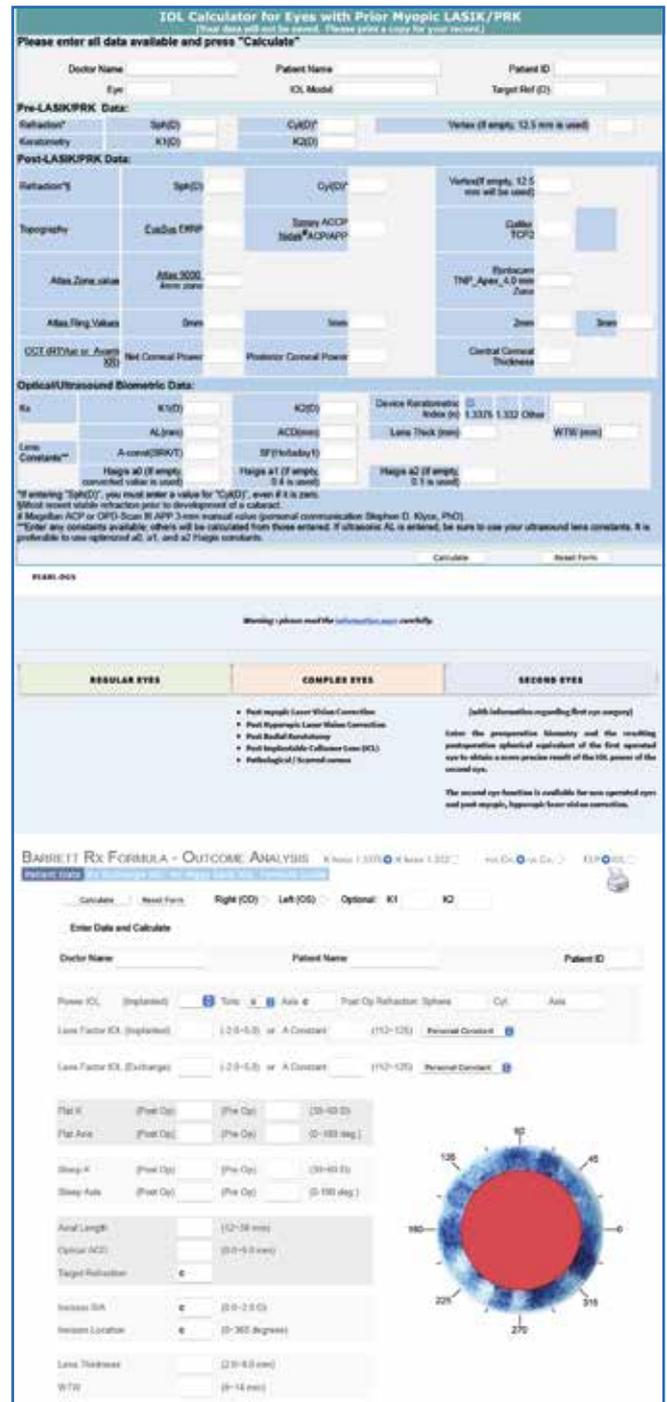


Fig. 4 : Calculateurs en ligne pour optimiser les résultats réfractifs avec le site de l'ASCRS, le logiciel Pearls ou le calculateur Barrett.

En effet, la problématique du calcul d'implant sur des PresbyLASIK multifocaux qui n'ont pas régressé existe. La zone cornéenne centrale n'a pas de valeur réfractive constante et le risque d'imprécision réfractive est réel. Il conviendra sans doute de choisir des implants qui auront une certaine tolérance à l'imprécision réfractive et, dès lors, de se servir du résultat réfractif du premier œil (dominé) pour optimiser la précision du second œil (dominant). Dans le pire des cas, une retouche réfractive photo-ablative pourra être envisagée avec des résultats satisfaisants... [7].

## 2. La qualité visuelle

En 2023, les traitements conventionnels photo-ablatifs [8] ne dégradent que très peu ou pas la qualité visuelle des patients [2].

Un PresbyLASIK hyperasphérique doit respecter un degré d'induction d'aberrations sphériques négatives maximales pour ne pas dégrader le pouvoir discriminatif et la vision des contrastes. Dans ce contexte, il faudra prendre garde à analyser l'hyperasphéricité cornéenne et le diamètre pupillaire avant de choisir un implant avec une hyperasphéricité pouvant dégrader la qualité visuelle...

Outre des aberrations sphériques négatives peu néfastes, un PresbyLASIK multifocal peut générer des aberrations comatiques si le traitement n'est pas parfaitement centré sur l'apex et/ou si le traitement hyperprolate central est plus petit que le diamètre pupillaire...

Quoi qu'il en soit, si l'analyse aberrométrique et topographique présente des imperfections engendrant une insatisfaction ou des troubles fonctionnels pour le patient, cela incitera à la plus grande prudence sur le choix de l'implant, qui devra sans aucun doute être monofocal. Dans les faits, cette situation est rarissime chez des patients généralement satisfaits de leur PresbyLASIK. Raison pour laquelle ces derniers reviennent pour une nouvelle chirurgie...

### Quels implants choisir sur un Prelex avec antécédent de PresbyLASIK ?

En pratique courante, à l'heure de la chirurgie du cristallin clair (fig. 5) chez les patients opérés de PresbyLASIK,

il est classique de retrouver une régression partielle des profils photo-ablatifs, notamment multifocaux. Si la topographie montre un profil d'ablation bien centré, que la carte aberrométrique retrouve des aberrations cornéennes faibles et si le calcul biométrique (idéalement par OCT pour avoir une mesure centrale convenable) semble fiable, il paraît tout à fait raisonnable d'être ambitieux et d'envisager un Prelex avec des implants multifocaux. De notre point de vue, l'hyperasphéricité ou la multifocalité cornéenne résiduelle doit permettre d'obtenir une bonne vision intermédiaire en cas d'emmétropie; nous nous orienterons alors en première intention sur des implants bifocaux plutôt que trifocaux.

En cas de doute sur la topographie, ou s'il y a un doute sur la précision réfractive, une micromonovision aménagée avec des implants à profondeur de champ (EDOF) ou monofocaux plus pourra être proposée. Il faudra prendre garde à ne pas induire trop d'aberrations sphériques négatives pour ne pas dégrader la qualité visuelle.

Enfin, en visant l'emmétropie, les implants EDOF doivent être proposés si les patients acceptent de reporter des lunettes de près. Là encore, si ces implants génèrent peu de phénomènes photiques, il faudra prendre soin de ne pas induire trop d'aberrations sphériques négatives si l'on choisit les implants avec hyperasphéricité centrale... Dans les faits, la situation pour laquelle nous optons pour des implants EDOF en visant l'emmétropie existe rarement chez ces patients qui présentent souvent une exigence particulière en vision de près et qui, dans une immense majorité des cas, ont encore une bonne

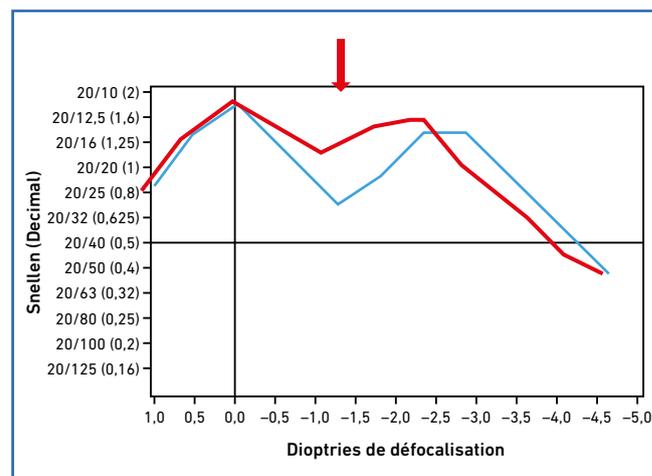


Fig. 5 : Implant diffractif bifocal dont le déficit en vision intermédiaire va être comblé par le PresbyLASIK, qui a généralement un pouvoir dioptrique d'environ 1,5 D.

vision intermédiaire à l'heure de la chirurgie du cristallin clair.

## Conclusion

La chirurgie du cristallin clair est une proposition cohérente pour les patients déjà opérés de PresbyLASIK quelques années auparavant et pour qui la chirurgie photo-ablative n'est plus suffisante...

Dans une grande partie des cas, la multifocalité restera la meilleure option, avec des résultats très satisfaisants... Quand le cas présente plus de doute, pour la qualité visuelle et pour la précision réfractive, une micromovision avec des implants à meilleure tolérance réfractive pourra être une bonne alternative, en prenant soin de pas induire trop d'aberrations optiques négatives...

## Bibliographie

1. SHETTY R, BRAR S, SHARMA M *et al.* PresbyLASIK: A review of PresbyMAX, supracor, and laser blended vision: principles, planning, and outcomes. *Indian J Ophthalmol*, 2020;68:2723-2731.
2. VARGAS-FRAGOSO V, ALIO JL. Corneal compensation of presbyopia: PresbyLASIK: an updated review. *Eye Vis (Lond)*, 2017;4:11.
3. ANDERS P, ANDERS LM, BARBARA A *et al.* Intraocular lens power calculation in eyes with previous corneal refractive surgery. *Ther Adv Ophthalmol*, 2022;14:25158414221118524.
4. KARMIRIS E, GARTAGANIS PS, NTRAVALIAS T *et al.* Agreement between swept-source optical biometry and Scheimpflug-based tomography in eyes with previous myopic refractive surgery. *Saudi J Ophthalmol*, 2022;36:229-236.
5. PATEL P, ASHENA Z, VASAVADA V *et al.* Comparison of intraocular lens calculation methods after myopic laser-assisted in situ keratomileusis and radial keratotomy without prior refractive data. *Br J Ophthalmol*, 2022;106:47-53.
6. VRIJMAN V, VAN DER LINDEN JW, VAN DER MEULEN IJE *et al.* Multifocal intraocular lens implantation after previous hyperopic corneal refractive laser surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2018;44:466-470.
7. MAYORDOMO-CERDA F, ORTEGA-USOBIAGA J, BILBAO-CALABUIG R *et al.* Laser corneal enhancement after trifocal intraocular lens implantation in eyes that previously had photoablative corneal refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2022;48:790-798.
8. GERSHONI A, MIMOUNI M, LIVNY E *et al.* Z-LASIK and Trans-PRK for correction of high-grade myopia: safety, efficacy, predictability and clinical outcomes. *Int Ophthalmol*, 2019;39:753-763.

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

# Quel implant pour les yeux opérés de chirurgie réfractive cornéenne ?



P. ROZOT  
Clinique Juge, MARSEILLE.  
pascal.rozot@dr-rozot.com

Les patients opérés dans le passé de kératotomie radiaire et plus récemment de laser réfractif cornéen, de surface (PKR) ou stromal (LASIK et plus récemment Smile), arrivent plus précocement au stade de la cataracte que les populations à cornée vierge [1]. Dans ce type de profil, le patient a des exigences réfractives élevées et souhaite conserver l'indépendance aux lunettes acquise par chirurgie initiale et souhaite aussi s'affranchir de la presbytie apparue par la suite ou à l'origine de sa demande réfractive (PresbyLASIK). La présence d'un profil kératométrique modifié par la chirurgie réfractive de la cornée peut, selon les cas, entrer en contradiction avec ces demandes car la possibilité fréquente d'aberrations de hauts degrés (*high order aberration*, HOA) peut rendre plus difficile l'utilisation d'implants premium à partage oculaire entre la vision éloignée et la vision rapprochée.

### L'évaluation des profils

Les kératotomies radiaires sont responsables d'un important aplatissement central de la cornée avec des chiffres kératométriques centraux très bas et un bombement périphérique marqué avec, en corollaire, de fortes aberrations sphériques positives (*fig. 1*). Le LASIK ou la PKR

myopique induit également un aplatissement central et un bombement périphérique de la cornée avec des aberrations sphériques positives moins importantes qu'en kératotomie radiaire et que, actuellement, la plupart des programmes de laser permettent de réduire par des profils asphériques associés, dans le but de limiter les phénomènes de "myopie des bords" nocturne responsables de halo lorsque la pupille est large.

À l'inverse, les traitements aux lasers de l'hypermétropie induisent un bombement central et un aplatissement périphérique avec des aberrations sphériques négatives en périphérie. Enfin, le PresbyLASIK correspond à un terme générique regroupant une multiplicité de profils variés avec modification significative de la région de l'apex cornéen, qui peut être bombé en zone centrale sur un petit diamètre (1 mm ou paracentrale) ou répondre à des profils de modification du facteur Q. La présence d'un traitement réfractif cornéen rend impossible l'évaluation de l'astigmatisme cornéen postérieur par les nomogrammes habituels (Barrett ou Abulafia). La situation sera rendue encore plus complexe s'il existe une sécheresse associée de fréquence non négligeable après ces chirurgies cornéennes ; la présence d'opacités cicatricielles de la cornée ou la présence d'une pathologie associée rétinienne notamment dans les contextes myopiques durant lesquels la macula peut être affectée assez précocement, sans compter la possibilité de glaucome, dont l'évaluation peut être rendue plus difficile du fait d'une pachymétrie cornéenne réduite.

Au cours du bilan, il sera donc nécessaire d'évaluer en priorité la surface oculaire en recherchant et en traitant au besoin un dysfonctionnement des glandes de Meibomius (DGM) avant de réévaluer le patient sur le plan réfractif. La réfraction doit être évaluée de façon monoculaire et binoculaire car la présence d'une monovision peut avoir été planifiée lors de la chirurgie réfractive cornéenne initiale. Mais elle a pu également apparaître depuis la présence d'une cataracte nucléaire myopisante. Enfin, la

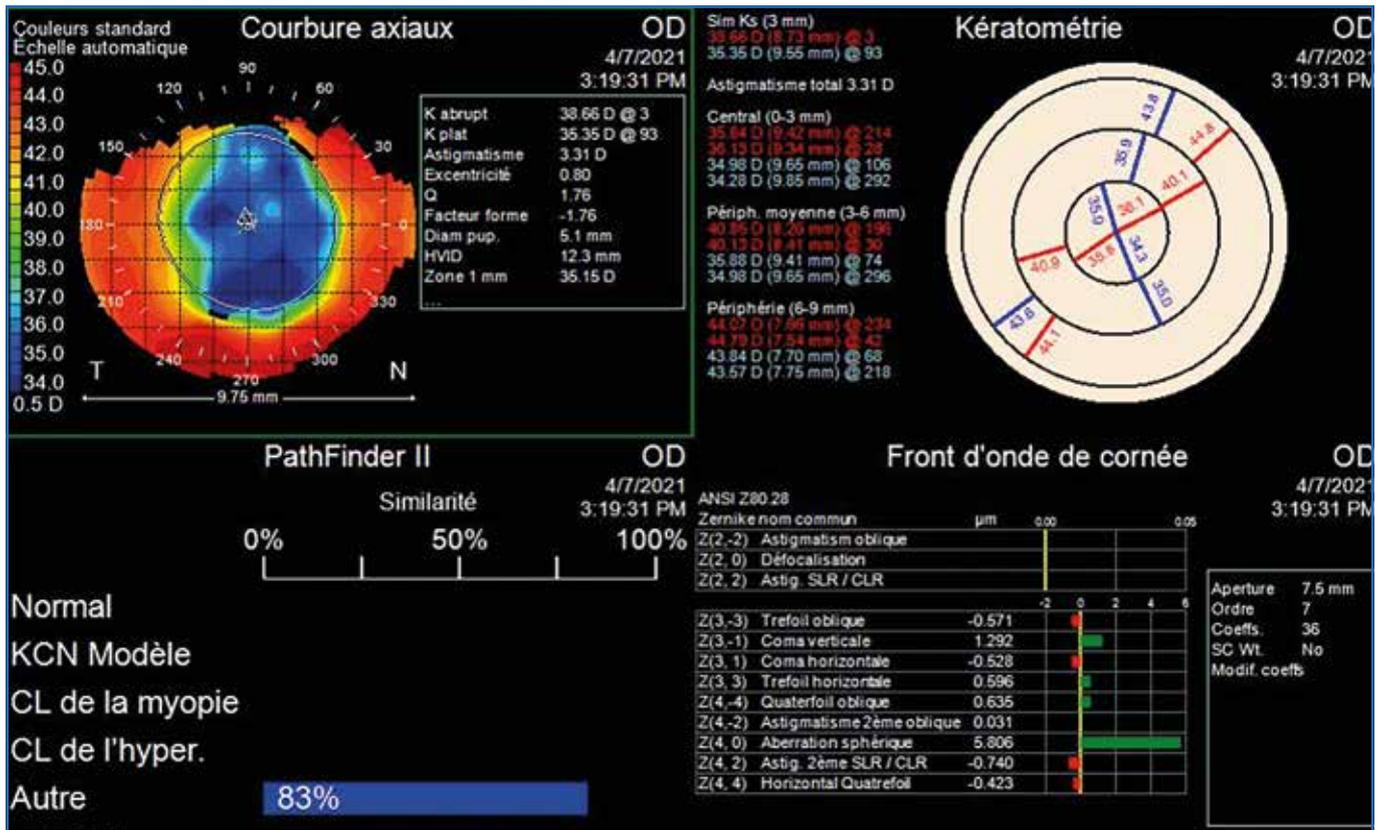


Fig. 1 : Aberrations sphériques positives majeures postKR.

tomographie en cohérence optique (*optical coherence tomography*, OCT) maculaire et des fibres du nerf optique sera bien souvent demandée, surtout en cas de doute pour les fibres et associée alors à un champ visuel. Chez l'hypermétrope, un bilan orthoptique et une évaluation de l'angle Kappa seront systématiquement demandés car s'il dépasse 0,5 mm on observe une diminution de la MTF ainsi qu'une augmentation des halos et du *glare* [2].

Au-delà de l'élimination des pathologies associées, l'examen-clé est représenté par la topographie cornéenne, indispensable, réalisée systématiquement après lubrification cornéenne par des larmes artificielles. Plusieurs examens sont demandés, au moins avec deux topographes différents et avec mesures des aberrations cornéennes antérieures et l'évaluation des aberrations optiques par l'analyse du WaveFront cornéen.

La biométrie est très importante sur un tel terrain. Elle nécessite l'usage de formules dédiées [3] comparées les unes aux autres (multiformules) en s'aidant des sites de l'American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS)

ou de l'European Society of Cataract and Refractive Surgeons (ESCRS) qui demanderont d'entrer des mesures spécifiques faites sur les topographes pour optimiser les calculs. La biométrie nécessite également désormais l'usage de formules dérivées de l'intelligence artificielle comme la PEARL-DGS, qui donne une excellente précision, notamment en cas de myopie préalable traitée.

L'ensemble de la littérature sur les séries le plus importantes montre que la précision réfractive sur les yeux préalablement opérés de chirurgie réfractive cornéenne, donne environ 10 % à 20 % en moins d'yeux à plus ou moins 0,50 dioptrie de l'emmétropie par rapport aux yeux vierges. Ainsi, certaines publications ont montré que jusqu'à 40 % des yeux préalablement opérés vont requérir un traitement laser complémentaire pour se rapprocher au mieux de l'emmétropie [4].

## Critères de choix

Les critères de choix peuvent s'évaluer selon la motivation du patient à compenser ou non sa presbytie. Le

cas le plus simple est celui du patient qui ne recherche pas spécialement l'indépendance aux lunettes et à qui on proposera un implant monofocal en commençant la chirurgie par l'œil non dominant de façon à affiner le résultat réfractif de l'œil adelphe en fonction du premier œil opéré et de la réfraction ainsi obtenue. Pour ces cas, il est préférable de viser (par sécurité, pour éviter surtout une hypermétropie) une très légère myopie sur l'œil non dominant qui sera alors souvent appréciée par le patient, sauf demande particulière d'une emmétrope bilatérale. Une minibascule va induire de fait une réduction de l'indépendance lunettes.

**Le cas plus fréquent est celui du patient qui souhaite s'affranchir de verres correcteurs en vision de loin et de près. Il souhaite donc une compensation de sa presbytie:**

>>> Si le patient est déjà en bascule plus ou moins marquée, le plus simple consiste à maintenir celle-ci avec des implants monofocaux par un choix judicieux de réfraction-cible entre l'œil non dominant, que l'on va

myopiser, et l'œil dominant, qui sera rendu emmétrope avec un soin tout particulier pour l'œil dominant pour lequel l'astigmatisme même modéré sera compensé, dans la mesure du possible, d'après les données les plus précises de la topographie cornéenne.

>>> La bascule peut être optimisée par l'usage d'implants monofocaux Plus, qui possèdent intrinsèquement une profondeur de champ d'environ 0,5 D. Cela améliore la courbe de défocalisation binoculaire, en comparaison des monofocaux classiques.

>>> Si le patient a bénéficié d'un PresbyLASIK et que ses cornées gardent une certaine multifocalité (fig. 2), il est préférable d'utiliser des implants monofocaux avec, le cas échéant, en fonction du résultat visuel loin/près du premier œil opéré, un degré variable de monovision par sécurité.

>>> Pour améliorer encore la qualité stéréoscopique, il est tentant d'utiliser les implants à profondeur de champ (EDOF) en essayant de mettre en place une

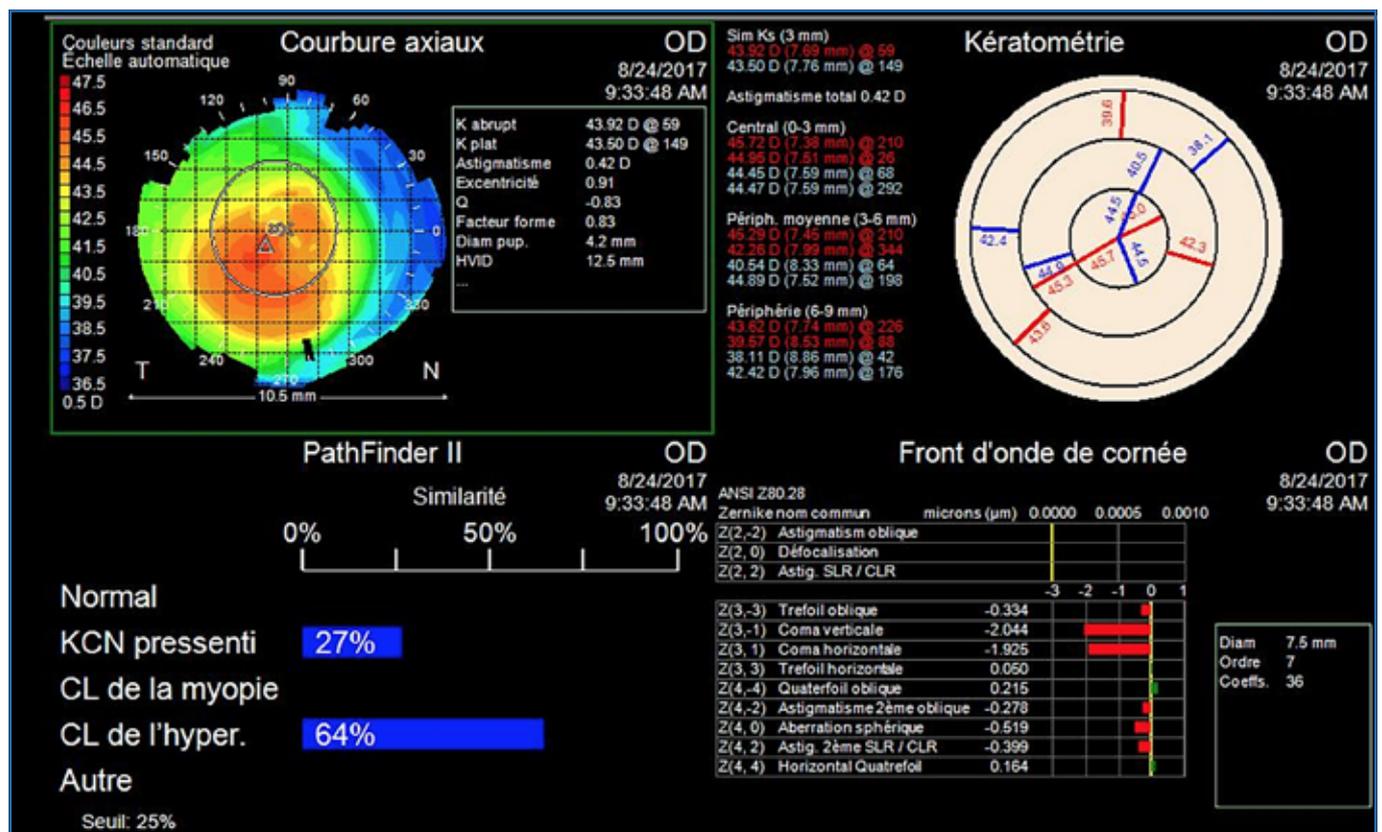


Fig. 2: Cornée restant multifocale: IOL monofocal +27 D, VOD 0,9 sc P3 sc, Q=-0,83.

micromonovision ou une minimonovision. L'usage de tels implants est légitime car efficace lorsque les aberrations cornéennes en WaveFront sont limitées avec des profils cornéens centraux réguliers, notamment apportés par les traitements laser les plus récents. En revanche, ce choix sera beaucoup plus contestable car la qualité visuelle peut être dégradée de façon parfois importante s'il existe des aberrations cornéennes centrales ou paracentrales significatives, surtout dans les 2 mm centraux avec notamment les anomalies de type Coma ou Trefoil. Ces dernières vont "contrarier" les principes optiques de profondeur de champ donnés par l'essentiel de ces implants EDOF, les implants dits aberratifs, qui modulent l'asphéricité en zone centrale et paracentrale de l'optique.

>>> Il est donc indispensable d'analyser le profil qualitatif des aberrations d'ordre supérieur de la cornée centrale et la globalité des aberrations de haut degré (HOA) avec la *Root mean square* RMS (racine carrée de la somme des coefficients de Zernicke au carré). De même, à notre

avis, une valeur supérieure à 0,5, doit rendre très circonspect pour l'usage d'un EDOF. De même, si les coefficients des principales aberrations optiques de haut ordre (*fig. 3 et fig. 4*) dépassent certaines limites (0,30 micron pour la coma par exemple) ils incitent aussi à déconseiller l'usage de tels implants EDOF. Et ce, même s'il est démontré que ces aberrations s'atténuent significativement dans les dix ans après la chirurgie cornéenne [5]. Certains topographes peuvent ne pas indiquer le taux d'aberrations. Dans ce cas, il faut visualiser le profil centrocornéen en tangentiel et se méfier en cas d'irrégularité kératométrique signalée sur les diamètres 3 mm et 5 mm (*fig. 5*). La gêne fonctionnelle sera d'autant plus marquée que la pupille est plus large. En effet, lorsque la pupille double de diamètre, les HOA sont multipliées par un facteur seize [2]. Cette analyse est également souhaitable pour les implants réfractifs multifocaux sectoriels. En pratique, cette analyse rend également difficile l'usage des EDOF en cas de PresbyLASIK préalable. Camps VJ *et al.* ont récemment montré [6] une moindre qualité optique en vision intermédiaire et de près à partir

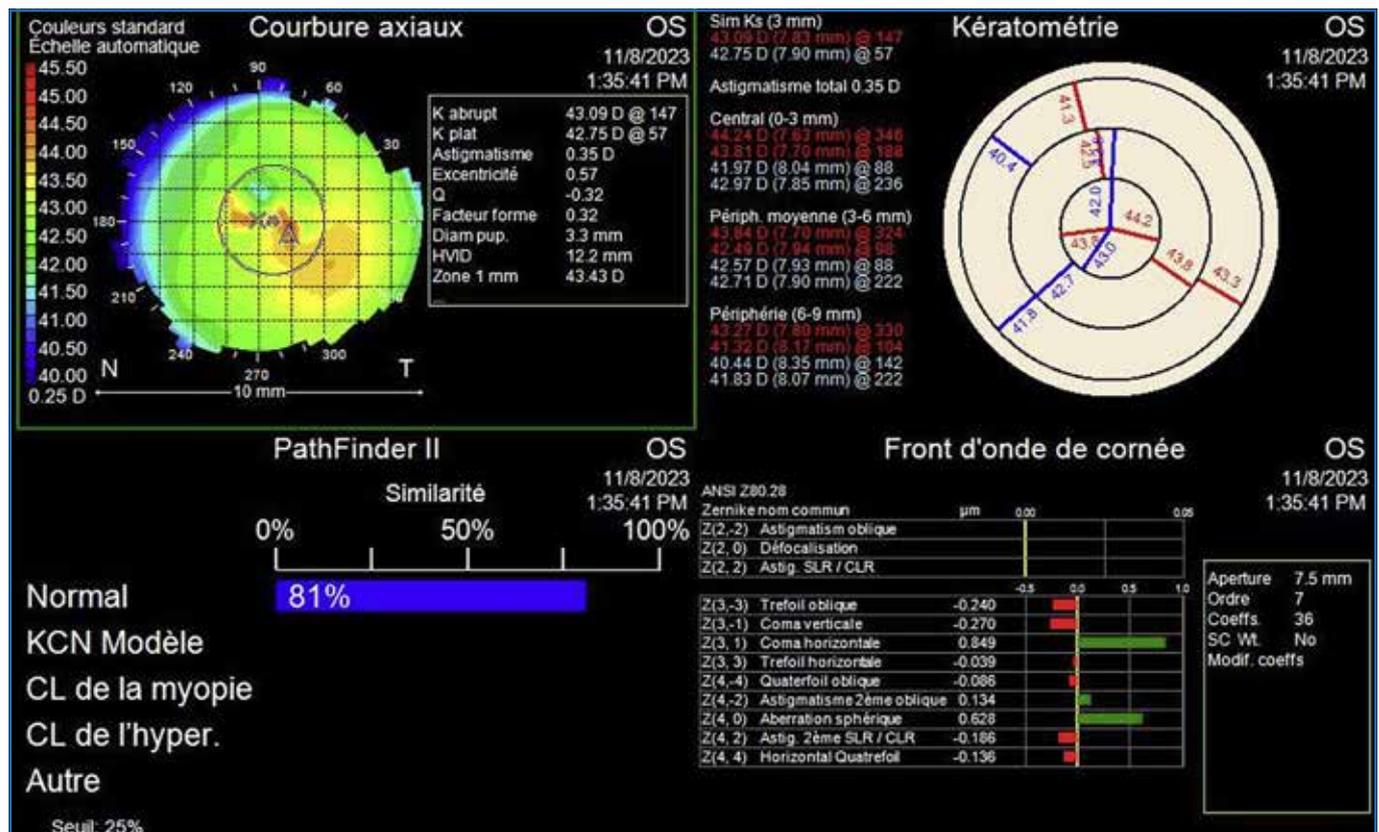


Fig. 3: Intolérance à un EDOF par HOA élevées.

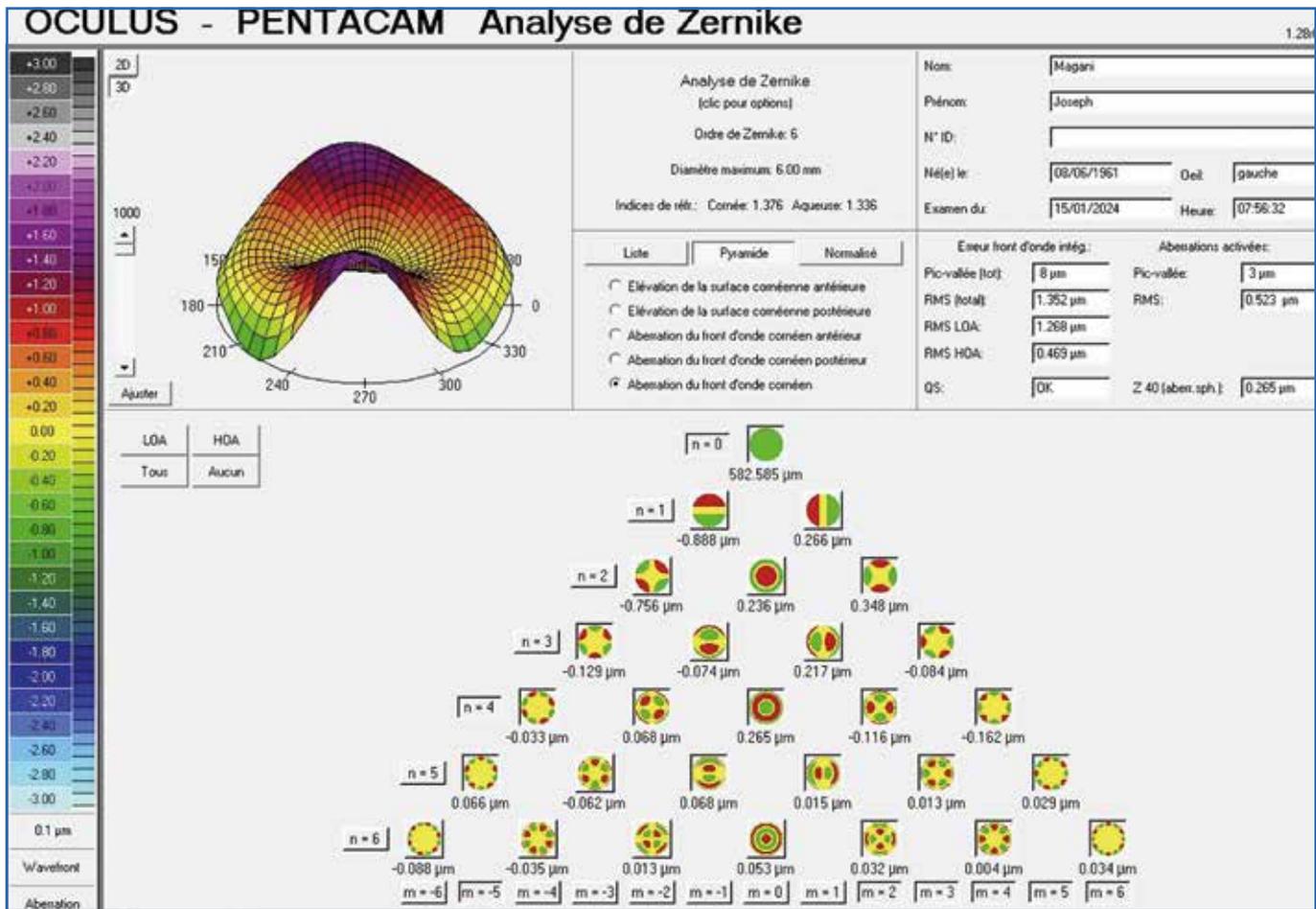


Fig. 4: Intolérance à un EDOF par HOA élevées.

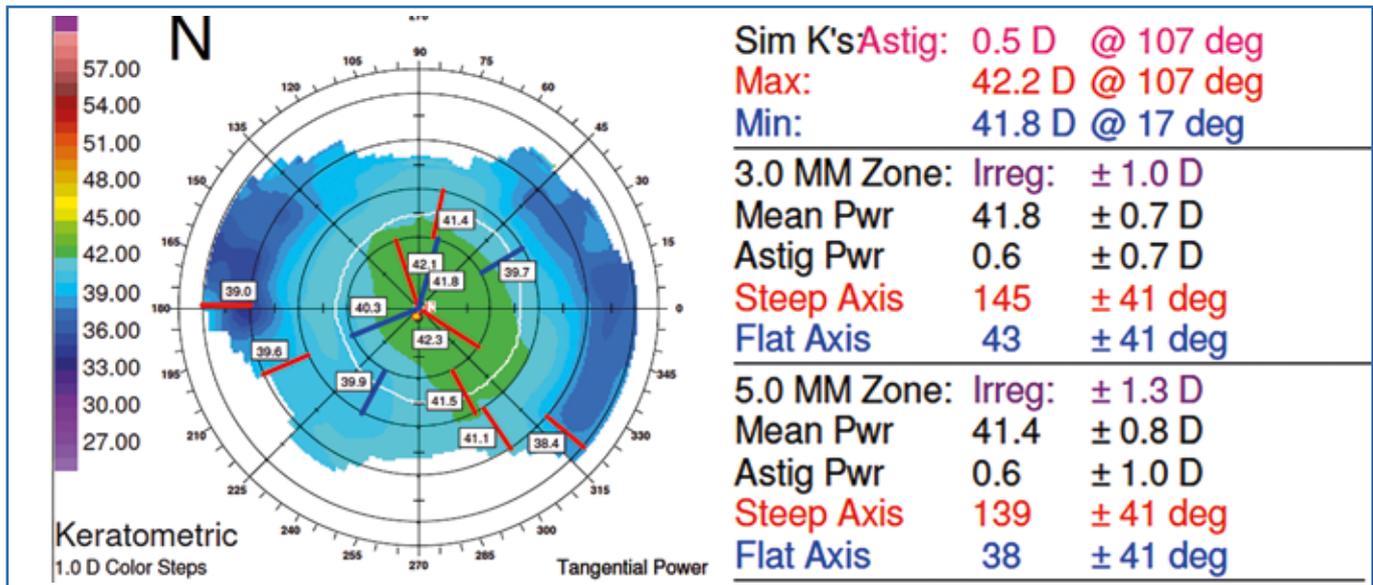


Fig. 5: Intolérance à un EDOF par irrégularités kératométriques centrales. (courtoisie Dr A. Bastelica).

d'une pupille de 4 mm pour les yeux opérés de LASIK myopique. Enfin, Bucci F. a montré la bonne tolérance et des résultats corrects d'un EDOF diffractif (Symfony) pour les kératotomies radiaires (KR) [7].

Il faut être extrêmement prudent dans l'usage des implants diffractifs (multifocaux trifocaux classiques, ou EDOF diffractifs) sur ces yeux à cornée modifiée. Malgré leur performance, l'optique des trifocaux induit une perte d'environ 8 % de la lumière incidente et donne par elle-même une baisse des faibles contrastes. Le principe diffractif génère aussi des halos circulaires d'autant plus marqués que la pupille sera large. Nous réservons donc en priorité ces implants aux cornées les plus régulières sans aberration cornéenne centrale significative pour les patients les plus motivés par l'indépendance des lunettes. Si l'usage de tels implants reste globalement déconseillé en cas de KR [8], il semble que les diffractifs sont utilisables en cas de LASIK ou photokératectomie réfractive (PKR) avec un certain degré d'aberrations cornéennes centrales [2], donc *a priori* mieux tolérés que les EDOF. Il sera conseillé d'utiliser des implants dont l'optique est à profil asphérique périphérique marqué (par exemple, Tecnis Multifocal) pour compenser toute une partie des aberrations sphériques induites par la chirurgie myopique. *A contrario*, les profils hypermétropiques traités bénéficieront plutôt d'implant neutre sur le plan de la correction des aberrations sphériques puisque, actuellement, les implants conservant des aberrations sphériques n'existent plus sur le marché. On observera une diminution plus importante des contrastes sur un tel terrain [9].

## Conclusion

La prise en charge réfractive de l'implantation sur l'œil déjà opéré de la cornée donne de multiples défis à l'ophtalmologiste. Elle doit rendre extrêmement prudent pour l'usage d'implants à optique complexe et sophistiquée. Il faut toujours mesurer la motivation du patient, premier critère pour faire des choix plus ou moins osés en matière d'implants corrigeant la presbytie mais également la qualité de la cornée sous-jacente. Si cette dernière est dégradée, cela risque d'être source d'insatisfaction par une mauvaise qualité visuelle centrale et par la présence d'effets photiques plus importants [10] sur l'œil non opéré préalablement de la cornée. La difficulté consiste à identifier les critères topographiques cornéens

favorables [11]. La possibilité de telles insatisfactions doit également rendre le discours pré-opératoire extrêmement prudent et faire évoquer la possibilité de gestes complémentaires qui peuvent aller jusqu'à l'échange d'implant. Et ce, afin de traiter une éventuelle amétropie résiduelle indésirable et de préférer une optique plus simple monofocale qui pourra *in fine* donner une bien meilleure fonctionnalité visuelle. En 2024, la chirurgie de la cataracte n'est plus seulement devenue réfractive simple, mais réfractive complexe aberrative pour ces yeux à cornée modifiée.

## Bibliographie

1. MOSHIRFAR M, OSTLER EM, SMEDLEY JG *et al.* Age of cataract extraction in postrefractive surgery patients. *J Cataract Refract Surg*, 2014; 40:841-842.
2. MOSHIRFAR M, THOMSON AC, THOMSON RJ *et al.* Use of presbyopia-correcting intraocular lenses in patients with prior corneal refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2021;32:45-53.
3. PALOMINO-BAUTISTA C, CARMONA-GONZÁLEZ D, SÁNCHEZ-JEAN R *et al.* Refractive predictability and visual outcomes of an extended range of vision intraocular lens in eyes with previous myopic laser *in situ* keratomileusis. *Eur J Ophthalmol*, 2019;29:593-599.
4. MUFTUOGLU O, DAO L, MOOTHA V *et al.* Apodized diffractive intraocular lens implantation after laser *in situ* keratomileusis with or without subsequent excimer laser enhancement. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:1815-1821.
5. ZHANG L, WANG Y, GENG W *et al.* Ocular higher-order aberration features 10 years after photorefractive keratectomy. *Int Ophthalmol*, 2013;33:651-657.
6. CAMPS VJ, MIRET JJ, GARCÍA C *et al.* Simulation of the Effect of Different Presbyopia-Correcting Intraocular Lenses With Eyes With Previous Laser Refractive Surgery. *J Refract Surg*, 2018;34:222-227.
7. BUCCI FA. Patient Satisfaction, Visual Outcomes, and Regression Analysis in Post-LASIK Patients Implanted With Multifocal, EDOF, or Monofocal IOLs. *Eye Contact Lens*, 2023;49:160-167.
8. MARTÍN-ESCUER B, ALFONSO JF, FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO L. Refractive correction with multifocal intraocular lenses after radial keratotomy. *Eye (Lond)*, 2019;33:1000-1007.
9. YOSHINO M, MINAMI K, HIRASAWA M *et al.* Clinical Results of Diffractive Multifocal Intraocular Lens Implantation after Laser In Situ Keratomileusis. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi*, 2015;119:613-618.
10. SUN Y, HONG Y, RONG X *et al.* Presbyopia-Correcting Intraocular Lenses Implantation in Eyes After Corneal Refractive Laser Surgery: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Front Med (Lausanne)*, 2022;9:834805.
11. WANG L, KOCH D. Intraocular Lens Power Calculations in Eyes with Previous Corneal Refractive Surgery: Review and Expert Opinion. *Ophthalmology*, 2020;S0161-6420(20)30625-4.

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

## Chirurgie réfractive et strabisme



K. BELAHDA

Clinique Saint Jean de Dieu, PARIS.

Clinique de la Vision, PARIS.

kbelahda@hotmail.com

Dans l'immense majorité des cas, la chirurgie réfractive est sûre et sécurisée. Cependant, des cas de diplopie et de strabisme postopératoires ont été décrits. Comment identifier et appréhender les facteurs de risques de complications oculomotrices en chirurgie réfractive? Comment sélectionner les patients atteints de strabisme recherchant une chirurgie réfractive? Les données épidémiologiques sur ce sujet ne sont disponibles que dans les centres de chirurgie réfractive réalisant un examen orthoptique pré-opératoire et postopératoire, ce qui n'est pas encore la norme. Cet article passe en revue les données de la littérature et les facteurs de risques de décompensation de strabisme en chirurgie réfractive.

### Hypermétropie

L'oculomotricité du patient hypermétrope ne doit pas être appréhendée comme l'image en miroir de celle du myope. En effet, elle possède ses spécificités:

- ésoptropie ou microésotropie associée;
- ésoptropie associée, prédispositions à l'ésoptropie;
- présence possible d'une amblyopie [1];
- sous-corrrection classique afin de donner une meilleure vision. Un contrôle du strabisme accommodatif imposerait une correction de toute l'hypermétropie. Or, celle-ci risque d'entraîner une mauvaise vision de loin. Il faut donc choisir entre correction totale pour le contrôle du

strabisme (mais possible inconfort visuel) ou sous-corrrection pour obtenir une bonne vision (mais moins bon contrôle du strabisme);

- réfraction cible pas facilement définie. C'est une cible qui évolue avec l'âge;

- succès réfractif dépend du remodelage cornéen postopératoire, de la réserve accommodative, de l'hypermétropie résiduelle, de l'équilibre binoculaire.

On peut diviser l'hypermétropie d'un patient donné comme suit (fig. 1):

- **hypermétropie absolue.** Correction minimale permettant de voir 10/10;

- **hypermétropie manifeste.** Correction maximale permettant de voir 10/10;

- **hypermétropie facultative.** Hypermétropie pour laquelle le patient peut compenser en accommodant. En pratique, c'est la différence entre l'hypermétropie maximale et minimale permettant de voir 10/10;

- **hypermétropie latente.** Partie de l'hypermétropie totale compensée par le tonus des muscles ciliaires et révélée par une cycloplégie. Celle-ci augmente avec l'âge;

- **hypermétropie totale.** Très probablement stable dans le temps.

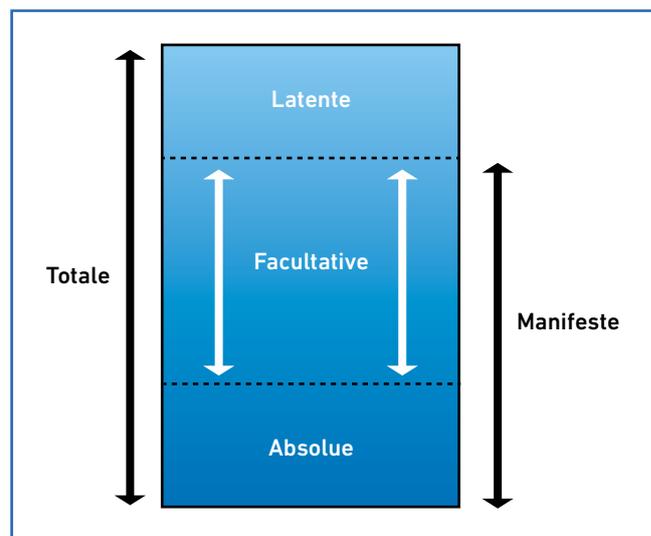
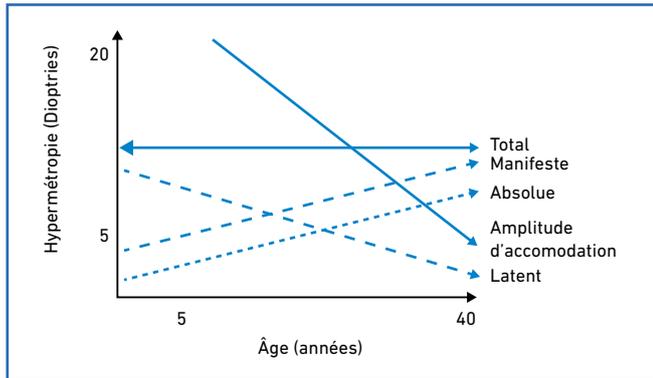


Fig. 1 : Décomposition de l'hypermétropie.



**Fig. 2:** Variation des composantes de l'hypermétropie avec l'âge. Réserve accommodative initiale de +25,0 D et diminuant avec l'âge. Cette diminution va avec l'augmentation de l'hypermétropie absolue et manifeste. L'hypermétropie latente diminue graduellement jusqu'à devenir manifeste.

L'hypermétropie facultative est élastique, ce qui permet des variations dans la correction pour maintenir une bonne acuité visuelle. Avec l'âge, l'hypermétropie latente diminue pour devenir manifeste et l'hypermétropie facultative devient absolue (avec la perte de la réserve accommodative) et requiert une correction (fig. 2).

Les succès rétractifs à court terme des chirurgies hypermétropiques dépendent du traitement de l'hypermétropie absolue. La satisfaction du patient à moyen et long terme est mise à mal en corrigeant uniquement l'hypermétropie absolue avec la perte de la réserve accommodative (l'hypermétropie facultative devenant absolue). Le patient ressentira une récurrence de son hypermétropie et surtout un échec chirurgical.

Le traitement de l'hypermétropie absolue chez un patient de 25 ans donnera une bonne vision de loin et de près (réserve accommodative excellente). La même correction chez un patient de 40 ans donnera probablement une

#### Exemple 1 :

Un patient avec une acuité visuelle de 5/10<sup>e</sup> sans correction nécessite une correction de +1,00 D pour voir 10/10 (= hypermétropie absolue). Il accepte une correction de +2,00 pour garder 10/10. +2,25 brouille sa vision. Son hypermétropie manifeste est de +2,00. Son hypermétropie facultative est de +1,00. Sa réfraction sous cyclopentolate est de +2,75 (hypermétropie totale). Son hypermétropie latente est de +0,75.

#### Exemple 2 :

Un patient de 30 ans voit 10/10 sans correction. Il garde son 10/10 avec +1,75; son hypermétropie absolue est plane. Sa réfraction sous cyclopentolate est de +3,00 D. Son hypermétropie latente est de +1,25. Après quelques années, la réfraction manifeste est de +2,50. 1,25 dioptrie d'hypermétropie latente est devenue manifeste.

vision moyenne de près. Un traitement de son hypermétropie absolue et facultative (hypermétropie manifeste) donnera une bonne vision de loin à tout âge, une bonne vision de près à 40 ans mais une mauvaise vision de près après 50 ans. À tout âge, une bascule pourra causer un inconfort visuel, un flou binoculaire révélé par la fermeture d'un œil et un spasme accommodatif avec risque d'ésotropie.

Le potentiel strabisme en postopératoire d'une chirurgie hypermétropique est définissable par l'équilibre binoculaire pré-opératoire, la prédisposition à l'ésotropie avec la correction absolue et manifeste. Ce risque est apprécié en mesurant les amplitudes de fusion avec ces corrections. Il ne peut pas être estimé; il doit être mesuré.

#### >>> Mesure des amplitudes de fusion

Les amplitudes de fusion sont les capacités à aligner les yeux et donc maintenir la fusion [2]. Celle-ci est mesurée avec un prisme présenté devant un œil dont on augmente la puissance jusqu'à obtenir la valeur maximale permettant une vision simple binoculaire. Elle est mesurée en convergence et en divergence.

On demande à un patient (avec une acuité visuelle de 10/10) de fixer un point au loin [3]. On place une barre de prisme devant un œil. On augmente la valeur du prisme en convergence avec une pause à chaque augmentation (pour permettre la fusion) jusqu'à ce que le patient voie double sans pouvoir refusionner. On fait de même avec le prisme en divergence. Le patient est considéré à risque de strabisme si la mesure est > 5 D ou si le patient ne se plaint jamais de diplopie (scotome ou neutralisation).

On peut *a priori* opérer un patient avec une amplitude de fusion supérieure à 5 D sauf si l'hypermétropie latente est supérieure à +2,00 D. L'hypermétropie latente va devenir manifeste avec le temps et une amplitude de fusion présente mais précaire sera insuffisante pour maintenir l'orthophorie.

#### >>> Traitement du strabisme secondaire à une amétropie

Le strabisme accommodatif pur survient lorsque le patient hypermétrope accommode pour voir net. Le

réflexe accommodation-convergence peut entraîner une ésoptropie si la convergence dépasse l'amplitude de fusion en divergence. Les adultes hypermétropes forts avec ésoptropie accommodative sont de bons candidats pour un traitement réfractif (offrant ainsi une bonne vision et une correction du strabisme en une seule chirurgie).

Plusieurs études ont montré la sécurité et l'efficacité du LASIK et de la PKR dans cette indication à moyen et long terme [4-8]. Des études plus récentes ont également inclus des enfants et des adolescents avec un bon résultat réfractif et sur l'angle de déviation mais le suivi était limité à deux ans. L'évolution à long terme n'était pas évaluée.

Les ésoptropies partiellement accommodatives voient leur angle de déviation diminuer avec la correction optique mais pas complètement disparaître. La chirurgie réfractive réduira donc le strabisme [9, 10] en supprimant la composante accommodative.

La correction seule de l'hypermétropie absolue est à faible risque de décompensation si l'amplitude de fusion est grande (afin d'éviter une ésoptropie induite par l'hypermétropie résiduelle). Il est cependant préférable de corriger toute l'hypermétropie manifeste [9, 11-13].

En 2012, Ofelia *et al.* ont réalisé une étude sur 23 patients hypermétropes finlandais avec un strabisme accommodatif pur ou partiel âgés de 11 ans à 52 ans opérés de LASIK (suivi moyen de trois ans allant de six mois à dix ans). Douze patients étaient orthophoriques en

#### Exemple 3 :

Un patient de 32 ans avec une estropie accommodative bien contrôlée avec le port de sa COT de  
OD: +3,50 (+2,50) 115°  
OG: +3,50 (+3,50) 60°

Une nouvelle cycloplégie après son LASIK retrouvait  
OD: +1,75 (+1,50) 115°  
OG: +1,25 (+1,75) 60°

Son acuité visuelle non corrigée était de 7/10. Le patient n'a pas porté de correction optique et a développé une diplopie sur une estropie de 15 dioptries qui a nécessité une chirurgie de son strabisme.

#### Commentaire :

Une plus forte correction était donc nécessaire lors de son LASIK pour le contrôle de l'ésoptropie. Il aurait fallu mesurer les amplitudes de fusion en pré-opératoire afin d'objectiver une faible amplitude en divergence et réaliser une réfraction sous cycloplégie en pré-opératoire (ne pas hésiter à les répéter en cas de doute).

postopératoire et 11 patients avaient un strabisme résiduel plus faible qu'en pré-opératoire. L'acuité visuelle était identique avant et après l'intervention dans 56,5 % des cas, meilleure d'une ligne d'acuité dans 23 % des cas, plus faible d'une ligne d'acuité dans 10 % des cas.

Le groupe des exophories/tropies (non connues par le patient) contrôlées par vergence accommodative démontre une exception importante. Ces patients sont identifiables par une exophorie au *cover test* et une faible amplitude de fusion voire une absence d'amplitude de fusion en convergence avec la correction de l'hypermétropie absolue. Sous-corriger ces patients pour permettre un meilleur contrôle de leur accommodation/convergence et donc de leur exodéviations pourra entraîner un échec de leur chirurgie réfractive. Certains auront toute leur hypermétropie corrigée et une chirurgie du strabisme dans un second temps.

## Myopie

La chirurgie de la myopie corrige la sphère négative la plus faible permettant une bonne vision de loin. Théoriquement, une surcorrection myopique dans les exotropies intermittentes encouragerait la convergence accommodative (surtout si la myopie manifeste est plus grande que la réfraction sous cycloplégie de -0,50).

Mais une surcorrection myopique peut aussi entraîner une rupture de fusion et donc aggraver l'exodéviations. Si la myopie manifeste est plus importante que la myopie sous cycloplégie: faire porter la correction sous cycloplégie puis faire un *cover test* afin de chercher une déviation et mesurer les amplitudes de fusion.

La chirurgie réfractive chez les patients myopes atteints d'exodéviations a également été étudiée [14,10]. Celle-ci permettant de parfois réduire l'angle de déviation et parfois disparaître sans ce que cela ne soit prévisible.

## Anisométrie

Un effet prismatique est intentionnellement créé si la correction optique corrige une anisométrie [14]. Les patients anisométriques doivent en effet réaliser un effort pour fusionner les deux disparités d'image créées par les lunettes. Ceci peut décompenser un strabisme si cette balance est altérée par une chirurgie réfractive.

Plusieurs mécanismes peuvent entraîner un strabisme et une diplopie [15] : l'aniséiconie et l'altération de la fusion périphérique (chaque œil produit deux images de tailles différentes). Quelque 3 % des cas d'aniséiconie sont associés à un strabisme.

Si un prisme vertical de 10 D est utilisé pour produire une diplopie et que le patient note une différence de taille entre l'image de ses deux yeux, l'aniséiconie est donc présente et symptomatique. Une anisométrie sur myopie forte entraîne sur l'œil myope une micropsie par augmentation de l'espace entre les photorécepteurs.

Il faut tester en pré-opératoire la vision avec des lentilles pour prévenir la perte de fusion et la diplopie par aniséiconie [16, 17]. Kushner et Kowal [18] ont décrit un patient myope de -2 D OD et -8 D OG avec une bonne fusion en pré-opératoire. Après une chirurgie bilatérale, il a développé une diplopie par aniséiconie. Passer d'une correction sur le plan des verres à une correction sur le plan cornéen a entraîné une aniséiconie.

## Astigmatisme

Il a été montré que le passage entre la position assise et allongée entraîne une rotation oculaire [19-21]. Ceci peut induire une torsion qui peut changer l'axe de l'astigmatisme. Une sous-corrrection de l'astigmatisme ou un nouvel astigmatisme induit peut entraîner un flou et une asymétrie réfractive qui perturbera la fusion.

Un autre patient a développé un strabisme torsionnel après une kératotomie radiaire ou l'axe de l'astigmatisme était modifié par erreur de 30°. Il était toujours symptomatique à quatre ans postopératoires mais pouvait toujours fusionner ses deux images.

## Monovision

Elle produit intentionnellement une vision nette de près sur un œil et une vision nette de loin sur l'autre œil chez les patients presbytes.

Rendre un œil emmétrope et l'autre œil myope comporte son lot de risques. En effet, un œil "amblyope" pour une tache devient dominant pour une autre tache et une anisométrie induite peut perturber la fusion motrice [19, 22, 23]. Fawcett SL *et al.* [24] ont rapporté 118 chirurgies

réfractives dont 48 monovisions. Sur ces 48 patients, 11 avaient des symptômes tels qu'une vision binoculaire anormale (diplopie, inconfort binoculaire) et une perte de la vision stéréoscopique. Sur les 70 autres patients, seulement deux avaient une anomalie de vision binoculaire.

Trois mécanismes expliquent la diplopie dans les traitements pas monovision [18] :

- strabisme intermittent ou phorie décompensée évoluant vers une tropie à cause de la dégradation de la fusion [24] ;
- le changement d'œil fixateur. L'œil amblyope devient l'œil fixateur. L'œil dominant habituellement fixateur devient l'œil dominé. S'il n'y a pas de neutralisation sur le nouvel œil dominé, ceci entraînera une diplopie (difficultés à switcher d'œil dominant et donc de neutraliser de l'autre œil et, enfin, dérégler une déviation parodique bien compensée) ;
- paralysie de la IV<sup>e</sup> paire crânienne bien compensée. Si l'œil atteint est forcé de prendre la fixation, une déviation plus importante pourra survenir sur l'œil controlatéral ce qui peut entraîner une diplopie.

La diplopie est prévenue en examinant le patient en préopératoire, sa correction (prismes), *cover test*, réfraction sous cycloplégie, réfraction manifeste.

## Angle Kappa et décentrement

L'axe visuel ne passe pas par le centre de la pupille. Ceci peut entraîner un décentrement de la zone de traitement créant un effet prismatique. Sans effet chez un patient avec de bonnes amplitudes de fusion mais pouvant entraîner un strabisme et une diplopie dans le cas inverse.

Yap et Kowal [25] ont décrit un patient qui n'arrivait pas à maintenir la fixation durant la procédure entraînant un décentrage du flat et de l'aire corrigée. Ceci a causé une diplopie verticale par effet prismatique sur la cornée.

## Chirurgie réfractive chez des patients strabiques

Plusieurs questions à se poser (*tableau I*) :

### >>> Quel est le risque d'aggravation du strabisme ?

- 1 Spontanément (sans chirurgie réfractive).
- 2 Après une chirurgie réfractive réussie.
- 3 Après une chirurgie réfractive imparfaite.

Si le strabisme s'aggrave, la faute sera imputée à la chirurgie réfractive. Une aggravation spontanée survient plus en cas de déficit de version/duction préalable. Une chirurgie imparfaite peut aggraver le strabisme. Une hypermétropie résiduelle, un astigmatisme ou une anisotropie résiduelle peut entraîner une ésodéviaton, un spasme accommodatif.

### >>> Quel est le risque de développement d'une diplopie? (Tests recommandés) [26, 27]

- ① ATCD: strabisme, diplopie, port de prisme, bifocaux/progressifs durant l'enfance/adolescence.
- ② Correction portée par le patient.
- ③ Cover test avec sa correction habituelle et sa correction cible.
- ④ Réfraction manifeste:
  - myope. Minimale pour meilleure acuité visuelle;
  - hypermétrope. Plus forte pour meilleure AV (manifeste) et plus faible pour meilleure AV (absolue);
  - de près;
  - sous cycloplégie. Hypermétropie latente: > +2,00 D est une contre-indication relative à la chirurgie hypermétropique.
- ⑤ Amplitude de fusion.
- ⑥ Essai de lentilles pour la monovision.

### >>> Risque élevé

Dans ce cas [28], les patients dans ce groupe peuvent prétendre à une chirurgie réfractive si tous les risques sont acceptés par le patient. Si une chirurgie réfractive

est envisagée chez un patient avec un strabisme, il est préférable de la réaliser en premier.

### >>>> Données de la littérature

En 2019, Mehta A *et al.* [29] ont réalisé une étude sur 108 157 patients militaires aux États-Unis opérés de chirurgie réfractive entre 2006 et 2013 âgés de 20 ans à 57 ans (PKR et LASIK). Le suivi était d'un an. Les patients n'avaient aucun trouble oculomoteur en pré-opératoire. Vingt-cinq patients présentaient un trouble oculomoteur –23 cas de strabisme (0,02 %) et 3 cas de diplopie (0,003 %) spontanément résolutifs. Cette étude montre que le strabisme et la diplopie sont des complications rares de la chirurgie réfractive.

Plusieurs causes semblent retrouvées:

- hypermétropie résiduelle postopératoire surtout si antécédent d'ésotropie accommodative;
- exophorie-tropie sur myopie surcorrigée.

Cette étude comporte le biais essentiel de ne prendre en compte que les militaires qui sont déjà sélectionnés à leur entrée aux États-Unis (absence de strabisme/diplopie).

### >>> Effet de la chirurgie réfractive sur la vision binoculaire et l'état oculomoteur chez les patients avec un strabisme permanent ou intermittent

En Belgique, en 2006, Godts D *et al.* [14] ont réalisé une étude sur 13 patients (24 ans à 68 ans) avec un strabisme se

Pas de risque	Risque modéré Les patients ne répondant pas aux critères ci-dessus.	Risque élevé
1. Myopie, anisométrie < 4 D	1. Strabisme torsionnel	1. Monovision avec diplopie lors de l'essai de lentille
2. Pas d'antécédent de strabisme ou de diplopie	2. Ésotropie accommodative avec faible amplitude de fusion (< 5 D)	2. Ésotropie accommodative demandant une correction supérieure que son hypermétropie absolue pour contrôler la déviation
3. Pas de port de prisme	3. Hypermétropie latente (> 2 D)	3. Patient avec > 4 D d'anisométrie
4. Pas de phorie au cover test	4. Port de prisme	4. Strabisme manifeste
5. Différence < 0,50 D entre la correction du patient, la réfraction manifeste et sous cycloplégie		
6. Ésotropie accommodative avec bonnes amplitudes de fusion (>10 D) avec port de sa correction hypermétropie absolue		
7. Chirurgie de strabisme antérieure et bonnes amplitudes de fusion		

Tableau I: Évaluation du risque de décompensation strabique.

faisant opérer de chirurgie réfractive: 5 ésootropies, 5 exotropies permanentes, 2 exotropies intermittentes, une hypertrophie avec une déviation verticale dissociée. Tous les patients opérés de chirurgie réfractive n'ont pas présenté de changement dans leur strabisme sauf pour un patient avec une forte anisométrie qui a vu une amélioration de sa vision binoculaire. La chirurgie réfractive n'est donc pas contre-indiquée mais il faut au préalable un bon examen orthoptique et rechercher l'emmétrie sur les deux yeux.

De leur côté, Kirwan C *et al.* [10] ont réalisé une étude qui a démontré l'efficacité et la sécurité à un an de la chirurgie réfractive chez les patients déjà atteints de strabisme. Une cohorte de 28 patients a bénéficié d'une chirurgie réfractive (PKR, LASIK, ICL): 9 ésootropies accommodatives pures, 3 ésootropies accommodatives partielles, 10 exotropies, 2 exophories. Une bonne vision postopératoire était notée. Tous les patients avec une ésootropie accommodative pure étaient orthophoriques ou en microtropie. Une amélioration du strabisme était observable chez les patients avec une ésootropie accommodative partielle et une exotropie myopique. Aucune décompensation ou diplopie n'était notée.

À l'inverse, la correction de l'amétrie chez les patients avec une fragilité oculomotrice préexistante mais non visible en pré-opératoire peut entraîner une apparition d'un strabisme et d'une diplopie. D'où la nécessité d'un examen orthoptique pré-opératoire.

## >>> Effet d'une chirurgie horizontale de strabisme sur la réfraction

En entre 1997 et 2010 en Arabie saoudite, Elham Al-Tamimi *et al.* [30] ont mené une étude sur 137 patients opérés de strabisme. Un changement moyen de  $-0,23 \pm 0,78$  dioptries ( $p < 0,0001$ ) était observé à 4-6 semaines postopératoires et  $0,14 \pm 0,85$  D ( $p = 0,018$ ) à 4-6 mois postopératoires. Un léger *shift* myopique spontanément régressif est donc observable. Un *shift* cylindrique ( $0,072 \pm 1,22$ ) à 1 mois et  $0,02 \pm 1,14$  à 6 mois était observé mais non significatif. Il n'y avait pas de corrélation entre la longueur du geste (recul-résection) et le changement réfractif.

## Conclusion

La chirurgie réfractive peut constituer un traitement dans le panel de traitement du strabisme associé à une

amétrie. La meilleure indication est l'hypermétrie avec l'ésootropie accommodative qui supprimera la convergence. Une légère réduction du strabisme peut être esthétiquement convenable dans les ésootropies partiellement accommodatives. En dernier recours, les exotropies sont volontiers associées à la myopie et à l'anisométrie.

Au contraire, la chirurgie réfractive peut entraîner un strabisme ou une diplopie secondaire. Cela se retrouve volontiers chez les patients avec strabisme préexistant, anisométriques ou prétendant à une monovision. Tous les patients doivent donc être minutieusement examinés (historique, stratification du risque de diplopie postopératoire). Ne pas hésiter à récuser des patients à risque modéré et élevé pour éviter tout effet indésirable invalidant pour le patient.

## Bibliographie

1. KOWAL L, DE FABER J, CALCUTT C *et al.* Refractive surgery and strabismus (Workshop in 'Progress in Strabismology'). In: de Faber JT, ed. *Proceedings of the 9th Meeting of the International Strabismological Association*, Sydney, Australia. Lisse: Swets and Zeitlinger, 2002; 89-97.
2. VON NOORDEN GK, CAMPOS EC. *Binocular Vision and Ocular Motility*, 6th ed. St Louis: Mosby, 2002;11.
3. KOWAL L. Refractive surgery and diplopia. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2000;28:344-346.
4. MINNALL VR, ROSENBERG JB. Refractive surgery: a treatment for and a cause of strabismus. *Curr Opin Ophthalmol*, 2011;22:222-225.
5. HOYOS JE, CIGALES M, HOYOS-CHACON J *et al.* Hyperopic laser *in situ* keratomileusis for refractive accommodative esotropia. *J Cataract Refract Surg*, 2002; 28:1522-1529.
6. HUTCHINSON AK, SERAFINO M, NUCCI P. Photorefractive keratectomy for the treatment of purely refractive accommodative esotropia: 6 years experience. *Br J Ophthalmol*, 2010; 94:236-240.
7. SABETTI L, SPADEA L, D'ALESSANDRI L *et al.* Photorefractive keratectomy and laser *in situ* keratomileusis in refractive accommodative esotropia. *J Cataract Refract Surg*, 2005; 31:1899-1903.
8. FARAH A, HASHEMI H. The effect of hyperopic laser *in situ* keratomileusis on refractive accommodative esotropia. *Eur J Ophthalmol*, 2005; 15:688-694.
9. NEMET P, LEVINGER S, NEMET A. Refractive surgery for refractive errors which cause strabismus: A report of 8 cases. *Binocul Vis Strab*, Q 2002; 17: 187-190.
10. ROMANO PE, VON NOORDEN GK. Knapp's law and unilateral axial high myopia. *Binocul Vis Strabismus*, Q 1999; 14: 215-222.
11. KIRWAN C, O'KEEFE M, O'MULLANE GM *et al.* Refractive surgery in patients with accommodative and non-accommodative strabismus: 1-year prospective follow-up. *Br J Ophthalmol*, 2010;94:898-902.

12. STIDHAM DB, BORISSOVA O, BORISSOV V *et al.* Effect of hyperopic laser *in situ* keratomileusis on ocular alignment and stereopsis in patients with accommodative esotropia. *Ophthalmology* 2002;109:1148-1153.
13. NUCCI P, SERAFINO M, HUTCHINSON AK. Photorefractive keratectomy for the treatment of purely refractive accommodative esotropia. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29:889-894.
14. GOODMAN D. Strabismus: accommodative component treated by LASIK. *Surv Ophthalmol*, 1999;44:183-184.
15. GODTS D, TRAU R, TASSIGNON MJ. Effect of refractive surgery on binocular vision and ocular alignment in patients with manifest or intermittent strabismus. *Br J Ophthalmol*, 2006;90:1410-1413.
16. KATSUMI O, TANINO T, HIROSE T. Effect of aniseikonia on binocular function. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1986; 27: 601-604.
17. ROMANO PE. About aniseikonia and refractive surgery. *Binocul Vis Strabismus Q*, 2002;17:191.
18. KUSHNER BJ, KOWAL L. Diplopia after refractive surgery: occurrence and prevention. *Arch Ophthalmol*, 2003;121:315-321.
19. DE FABER JTHN, SANG MTF. Strabismologic advice for the refractive surgeon. In: de Faber JT, ed. *Transactions of the 26th Meeting of the European Strabismological Association*, Barcelona, Spain, September 2000. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2001; 41-43.
20. SWAMI AU, STEINERT RF, OSBORNE WE *et al.* Rotational malposition during laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2002; 133: 561-562.
21. MILDER B, RUBIN ML. *The Fine Art of Prescribing Glasses Without Making a Spectacle of Yourself*, 2<sup>nd</sup> ed. Gainesville: Triad Publishing, 1991; 42-43.
22. SHERAFAT H, WHITE JES, PULLUM KW *et al.* Anomalies of binocular function in patients with longstanding asymmetric keratoconus. *Br J Ophthalmol*, 2001; 85: 1057-1060.
23. WHITE J. Excimer laser photorefractive keratectomy: the effect on binocular function. In: Spiritus M, ed. *Transactions of the 24th Meeting of the European Strabismological Association*. Buren: Aeolus Press, 1997; 252-256.
24. FAWCETT SL, HERMAN WK, ALFIERI CD *et al.* Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *J AAPOS*, 2001; 5: 342-347.
25. YAP EY, KOWAL L. Diplopia as a complication of laser *in situ* keratomileusis surgery. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2001;29:268-271.
26. BAGOLINI B, CAMPOS EC. Practical usefulness of anomalous binocular vision for the strabismic patient. *Int Ophthalmol*, 1983;6:19-25.
27. ARTHUR BW, LAI H. The polarised four dot test: linear *vs* circular polarised light. *Binocul Vis Eye Muscle Surg*, 1994; 9: 103-109.
28. YILDRIM R, ORAL Y, UZUN A. Exodeviation following monocular myopic regression after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29: 1031-1033.
29. MEHTA A, REED D, MILLER KE. Diplopia and strabismus after corneal refractive surgery. *Mil Med*, 2020;88:e755-e758.
30. AL-TAMIMI E, AL-NOSAIR G, YASSIN S. Effect of Horizontal Strabismus Surgery on the Refractive Status. *Strabismus*, 2015;23:111-1116.

---

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

## Questionnaire de pratique

### Réintervention tardive post-réfractive cornéenne

#### Cas clinique 1

Patient de 35 ans, opéré il y a dix ans d'un LASIK myopique environ -4 D, vient vous consulter, car à nouveau myope d'environ -1,50 D.

Vous n'avez aucun renseignement clinique sur son état pré-opératoire (pachymétrie initiale, profondeur du volet, pupillométrie...). La seule chose que le patient sait est qu'il a été opéré par LASIK tout laser.

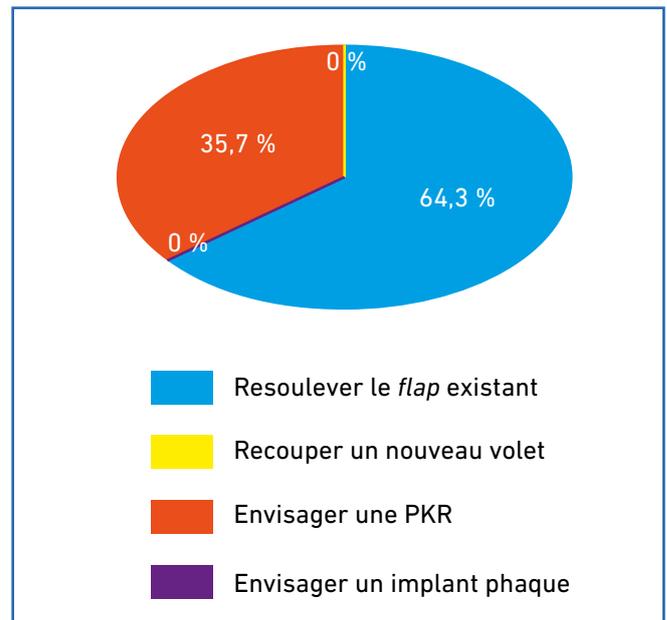
Son bilan topographique est sans particularités (pachymétrie actuelle 505 microns).

**>>> Question 1 : En dehors de toute considération sur la faisabilité ou non d'une technique, quelle est la technique que vous préférez proposer ?**

1. Resoulever le *flap* existant
2. Recouper un nouveau volet
3. Envisager une PKR
4. Envisager un implant phaqué

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

Nombre de répondants : 14



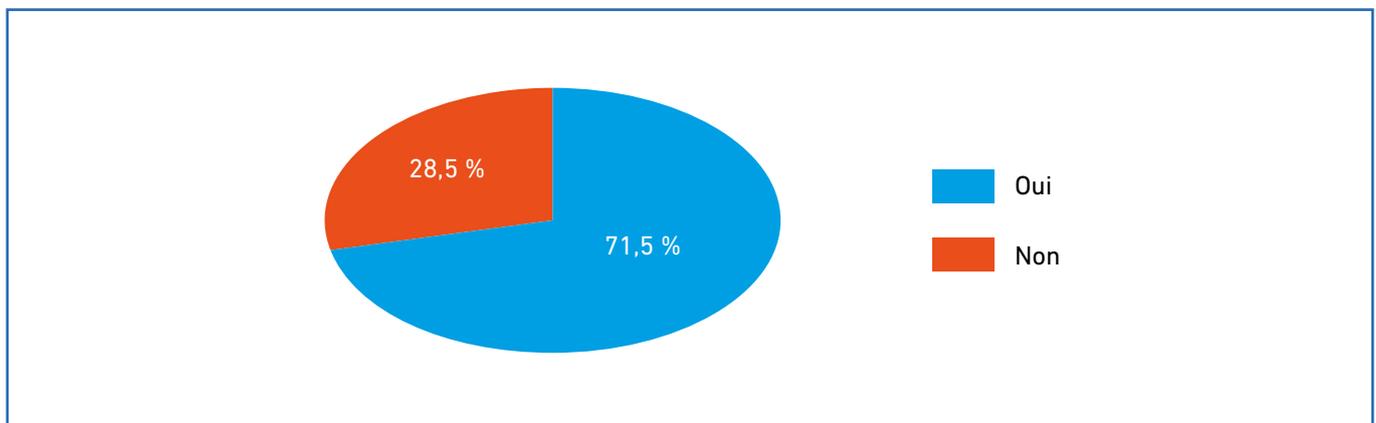
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 1
J. Couillet	3	Pas de <i>relift</i> à dix ans. Discuter un éventuel <i>recut</i> si ne veut pas de PKR.
V. Dimeglio	3	Resoulever pose le risque d'invasion épithéliale, recouper sans historique est trop aléatoire, implant phaque bénéfice/risque défavorable.
G. Montefiore	2	<i>Side-cut</i> seulement. Plus profond. Pour retrouver l'ancien plan de découpe.
L. Gauthier	1	Le LASIK réalisé il y a de nombreuses années est le meilleur test de stabilité cornéenne.
B. Ameline	3	Aucune info sur la première opération. Je ne soulève pas un <i>flap</i> qui peut avoir des anomalies cachées. La PKR avec mitomycine offre des garanties de sécurité incomparables.
P. Bouchut	1	Mur postérieur et PTA respectés <i>a priori</i> , car pachy actuelle à 500 µ. On peut imaginer une pachy initiale à 560 µ au moins du fait du -4 D initial.
B. Briat	1	Recouper un nouveau volet présume de définir l'épaisseur du nouveau capot selon l'épaisseur du premier. Le plus simple : resoulever le capot, même dix ans après avec grande prudence et délicatesse avec repérage pré-op du liseré.
M. Le Loir	1	Resoulever avec le plus grand soin. Prévenir le patient d'une conversion immédiate en PKR en cas d'échec du resoulèvement.
P. Lévy	1	Mais cela dépend de l'OCT-SA, qui me semble indispensable dans ce type de cas.
L. Trinh	1	Précision du résultat motive le <i>relift</i> .
N. Mesplié	3	Risques à resoulever le volet sans dossier. Risque d'un problème de capot "non dit" au patient, et invasion épithéliale +++... PKR-mitomycine qui donne de bons résultats sur myopie...
A. Denoyer	3	Pas d'info sur l'historique, pas d'info sur l'épaisseur du capot, donc pas de resoulèvement du <i>flap</i> sans ces informations. PKR (ou trans-PKR) avec MMC, car risque de Haze ++.

>>> Question 2 : L'OCT-SA vous semble-t-il un examen important dans le choix de la technique et pourquoi ?

1. Oui
2. Non

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 14



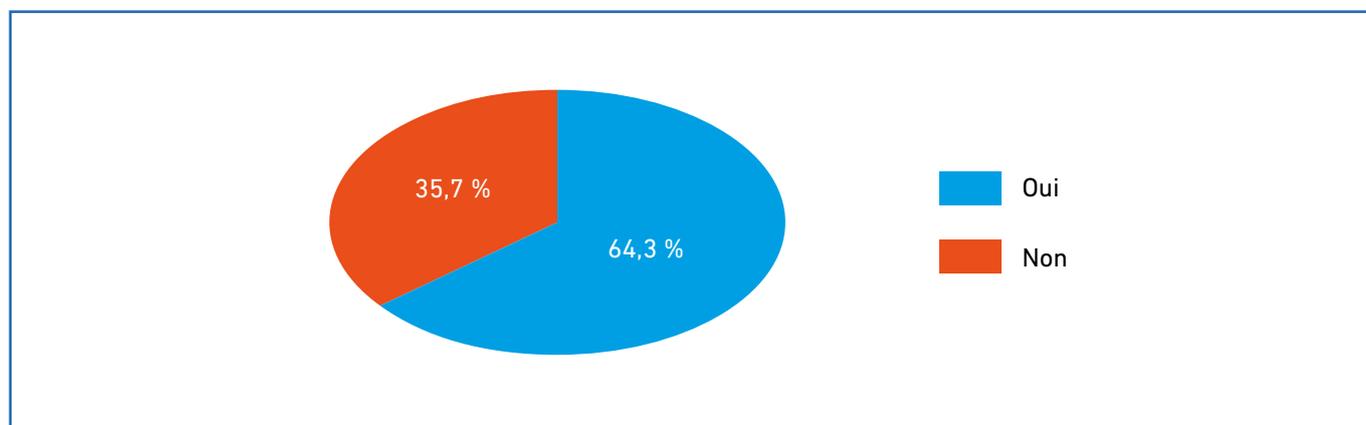
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 2
J. Couillet	1	OCT <i>spectral domain</i> +++ permet la segmentation de la cornée et analyse du <i>mapping</i> épithélial et de l'épaisseur du capot/de la cornée.
V. Dimeglio	2	Important pour <i>mapping</i> épithélial, visualiser le capot et pour implant phaqué éventuel.
L. Gauthier	2	Les découpes au femtoseconde sont suffisamment précises pour éviter les aléas de profondeur des anciens microkératomes.
C. Albou-Ganem	1	Pour évaluer le mur postérieur et la régularité de la profondeur de la découpe si un MKM a été utilisé.
B. Ameline	2	Les coupes peuvent passer à côté d'une perforation localisée. La découpe ancienne n'est pas toujours visible de façon fiable.
P. Bouchut	1	Vérifier l'épaisseur du mur postérieur.
B. Briat	1	Comme expliqué, il cartographie avec précision le diamètre, l'épaisseur du capot premier afin de définir la meilleure prise en charge.
M. Le Loir	1	Importance de la qualité du <i>flap</i> et de l'interface. Estimation de l'épaisseur du <i>flap</i> (+++) et celle du stroma.
P. Lévy	1	Permet de se faire une idée sur l'épaisseur du <i>flap</i> initial et calculer le PTA. Si celui-ci en simulation devenait supérieur à 40 %, je privilégierais alors une PKR mito.
L. Trinh	1	Pour mesurer l'épaisseur du capot et du mur postérieur, pour savoir si <i>relift</i> possible.
N. Mesplié	1	Pour voir si hyperplasie épithéliale et mécanisme de régression... Mesurer l'épaisseur du volet et voir si mur stromal résiduel suffisant... Si trans-PKR, c'est encore plus important...
A. Denoyer	1	Si épithélium normal et capot fin, on resoulève le <i>flap</i> et on retraite, en informant du risque d'invasion épithéliale.
D. Piétrini	2	L'OCT est réalisé systématiquement pour évaluer l'épaisseur du lit stromal résiduel mais, dans ce cas, c'est surtout l'analyse à la lampe à fente du diamètre et de la qualité du volet qui est plus importante que l'épaisseur du volet lui-même (dont il est peu probable qu'il mesure plus de 200 µ).

### >>> Question 3 : Le mapping épithélial vous semble-t-il un examen important dans le choix de la technique et pour quoi ?

- Oui
- Non

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 14



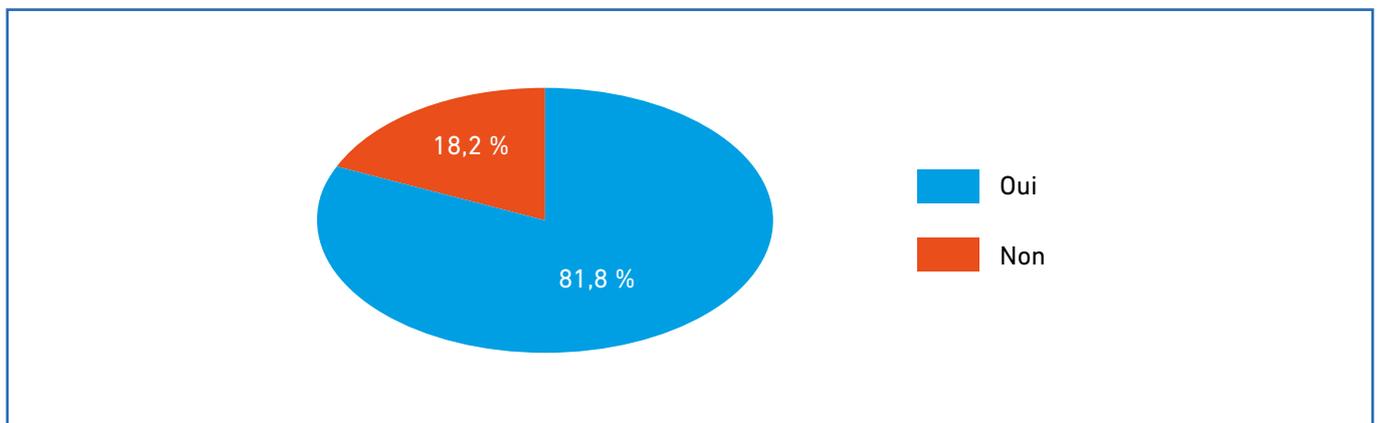
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 3
J. Couillet	1	Epimap > si hyperplasie épithéliale majeure > discuter d'une simple ablation épithéliale + MMC. Si amincissement épithélial focal > attention à une myopisation secondaire à une ectasie post LASIK.
V. Dimeglio	1	Pour réaliser éventuellement une trans-PKR.
C. Albou-Ganem	1	Si une Trans-PKR est prévue.
B. Ameline	2	Ça ne sert qu'à dépister un épithélium anormal (exemple du cas plus haut avec un épithélium de 70 µ. Cela ne conditionne pas le choix technique).
P. Bouchut	1	Par sécurité et éliminer hyperplasie épithéliale.
B. Briat	2	Toujours utile de connaître les caractéristiques du <i>mapping</i> épithélial (effet donut...).
M. Le Loir	3	Évaluation des variations d'épaisseur et donc de la qualité épithéliale et aide au dépistage de l'ectasie secondaire. Toute altération de la pachymétrie épithéliale, notamment l'hyperplasie, conduit à la réalisation d'une PKR.
P. Lévy	1	Surtout si on s'oriente vers PKR transépithéliale.
L. Trinh	1	En cas de trans-PKR.
N. Mesplié	1	S'il y a eu un mécanisme de régression, on peut préférer resoulever le volet, car il y a moins de risque de régression... Indispensable aussi si trans-PKR...
A. Denoyer	1	Pour deux raisons : - Existe-t-il une hyperplasie importante responsable de la régression ? - Existe-t-il une dysplasie en lien avec la sécheresse ? Car il faudra d'abord traiter la sécheresse et restaurer l'intégrité épithéliale pour réévaluer alors la réfraction.

>>> Question 4 : Si vous vous orientez vers un *lift* du volet initial, avez-vous une pratique particulière pour limiter le risque d'IE ?

1. Oui
2. Non

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondants : 11



Répondeurs	Commentaires question 4
J. Couillet	Non (classique : lavage +++ et MMC dans le lit stromal ?) et, surtout, ne pas soulever après dix ans.
G. Montefiore	Nouveau <i>Side-cut</i> au femto.
L. Gauthier	Éviter au maximum les désépithélialisations et faire une révision de la surface stromale au bord de l'anneau limitant.
C. Albou-Ganem	Découpe du <i>Side-cut</i> en ménageant au maximum l'épithélium. Marquage si le bord est peu individualisable, disque de mito dans l'interface dix secondes.
P. Bouchut	Respect de l'épithélium, repérage des bords du capot, clivage propre, et instruments et cornée mouillés.
B. Briat	Repérage pré-op. du liseré du capot initial, repérage per-op. Exact du liseré, relever le capot avec extrême prudence avec respect de l'épithélium, nettoyage renforcé de l'interface et pose éventuelle d'une LDC selon le degré d'agression perop.
M. Le Loir	1/Repérage précis des berges du <i>flap</i> à la LAF en pré-op. et utilisation de la fente peropératoire sur Excimer EX500. 2/Abord soigneux des berges du <i>flap</i> . 3/Lentille-pansement en fin de procédure (à retirer à J1).
P. Lévy	Collyre anesthésiant au dernier moment et le moins possible pour éviter fragilisation épithéliale. Éponge imbibée de mitomycine sur le stroma volet rabattu.
L. Trinh	Protéger le plus possible l'épithélium en soulevant le capot avec une troutmann à distance de l'ouverture du capot.
N. Mesplié	Oui, rhexis du volet de proche en proche, vérification de la face postérieure du volet à la microponge et refoulement épithélial du bord de la cornée périphérique...
A. Denoyer	Je marque les bords du <i>flap</i> à la LAF pour éviter de trop chercher sous le micro du laser. On peut proposer une lentille en post-op. ; je ne le fais pas.
D. Piétrini	Dissection soigneuse du volet en respectant l'épithélium – Parage soigneux du bord de l'ancienne découpe. Pose d'une lentille pansement.

>>> Question 5 : Si vous privilégiez une nouvelle découpe en supposant que vous ayez la possibilité de faire une découpe mécanique et par laser, vous préférez : plutôt mécanique ou par laser ? Et à quelle profondeur ?

Répondeurs	Commentaires question 5
J. Couillet	Recut par femto, idéalement 20 $\mu$ plus profond que le capot initial et plus grand diamètre.
G. Montefiore	$\pm$ <i>Side-cut</i> diamètre plus petit.
C. Albou-Ganem	Découpe au femto. Dans l'épaisseur du volet en laissant 30 microns d'écart entre les deux découpes si celui-ci est d'au moins 130 microns d'épaisseur, sinon en dessous si le mur post le permet.
B. Briat	Si nouvelle découpe, elle se fera au laser et la profondeur dépendra bien sûr de l'épaisseur du capot initial. <i>A priori</i> , la première découpe a été réalisée au FS donc plutôt autour de 90-100 microns, donc nouvelle découpe plus profonde après calcul du respect du mur postérieur en incluant la profondeur de l'ablation laser sur myopie faible résiduelle de -1,50 D.
M. Le Loir	Nouvelle découpe femtolaser assistée (pas d'expérience du microkératome) et flap 130 $\mu$ .
P. Lévy	Par laser, 40 $\mu$ sous la précédente.
L. Trinh	Laser, car je n'ai pas l'expérience de la découpe mécanique. À une profondeur de 110 $\mu$ maximum, pour être au-dessus du premier capot.
N. Mesplié	Je ne sais pas, je n'en ai jamais fait... Si multicouche, plus profond ou plus superficiel à 40 $\mu$ et plutôt femto en faisant attention lors du soulèvement.
A. Denoyer	Pas de nouvelle découpe pour ma part.
D. Piétrini	Je ne réaliserai pas de nouvelles découpes, ni mécanique, ni laser

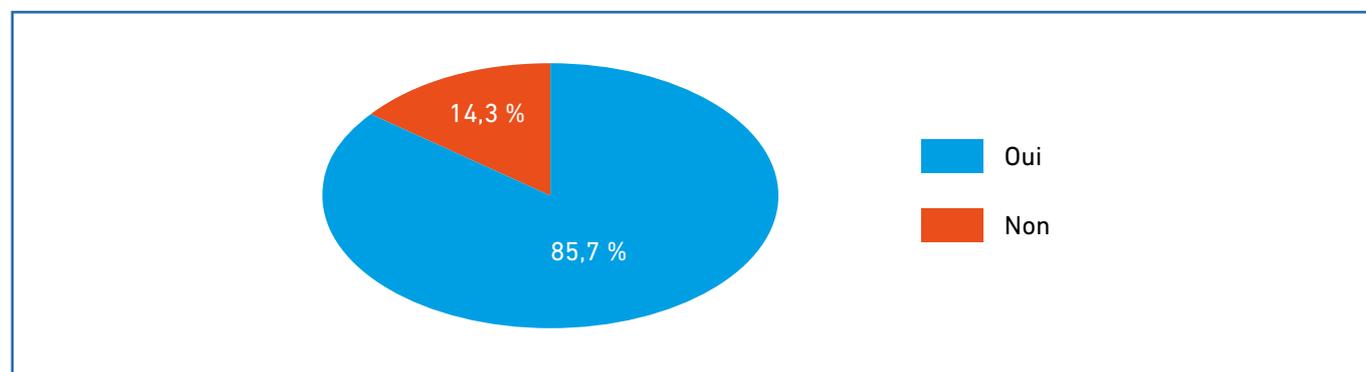
>>> **Question 6 : Le mur postérieur évalué en OCT à 250 microns ne permet pas de resoulever en sécurité le flap existant et encore moins de redécouper un nouveau volet.**

**A** Vous vous orientez éventuellement vers une PKR ?

1. Oui
2. Non

*1 seule réponse était attendue*

**Nombre de répondeurs : 14**



**B** Si oui, sachant que le *mapping* épithélial retrouve une épaisseur épithéliale centrale de 65 microns et que l'épaisseur du volet est mesurée à 100 microns, quel est pour vous le maximum d'ablation possible par PKR ?

Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 6
<b>J. Couillet</b>	1	-4 D d'ablation.
<b>V. Dimeglio</b>	1	35 µ.
<b>L. Gauthier</b>	1	30 µ, ne jamais relever ce flap ultérieurement, prévenir le patient.
<b>B. Ameline</b>	1	Pas de limite autre que celle de toute PKR : laisser un stroma intact de 350 µ et ne pas dépasser 100 µ. Mitomycine obligatoire.
<b>B. Briat</b>	1	105 µ.
<b>P. Lévy</b>	1	En théorie, je préfère ne pas avoir à creuser plus profondément que l'épaisseur du capot initial (risque d'IE) mais, en pratique, je n'ai jamais eu de complications.
<b>L. Trinh</b>	1	Pas de maximum
<b>M. Le Loir</b>	1	25 µ, suffisant pour une correction myopique de -1.50 D.
<b>N. Mesplié</b>	2	Dans ce cas précis, cela signifie que la cornée aurait une épaisseur totale de 350 µ donc je m'abstiens.
<b>A. Denoyer</b>	1	1D.
<b>D. Piétrini</b>	1	100 µ – La photo-ablation peut dépasser l'épaisseur du volet à condition de réaliser une technique "no-touch", sans frottement stromal.

## Cas clinique 2

Un patient de 45 ans opéré de myopie par LASIK à l'âge de 30 ans d'une myopie de  $-4$ , vient vous consulter pour hypermétropie bilatérale de  $+1,75$  + presbytie.

### Son bilan topographique normal

Le mur postérieur est évalué à 380 microns.

Vous prévoyez en théorie un traitement hypermétrope + monovision ou PresbyLASIK sur œil dominé.

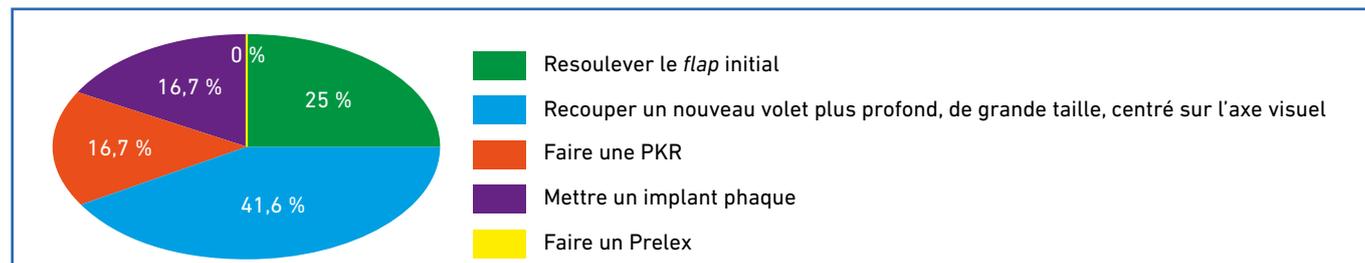
Son volet initial à un diamètre de 8,5 mm, centré sur le centre pupillaire. Le kappa est à  $9^\circ$ , la pupillométrie scotopique est à 7 mm, la PCA est à 3,10 mm.

Quelle solution vous semble théoriquement à privilégier, en dehors de toute considération sur la faisabilité ? Pourquoi ?

1. Resoulever le flap initial
2. Recouper un nouveau volet plus profond, de grande taille, centré sur l'axe visuel
3. Faire 1 PKR
4. Mettre un implant phaqué
5. Faire un Prelex

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondeurs : 12



Répondeurs	N° réponse	Commentaires
J. Couillet	2	C'est la solution la moins mauvaise pour moi, car PKR impossible (presbytie)/Prelex impossible (âge du patient)/ICL (multifocal ne marche pas)/relift à 15 ans > jamais.
V. Dimeglio	4	Vu l'évolution réfractive, ce patient a probablement un début de cataracte, mais il est encore trop jeune pour un Prelex. Je l'adresse à Pierre Lévy pour implant phaqué.
L. Gauthier	1	Les retraitements hypermétropiques sur traitements myopiques ne répondent pas aux mêmes exigences de traitement large qu'une hypermétropie native.
P. Bouchut	1	Le délai n'est pas un problème, capots de plus de vingt ans reliftés sans souci.
B. Briat	2	Pour un traitement hypermétrope, par sécurité il faut augmenter le diamètre du nouveau capot par rapport à un traitement initial myopique avec programmation à 9 mm et bien sûr validation du traitement selon pachy actuelle.
P. Lévy	4	Principe du bénéfice-risque. Faire rebomber une cornée aplatie n'est pas forcément très prédictible. Pas de relift du flap initial de taille incompatible avec traitement hypermétrope surtout à angle Kappa élevé. Pas de nouvelles découpes. Implant phaqué avec monovision, résultat réfractif "garanti" et prise de risque minime.
L. Trinh	1	Le moins risqué pour moi est le resoulèvement du flap initial.
M. Le Loir	2	PKR haut risque de regression réfractive Pas de chir Prelex avant 55 ans Implant phaqué théoriquement possible mais faible amétropie à corriger, et à ce jour monovision seule accessible
N. Mesplié	2	Le mieux est de refaire un flap de grande taille pour une grande zone optique de photo-ablation supérieure à l'angle Kappa + pupille...
A. Denoyer	4	Diamètre limite, Kappa limite et, surtout, grande pupille, donc presbyLasik risque d'être peu efficace ou mal toléré. Il faut mettre un IPCL multifocal (si disponible...), car jeune presbyte et bon ACD. Et prévenir de la chirurgie de la cataracte avec IOL multifocal diffractif à partir de 60 ans.
D. Piétrini	3	Le patient sera prévenu d'un risque d'aléa réfractif plus important. L'utilisation de mitomycine est indispensable. L'abstention reste une option.

### Cas clinique 3

Un patient de 50 ans opéré de KR il y a 25 ans présente une hypermétropie de +4 D et un astigmatisme topographiquement irrégulier, évalué en réfraction subjective à +1,5 D. Il souhaite améliorer son confort au moins en vision de loin.

#### >>> Question 1 : Vous lui proposez :

1. LASIK, si oui plutôt avec découpe mécanique ou laser femto ou peu importe

2. PKR mito
3. Implant phaqué
4. Prelex monofocal
5. Prelex multifocal
6. Abstention

*1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire*

**Nombre de répondants : 14**



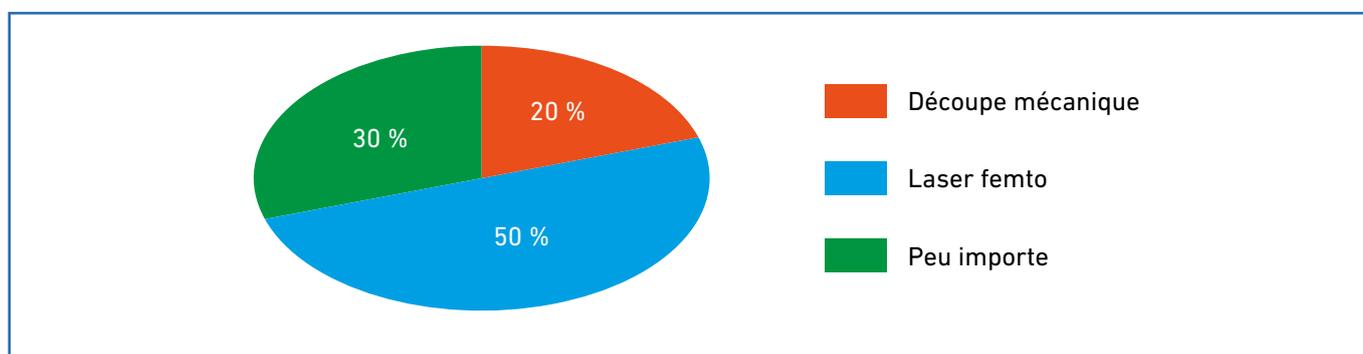
Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 1
J. Couillet	6	On pourra discuter un implant sténopéique de type IC-8.
V. Dimeglio	3	Situation devenue rare. Les patients opérés en KR sont généralement plus âgés, donc éligibles au Prelex. DPV ou pas DPV ? Donc, encore trop jeune pour un Prelex, l'implant phaqué peut être une solution d'attente si la PCA le permet. Je l'adresse à Pierre Lévy.
L. Gauthier	3	Segment antérieur de myope probablement favorable à un implant précristallinien, l'implant torique se discute.
B. Ameline	6	Trop jeune pour un Prelex. J'attends 55 ans.
P. Bouchut	6	Je patienterai jusqu'à l'âge d'un Prelex du myope.
B. Briat	1	Découpe par femtolaser, efficace et programmation d'un capot +++ à 130 µ, soulèvement prudent par rapport aux incisions de KR.
P. Lévy	3	Toujours le principe bénéfice-risque. Un implant phaqué avec monovision est bien moins dangereux et aléatoire que toute chirurgie laser sur cornée avec KR.
M. Le Loir	3	Pas de Prelex avant 55 ans ; CI LASIK attention aux parts de pizza et profil d'ablation HM sur cicatrices ; PKR risque de régression +++ et d'imprécision réfractive.
L. Trinh	6	Je conseille lentille rigide, s'il les supporte.
N. Mesplié	3	Ce patient est initialement myope donc pas de Prelex à cet âge... Je ne touche pas en PKR un +4 D et je ne fais pas de LASIK sur KR.
A. Denoyer	6	On commence par une adaptation en lentilles +++. On pourrait discuter une trans-PKR+MMC topoguidée pour améliorer la qualité de vision, mais sans aucune certitude sur la réfraction finale...
D. Piétrini	2	Une telle hypermétropie n'est pas le résultat d'une surcorrection initiale mais sans doute d'une hypermétropie progressive post-KR, probablement en rapport avec une instabilité cornéenne.

## >>> Question 2 : Si vous lui proposez un LASIK

1. Découpe mécanique
2. Laser femto
3. Peu importe

1 seule réponse était attendue avec, si souhaité, un court commentaire

Nombre de répondeurs : 10



Répondeurs	N° réponse	Commentaires question 2
J. Coulet	3	Risque de <i>pizza syndrom</i> avec les deux techniques.
V. Dimeglio	1	Découpe mécanique obligatoire pour éviter le vertical gas <i>break through</i> et le risque de découpe en quartiers d'orange. Cependant, nous n'avons plus de microkératome mécanique à la Clinique de la Vision Montpellier. Nous l'adressons à Laurent Gauthier.
N. Mesplié	1	Je ne sais pas... Microkératome pour éviter les bulles de gaz qui pourraient rouvrir les incisions de la KR... Capot profond pour éviter une cornée "camembert"...
B. Briat	2	Découpe profonde si possible, en général aucun problème d'effet masque par les incisions KR et soulèvement prudent du néocapot.
A. Denoyer	2	Je n'ai pas eu suffisamment d'expérience avec le microK mécanique pour être performant. Il va falloir couper profond et, généralement, les KR sont trop profondes pour une quelconque découpe. Je ne propose pas de LASIK.
D. Piétrini	3	Pas de particularité lors d'une découpe femtoseconde si le clivage est aisé.

## Prédire la réfraction subjective par intelligence artificielle ?



O SHUKRON<sup>1</sup>, E PREVOT<sup>2</sup>, M. ASSOULINE<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> MIKAJAKI, SA, Plan-les-Ouates, GENÈVE, Suisse.

info@mikajaki.ai

<sup>2</sup> Centre d'ophtalmologie Provins, PROVINS.

<sup>3</sup> Centre Léna Vision, PARIS.

<sup>4</sup> Clinique de la Vision, PARIS.

dr.assouline@gmail.com

La détermination de la meilleure acuité visuelle corrigée (*Best corrected visual acuity*, BCVA) pour la prescription de lunettes ou de lentilles est un processus universel, pratiqué quotidiennement par plus de 500 000 professionnels de la santé oculaire dans le monde, dont quelque 220 000 ophtalmologistes, sur des millions de patients, pour un coût de revient unitaire moyen de quelques euros [1-4].

Cette mesure de la réfraction subjective (RS) nécessite typiquement une première mesure de la réfraction objective, en général avec un réfractomètre automatisé (RA), laquelle prend en général moins d'une minute, ou plus rarement par skiascopie manuelle, en 2 minutes à 5 minutes, avec ou sans cycloplégie. Cette mesure ne permet cependant la prédiction exacte de la RS prescrite que dans 70 % des cas, quels que soient la marque et le modèle d'instrument utilisés [1, 2, 5-8].

Une seconde étape systématique, souvent plus fastidieuse, est donc requise. Elle comporte l'appréciation

manuelle de la meilleure correction possible, testée sur des optotypes standardisés (échelle de Monoyer Pigassou, E ou C de Landholt) par une séquence d'essais de lentilles sphériques et cylindriques combinées dans une monture d'essai ou un réfracteur (phoroptère) automatisé.

Selon la complexité de la correction, l'expertise de l'opérateur, l'état accommodatif et le degré de coopération du patient, cette détermination de la RS binoculaire nécessite environ de 3 minutes à 7 minutes par patient.

La précision de cette mesure peut être sensibilisée par des méthodes psychophysiques classiques d'optique physiologique (cylindre croisé de Jackson, test duochrome, trou sténopéique). Cependant, il persiste une variabilité très significative des mesures intra-individuelles (résultats différents avec la répétition des mesures), avec une proportion faible mais non négligeable de prescriptions erronées, qui nécessitent un changement de lunettes souvent onéreux.

### Facteurs affectant la précision et la répétabilité de la RS

Divers facteurs affectent en effet la précision et la répétabilité de la RS [5]:

- la variabilité interopérateur (moyenne de  $\pm 0,29D$  [1,7]);
- la variabilité et la qualité de l'autoréfractomètre (RA) utilisé, qui montre une différence caractéristique de 0,5 D entre la RA objective et la prescription finale [6, 2], avec une différence plus prononcée en cas d'amétropie importante et d'astigmatisme [8]. Les incréments de 0,25 D utilisés en pratique courante semblent également insuffisamment précis [9].

Des différences notables résultent aussi des choix appliqués pour la prescription (saturation de la sphère, sous correction du cylindre...), reflétant la nécessité d'un arbitrage variable entre la performance monoculaire (acuité

visuelle maximale lors de l'examen) et le confort subjectif binoculaire du patient dans les conditions de vie réelle, notamment en cas de correction cylindrique élevée, d'anisométrie (différence de réfraction entre les deux yeux) ou d'anisophorie.

Surtout et principalement, la RS sphéro-cylindrique est une simplification souvent inadéquate et trompeuse de la réalité optique de l'œil physiologique.

La pratique de la chirurgie réfractive a permis de comprendre depuis de nombreuses années que cette réfraction sphéro-cylindrique fondée sur un modèle réduit de l'optique axiale de l'œil humain (Donders) était insuffisante pour caractériser complètement le trajet des rayons lumineux entrants à destinée fovéolaire, contribuant à la formation de l'image cérébrale.

La topographie cornéenne numérisée a rapidement supplanté la kératométrie pour décrire la complexité de la forme de la cornée, les rayons de courbure étant variables en fonction de l'excentricité. De même, l'aberrométrie du front d'onde a démontré une meilleure capacité à décrire l'équation optique complète de l'œil dont les premiers termes (sphère et cylindre) ne prennent pas en compte l'impact des aberrations optiques d'ordre supérieur dans la détermination de la correction optique idéale (*High Order Aberrations* ou HOA, modélisées par les 64 termes de la décomposition polynomiale de Zernicke ou par les transformées de Fourier).

En pratique, ceci permet de comprendre notamment la raison pour laquelle la correction en lentilles rigides ou par photo-ablation thérapeutique est capable de corriger les aberrations du front d'onde au-delà de la meilleure formule sphéro-cylindrique en lunettes. Et d'améliorer ainsi la meilleure acuité des patients porteurs d'irrégularité de forme de la cornée.

Lorsque l'optique oculaire est significativement asphérique (kératocône, greffe de cornée, postkératochirurgie réfractive, cicatrice stromale, implant multifocal réfractif ou EDOF, staphylome myopique...) la mesure de la réfraction objective par RA est le plus souvent fautive.

Dans le kératocône, notamment, cette erreur est quatre à six fois supérieure à celle observée pour les cas de myopie régulière [10]. Dans ces cas, nous préconisons de

négliger le RA et de privilégier une méthode purement manuelle et intuitive en plusieurs étapes :

- estimation de l'importance de la distorsion optique sur la perception subjective comparative (OD/OG) d'une diode à 3 m en ambiance photopique et mésopique ou par aberrométrie du front d'onde ;
- mesure de l'acuité sans correction et estimation intuitive de l'équivalent sphérique (ES) le plus probable et de l'importance d'un éventuel cylindre (confusion des lettres) ;
- détermination de l'équivalent sphérique donnant la meilleure acuité ;
- introduction d'un cylindre modéré (0,75 D) à ES constant et recherche du meilleur quadrant (0, 90 puis 45,135°) sur un optotype en "nuage de points" ;
- ajustement de l'axe puis de la valeur du cylindre au moyen du cylindre croisé de Jackson, toujours sur l'optotype en "nuage de points".

En effet, les optotypes morphoscopiques font largement appel à la vision cognitive, dont la performance relative impacte le résultat "net" au détriment de la mesure "brute" du pouvoir de résolution permis par la correction optique optimale. Nous privilégions donc les optotypes non morphoscopiques et notamment le "nuage de points" transposant visuellement le principe de la matrice de rayons lumineux analysée par l'aberrométrie du front d'onde (appréciation de la netteté obtenue par la correction optimale sur l'ensemble de la pupille d'entrée et non pas seulement sur l'axe visuel).

Dans notre expérience de la photo-ablation réfractive par PKR (depuis 1992) ou LASIK (depuis 1995) nous avons progressivement abandonné la réfraction subjective et la cycloplégie pour la détermination de la correction optimale à apporter avec le profil d'ablation, au profit de l'ablation guidée par l'aberrométrie du front d'onde. Depuis, cette dernière est devenue la source exclusive de la planification opératoire pour la quasi-totalité de nos patients.

L'aberrométrie du front d'onde pratiquée systématiquement en pré-opératoire nous a en effet appris que la sphère, le cylindre et l'axe de la correction varient le plus souvent avec la cycloplégie et, surtout, en fonction du diamètre pupillaire, lors d'une dilatation non cycloplégique par la néosynéphrine 5 %.

En adoptant l'ablation guidée par l'aberrométrie, nos patients ont bénéficié de ce fait d'une meilleure précision de la correction apportée, celle-ci étant basée non plus sur une extrapolation simplifiée et peu fiable de la formule sphérocyindrique subjective mais sur la normalisation objective du front d'onde pour l'ensemble de la pupille d'entrée.

En dehors de l'amélioration significative de la qualité de vision et notamment de la vision mésopique, cette approche s'est également accompagnée de l'éradication des erreurs humaines de mesure ou de transcription de la correction à apporter par la photo-ablation, de l'identité du patient ou du côté à opérer (du fait de l'asservissement du profil ablatif à la reconnaissance irienne).

### Extrapolation par intelligence artificielle

Sur la base de cette expérience, nous avons envisagé, en 2018, de développer une approche similaire pour la prescription optique de routine, basée sur l'extrapolation par intelligence artificielle de la meilleure correction optique sphérocyindrique subjective prédite à partir de données objectives, anatomiques (biométrie de l'œil) et optiques (aberrométrie du front d'onde).

Contrairement à la définition optique géométrique directe du profil ablatif idéal par l'aberrométrie, cette extrapolation nécessite de déterminer indirectement à partir des données objectives, par un modèle mathématique statistique, la meilleure probabilité de correction sphérique et cylindrique reflétant la prescription effectivement réalisée en vie réelle.

Plusieurs modèles permettant de prédire la meilleure correction optique subjective ont été proposés, sur la base de données d'aberrométrie de front d'onde [11], d'analyses vectorielles de puissance [12], d'images du fond d'œil [3] et, plus récemment, en utilisant l'intelligence artificielle (IA) et modèles d'apprentissage automatique (*machine learning* ou ML) [4, 12-19].

Dans la plupart des applications modernes, l'analyse et la prédiction des composantes sphérocyindriques de la RS sont effectuées dans le système de coordonnées dit de vecteur de puissance (*power vector*, PV), formé de trois composantes (J0, J45, M) définies par :

$$J0 = -(C/2) \cdot \cos(2A), J45 = -(C/2) \cdot \sin(2A), SE = S + C/2, M = S + C/2$$

S = sphère, C = cylindre et A = axe

Les deux systèmes de coordonnées (J0, J45, M) et (S, C, A) sont interchangeable de manière bi-univoque en utilisant les relations ci-dessus.

Ce système de coordonnées PV est généralement utilisé pour comparer les résultats des modèles prédictifs de la RS dans la littérature.

Les résultats de ces modèles sont encourageants (*tableau I*). Malgré cela, la complexité de la préparation des données et la quantité théorique de données nécessaires pour obtenir des résultats fiables (dans une majorité de cas du fait de l'importante dispersion des corrections optiques) ont limité la portée de cette approche pour permettre un usage généralisé des méthodes d'IA et de ML dans la prédiction de la RS, et remplacer l'approche manuelle.

Convaincus intuitivement que la nature exhaustive des données objectives recueillies par notre station robotique Eyelib (*dataset* anatomique et optique complet de l'œil) pourrait apporter une solution plus efficace à cette problématique, nous avons développé un nouveau modèle prédictif d'intelligence artificielle de type ML pour les composants sphérocyindriques de la RS basé sur les 32 paramètres opto-anatomiques pertinents de notre *dataset*.

Nous avons utilisé un ensemble de données collectées sur 9763 cas par E. Prevot entre janvier 2019 et février 2022 pour entraîner notre modèle (*training set*) afin de former deux prédicteurs indépendants pour la sphère (S) et le cylindre (C) de la RS. Nous avons ensuite testé notre modèle sur 1900 dossiers du centre IenaVision collectés entre juillet 2021 et juin 2023 (*validation set*).

Grâce à ce modèle de ML, nous avons démontré une amélioration significative de la prédiction de la RS par rapport à l'approche manuelle utilisant un réfractomètre automatique (*fig. 1A et fig. 1B*) et par rapport aux modèles antérieurs (*tableau I*), permettant ainsi de réduire ou de supprimer cette approche dans la majorité

des cas ou de réduire le temps d'examen manuel subjectif pour les réfractions extrêmes. Notre modèle offre un point de départ plus proche de la RS finale que celui proposé par le RA.

Nous obtenons une précision de :  
 – 90 % dans la prédiction de la composante subjective du cylindre dans une plage de  $\pm 0,25$  D, avec une erreur absolue moyenne de 0,22 D ;

Article	Méthode	Data source	Training set	Validation set	Résultats
Lutz de Araujo <i>et al.</i> 2020	Multivariate ML	Autorefractometer, demographic	17 000	NA	MAE: 0.1 D, 0.069 D and 0.328 D RMSE: 0.18 D, 0.13 D and 0.71 D for J0, J45 and M respectively
Rampat <i>et al.</i> 2020	ML	Aberrometry	3730	350	MAE: 0.120 D, 0.301 D and 0.094 D for J0, J45, and M, respectively
Hernández <i>et al.</i> 2022	ML	Aberrometry	1 300	518	MAE: 0.11 D, 0.07 D, and 0.38 D for J0, J45, and M, respectively
Leube <i>et al.</i> 2019	DL	Zernike coefficients, pupil diameter	50 000	460	Mean difference: 0.01, 0.00 and 0.01 for J0, J45 and M
Ohlendorf <i>et al.</i> 2017	ML	Aberrometry	460	NA	RMSE : 0.03 D, 0.03 D and 0.17 D, for J0, J45 and M, respectively
Chun <i>et al.</i> 2020	DL	Photorefractation images captured by smartphones	305	NA	Overall accuracy 81 %
Varadarajan <i>et al.</i> 2018	DL	Retinal fundus images	226 870 fundus images	Two DBs: 24 000 and 15 750 fundus images	MAE: 0.56 D and 0.91 D for SE, on two dataset
Espinosa <i>et al.</i> 2020	Gaussian process regression	Wavefront, topography, demographic	NA	NA	MAE: Sphere 1 D, Cylinder 0.15 D
Turull-Mallofré <i>et al.</i> 2023	ML regression, XGB, predicting the M component	Zernike, demographics	142	48	MAE: 0.21 D for the spherical equivalent
Notre modèle	ML	Autorefractometer, Wavefront Zernike coefficient, Scheimflug biometry, Pupillometry, Elevation Topography (anterior and posterior), Demographic	9763	1900	MAE of 0.09 D, 0.077 D and 0.25 D, RMSE 0,14, 0,12 and 0.32 for J0, J45 and M, respectively

Tableau I : Résultats des différents modèles évalués.

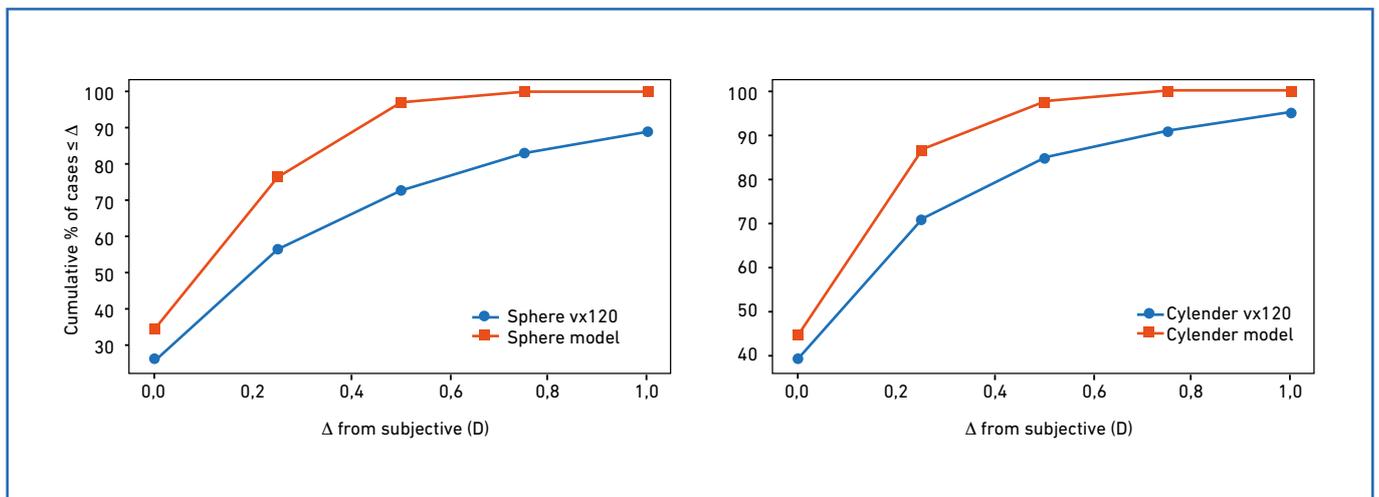


Fig. 1 : Résultats du modèle de machine learning évolué.

– 85 % dans la prédiction de la composante subjective de la sphère dans une plage de  $\pm 0,25$  D, avec une erreur absolue moyenne de 0,2 D.

D'après notre prédiction, chez 3 patients sur 4, aucun ajustement supplémentaire n'est nécessaire avec le photopètre ou les montures d'essai pour arriver à  $\pm 0,25$  D de la réfraction subjective effectivement prescrite.

Ce modèle paramétrable est théoriquement assez flexible pour s'adapter spécifiquement avec le temps aux choix réfractifs de chaque praticien ou à la variabilité des données démographiques ou ethniques locales.

La puissance de ce modèle pourra évoluer favorablement en fonction des volumes de données traitées et permettre d'atteindre la taille critique d'échantillons pour les réfractions les plus inhabituelles (fortes amétropies) ou les plus irrégulières (kératocône, greffe de cornée, postkératochirurgie réfractive, cicatrice stromale cornéenne, implant multifocal réfractif ou EDOF, staphylome myopique...).

Surtout, la validation par des essais cliniques rétrospectifs ou prospectifs et l'incorporation d'un retour d'information subjectif et objectif postprescription permettront rapidement d'ajouter à notre algorithme d'IA une boucle de correction automatisée (*feed-back loop*). Et ce, afin de renforcer continuellement la pertinence effective dans la vie réelle.

Ce modèle prédictif par intelligence artificielle devrait à court terme permettre de supprimer l'étape manuelle fastidieuse et peu fiable de la détermination subjective de la meilleure correction optique pour chaque patient. Cela générera ainsi une économie de temps et de financement très substantielle afin d'optimiser la délivrance et la précision des soins oculaires.

## Bibliographie

1. BULLIMORE MA., FUSARO RE, ADAMS CW. The repeatability of automated and clinician refraction. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 75.8 (1998): 617-622.
2. CHOONG YF, CHEN AH, GOH PP. A comparison of autorefractometry and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. *American journal of ophthalmology* 142.1 (2006): 68-74.
3. JAEHYEONG C, KIM Y, YOON SHIN K *et al.* Deep learning-based prediction of refractive error using photorefractometry images captured

by a smartphone: model development and validation study. *JMIR Medical Informatics*, 8.5 (2020): e16225.

4. DE ARAUJO LUTZ A, DIAS PEIREIRA SANTOS H, SGANZERLA D *et al.* Development of a multivariable prediction model to predict subjective refraction in patients with refractive errors. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 61.7 (2020): 5172-5172.
5. ELLIOTT M, SIMPSON T, RICHTER D *et al.* Repeatability and accuracy of automated refraction: a comparison of the Nikon NRK-8000, the Nidek AR-1000, and subjective refraction. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 74.6 (1997): 434-438.
6. KUMAR RS, MOE CA, KUMAR D *et al.* Accuracy of autorefractometry in an adult Indian population. *PLoS one*, 16.5 (2021): e0251583.
7. RAASCH TW, BAILEY IL, BULLIMORE MA. Repeatability of visual acuity measurement. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 75.5 (1998): 342-348.
8. THOMPSON AM, LI T, PECK LB *et al.* Accuracy and precision of the Tomey ViVA infrared photorefractor. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 73.10 (1996): 644-652.
9. MARIN G, MESLIN D. Refraction: Patients are sensitive to increments smaller than a quarter diopter. *Points de Vue: Int. Rev Ophthalmic Opt*, 2020:1-4.
10. RAASCH TW, SCHECHTMAN KB, DAVIS LJ *et al.* Repeatability of subjective refraction in myopic and keratoconic subjects: results of vector analysis. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 21.5 (2001):376-383.
11. GUIRAO A, WILLIAMS DR. A method to predict refractive errors from wave aberration data. *Optometry and Vision Science*, 80.1 (2003): 36-42.
12. HERNÁNDEZ CS, GIL A, CASARES I *et al.* Prediction of manifest refraction using machine learning ensemble models on wavefront aberrometry data. *Journal of Optometry*, 2022.
13. LEUBE A, LEIBIG C, OHLENDORF A *et al.* Machine Learning based Predictions of Subjective Refractive Errors of the Human Eye. *HEALTHINF*, 2019.
14. RAMPAT R, DEBELLEMANIÈRE G, MALET J *et al.* Using artificial intelligence and novel polynomials to predict subjective refraction. *Scientific Reports* 10.1 (2020): 1-9.
15. VARADARAJAN AV, POPLIN R, BLUMER K *et al.* Deep learning for predicting refractive error from retinal fundus images. *Investigative ophthalmology & visual science* 59.7 (2018):2861-2868.
16. OHLENDORF A, LEUBE A, LEIBIG C *et al.* A machine learning approach to determine refractive errors of the eye. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 58.8 (2017): 1136-1136.
17. NICKSON I, MSKSHA WAJIGA G, OBAKA D. A Machine Learning Approach for Estimating Visual Acuity Using the Gradient Descent Algorithm. *Int J Sci Res in Computer Science and Engineering* Vol 10.6 (2022).
18. ESPINOSA J, PÉREZ J, VILLANUEVA A. Prediction of Subjective Refraction From Anterior Corneal Surface, Eye Lengths, and Age Using Machine Learning Algorithms. *Translational Vision Science & Technology* 11.4 (2022):8-8.
19. Turull-Mallofré A, García-Guerra CE, Aldaba M *et al.* Prediction of the spherical refractive error using machine learning regression models on accommodation data. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 64.8 (2023):4987-4987.

Le modèle de machine learning décrit dans cet article est développé par la société Mikajaki, dont M. Assouline, E. Prevot et O. Shukron sont respectivement actionnaire-fondateur, actionnaire et salarié.

## Regards croisés sur l'utilisation du microscope full digital 3D : segment antérieur



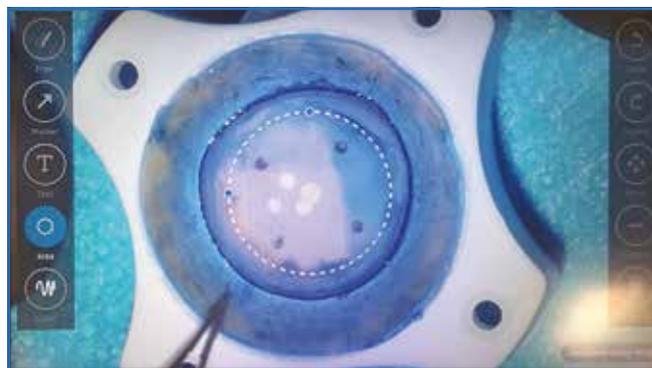
**N. MECHLEB, A. SAAD**

Service d'ophtalmologie, Fondation Rothschild, PARIS.  
mechleb.nicole@gmail.com

En avril 2023, la première plateforme totalement numérique du microscope chirurgical SeeLuma [1] a été lancée. Cette innovation technologique intègre des fonctionnalités éducatives tout en maintenant une qualité de visualisation au minimum similaire, voire meilleure dans certaines circonstances, à celle des microscopes optiques conventionnels. L'objectif principal de cette plateforme consiste à améliorer l'ergonomie du travail des chirurgiens ophtalmologistes en leur offrant la possibilité de visualiser directement un écran tête haute, éliminant ainsi la nécessité de tourner le cou. Ce dispositif présente ainsi un potentiel certain dans le domaine de la chirurgie oculaire, apportant d'importants avantages aux chirurgiens actuels et futurs. Voici notre retour d'expérience dans la chirurgie du segment antérieur avec ce microscope.

### Outil pédagogique

Le microscope numérique, avec son support en temps réel grâce à une interface tactile, offre aux chirurgiens la possibilité de connecter plusieurs écrans sans fil simultanément. Cela permet aux stagiaires de suivre en temps



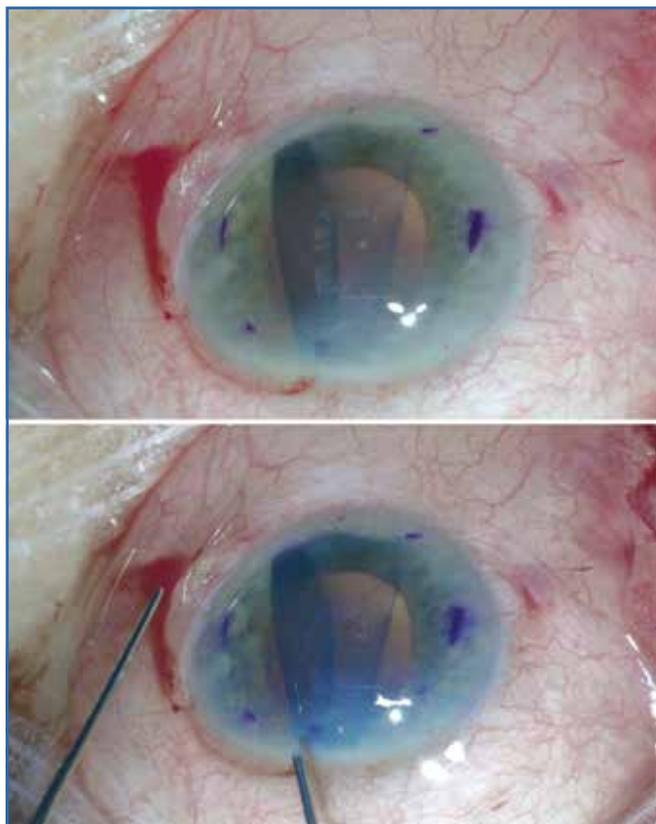
**Fig. 1 :** Le "Mode d'assistance" permet d'annoter la limite souhaitable du greffon endothélial à préparer.

réel les différentes étapes chirurgicales, en présence ou à distance. La visualisation en 3D stimule activement l'implication de tous les internes/ assistants présents en salle opératoire, faisant de cet outil un moyen d'apprentissage intéressant. De plus, la fonction "Mode d'assistance" permet aux utilisateurs de créer des annotations ou de prendre des notes directement sur l'image chirurgicale, d'afficher des repères numériques utiles et de favoriser des applications d'apprentissage automatique, favorisant ainsi une collaboration active pendant les chirurgies en direct (*fig. 1*). Par ailleurs, le microscope numérique ouvre la voie à l'apprentissage par l'intelligence artificielle des gestes appropriés, des gestes risqués, du déroulement classique d'une intervention ou des complications potentielles. Toute chirurgie peut être enregistrée en résolution 3D et traitée dans l'éditeur vidéo de la plateforme puis exportée pour créer des vidéos d'apprentissage.

### Qualité et outils supplémentaires de visualisation

La plateforme numérique s'est révélée particulièrement intéressante dans les chirurgies complexes grâce

à une reproduction fiable des couleurs et à un niveau de contraste satisfaisant [2]. En effet, le chirurgien a un contrôle visuel direct et augmenté grâce à l'amplificateur de profondeur de champ de neuf fois. Contrairement à ce qui est parfois observé avec d'autres microscopes numériques [3], ici, l'absence de temps de latence perceptible entre le geste chirurgical et la réception de l'image est notable. De plus, la possibilité d'application des filtres de couleurs à l'image chirurgicale améliore significativement la visualisation de certaines structures intra-oculaire. Exemple: l'utilisation du filtre de lumière bleue pour mettre en valeur les limites d'un greffon de kératoplastie endothéliale (DMEK), préalablement marqué au bleu de trypan 0,06 % (fig. 2). Pour les chirurgies de la cornée, cet outil est particulièrement utile dans des situations complexes au cours desquelles l'œdème cornéen important pourrait entraver la visibilité du segment antérieur. De plus, l'intégration de la tomographie par cohérence optique Heidelberg OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Bade-Wurtemberg, Allemagne) facilitera davantage les chirurgies complexes durant



**Fig. 2 :** Un greffon endothélial marqué au bleu de trypan 0,06 %, avant (en haut) et après (en bas) l'application du filtre de lumière bleue.

lesquelles la visibilité empêcherait, sinon, le bon déroulement de la chirurgie.

Aucune différence significative n'a été rapportée [4] dans la littérature par rapport au microscope opératoire standard et relatif à l'aisance des gestes opératoires. Selon notre expérience, notamment dans la chirurgie de la cataracte, les durées opératoires, les résultats visuels postopératoires et les difficultés peropératoires sont comparables aux chirurgies utilisant les microscopes optiques conventionnels.

### Ergonomie de travail

Ce microscope numérique est équipé de deux écrans tridimensionnels 3D 4K. Cette disposition offre une flexibilité appréciable. Le premier écran, de 31 pouces, est positionné à une distance moyenne (75 cm à 1 m), tandis que le second, de 55 pouces, est placé au pied du patient (2 m). L'écran de 31 pouces donnerait, selon notre expérience, une visualisation très agréable et satisfaisante pour la plupart des interventions. Le microscope dispose également d'une paire de binoculaires entièrement numériques avec une angulation ajustable, permettant ainsi leur utilisation ergonomique à angle droit (fig. 3). Les binoculaires offrent une profondeur de champ améliorée et une visualisation au moins aussi performante que les microscopes optiques, avec un niveau d'éclairage inférieur à celui des systèmes optiques. De ce fait, l'éblouissement postopératoire du patient est réduit et la récupération visuelle postopératoire du patient est accélérée, sans compromettre le confort du chirurgien durant l'opération.



**Fig. 3 :** Le chirurgien et son assistant dans une posture ergonomique droite (à gauche); l'utilisation d'une paire de binoculaires numériques avec un angle ajustable droit, améliore la posture peropératoire (à droite).



**Fig. 4 :** Le microscope chirurgical numérique SeeLuma (Bausch and Lomb) et son bras de suspension en forme de C.

En outre, la plateforme présentée (SeeLuma) se distingue de ses homologues 3D par son bras de suspension en forme de C (*fig. 4*), permettant au chirurgien et à son assistant de maintenir une posture droite, sans solliciter le cou ou le dos lors des interventions (*fig. 2*). Contrairement à d'autres microscopes 3D qui exigent une observation latérale de l'écran [5, 6], cette conception ergonomique favorise le confort et réduit la fatigue musculaire, constatation corroborée par notre expérience et par l'étude de Park *et al.* [2], qui a démontré une diminution significative de la fatigue musculaire avec les systèmes de visualisation tête vers le haut (HUD).

Le microscope numérique représente donc une avancée significative en termes d'ergonomie et d'aide chirurgicale. Ses nombreuses options d'affichage en font un outil précieux, qui permet aux chirurgiens d'effectuer des interventions plus précises, confortables et éducatives. L'évolution constante de ces fonctionnalités ouvre la perspective d'une substitution potentielle des microscopes opératoires conventionnels, simplifiant ainsi l'intégration de la robotique dans la chirurgie ophtalmologique.

## Bibliographie

1. BAUSCH + LOMB PARTNERS with Heidelberg Engineering to introduce SeeLuma. *Ophthalmology Times*. Published April 13, 2023. Accessed August 22, 2023. <https://www.opthalmology-times.com/view/bausch-lomb-partners-with-heidelberg-engineering-to-introduce-seeluma>
2. PARK SJ, HWANG JM, JAE JIN PARK E *et al.* Comparison of surgeon muscular properties between standard operating microscope and digitally assisted vitreoretinal surgery systems. *Retina Phila Pa*, 2022;42:1583-1591.
3. TA KIM D, CHOW D. The effect of latency on surgical performance and usability in a three-dimensional heads-up display visualization system for vitreoretinal surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*, 2022;260:471-476.
4. RIPA M, KOPSACHEILIS N, KANELLOPOULOU *et al.* Three-Dimensional Heads-Up vs. Standard Operating Microscope for Cataract Surgery: A systematic review and meta-analysis. *Diagn Basel Switz*, 2022;12:2100.
5. ARTEVO 800 from ZEISS. Accessed August 22, 2023. <https://www.zeiss.com/meditec/en/products/surgical-microscopes/ophthalmic-microscopes/artevo-800.html>
6. M822 Ophthalmic surgical microscope. Accessed August 22, 2023. <https://www.leica-microsystems.com/products/surgical-microscopes/p/leica-m822-f20/>

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

## Schwind ATOS



**S. ARBA-MOSQUERA, F. PENIN**  
Schwind Eye-Tech-Solutions  
Samuel.Arba.Mosquera@eye-tech.net  
franck.penin@eye-tech.net

En 2007-2008, Schwind eye-tech-solutions a lancé un projet visant à développer un laser femtoseconde pour la chirurgie réfractive (*fig. 1*) [1]. Déjà à l'époque, il était évident pour Schwind d'inclure une extraction de lentilles comme option de traitement du système à développer [2]. Il a fallu beaucoup de temps depuis, jusqu'à ce que Flex [3] et, en particulier, Smile [4] (tous deux de Carl Zeiss Meditec) deviennent largement populaires. Cela a pris encore plus de temps, jusqu'à ce que Schwind réalise sa propre version d'une extraction de lentilles (baptisée SmartSight) réalisée par son propre système laser femtoseconde (le Schwind ATOS) [5].

L'effort pour les lentilles est-il justifié en termes de pénétration du marché? C'est une question qui se pose toujours. Par ailleurs, des questions relatives à la stratégie de traitement, les questions techniques et juridiques peuvent être réglées. La confiance dans les résultats est apportée par l'expérience clinique; le succès commercial de l'extraction de lentilles, quant à lui, est resté incertain pendant assez longtemps.

Schwind enregistre un excellent bilan en matière d'ablations transépithéliales (TransPRK/SmartSurFACE) [6], à bien des égards comparables à l'extraction de lentilles (Smile) en termes d'année d'introduction, de rampe de

réussite et de nombre de traitements effectués [7]. Et ce, sur une méthode d'ablation de surface essentiellement considérée comme "hors marché".

La position et la proposition de Schwind (*fig. 2*) sont basées sur le fait que l'extraction des lentilles est un complément, une alternative et non un remplacement du LASIK. Schwind s'abstient de pousser l'extraction des lentilles au motif qu'elle promet d'être meilleure que le LASIK (en termes de résultats, de biomécanique,



Fig. 1 : Image du système laser femtoseconde Schwind ATOS.

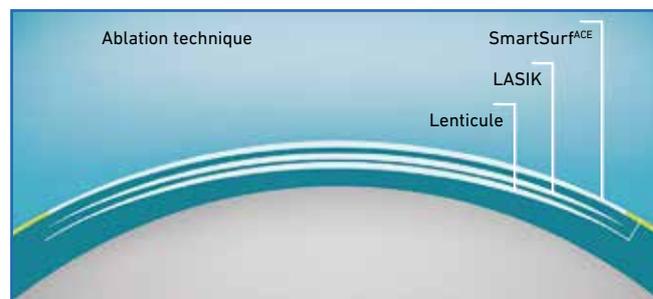


Fig. 2 : Représentation schématique des modalités de traitement proposées par les solutions eye-tech-solutions de Schwind. SmartSurFACE (PRK transépithéliale) est placé à travers l'épithélium et directement sous l'épithélium, tandis que le LASIK et les lentilles sont placés plus profondément au niveau du stroma antérieur.

de sécheresse oculaire). Schwind propose l'extraction des lentilles en parallèle du LASIK et de la TransPRK comme un outil supplémentaire dans l'arsenal mis à la disposition du chirurgien.

## Caractéristiques techniques de Schwind ATOS

Schwind ATOS est un nouveau développement de la technologie laser femtoseconde qui permet de générer des capots LASIK et des lentilles SmartSight. Il a reçu le marquage de la conformité européenne (CE) en juillet 2020, au début de la pandémie de la COVID-19 [5]. Depuis, un nombre croissant de chirurgiens en Europe et ailleurs ont pratiqué des SmartSight. Jusqu'à présent, l'ablation des lentilles a été réalisée sans complications peropératoires pertinentes.

Le Schwind ATOS est propulsé par une source laser femtoseconde amplifiée régénérative, délivrant des impulsions proches de l'infrarouge à environ  $1030 \pm 50$  nm, avec une durée d'impulsion d'environ  $225 \pm 70$  fs, un taux de répétition allant jusqu'à environ 4 MHz et délivrant une énergie d'impulsion dans la gamme 75-135 nJ. Le système optique de l'ATOS comprend une ouverture numérique élevée (NA) et une courte distance de travail menant à un très petit point dans le plan focal.

L'application se fait à l'aide d'une interface patient jetable à usage unique. Cette interface patient comprend un élément de contact plan-concave. Schwind a opté pour une géométrie incurvée de l'élément de contact en raison des avantages théoriques de l'élévation de la PIO et de la réduction des plis au niveau de la cornée postérieure. Des considérations techniques et d'ingénierie auraient toujours conduit à une conception plate de l'élément de contact. La charge appliquée sur l'œil pendant l'aplanation est faible, environ 150 g (<250 g), ainsi qu'une aspiration appliquée d'environ 250 mmHg (<300 mmHg), ce qui conduit à une PIO maximale pendant le traitement ne dépassant pas 135-140 mmHg (à peine au-dessus de la pression systolique) [8].

## Principe de fonctionnement

En raison de l'ouverture numérique élevée de l'ATOS (ainsi que de la courte durée d'impulsion et de l'optique de balayage quasi télécentrique), le seuil de claquage optique induit par laser (LIOB) est réduit [9].

Ce seuil LIOB réduit permet à ATOS d'utiliser des énergies d'impulsion plus faibles [10]. Les énergies réduites produisent des bulles beaucoup plus petites; donc beaucoup plus de bulles contribuent ensemble à produire un plan de clivage [9]. Mais plus il y a de bulles, plus il faut un taux de répétition élevé pour que le temps de traitement reste raisonnable (en première approximation, Rep. Rate \* Aire des bulles = surface calculée par unité de temps).

Une ouverture numérique plus élevée et des spots plus petits ont pour avantage une coupe plus lisse [11]. Le concept Low Pulse Energy offre une meilleure résolution et des réactions cornéennes plus faibles. Le concept d'espacement asymétrique contribue à une coupe plus homogène pour des énergies d'impulsion et une dose de traitement plus faible [9]. Schwind ATOS fonctionne dans la gamme d'ablation médiée par plasma [12], bien en dessous de la plage de photodisruption [13] et légèrement au-dessus du seuil de claquage optique induit par laser [9]. Il ne génère que du plasma de faible densité et des impulsions de faible énergie [14], ce qui permet un traitement doux et respectueux des tissus. Avec l'ATOS, un réglage typique serait de 85 nJ  $5,9 \mu\text{m} \times 2,3 \mu\text{m}$  ( $\sim 626 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ ).

La faible énergie d'impulsion (inférieure à 100 nJ) de l'ATOS offre une meilleure résolution et réduit les réactions cornéennes, tandis que les espacements asymétriques conduisent à des coupes plus homogènes avec moins d'énergie d'impulsion.

Le processus de balayage temporel et spatial conduit finalement à une bulle confluyente (ou coalescente) (formant un plan de clivage), qui permet ainsi la séparation du tissu. Il peut y exister des différences essentielles entre la coalescence d'une seule petite bulle avec une autre seule petite bulle et la coalescence d'une seule petite bulle avec une couche de bulles résiduelle accumulée par des milliers de bulles auparavant. Chaque nouvelle petite bulle contribue à la coupe de la cornée, mais ces bulles peuvent être régies par différents mécanismes sous-jacents. Par exemple, des régimes très différents ont été observés pour les mécanismes d'interaction des bulles de cavitation induites par des impulsions fs-laser séparées spatialement et temporellement (au moins pour des énergies d'impulsion bien au-dessus du seuil de claquage). Le taux de répétition pourrait jouer un rôle crucial. Si la durée de vie de la bulle de

cavitation (ou de la bulle de gaz restante) est supérieure à l'inverse du taux de répétition de l'impulsion (c'est-à-dire le temps d'interimpulsion), l'impulsion suivante peut cibler la cavitation et être "distracte" afin qu'aucune panne ne puisse se produire. De tels effets peuvent être déduits de travaux antérieurs sur les mécanismes d'interaction des bulles de cavitation induites par des impulsions fs-laser séparées spatialement et temporellement (au moins pour les énergies d'impulsion bien au-dessus du seuil de claquage) [9].

L'interaction entre la taille des bulles, l'espacement des points et le taux de répétition est très complexe. Les travaux récents de Tinne *et al.* [15] ont montré que les bulles dans l'eau et la gélatine à 1 % ont des durées de vie supérieures à 10  $\mu\text{s}$  (pour les énergies supérieures à 1  $\mu\text{J}$  et les énergies relatives supérieures à six fois le seuil). Dans le même ouvrage, Tinne *et al.* [15], aucune influence entre les oscillations des bulles de cavitation n'a été observée, et en dessous de 7,2 fois le seuil ( $\approx 1\,000$  nJ dans leur configuration), un effondrement asymétrique de la bulle peut être observé. Pour la gélatine à 2 % et 5 %, un effondrement asymétrique de la bulle a été observé lors de l'oscillation d'interaction pour des énergies aussi élevées que 8,4 fois le seuil ( $\approx 1\,200$  nJ dans leur configuration) en raison de la diminution du rayon et de la durée de vie maximum de la bulle avec l'augmentation de la concentration de gélatine [15], tandis que le paramètre de chevauchement temporel a été négligé car il n'y avait aucune influence sur les effets d'interaction.

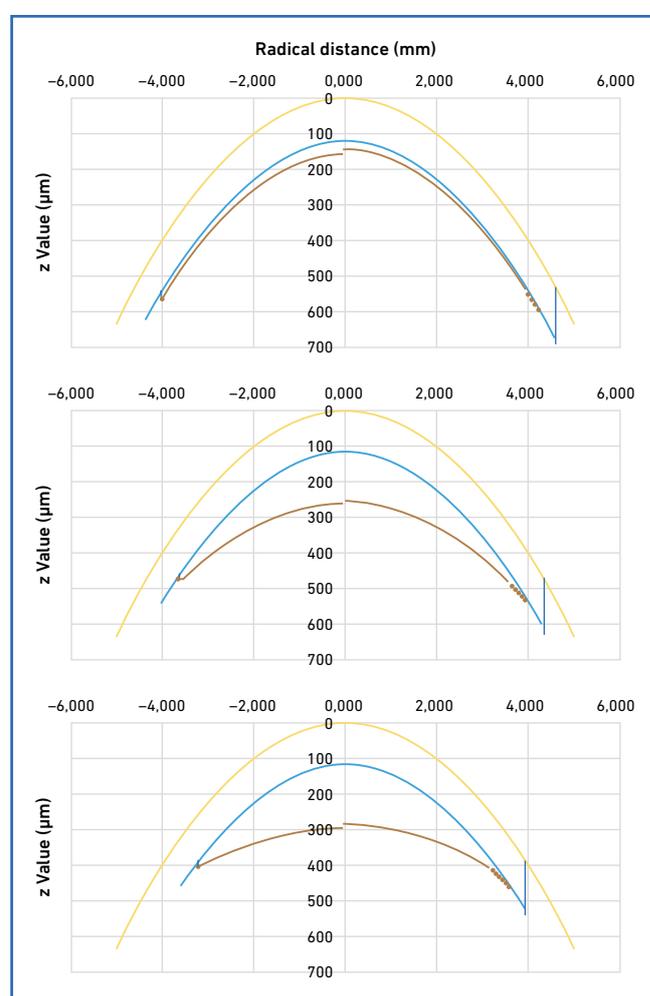
En fait, le taux de répétition est crucial pour la dissection intrastromale en chirurgie réfractive. La bulle reste à l'intérieur de la cornée pendant quelques microsecondes (pour les faibles énergies d'impulsion dépassant légèrement le seuil de claquage, une seule dilatation et un seul effondrement de la bulle se produisent). Ainsi, en dessous d'environ 10 kHz, le taux de répétition ne jouerait probablement pas un rôle pertinent tandis que, au-delà d'environ 100 kHz, le taux de répétition (c'est-à-dire dans le régime MHz) jouerait probablement un rôle crucial. Les interactions avec la bulle de l'impulsion laser précédente doivent être prises en compte, qui dépendent en outre de l'espacement des points et de la taille des bulles/de l'énergie laser.

De plus, des impulsions très voisines peuvent fortement s'influencer mutuellement : une impulsion ultérieure

peut être amenée à agir avec un matériau modifié optiquement par l'impulsion précédente, ce qui entraîne des conditions variables pour l'interaction laser-tissu [15].

## Géométrie des lentilles SmartSight

En général, la forme de la lentille ressemble beaucoup (mais n'est pas identique) aux profils LASIK "sans aberrations" des Amaris. Les profils SmartSight comprennent une zone de transition (TZ) (tout comme les profils Amaris LASIK) partageant de nombreux principes avec les zones de transition LASIK (*fig. 3*). La lentille



**Fig. 3 :** Comparaison schématique de trois géométries de lentilles différentes incluant un piédestal d'épaisseur minimale (moitié gauche, incluant un piédestal de 15  $\mu\text{m}$ ) et des géométries de lentilles incluant une ZT réfractive progressive telles que proposées par Schwind eye-tech-solutions. L'épaisseur maximale des lentilles est plus élevée pour la version avec piédestal (les lentilles SmartSight économisent du tissu par rapport à une version avec piédestal de 15  $\mu\text{m}$ ), alors que la zone de contact progressive réfractive élargit et adoucit la jonction avec la cornée non traitée (elle assure une meilleure transition entre les régions entièrement corrigées et les régions non corrigées de la cornée).

(englobant la zone optique (OZ) et zone de transition (TZ) s'amincit jusqu'à zéro au bord extérieur de la TZ (tout comme les profils de réfraction Amaris). En comparant cela aux trois concurrents (Smile, Clear, Silk), montrant tous un piédestal (épaisseur minimale du lenticule) au bord du lenticule (bord extérieur de la TZ), Schwind ne semble pas en avoir besoin; donc cette épaisseur tissulaire du piédestal est économisée (préservée).

L'épaisseur des lenticules calculée par ATOS en mode SmartSight est très proche de la profondeur d'ablation équivalente d'un traitement LASIK sans aberration (AF) de l'Amaris (et similaire à celle d'une correction basée sur la différence de deux ovales cartésiens). Elle se situe entre celle du profil standard de Munnerlyn et son approximation parabolique/paraxiale. Cette conception de profil SmartSight permet également d'économiser des tissus par rapport à l'équation complète de Munnerlyn (y compris la TZ).

Ainsi, la géométrie du lenticule SmartSight est de nature asphérique, y compris une TZ réfractif progressive, sans piédestal.

Puisqu'il n'y a pas d'épaisseur supplémentaire ajoutée, il existe une question récurrente pour le cas de corrections d'amétropies faibles. L'expérience de Schwind avec TransPRK est essentielle dans la recommandation spécifique pour une extraction optimale dans ces cas. Le problème est le même: comment obtenir la bonne correction. La seule recommandation est donc d'agrandir l'OZ aussi large que possible/nécessaire. Schwind ATOS impose comme limite que l'épaisseur minimale du lenticule (généralement au centre ou près du centre) doit dépasser 25  $\mu\text{m}$  pour que le plan de traitement soit effectué dans ATOS (sinon on ne peut pas le planifier). Autre limite: l'OZ maximum ne peut pas dépasser 8,0 mm. Sous ces deux conditions, les lenticules à peine inférieures à -1 D de myopie peuvent être traitées.

Dès les premiers résultats cliniques, les écarts étaient mineurs [16], mais ces écarts aussi peuvent être affinés (tant qu'ils montrent un effet systématique).

Autres points d'intérêt dans la conception d'un lenticule: la profondeur/épaisseur et la géométrie de la coiffe antérieure. Dans SmartSight, la coupe antérieure du chapeau est trop courbée (elle devient légèrement plus

épaisse/plus profonde vers la périphérie). Cela peut servir de mesure de protection contre de légères décentrées (empêchant les coupures dans l'épithélium). De plus, la coupe antérieure de la coiffe peut devenir plus naturelle sur le plan anatomique, car l'épaisseur globale de la cornée ainsi que l'épaisseur de l'épithélium augmentent légèrement vers la périphérie [17].

## Gammes de traitement :

- Épaisseur du lenticule: 25  $\mu\text{m}$  à 165  $\mu\text{m}$
- CRST: > 275  $\mu\text{m}$

L'objectif des profils asphériques SmartSight consiste à conserver les aberrations de hauts ordres (HOA) pré-opératoires (dans ZO) après SmartSight, en particulier l'aberration sphérique, la coma et le trèfle doivent rester essentiellement inchangés [10]. Un autre objectif: atteindre une ZO effective égale (ou au moins comparable) à la ZO prévue (donc la ZO prévue est atteinte) [18]. La ZO prévue pour SmartSight peut être réglée librement entre 5,5 mm et 8,0 mm de diamètre (+ TZ jusqu'à 0,8 mm à l'extérieur de la ZO). Au fur et à mesure que les lenticules s'épaississent (par exemple, pour des corrections plus élevées ou des zones optiques plus grandes), elles sont plus faciles à extraire; et il reste moins de stroma résiduel. ATOS limite l'épaisseur maximale des lenticules entre 25  $\mu\text{m}$  et 165  $\mu\text{m}$ . De plus, ATOS impose une épaisseur stromale résiduelle calculée d'au moins 275  $\mu\text{m}$  (nous recommandons que l'épaisseur totale de la cornée postopératoire reste supérieure à 400  $\mu\text{m}$ ).

## Avantages potentiels d'ATOS SmartSight

Puisqu'aucune épaisseur minimale de lenticule n'est incluse dans les profils, cela réduit potentiellement l'épaisseur globale des lenticules. Avec la ZT réfractive progressive incluse dans SmartSight, le remodelage épithélial est potentiellement réduit (ce qui peut entraîner moins de régressions et un véritable OZ effectif) [19].

Pour le principe de balayage, le traitement SmartSight fonctionne du centre vers l'extérieur (centrifuge) pour les deux couches de coupe. La partie la plus importante (centre du traitement fournissant la plus haute résolution de la vision) est donc traitée en premier (avec une

meilleure observance du patient et moins de perturbations induites par le traitement). La courbure excessive de la capsule peut constituer une mesure de protection contre les légers décentrages.

Le système compact ATOS offre un repérage oculaire à partir d'images de diagnostic importées des appareils de diagnostic Schwind (Schwind Sirius, Schwind Peramis, Schwind Sirius + et Schwind MS-39) [20], y compris un centrage guidé semi-automatique par eye-tracking (reconnaissance de la pupille) [10], qui doit correspondre à un meilleur positionnement du lentille par rapport à l'axe visuel [21]. Les utilisateurs peuvent donc pré-compenser les traitements au stade de la planification pour optimiser la position cible du lentille [20]. Ceci, associé à la compensation de cyclotorsion entièrement automatisée incorporée dans le système, doit permettre un meilleur positionnement du lentille par rapport à l'orientation méridienne (axe de l'astigmatisme) [22]. Le centrage et l'ancrage guidés par eye-tracker doivent fournir un alignement robuste, précis et précis de l'œil sur le système [21].

La charge sur l'œil est maintenue à un minimum raisonnable, obtenu grâce à une faible charge d'aplanation (inférieure à 250 g) combinée à une aspiration douce (environ 250 mmHg). Le taux de répétition élevé (dans le régime MHz) ouvre la voie à des traitements plus rapides ou à une meilleure résolution.

Les systèmes optiques et de balayage fournissent une optique quasi télécentrique. La même qualité de coupe est donc obtenue pour l'ensemble de la cornée (sur un volume cylindrique de 10 mm de diamètre et 1 mm de profondeur).

## Autres aspects et perspectives

Au total, plus de 30 000 traitements ont été effectués avec ATOS à la fin de 2023 ; approximativement distribué avec > 19 000 lentilles SmartSight + > 11 000 capots.

À l'avenir, les avancées et les caractéristiques suivantes seront disponibles pour le Schwind ATOS :

- inclusion d'une fonction de segment d'anneau cornéen intrastromal ;
- inclusion d'une fonction de kératoplastie ;
- centrage optimisé avec un concept de zone de transition asymétrique.

En outre, des options de traitement telles que les lentilles personnalisés pour la myopie, les lentilles pour l'hypermétropie et les lentilles pour la correction de la presbytie, sont envisagées pour élargir le champ d'application des ATOS.

## Conclusion

La procédure d'extraction des lentilles SmartSight continuera à être améliorée avec le Schwind ATOS. Ce système laser innovant intègre les propriétés de la technologie Schwind Amaris, qui a fait ses preuves.

L'ATOS fonctionne dans une plage d'énergie d'impulsion optimisée mais minimale et espace les impulsions laser de manière asymétrique. Avantages : le centrage guidé par le suivi de l'œil et le contrôle statique de la cyclotorsion semblent être pertinents pour le succès clinique de la procédure d'extraction des lentilles (c'est-à-dire SmartSight dans la nomenclature Schwind), ouvrant la voie à de futures personnalisations des profils des lentilles.

Le concept des profils de lentilles SmartSight est dérivé de l'expérience acquise avec le Schwind Amaris et ne nécessite pas d'épaisseur minimum. Les profils intègrent une zone de transition réfractive progressive, réduisant éventuellement l'épaisseur globale des lentilles et offrant une véritable zone de transition qui entraîne moins de remodelage de l'épithélium et moins de régression.

Le système laser ATOS actuel et les développements futurs peuvent aider les chirurgiens à rester à la pointe de la correction de la vue au laser.

## Bibliographie

1. MICLEA M, SKRZYPCZAK U, FAUST S *et al.* Nonlinear refractive index of porcine cornea studied by z-scan and self-focusing during femtosecond laser processing. *Opt Express*, 2010;18:3700-3707.
2. MICLEA M, SKRZYPCZAK U, FANKHAUSER F *et al.* Applanation-free femtosecond laser processing of the cornea. *Biomed Opt Express*, 2011;2:534-542.
3. SEKUNDO W, KUNERT K, RUSSMANN C *et al.* First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:1513-1520. Erratum in: *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:1819.
4. BLUM M, SEKUNDO W. Femtosekunden-Lentikel-Extraktion (FLEX) [Femtosecond lenticule extraction (FLEX)]. *Ophthalmologe*, 2010; 107:967-970.

5. <https://eyewire.news/articles/schwind-receives-ce-mark-approval-for-the-schwind-atos-femtosecond/>
6. CAMELLIN M, ARBA MOSQUERA S. Simultaneous aspheric wave-front-guided transepithelial photorefractive keratectomy and phototherapeutic keratectomy to correct aberrations and refractive errors after corneal surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2010; 36:1173-1180.
7. Le CRSTG | Édition Europe | Large gamme de traitement avec la dernière version de Trans-PRK (crstodayeurope.com)
8. STROHMAIER C, RUNGE C, SEYEDDAIN O *et al.* Profiles of intraocular pressure in human donor eyes during femtosecond laser procedures—a comparative study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013;54: 522-528.
9. ARBA-MOSQUERA S, NAUBEREIT P, SOBUTAS S *et al.* Analytical optimization of the cutting efficiency for generic cavitation bubbles. *Biomed. Opt. Express*, 2021;12:3819-3835.
10. GABRIC I, BOHAC M, GABRIC K *et al.* First European results of a new refractive lenticular extraction procedure-SmartSight by SCHWIND eye-tech-solutions. *Eye (Lond)*. 2023 Jun 5.
11. WANG J, SCHUELE G, PALANKER D. Finesse of transparent tissue cutting by ultrafast lasers at various wavelengths. *J Biomed Opt*, 2015;20:125004.
12. TSAI PS, BLINDER P, MIGLIORI BJ *et al.* Plasma-mediated ablation: an optical tool for submicrometer surgery on neuronal and vascular systems. *Curr Opin Biotechnol*, 2009;20:90-99.
13. LUBATSCHOWSKI H, MAATZ G, HEISTERKAMP A *et al.* Application of ultrashort laser pulses for intrastromal refractive surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2000;238:33-39.
14. KUETEMEYER K, REZGUI R, LUBATSCHOWSKI H *et al.* Influence of laser parameters and staining on femtosecond laser-based intracellular nanosurgery. *Biomed Opt Express*, 2010;1:587-597.
15. TINNE N, LÜBKING E, LUBATSCHOWSKI H *et al.* The influence of a spatial and temporal pulse-overlap on the laser-tissue-interaction of modern ophthalmic laser systems. *Biomed Tech (Berl)*, 2012;57.
16. PRADHAN KR, ARBA MOSQUERA S. Twelve-month outcomes of a new refractive lenticular extraction procedure. *J Optom*, 2023;16:30-41.
17. ARBA-MOSQUERA S, AWWAD ST. Impact of the Reference Point for Epithelial Thickness Measurements. *J Refract Surg*, 2020;36:200-220.
18. CAMELLIN M, ARBA MOSQUERA S. Aspheric Optical Zones: The Effective Optical Zone with the SCHWIND AMARIS. *J Refract Surg*, 2011;27:135-146.
19. DE ORTUETA D, VON RÜDEN D, ARBA-MOSQUERA S. Refractive Effect of Epithelial Remodelling in Myopia after Transepithelial Photorefractive Keratectomy. *Vision*, 2022;6:74.
20. DE ORTUETA D, SCHREYGER FD. Centration on the cornea vertex normal during hyperopic refractive photoablation using videokeratometry. *J Refract Surg*, 2007;23:198-200.
21. ARBA-MOSQUERA S, DERHARTUNIAN V, HAIDARI H *et al.* Automated method to determine Centration/Registration for Refractive Corneal Lenticule Extraction Treatments. Posterboard#: C0172. Abstract Number: 5327 - C0172. ARVO2023, New Orleans.
22. ASLANIDES IM, TOLIOU G, PADRONI S *et al.* The effect of static cyclotorsion compensation on refractive and visual outcomes using the Schwind Amaris laser platform for the correction of high astigmatism. *Contact lens & anterior eye: the journal of the British Contact Lens Association*, 2011;34:114-120.

---

Les auteurs ont déclaré avoir des liens d'intérêts avec la société Schwind Eye-Tech-Solutions.

## L'ACE/Anterion : le digne successeur de l'Orbscan dans le domaine de la topographie cornéenne



J.-L. CIANFARANI  
Bausch + Lomb, FRANCE et BENELUX.  
jean-louis.cianfarani@bausch.com

**B**ausch + Lomb est l'un des principaux acteurs de l'innovation technologique dans le domaine de l'ophtalmologie depuis 170 ans et l'un des pionniers de la chirurgie réfractive. La très haute technologie progresse à pas de géant, avec des avancées qui permettent une meilleure compréhension de la cornée et un meilleur diagnostic et traitement.

### Le défi de la topographie cornéenne

La topographie cornéenne est un élément crucial de l'évaluation ophtalmologique, en particulier lorsqu'il s'agit de diagnostiquer des anomalies cornéennes telles que le kératocône, l'ectasie cornéenne ou la planification d'une chirurgie réfractive et de la cataracte.

Pendant de nombreuses années, l'Orbscan (*fig. 1*) a été la référence en matière de diagnostic topographique en ophtalmologie. Basé sur un principe de mesure hybride, il combine la technologie de balayage à fentes



Fig. 1 : Orbscan II.

lumineuses et un Placido pour une meilleure précision. Il a été l'un des premiers appareils à permettre une cartographie tridimensionnelle de la cornée en effectuant une mesure de la cornée antérieure et postérieure, offrant une pachymétrie optique sans contact et bien plus encore. Son principal avantage est l'affichage Quad Maps de l'Orbscan (*fig. 2*), qui fournit une visualisation claire et précise des données topographiques, une visualisation complète, sur un seul écran. Cependant, après près de vingt-cinq ans de service, il présente certaines limites, notamment en termes de rapidité d'exécution, de convivialité et de précision par rapport à la technologie disponible aujourd'hui.

### ACE™/Anterion : une révolution dans la topographie cornéenne

Tout comme l'Orbscan en son temps, ACE™/ANTERION® (*fig. 3*) représente un bond en avant

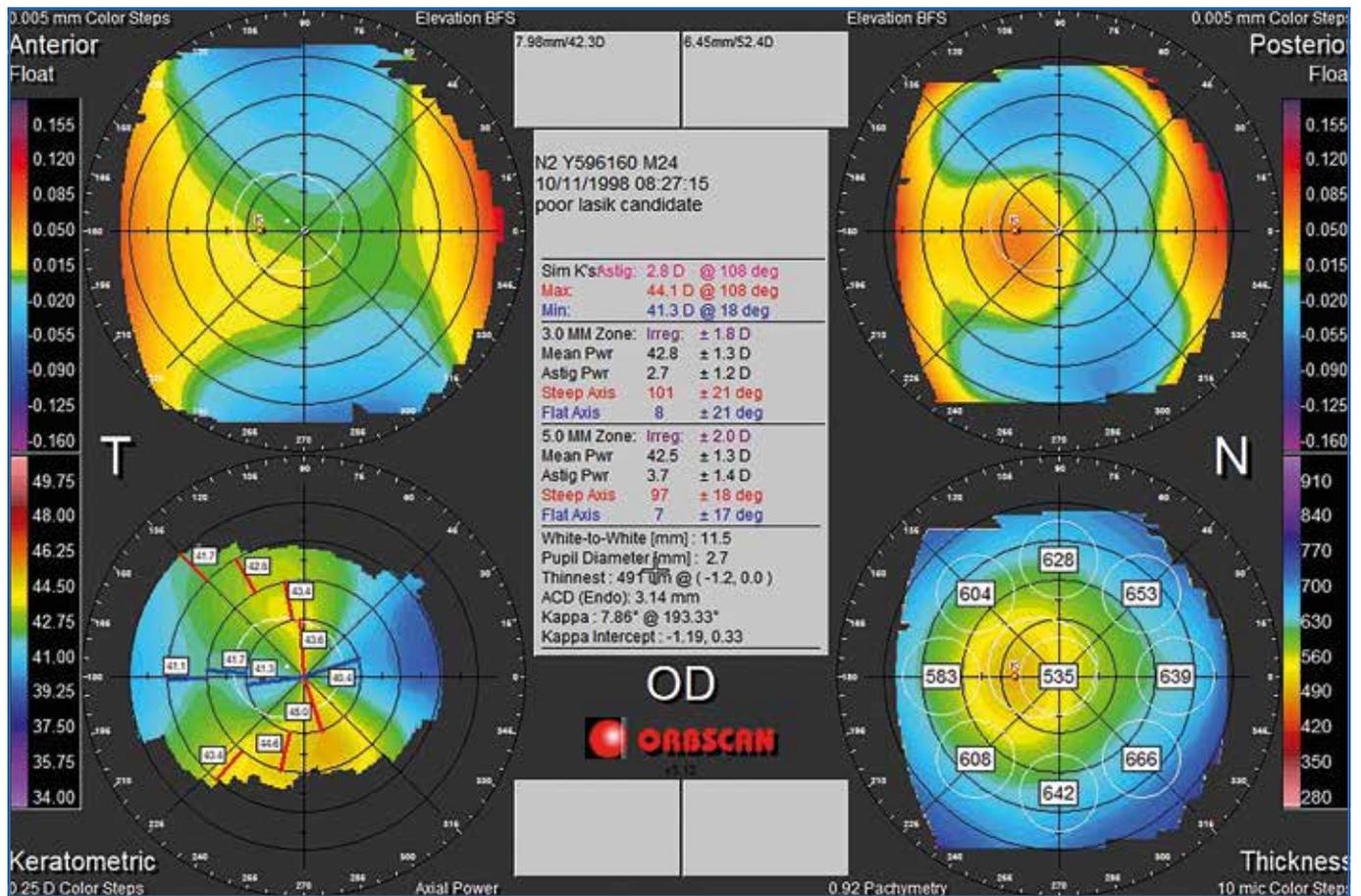


Fig. 2: Orbscan Quad Map.



Fig. 3: ACE.

significatif dans le domaine du diagnostic ophtalmique. Véritable plateforme multimodale, ACE™/ANTERION propose la topographie cornéenne (fig. 4), la biométrie du cristallin, la biométrie du segment antérieur (fig. 5) et l'imagerie du segment antérieur HD. En tant que nouvelle fonctionnalité par rapport à ACE™, ANTERION proposera l'analyseur de score, un logiciel conçu pour aider à la prise de décision clinique et à la détection du kératocône et de l'ectasie.

L'analyseur Score était déjà disponible avec l'Orbscan; il est désormais accessible via la plate-forme OCT haute résolution Swept Source sur l'écran Ectasie de l'ANTERION.

### ACE™ versus ANTERION®

ACE™-Advanced Corneal Explorer est la plateforme de diagnostic fournie par Bausch et Lomb

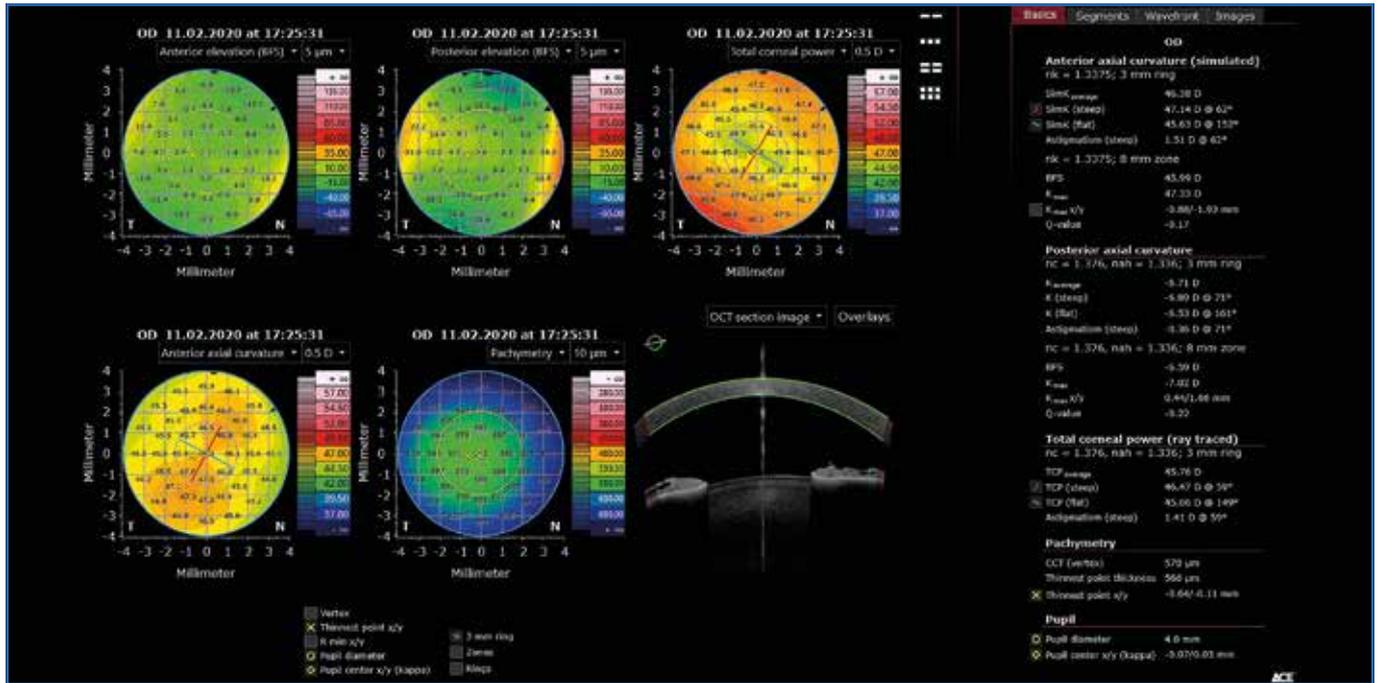


Fig. 4: Cornea App\_multi-view 6 maps normal eye.

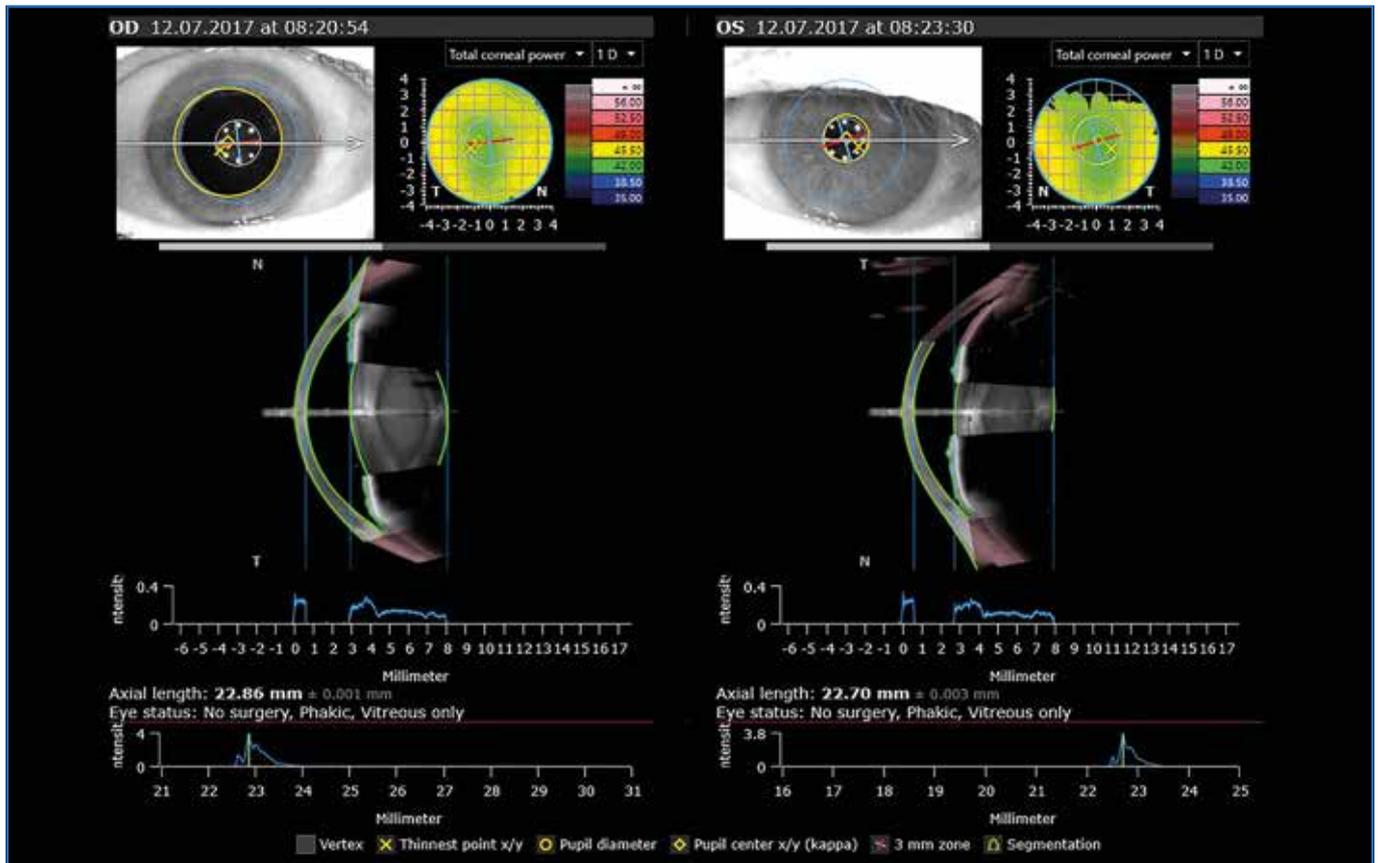


Fig. 5: ACE™ Cataract App.

# Clinique de la Vision

offrant une connectivité au laser Excimer Bausch + Lomb TECHNOLAS TENEOTM 317 Model 2 (= TENEOTM 317 M<sup>2</sup>) (fig. 6).

La même technologie OCT de pointe est également utilisée par l'Anterior, fabriqué par Heidelberg Engineering.

Cependant, B + L prévoit de devenir un distributeur d'Anterior dans sa dernière version, offrant une connectivité au laser Excimer TENEOTM 317 M<sup>2</sup> (fig. 7) et des fonctionnalités clés supplémentaires telles que la cartographie de l'épithélium et le calcul d'implant intra-oculaire avec une variété étendue de formules.

ACE<sup>TM</sup>/Anterior, équipé de technologies de pointe, ouvre de nouvelles perspectives passionnantes dans le traitement topoguidé personnalisé de nouvelle génération.

Pour le développement futur sur le TENEOTM 317 M<sup>2</sup>, nous travaillons sur Octavius, un nouveau traitement au laser Excimer. Doté des algorithmes d'ablation de base du Proscan, Octavius va plus loin, en prenant en considération le profil unique et individuel d'élévation cornéenne. Cette prise en compte se réalise à partir de données de diagnostic topographique et/ou tomographique de haute résolution. De plus, la cartographie



Fig. 6: 317 TENEOTM M<sup>2</sup>.



Fig. 7: ACE TENEOTM Data transfer.

épithéliale présente un fort potentiel pour la future feuille de route pour le TENEO™ de 317 M².

## Conclusion

ACE™/Anterion se positionne incontestablement comme un successeur digne de l'Orbscan dans le domaine de la topographie cornéenne. Cet instrument est essentiel dans la planification de la chirurgie réfractive. Il permet aux chirurgiens d'adapter les procédures à chaque patient. Sa précision, sa rapidité et sa convivialité en font un outil multimodal précieux.

Grâce à cette technologie de pointe, les chirurgiens peuvent évaluer de manière plus approfondie les mesures cornéennes individuelles et éventuellement les convertir en traitements personnalisés visant à améliorer la qualité de vision et de vie des patients.

ACE™/Anterion s'inscrit dans un avenir prometteur pour la topographie cornéenne et l'ophtalmologie. En flashant ce QR CODE, vous pourrez accéder à la brochure détaillée d'ACE™.



L'auteur déclare avoir des liens d'intérêts avec Bausch + Lomb.



### Mentions légales

Le laser TECHNOLAS TENEO™ 317 Model 2 est un laser Excimer utilisé dans la chirurgie réfractive. Ce système permet de réaliser l'ablation préprogrammée précise de la cornée de l'œil humain pour corriger les erreurs réfractives en remodelant la surface cornéenne en mode LASIK, par une ablation de surface ou transPKR.

La plateforme ACE™ Advanced Corneal Explorer est utilisée pour réaliser le diagnostic du segment antérieur de l'œil grâce aux applications suivantes : cataracte, cornée, mesures, imagerie.

Cette plateforme est réservée aux établissements de santé pour les chirurgiens ophtalmologistes et les personnels qualifiés dans le diagnostic ophtalmique.

Dispositifs médicaux de classe IIb qui porte le marquage CE0197 établi par le TÜV Rheinland LGA Products GmbH (CE0197). Fabricant légal : Technolas Perfect Vision GmbH, Allemagne.

Avant utilisation, lire attentivement les instructions figurant dans la notice et sur l'étiquetage.

Les procédures chirurgicales inhérentes à cette plateforme laser ne sont pas prises en charge par les organismes publics d'assurance maladie. 24/01/BAUSCHLOMB/PM/005.

## Argos et l'Alcon Vision Suite



A. BAILLOU-BEAUFILS, PharmD, PhD  
Affaires médicales, Alcon France, RUEIL-MALMAISON  
armelle.baillou\_beaufils@alcon.com

**A**lcon Vision Suite (AVS) est un écosystème intégrant équipements et connectivité pour répondre aux défis du futur en ophtalmologie.

En 2023, la France a franchi un seuil important : 26 % de la population a plus de 60 ans, soit plus d'un habitant sur quatre. En 2040, ce sera près d'un habitant sur trois. Il s'agit là d'un changement démographique considérable qui entraînera des défis économiques, sociaux et médicaux sans précédent [1]. Non seulement le besoin de soins oculaires chirurgicaux continue de croître, mais les patients sont aussi désireux d'obtenir les meilleurs résultats possibles à la suite d'interventions courantes, telles que la chirurgie de la cataracte. L'étude *Eye On Cataract Survey* initiée par Alcon, a mis en évidence que les problèmes de vue sont la deuxième préoccupation des personnes vieillissantes dans le monde (86 %) et que l'opération de la cataracte est une priorité devant toutes les autres interventions chirurgicales liées au vieillissement [2].

Pour les laboratoires, l'enjeu consiste à trouver des solutions pour répondre à ce besoin de plus grande efficacité en optimisant la capacité de prise en charge du nombre grandissant de patients tout en assurant des résultats optimaux pour ces derniers.

### Un écosystème de soins complet et connecté

Une majorité de chirurgiens se souvient probablement d'une époque durant laquelle notre monde était déconnecté. Nos téléphones ne se synchronisaient pas avec nos ordinateurs ou nos tablettes. Nos données et nos informations étaient stockées dans des dossiers sans cloud.

L'écosystème des soins de santé au sens large a fait des progrès en matière de connectivité numérique. Les développements en matière d'interopérabilité des appareils, d'efficacité et d'expérience utilisateur, sont aujourd'hui une vraie attente de la part des ophtalmologistes.

C'est ce qui a motivé la création d'Alcon Vision Suite (AVS) (*fig. 1*), un écosystème intégré avec des équipements et des innovations numériques qui facilitent le flux d'informations des données patient et des données chirurgicales. AVS intègre les équipements de dernière génération Alcon et des logiciels qui rassemblent et rationalisent les données du cabinet et de la clinique. AVS offre ainsi des soins complets et connectés aux équipes de soins et surtout aux patients. Par exemple, le biomètre optique Argos peut se connecter avec le dossier patient et d'autres appareils du cabinet, et transmettre directement des informations vers le bloc opératoire *via* un réseau ou un VPN.

Quelle est la valeur ajoutée de cet écosystème de connectivité ? Tout d'abord, il permet aux données du patient d'être cohérentes et transmises durant le continuum de soins ; il est conçu pour réduire les erreurs de transcription humaine, inévitables même dans les domaines les plus précis, au minimum. Ensuite, il permet aux chirurgiens et à leur personnel de travailler avec un processus intégré efficace et avec des données consolidées. La planification devient plus facile et peut être effectuée à distance, libérant un temps précieux, qui peut être réaffecté aux soins des patients. Enfin, les chirurgiens peuvent accéder instantanément à des données en temps réel, dans la clinique et pendant l'opération, ce qui optimise la prise de décision et les résultats [3-6].

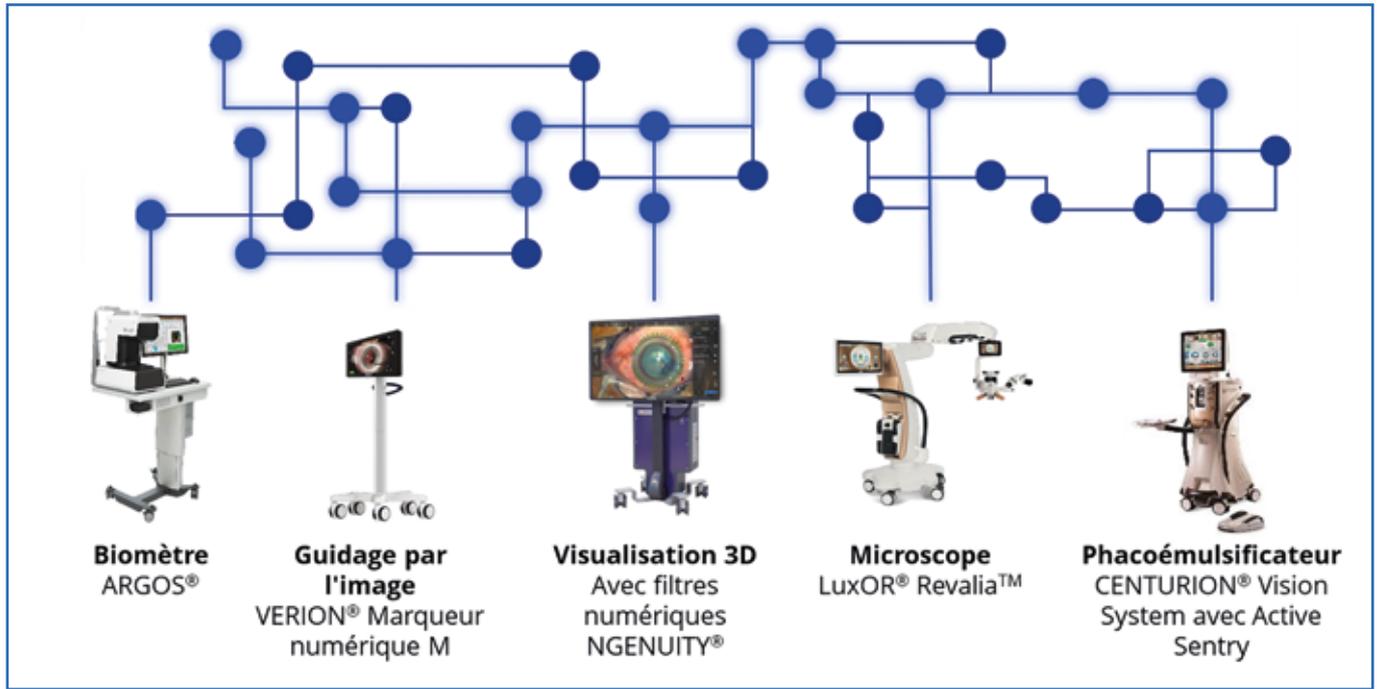


Fig. 1 : L'écosystème connecté Alcon Vision Suite.

Quels sont les équipements qui composent l'Alcon Vision Suite et leurs caractéristiques ?

### Le biomètre Argos® : unir le cabinet et la salle d'opération

Aujourd'hui, le domaine de l'ophtalmologie a l'occasion de réaliser un nouveau pas en avant grâce aux progrès

numériques. Pour Alcon, cette avancée numérique commence en pré-opérateur dans le cabinet ou dans la clinique, avec le biomètre.

Argos® (fig. 2) est un biomètre optique de dernière génération à tomographie par cohérence optique Swept-Source qui intègre un logiciel de planification chirurgicale pour le guidage par l'image de la chirurgie au bloc opératoire. Il utilise les formules de dernière génération



Fig. 2 : Prise de mesure sur Argos®.

pour le calcul de l'implant (Barrett, Holladay 1-2, Haigis, SRK/T, Hoffer Q). Grâce à la technologie de tomographie par cohérence optique Swept-Source (SS-OCT), Argos scanne l'œil en moins de 0,6 seconde et donne une imagerie deux dimensions de l'œil entier. Il prend neuf paramètres biométriques en moins d'une seconde et mesure une longueur axiale segmentée (longueur axiale segmentée = épaisseur de la cornée + profondeur de la chambre antérieure + épaisseur du cristallin + profondeur du segment postérieur). Il bénéficie également du mode ERV (visualisation améliorée de la rétine) qui augmente la sensibilité jusqu'à 10 fois pour la détection de la longueur axiale [7].

Selon une étude réalisée en 2023 [8], Argos® permet de mesurer rapidement les cataractes denses et non denses grâce à la fonction de visualisation améliorée de la rétine (ERV) qui optimise la mesure et réduit ainsi le besoin de biométrie à ultrason. En abaissant le nombre d'écho A, Argos® limite les erreurs de prédiction de la longueur axiale influençant les résultats réfractifs des patients [3-7].

Les erreurs de saisie manuelle peuvent être diminuées car l'Argos® peut se connecter à n'importe quel système

d'archivage et de communication d'images (PACS) du cabinet ou de la clinique par le biais de la norme DICOM.

*“L'intégration de la Suite Alcon fait grandement la différence dans le flux de travail et nous facilite la vie au quotidien. Elle nous apporte aussi un profil de sécurité élevé au niveau de l'identitovigilance et de l'accès intuitif aux informations médicales. Aujourd'hui, la création de la fiche du patient dans le biomètre Argos se fait en un seul clic grâce à une passerelle DICOM depuis notre logiciel métier (Area®). L'exportation des données de la biométrie de la planification chirurgicale se fait aussi en un clic vers le bloc. Nous disposons d'accès multiples au biomètre de nos postes de travail grâce à plus de 15 viewers, déclare Dr Vincent Gualino. C'est le genre de technologie simple mais efficace qui contribuera à alléger la charge de travail des chirurgiens de la cataracte et de leur personnel”.*

L'Argos® intègre un planificateur chirurgical, Alcon Vision Planner (AVP) (fig. 3). L'AVP permet de créer un plan chirurgical complet (torique ou non) directement sur l'Argos®.

Lorsqu'ils sont finalisés, les plans chirurgicaux peuvent être exportés du planeur vers d'autres systèmes de la suite Alcon Vision, tels que le Marqueur numérique M



Fig. 3: L'Alcon Vision Planner.

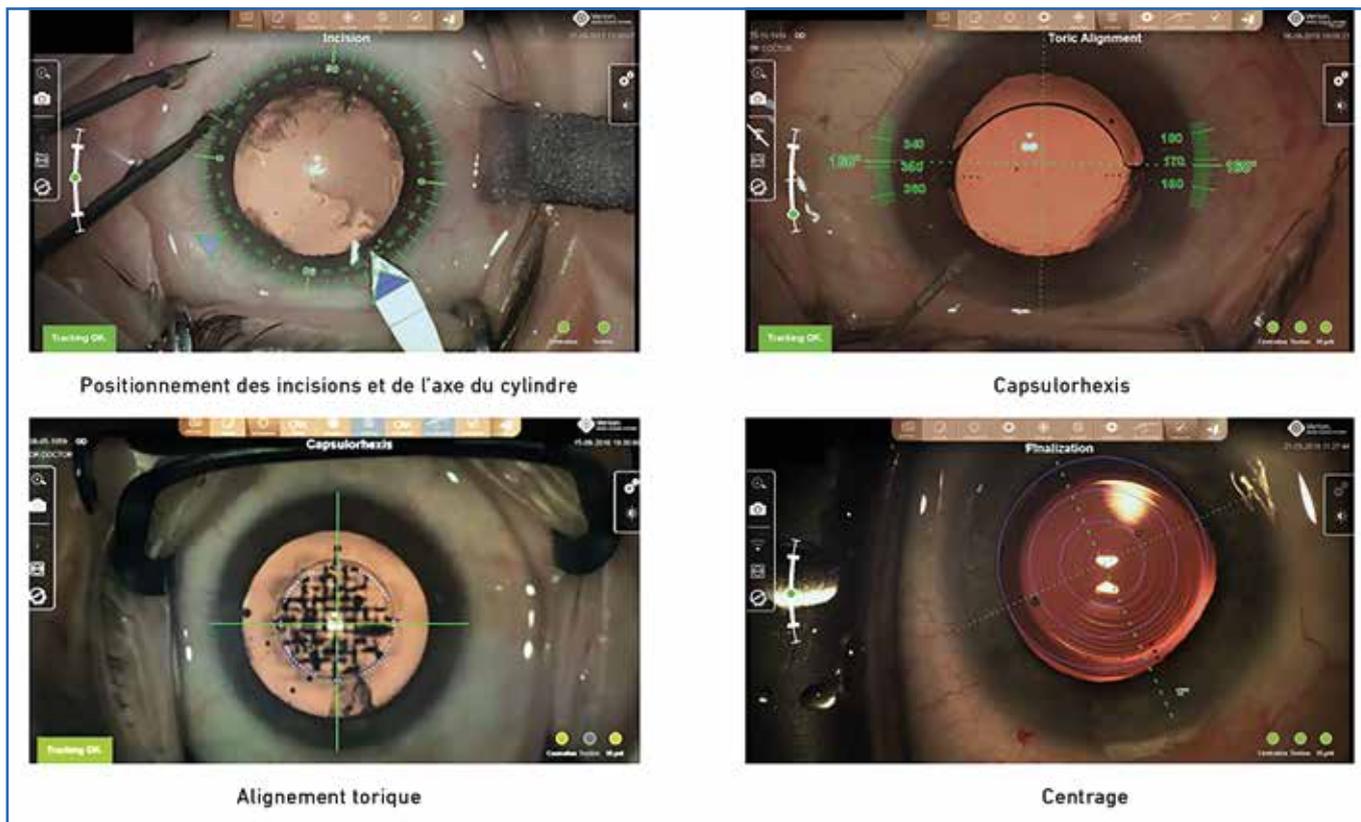


Fig. 4 : Intégration du guidage par l'image sur le DMM (Marqueur numérique M).

(DMM) pour la gestion de pose des implants toriques, offrant ainsi aux chirurgiens une connectivité entre le cabinet et le bloc. Une station de planification permet de modifier les calculs d'implant à distance, depuis le bloc de consultation du médecin.

Le Marqueur numérique M (DMM) (fig. 4) est matérialisé par un écran et possède le plan opératoire du patient transféré depuis l'Argos®. Ces informations s'intègrent ensuite dans le microscope pour superposer les images capturées avec Argos® à celles de l'opération en cours, afin de s'assurer que les plans chirurgicaux sont exécutés avec une précision numérique [9].

### NGENUITY : une nouvelle ère pour le guidage par l'image

Si le DMM d'Alcon a contribué à ouvrir l'ère des salles d'opération assistées numériquement, le système de visualisation 3D NGENUITY® avec le système de guidage par l'image se connectera bientôt au biomètre Argos®. Il permet ainsi aux chirurgiens d'accéder à des données clés

dans la salle d'opération, avec une vue centralisée sur l'écran en temps réel, des paramètres chirurgicaux, du type d'implant choisi pour le patient et de la puissance, et du guidage par l'image. Le résultat est un meilleur partage de l'information pendant les étapes chirurgicales importantes, conduisant à de résultats optimisés pour les patients et à une meilleure efficacité du flux de travail [3-6] par rapport aux microscopes analogiques.

### Centurion® Vision System, pour améliorer les résultats et les délais de récupération

Ce système est conçu pour améliorer les résultats et les délais de récupération avec un niveau de PIO plus physiologique [10]. Le phaco reste l'équipement central de la salle d'opération en cataracte. Avec l'AVS, la connectivité entre l'NGenuity® et le phaco Centurion® (fig. 5) permet l'intégration des paramètres chirurgicaux sur l'écran. "Cette connectivité permet de contrôler les paramètres à toutes les étapes de la chirurgie (PIO, EDC, vide, niveau d'aspiration, PIO, intensité lumineuse). Outre le contrôle et la sécurité accentuée pour le chirurgien, obtenir cette information

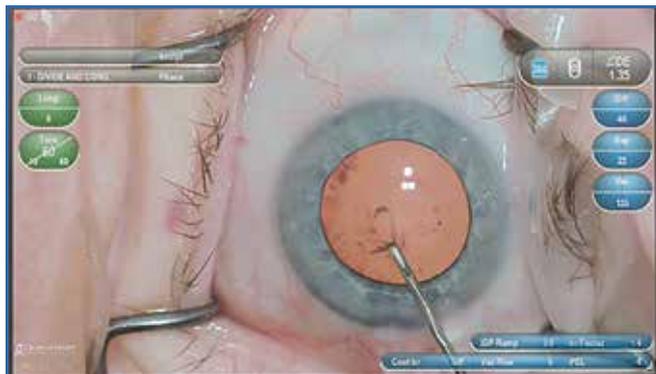


Fig. 5 : Visualisation des paramètres de Centurion® sur Ngenuity®.

Alcon est un partenaire de confiance de l'ophtalmologie, présent pour répondre aux besoins ophtalmologiques en constante évolution, y compris les innovations numériques qui apportent une connectivité transparente et des soins personnalisés. Nous travaillons en partenariat avec les professionnels de l'ophtalmologie pour potentialiser les possibilités numériques et investir massivement dans des solutions connectées. Notre objectif: relever les défis d'aujourd'hui tout en anticipant les besoins de demain des professionnels de la santé.

en temps réel représente un intérêt pédagogique certain. Et le petit plus, c'est que ce contrôle centralisé de la navigation entre les différentes étapes de la chirurgie et le système de guidage par l'image peut se faire directement à l'aide de la pédale sans fil Centurion®, indique Dr François Lignereux (Institut ophtalmologique Sourdirle-Atlantique à Nantes).

Centurion® Vision System avec Active Sentry® a pour avantage de permettre aux chirurgiens d'opérer à des PIO plus physiologiques, conçus pour maintenir la stabilité de la chambre antérieure [11-14] et l'efficacité de retrait du cristallin [10, 15-17]. De récentes études montrent qu'avoir une PIO plus physiologique lors de la chirurgie de la cataracte est associé à une diminution de la survenue d'œdèmes cornéens, une augmentation réduite de l'épaisseur cornéenne centrale et une réduction de pertes de cellules endothéliales [18-21].

## Bibliographie

1. Madeline B. «Le vieillissement de la population, un défi qui dépasse de loin le problème des retraites.», *Le Monde*, 5 mars 2023.
2. Marketvision – US Cataract Awareness Month Survey, *Alcon Eye On Cataract Study*, 2023.
3. TAMAOKI A, KOJIMA T, HASEGAWA A *et al.* Clinical evaluation of a new swept-source optical coherence biometer that uses individual refractive indices to measure axial length in cataract patients. *Ophthalmic Res*, 2019;19:1-13.
4. SHAMMAS HJ, ORTIZ S, SHAMMAS MC *et al.* Biometry measurements using a new large-coherence-length swept-source optical coherence tomographer. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:50-61.
5. WHANG W, YOO Y, KANG M *et al.* Predictive accuracy of partial coherence interferometry and swept-source optical coherence tomography for intraocular lens power calculation. *Sci Rep*, 2018;8:13732.
6. SHAMMAS HJ, SHAMMAS MC, JIVRAJKA RV *et al.* Effects on IOL power calculation and expected clinical outcomes of axial length measurements based on multiple *vs* single refractive indices. *Clin Ophthalmol*, 2020;14:1511-1519.
7. Manuel d'utilisation du Biomètre Argos®.
8. MULTACK S, PAN LC, TIMMONS SK *et al.* Impact of a swept source-optical coherence tomography device on efficiency in cataract evaluation and surgery: a time-and-motion study (Impact d'un appareil de tomographie par cohérence optique à source balayée sur l'efficacité de l'évaluation et de la chirurgie de la cataracte: une étude de temps et de mouvement). *Clin Ophthalmol*, 2023;17:1-13.
9. Manuel d'utilisation de l'Unité de Référence Verion™.
10. ZACHARIAS J. Laboratory assessment of thermal characteristics of three phacoemulsification tip designs operated using torsional ultrasound. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:1095-1101.
11. Mode d'emploi Centurion® Vision System.
12. Alcon Data on File: Final engineering study report- Alcon phacoemulsification systems' occlusion break surge performance in support of comparison apps. May 3, 2017. REF-02559.
13. THORNE A, DYK DW, FANNEY D *et al.* Phacoemulsifier occlusion break surge volume reduction. *J Cataract Refract Surg*, 2018;44:1491-1496.
14. ARAVENA C, DYK DW, THORNE A *et al.* Aqueous volume loss associated with occlusion break surge in phacoemulsifiers from 4 different manufacturers. *J Cataract Refract Surg*, 2018;44:884-888.
15. KHOKHAR S, ARON N, SEN S *et al.* Effect of balanced phacoemulsification tip on the outcomes of torsional phacoemulsification using an active-fluidics system. *J Cataract Refract Surg*, 2017;43(1):22-28.
16. MALIK PK, DEWAN T, PATIDAR AK *et al.* Effect of IOP based infusion system with and without balanced phacotip on cumulative dissipated energy and estimated fluid usage in comparison to gravity fed infusion in torsional phacoemulsification. *Eye Vis (Lond.)*, 2017;4:22.
17. VASAVADA AR, RAJ SM, PATEL U *et al.* Comparison of torsional and microburst longitudinal phacoemulsification: A prospective, randomized, masked clinical trial. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 2010;41:109-114.
18. VASAVADA AR, PRAVEEN MR, VASAVADA VA *et al.* Impact of high and low aspiration parameters on postoperative outcomes of phacoemulsification: randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg*, 36, 588-593, doi:10.1016/j.jcrs.2009.11.009 (2010).
19. VASAVADA V, RAJ SM, PRAVEEN MR *et al.* Real-time dynamic intraocular pressure fluctuations during microcoaxial phacoemulsification using different aspiration flow rates and their impact on early postoperative outcomes: a randomized clinical trial. *J Refract Surg*, 30, 534-540, doi:10.3928/1081597X-20140711-06 (2014).
20. SUZUKI H, OKI K, SHIWA T *et al.* Effect of bottle height on the corneal endothelium during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*, 35, 2014-2017, doi:10.1016/j.jcrs.2009.05.057 (2009).
21. KOKUBUN T *et al.* in The protective effect of normal-IOP cataract surgery on the corneal endothelium, The 25th Annual Meeting of the Japanese Ophthalmological Society. manque l'année

L'auteur a déclaré des liens d'intérêts avec Alcon.

La Revue annuelle de la Clinique de la Vision est réservée aux ophtalmologistes.  
Elle est routée avec le numéro d'avril de *Réalités Ophtalmologiques*.  
La reproduction totale ou partielle exige une autorisation de la société éditrice.

Une édition **PERFORMANCES MÉDICALES/Réalités Ophtalmologiques**  
65, rue d'Aguesseau – 92100 Boulogne-Billancourt – Tél. 01 47 00 67 14  
E -mail: [info@performances-medicales.com](mailto:info@performances-medicales.com)

**Directeur de la publication:** Dr R. Niddam • **Secrétariat de rédaction:** A. Lohéac • **Maquette:** M. Perazzi, D. Plaisance  
Imprimerie: espaceGrafic Mutilva Baja – Espagne • Dépôt légal: 2<sup>e</sup> trimestre 2024 • ISSN: 1242-0018

# LUXSMART™

P R É C H A R G É

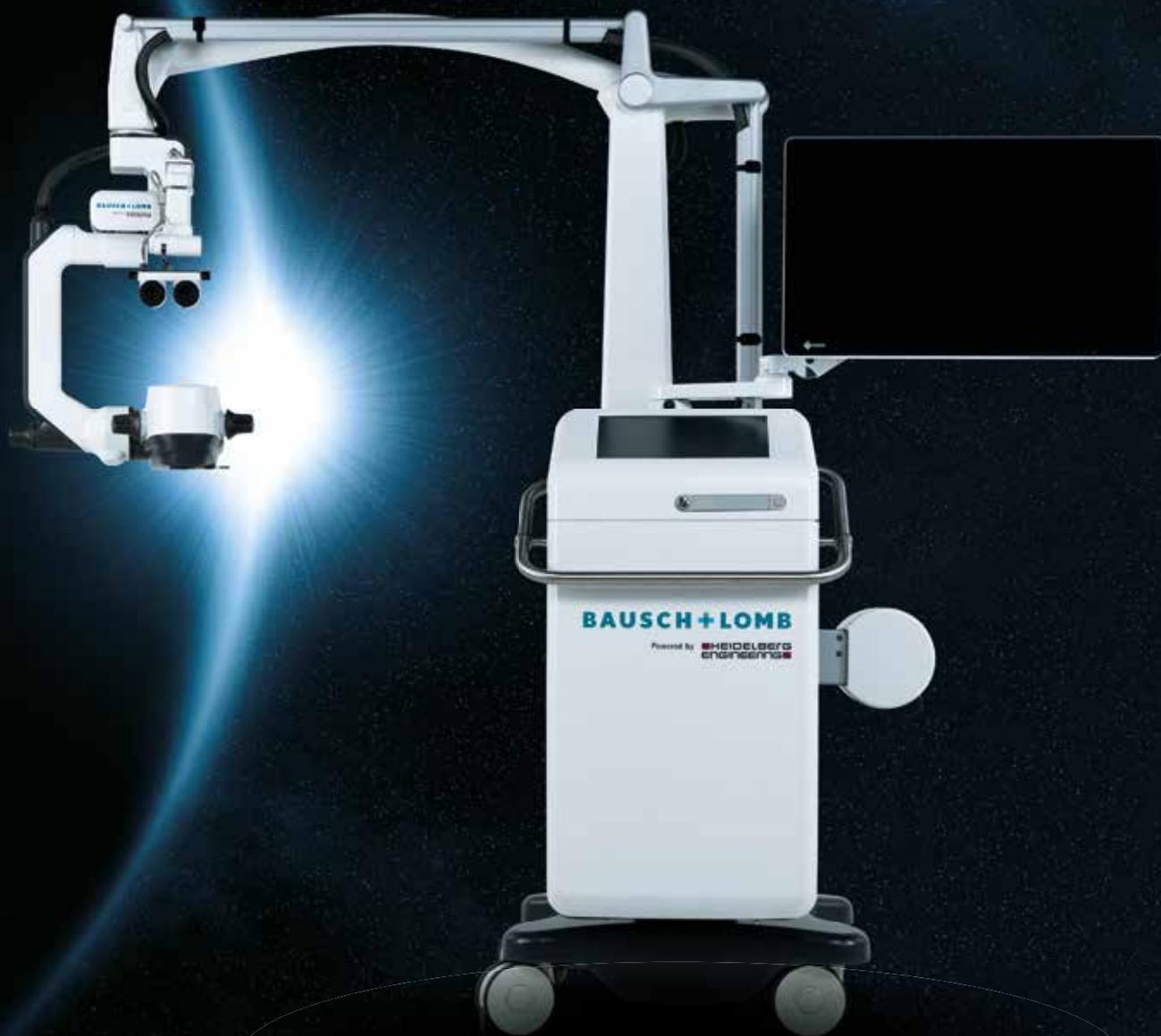


IMPLANT HYDROPHOBE PRÉCHARGÉ  
À PROFONDEUR DE CHAMP  
Pour la vision au quotidien



**BAUSCH + LOMB**  
Mieux voir. Mieux vivre.

# BIENVENUE DANS UNE NOUVELLE DIMENSION VISUALISATION 100% DIGITALE



**SEE) LUMA™**

Le microscope ophtalmique SeeLuma™ est un microscope chirurgical conçu pour l'éclairage et le grossissement de la zone opératoire dans les chirurgies ophtalmiques. Dispositif médical de classe I. Fabricant : Munich Surgical Imaging GmbH, Allemagne. Avant utilisation, lire attentivement les instructions figurant dans la notice et sur l'étiquetage. Bausch & Lomb France SAS à associé unique au capital de 163 650 150 € immatriculée au RCS de Montpellier sous le n°240 275 650 dont le siège social est sis 416, rue Samuel Morse - CS 79005 - 34967 Montpellier. Août 2023 - © Bausch & Lomb. 23/10/BAUSCHLOMB/PM/001