

Chirurgie Laser Vision

10^e
numéro !



VISYA
Clinique de la Vision

CHIRURGIE RÉFRACTIVE
2018

Coordinateur : D.-A. LEBUISSON



www.cliniquevision.com



1 s / D*

360°

INTRODUCING

TECHNOLAS® 317

TENEO™ MODEL 2

1740 Hz

BAUSCH + LOMB

Veuillez contacter votre représentant Bausch+Lomb pour plus d'informations sur TECHNOLAS® TENEO™ 317 MODEL 2.

Le design et les spécificités sont soumis à des changements sans préavis selon les avancées techniques en cours. Le Laser Excimer TECHNOLAS® TENEO™ 317 MODEL 2 est marqué CE0197. Les indications peuvent varier selon le pays. TECHNOLAS® et TENEO™ sont des marques déposées de Bausch & Lomb Incorporated. © 2017 Bausch + Lomb Incorporated. Tous droits réservés. Fabriqué par TECHNOLAS Perfect Vision GmbH. 18/04/BAUSCH&LOMB/PM/001

* 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 | www.bausch.fr



M. ASSOULINE
Clinique de la Vision, PARIS.
dr.assouline@gmail.com

20 ans, 100 000 yeux et 10 numéros

Le groupe Clinique de la Vision VISYA célèbre tout à la fois cette année, ses 20 ans, ses 100 000 yeux opérés à Paris et la 10^e édition de notre revue annuelle !

En 10 numéros, cette édition spéciale, lancée et coordonnée par Dan Alexandre Lebuisson, s'est installée comme une solide référence dans l'abondant paysage éditorial ophtalmologique.

Ce forum ouvert dans lequel les chirurgiens du groupe et nos nombreux amis peuvent contribuer librement à l'expression d'un consensus dynamique pour notre spécialité éclaire chaque année les points de convergence sur les aspects pratiques de notre discipline. Nombreux sont nos collègues qui ont conservé, bien alignés, les 9 premiers volumes et les consultent à l'occasion pour éclaircir rapidement un sujet. Cela nous honore.

Parce que notre but est aussi de comprendre pour innover, une place est faite aux propositions disruptives qui s'offrent ainsi, en évitant les fastidieuses fourches caudines académiques, aux premières critiques de nos pairs, propices à une saine émulation intellectuelle. En 2018, la pathogénie du kératocône, l'efficacité du Topolink, l'adoption généralisée du SMILE ou des ICL pour les fortes myopies et bientôt pour la presbytie, la performance réelle des implants à profondeur de champ augmentée, font toujours débat. L'information de "première main" est donc précieuse pour permettre à chacun de prendre position.

100 000 yeux, c'est beaucoup et pourtant bien peu, au regard de ce que la chirurgie réfractive (60 millions d'yeux opérés dans le monde) devrait être aujourd'hui, à l'aune de ses succès.

En tant que discipline chirurgicale, soumise à la règle de fer de l'éthique médicale et scientifique (déontologie, validation du rapport bénéfice sur risque, information loyale et exhaustive du patient) la chirurgie réfractive a fait sans équivoque la preuve de sa performance ou de sa sécurité, et irrigué de son dynamisme l'ensemble de la chirurgie du segment antérieur [1].

Pourtant, le bilan entrepreneurial global de la chirurgie réfractive reste mitigé malgré quelques cas emblématiques nord-américains (TLC, 2,2 millions d'yeux opérés par 7 000 chirurgiens) et plus récemment chinois.

Notre culture de la preuve, au service de nos patients, semble inadaptée à la culture de la promesse, laquelle prévaut sans partage dans un monde contemporain imbibé de marketing.

Les freins ne manquent pas :

- désintérêt hospitalo-universitaire et indigence relative de l'enseignement réel de la chirurgie réfractive, devenue moins attractive pour les ophtalmologistes en formation, hypnotisés par le potentiel démographique d'une activité d'OCT/IVT de rétine médicale ;
- antériorité culturelle (de Candide/Voltaire à Dior/Versace) et puissance de la concurrence de

l'optique (6,5 MdE annuels, 57 000 opticiens, 12 500 points de ventes en France, 60 euros de publicité par paire de lunette vendue [2]. En 2017, Luxottica (qui vient d'absorber notre champion national Essilor) a enregistré un résultat net de 1,1 MdE pour 9 MdE de chiffre d'affaires);

- immobilisme de l'assurance maladie, laquelle rembourse les lentilles pour les anisométropes, les kératocônes et les forts myopes, mais leur dénie la correction chirurgicale;
- frilosité suspecte de l'assurance complémentaire, qui n'accorde souvent qu'une très mince fraction de son forfait optique pour la correction chirurgicale, parfois d'un seul œil par an, et préfère rembourser les verres progressifs aux implants multifocaux, pourtant deux fois moins chers et définitifs;
- insuffisance chronique d'une couverture médiatique indifférente ou parfois féroce, en l'absence de "plan média" coordonné et dûment financé par notre profession et ses acteurs. Les seuls acteurs étant ceux figurant dans le carnet d'adresses des "journalistes".

En l'absence d'arbitrage des assureurs en faveur de leurs assurés, le coût de l'intervention reste un obstacle psychologique pour beaucoup. La chirurgie est pourtant "rentabilisée" en moins de 4 ans sans compte ses bénéfices en termes de qualité de vie. Les crises économiques successives impactent ainsi directement la chirurgie réfractive et les volumes d'interventions sont étroitement corrélés au S & P500 et à l'indice de confiance des consommateurs de l'Université du Michigan [3]. Malgré ces aléas conjoncturels, la Clinique de la Vision a su résister, exception notable ces dernières années, grâce à la qualité de sa proposition (plateau technique complet, compétences des opérateurs) pour demeurer le leader depuis l'origine face à une concurrence libérale ou institutionnelle progressivement plus étoffée.

La peur de l'intervention elle-même, de ses conséquences ou de son échec relève aujourd'hui de l'irrationnel, notamment lorsqu'on compare sa morbidité induite à celle des activités de loisirs ou des modes de transports à deux roues.

Environ 24 millions d'yeux ont eu une intervention réfractive aux États-Unis soit 3,7 % de la population (325 M). En Europe, c'est environ 12 millions, soit 1,18 % d'une population de 508 M. La croissance de la chirurgie réfractive dans le monde devrait être de 5,2 % annuels de 2018 à 2022 [4]. Pourtant, dans une étude américaine récente, plus 27 % des chirurgiens réfractifs (62,5 % des cas opérables) interrogés déclarent avoir eu eux-même une intervention laser correctrice de la vision, et 90 % d'entre eux ajoutent avoir recommandé l'intervention à leurs apparentés proches [5] ?

Ce que nous croyons assez sûr et efficace pour nous-mêmes, et conseillons à ceux que nous aimons, pourquoi sommes-nous incapables d'en faire la promotion légitime pour le plus grand nombre ?

Après 20 ans, nous pouvons être fiers du chemin parcouru ensemble et cela doit nous encourager à nous interroger sur ce qui nous reste à accomplir pour réaliser la promesse inaboutie de notre discipline, d'un monde visuel "libéré", quand d'autres, plus jeunes et audacieux nous préparent dès à présent le monde visuel "virtuel" ou "augmenté" de nos rêves d'enfants.

Avons-nous encore pour nous-mêmes, l'ambition naïve et robuste des jeunes *start-up* actuelles, celle de changer le monde par notre talent, notre travail et notre capacité à coopérer ?

Bibliographie

1. ASSOULINE M. Editorial, Revue annuelle de la clinique de la Vision, N7, avril 2015
2. UFC Que choisir 4/2013
3. LACHMAN M, in MedTech Insight, 2009.
4. MarketScope, 2017.
5. KEZIRIAN GM *et al.*, *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:1826-1832.



J.-J. SARAGOUSSI
Clinique de la Vision, PARIS.
jjsaragoussi@orange.fr

Vingt ans de chirurgie réfractive à la Clinique de la Vision, déjà ?

■ Pourquoi la Clinique de la Vision ?

L'indépendance professionnelle, l'accès à un plateau technique de qualité choisi, un lieu de rassemblement et d'échanges mais aussi d'enseignement et de formation continue, un projet patrimonial, tels furent les moteurs de la création et du développement de la Clinique de la Vision. L'esprit d'entreprise au service d'un projet médical soucieux des équilibres économiques sans soumission aux impératifs de rentabilité optimale des actionnaires.

La diversité du plateau technique parti initialement de deux lasers Excimer et quelques microkératomes, a évolué progressivement avec l'innovation technologique vers un ensemble de matériels comprenant cinq lasers Excimer et quatre lasers femtoseconde, auquel s'ajoute une salle dédiée à la chirurgie du segment antérieur. Cet équipement unique dans un seul centre, a apporté à ses utilisateurs une liberté de le choisir en fonction des préférences personnelles, en fonction des performances spécifiques selon les indications (astigmatisme, hypermétropie, presbytie) et de profiter du confort de larges plages horaires d'utilisation. Des atouts considérables qui nous ont permis de nous épanouir professionnellement et dont nous sommes fiers.



Les sept fondateurs de la Clinique de la Vision en 1998.

■ Une aventure humaine

Toute entreprise de ce genre représente aussi un défi humain. Elle a dû associer de façon volontaire des personnalités diverses et faire de cette diversité d'intérêts mais aussi d'égos, une richesse commune. Il a fallu surmonter les divergences d'opinion par la recherche permanente d'un consensus, absorber le choc des accidents de la vie privée de chaque associé sans fragiliser la cohésion du groupe. La responsabilité de chacun est constamment engagée. L'échelle des âges des associés (17 ans de différence d'âge entre le plus ancien et le plus jeune) a été un facteur d'équilibre et de stabilité qui a pleinement joué son rôle. Le temps passant, le renouvellement des générations s'impose à tous et reprofilera le futur conseil d'administration. Les plus jeunes associés auront à gérer l'avenir de la structure dans l'intérêt commun.

■ Dix-neuf ans de chirurgie réfractive

L'historique de l'activité de la Clinique de La Vision est calqué sur l'histoire de la chirurgie réfractive. Rappelons l'engouement pour le LASIK à l'orée des années 2000 avec une offre diversifiée de nouveaux microkératomes, une nouvelle sémiologie des cornées à risques grâce à l'essor de la topographie d'élévation, l'arrivée des photoablations asphériques et personnalisées basées sur l'aberrométrie, les nouveaux PresbyLASIK, l'avènement du laser femtoseconde et l'extension de ses indications, l'intérêt confirmé à long terme de la photoablation de surface mais aussi le développement des techniques appliquées aux ectasies cornéennes primitives ou secondaires : CXL, anneaux, photoablations en lien topographique.

Le volume d'activité après un pic atteint à la fin des années 2000, a subi un reflux relatif dans les années 2010 qui semble avoir atteint son maximum en 2016 avant de repartir en croissance. Cette évolution a été générale dans les pays occidentaux et a donné lieu dans certains pays à des restructurations du secteur. On a pu invoquer entre autres des raisons socio-économiques, l'essor de l'orthokératologie et la réduction de l'offre de soins en raison du moindre intérêt manifesté par les jeunes ophtalmologistes pour la chirurgie réfractive au profit des pathologies rétinienne bénéficiant de l'innovation thérapeutique récente.

■ 10 ans de chirurgie du segment antérieur hors conventionnement

Depuis le transfert de l'avenue Hoche vers la rue de l'Université, il est traité en ambulatoire des cataractes (présence d'un laser femtoseconde pour cataracte), des chirurgies cornéennes non réfractives, des implantations réfractives.



C. Albou-Ganem, M. Assouline, D.-A. Lebuissou (Direction médicale), G. Montefiore, D. Pietrini (Président), F. Lafon (Management des salles), J.-J. Saragoussi, R.M. Quinsac (IDE), A. Abenhaim, B. Arson-Strim (Direction).

Les résultats des enquêtes de qualité de vie ont justifié tout l'apport bénéfique et le bien-fondé de la chirurgie réfractive telle qu'elle s'est imposée définitivement dans notre spécialité. Son avenir est positivement tracé et les filières de recrutement ainsi que les pratiques s'adapteront à l'évolution de son environnement social et économique mais aussi épidémiologique et démographique. Sur quel modèle ? L'avenir proche nous le dira.



La présence des 3 orthoptistes du départ est à saluer car ils ont fait intégralement partie de la qualité réelle et perçue.



R. AMAR



A. BELKACEM



T. GUEDJ



1 s / D*

360°

1740 Hz

INTRODUCING

TECHNOLAS® 317
TENEOLTM MODEL 2

BAUSCH + LOMB

Veuillez contacter votre représentant Bausch+Lomb pour plus d'informations sur TECHNOLAS® TENEOLTM 317 MODEL 2.

Le design et les spécificités sont soumis à des changements sans préavis selon les avancées techniques en cours. Le Laser Excimer TECHNOLAS® TENEOLTM 317 MODEL 2 est marqué CE0197. Les indications peuvent varier selon le pays. TECHNOLAS® et TENEOLTM sont des marques déposées de Bausch & Lomb Incorporated. © 2017 Bausch + Lomb Incorporated. Tous droits réservés. Fabriqué par TECHNOLAS Perfect Vision GmbH. 18/04/BAUSCH&LOMB/PM/001

* 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 | www.bausch.fr

SOMMAIRE

20 ans, 100 000 yeux et 10 numéros M. ASSOULINE	3
Vingt ans de chirurgie réfractive à la Clinique de la Vision, déjà ? J.-J. SARAGOUSSI	5
Pourquoi la chirurgie réfractive attire peu les jeunes femmes ophtalmologistes ? THINK TANK DE LA CLINIQUE DE LA VISION	13
Les nouveaux opérateurs en chirurgie réfractive à la Clinique de la Vision	17
Chirurgie réfractive : quelle est la perception des jeunes et quel est l'avenir de la formation ? S. TOUHAMI, R. NICOLAU	18
Anticipation et prévisions sur la chirurgie réfractive T. BOUR	20
Problématique économique de la chirurgie réfractive en France D.-A. LEBUISSON	23
Création d'un centre de chirurgie réfractive J.-M. ANCEL	36
L'Intelligence artificielle J.-B. ROTTIER	39
Formation des nouveaux opérateurs et assistants en chirurgie réfractive B. PRIEUR	42
Les gants en chirurgie réfractive B. ARSON, S. VAÏZMIR	45
Chirurgie réfractive et suites médico-légales : à propos de quelques histoires instructives V. AMELINE	55
Annexe : graphiques de la MACSF pour 2016	60
Complications de la chirurgie réfractive cornéenne L. HOFFART	61
Les photoablations thérapeutiques M. ASSOULINE, T. GUEDJ, L. BESSEDE	67

SOMMAIRE

Les techniques laser Excimer de surface à visée réfractive : indications, méthodes et résultats en 2018	78
N. MESPLIÉ	
Les topographies douteuses : peut-on éviter l'ectasie post-chirurgie réfractive ?	81
J.-J. SARAGOUSSI	
Laser TENEO M2 : genèse et spécificités techniques	88
J. COULLET	
SMILE : techniques diverses, retraitements et complications	98
T. CHAZALON	
SMILE (<i>Small Incision Lenticule Extraction</i>) : principes, indications, résultats, prospectives	114
C. ALBOU-GANEM, A. LAVAUD-THOMAS, C. RIGAL-SASTOURNÉ	
Guide raisonné des PresbyLASIK	118
A. HAGEGE, O. CASADESSUS	
Une nouvelle opération pour la chirurgie des très forts astigmatismes : le DIAKIK	141
L. LAROCHE	
Suite réfractive Wavelight Alcon : spécificités technologiques et cliniques	144
J.-L. FEBBRARO	
Laser Excimer Wavelight : un nomogramme parfois incompris...	152
D. CHONG-SIT	
Monovision mal tolérée : une solution, le PresbyLASIK	156
M. TIMSIT	
Adapter une lentille de contact après une chirurgie cornéenne	163
J.-P. COLLIOT	
Réparations cornéennes post-traumatiques	176
J.-L. BOURGES	
Méthodologies modernes des greffes lamellaires de cornée	179
D. GUINDOLET, E. GABISON	
Protocoles thérapeutiques des greffes de cornée	184
P. FOURNIÉ	

SOMMAIRE

Les erreurs de calcul pour les implants intraoculaires cristalliniens et les conseils pour les éviter M. STREHO	189
Le calcul d'implant : le nerf de la guerre de la chirurgie de la cataracte L. GAUTHIER	193
Place du <i>piggy back</i> chirurgical en 2018 N. MESPLIÉ	198
Correction de la myopie forte par implant myopique ICL Visian Staar V4c : résultats de l'étude multicentrique française M. ASSOULINE	201
Chirurgie de la cataracte et petite pupille : les rétracteurs à iris C. BONNET, D. MONNET	207
Rappel sur l'information réfractive V. AMELINE	212
Les injecteurs en 2018 T. AMZALLAG	213
Intégration du FLACS Zéro US en milieu hospitalier S. JAULERRY	221
Uvéites postopératoires après chirurgie du cristallin A.-L. REMOND, P. LEHOANG, B. BODAGHI	223
Quelle place pour les implants à profondeur de champ (EDoF) ? B. AMELINE, A.-C. BAYLE	229
Inventaire raisonné des implants multifocaux et à profondeur de champ P. ROZOT	234
Chirurgie bilatérale du segment antérieur : pour ou contre ? M. WEISER	240
Kératocône : la prise en charge d'une maladie pas si rare dans un centre dédié D. PIETRINI, T. GUEDJ, C. LACHOT	243
Myopie forte et kératocône : 2 pathologies symétriques d'une dérégulation du processus emmétropisant de l'œil ? M. ASSOULINE	251

SOMMAIRE

Le point sur les anneaux intracornéens pour kératocône en 2018 O. PRISANT	256
Chirurgie de la presbytie et pathologies du segment postérieur V. PIERRE-KAHN	264
Interventions combinées cataracte-rétine S. GUIGOU	270
Exercice professionnel : nouveautés L. LEROY	277
Lumière bleue : que peut-on répondre aux patients ? B. AMELINE, A.-C. BAYLE, T. GUEDJ	294
<i>The mysterious rainbow glare : a new insight...</i> M. ASSOULINE	297



La Revue annuelle de la Clinique de la Vision est réservée aux ophtalmologistes. Elle est routée avec le numéro d'avril de *Réalités Ophtalmologiques*. C'est un organe de formation médico-chirurgicale dont tous les articles sont écrits bénévolement. La reproduction totale ou partielle exige une autorisation de la société éditrice.

Une édition **PERFORMANCES MÉDICALES / Réalités Ophtalmologiques**
91, avenue de la République – 75540 Paris Cedex 11 – Tél. 01 47 00 67 14 – Fax: 01 47 00 69 99
E-mail: info@performances-medicales.com
Directeur de la publication : Dr R. Niddam • **Secrétariat de rédaction :** J. Laurain • **Maquette :** D. Plaisance
Imprimeries Bialec, Nancy • Dépôt légal : 2^e trimestre 2018 • ISSN: 1242-0018



Think Tank de la Clinique de la Vision, PARIS.
cliniquevision@gmail.com

Pourquoi la chirurgie réfractive attire peu les jeunes femmes ophtalmologistes ?

En ces temps sensibles, il est dangereux de s'aventurer sur des sujets propices à affrontement d'opinions. Mais lançons-nous.

■ L'effectif

Les femmes qui constituent une **moitié des effectifs médicaux** formés et qui sont aussi souvent bien mieux classés que les hommes choisissent certaines spécialités selon des critères qui ne sont pas les mêmes que ceux des hommes. Ceci débute très tôt car en moyenne, les filles ont de meilleurs résultats scolaires que les garçons, et ce quel que soit leur milieu social d'origine. Elles sont scolarisées plus longtemps alors même qu'elles redoublent moins et elles sont plus souvent diplômées.

On observe que sur les 8372 candidats initialement classés en 2017, 8064 ont été autorisés à pourvoir un poste (exclusion des étudiants n'ayant pas validé le second cycle et des étudiants de l'école de santé des armées) et seuls 7978 (CESP inclus) ont opté pour un poste parmi les 44 spécialités et les 28 subdivisions proposées. 297 internes supplémentaires ont été affectés cette année par rapport à 2016 (7681 au total).

La procédure des choix de postes avait une portée particulière cette année puisque, pour la première fois depuis la réforme du 3^e cycle, les candidats des épreuves classantes nationales devaient composer avec 14 nouvelles spécialités. Le premier ophtalmologiste est en rang 3. D'une façon générale, **ce sont les spécialités avec actes invasifs (hors gynéco) qui sont la visée des hommes**. Le rang intervient dans le choix mais ne constitue pas ici un biais puisque la répartition durant l'internat correspond schématiquement au ratio général. Les hommes choisissent donc aussi la spécialité. Remarquons que l'ophtalmologie n'est pas dans les spécialités chirurgicales

pour les classifications officielles. L'ophtalmologie reste l'une des spécialités très prisées par les étudiants. Comme les années précédentes. Il faut être classé dans le top 2200 pour prétendre à un poste dans cette discipline (141 places au total, hors CESP). À cet égard, les spécialités les plus demandées sont celles qui ont un retour financier très élevé par rapport aux contraintes (peu de garde, interventions assez courtes). Au 1^{er} janvier 2016, la moitié des spécialistes sont des femmes. Elles représentent même 29 % des chirurgiens, une discipline hier quasi exclusivement masculine. Plus des deux tiers des endocrinologues, gynécologues, dermatologues et pédiatres sont des femmes et désormais, les médecins hospitaliers sont majoritairement des femmes.

Incontestablement, si on regarde le (*fig. 1*), il existe des tendances sexuées alors que le choix est libre, soumis au seul mérite et au volontariat. Tout en étant à l'abri d'inégalités de rémunération. Bien évidemment, on arguera du rôle de l'environnement socioculturel, des contraintes x et y et enfin des influences diverses. Les femmes ophtalmologistes dominent depuis 2017 (*tableau I*).

■ Le déficit

Pour la chirurgie ophtalmologique, on retrouve un **délaiement du champ réfractif** par les femmes ophtalmologistes. Pourtant, rien ne distingue la formation et le cursus entre les deux sexes. Si l'on considère la clinique de la vision, la clinique

2632	30	249	271	Femmes (total et pour les 3 tranches les plus jeunes)
3315	29	187	260	Hommes

Tableau I : Les femmes sont majoritaires chez les ophtalmologistes installés de moins de 40 ans.

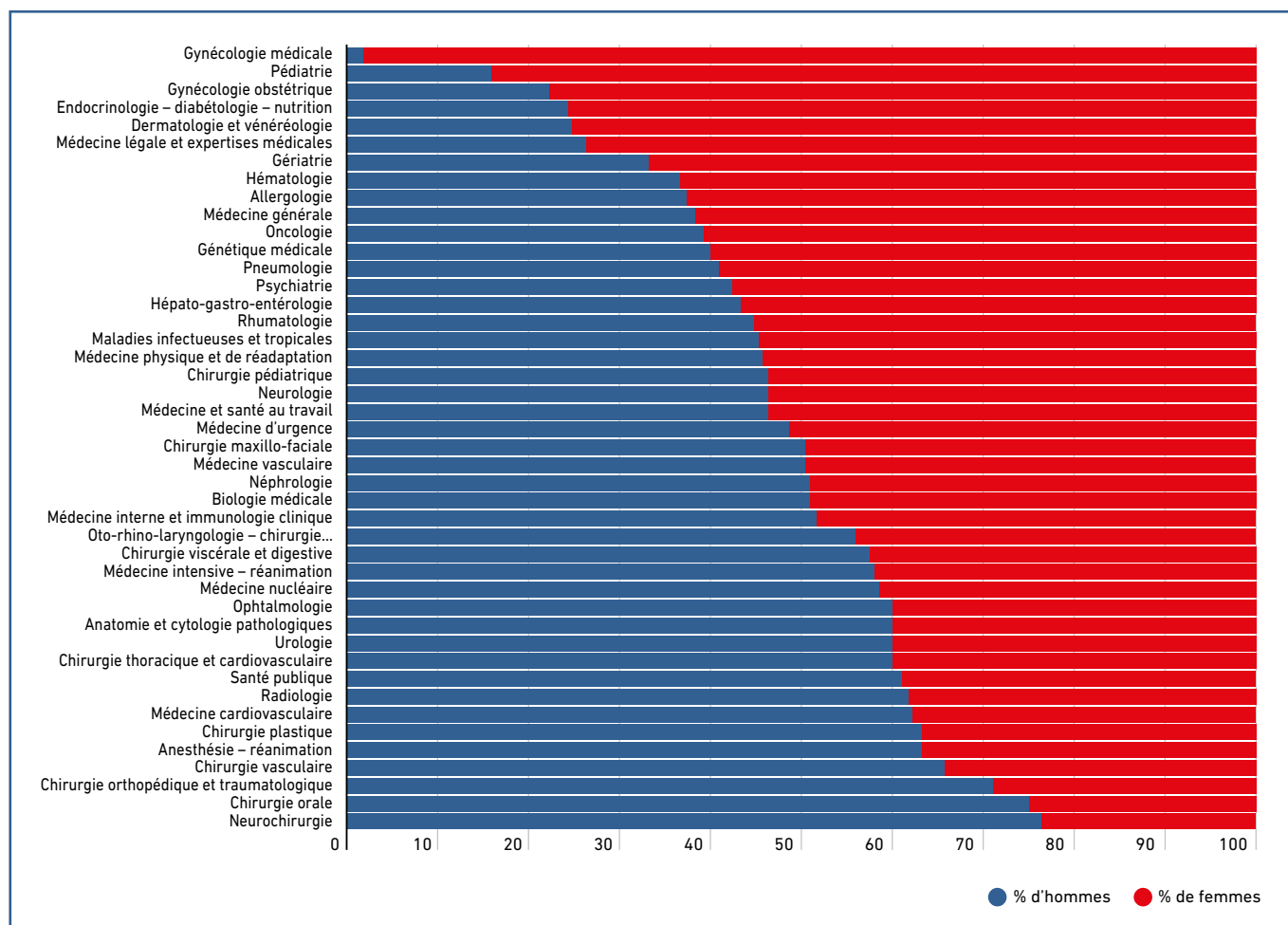


Fig. 1 : Répartition dans chaque spécialité.

Laser Victor Hugo, INR et la clinique Lamartine, c'est-à-dire les **4 vrais grands centres privés réfractifs de Paris, on ne note quasiment aucune recrue indépendante de moins de 40 ans**. Les principaux centres de province signalent la même chose, avec de temps à autre une exception. Le seul recrutement notable procède de 2-3 médecins femmes, souvent étrangères, travaillant déjà dans un centre généraliste et qui, prises en main par un centre réfractif ont découvert l'intérêt financier de poursuivre le traitement réfractif de leurs propres indications. C'est le seul succès connu et il revient au fabricant de laser. Sinon, les femmes ophtalmologistes à bonne pratique réfractive en France sont assez rares, majoritairement au moins quinquagénaires et très souvent en lien ou au sein d'un CHU. Cela fait bien peu et n'est pas propice pour éveiller des vocations chez les jeunes. Surtout, on note que le **renouvellement n'est absolument pas au rendez-vous** sauf dans un établissement de province.

Les très rares nouvelles pousses sont en réalité des cornéologues pas forcément engagées en réfractive.

II Des différences ?

Pour chercher des voies de meilleure intégration féminine, on peut rappeler certaines particularités. Femmes et hommes ne voient pas de la même façon, si l'on en croit deux études publiées voilà trois ans par des psychologues et des neurobiologistes de l'université de New York. On savait déjà que les deux sexes se distinguent par leur ouïe ou leur odorat : le genre féminin a l'oreille plus fine et reconnaît mieux les odeurs. Or, d'après les expériences qu'ont menées Israel Abramov et ses collègues, il semble bien que les hommes et les femmes diffèrent également dans leur perception des couleurs et leur acuité visuelle. Mais ces subtiles données

sont loin de résumer les choses. Quelques rares études donnent d'autres pistes récemment publiées dans le journal *JAMA* où on a conclu à une différence de prise en charge chez les patients âgés, en fonction du sexe du médecin. Une ophtalmologiste dit : *“Peut-être est-on plus enclin à travailler avec d'autres disciplines, et que l'on est moins enrhumé dans notre service ?”*. Et d'argumenter : *“La grande différence, aujourd'hui, c'est que les patients veulent beaucoup plus d'explications. Ils se plaignent parfois que l'on n'ait pas assez de temps pour leur expliquer leur situation. Est-ce que nous, les femmes médecins prenons plus le temps ? Je ne peux pas dire...”* Puis elle ajoute : *“Pour moi, on ne peut pas isoler l'effet de cette féminisation du corps médical avec d'autres phénomènes qui sont apparus dans le monde de la santé, en particulier la montée des droits des patients”. On voit plutôt des modifications dans l'organisation des soins, bien plus que dans la relation.*” Ajoutons qu'une étude parue en février dernier, elle aussi dans la revue *JAMA* suggère que les femmes médecins obtiendraient de meilleurs résultats sur les patients.

Des analyses antérieures et complémentaires, concernant la différence de **pratique** entre les hommes et les femmes, peuvent fournir un début d'explication. Elles mettent en évidence le fait que les femmes qui exercent prennent plus de temps pour prodiguer des conseils de prévention et demanderaient également plus d'examen préventifs que leurs pairs masculins. Parmi ces études, à titre d'exemple, l'une d'entre elles avait pour objectif de comparer le taux de conseils prodigués en matière de prévention entre les médecins de sexe féminin et masculin. **Les femmes médecins s'avèrent être meilleures auditrices et de meilleures applicatrices.** Ainsi, elles seraient plus nombreuses à suivre les recommandations, concernant les mesures préventives et de suivi à transmettre aux patients (*care and cure*). Cette aptitude se révèle dans les systèmes et institutions fortement normés.

L'influence du mode d'activité est difficile à analyser puisque les opératrices réfractives sont peu nombreuses. L'hôpital d'une façon générale pratique peu ce champ et hormis à Paris, le privé est très dispersé. Considérant le temps occupé, on sait la prépondérance des femmes en libéral pour des activités non temps plein. Ceci devrait être un atout pour la réfractive compte tenu du faible *time consuming* de cette activité qui, au demeurant est peu astreignante, et qui ouvre des horaires libres et est dénuée d'urgence ou de suivi renforcé.

Un autre aspect est la vision que l'on attribue à la chirurgie réfractive. Elle est souvent considérée comme peu prévisible

pour le patient et somme toute plus aléatoire pour le thérapeute. Un autre volet suppose une propension plus élevée chez la femme à **mettre du temps dans l'exercice médical**. La chirurgie réfractive est tout l'opposé puisque l'intervention est rapide, *one shot* et sans long terme (sauf études). Mais c'est paradoxal car la chirurgie réfractive est bien plus prédictible que des soins rétinien et bien moins source de complications que les lentilles de contact et pourtant elle semble inspirer de la méfiance à ceux qui l'abordent il est vrai sans être bien encadrés.

De nombreuses raisons peuvent encore être discutées. Citons aussi une moindre pression financière pesant sur les étudiants en médecine et en particulier les étudiantes d'aujourd'hui : quatre étudiants sur dix provenaient de milieux favorisés pour l'année 2013-2014. Un chiffre, chaque année plus élevée, qui place les études de santé parmi les formations les plus clivées socialement, derrière les classes préparatoires aux grandes écoles. Cette particularité s'étale sur une dizaine d'années conduisant pour partie à une distanciation des exigences économiques du quotidien et donc à des choix peu fondés sur des critères économiques purs. Une nouvelle fois il y a paradoxe car si la chirurgie réfractive fait peur en raison du coût des moyens techniques elle a l'immense avantage d'une part d'avoir ses dépenses payées par le patient et d'autre part de ne pas être prisonnière du carcan tarifaire. En un mot, **la plus rémunératrice des voies ophtalmologiques n'anime pas les vocations féminines, c'est peut-être un élément rassurant.**

■ Hypothèse

Nous pensons aussi que la chirurgie réfractive, assez marginale durant le cursus, nécessite une formation essentielle tant du point de vue technique que pour construire savoirs et compétences dans les références propres au milieu. Or, dans la formation à la chirurgie l'impact du maître sur l'élève est d'autant plus fort que **l'apprentissage se fait par compagnonnage**. Peu d'aspirantes trouvent des femmes bienveillantes ayant réussi dans le champ réfractif et assurant un rôle de maître pratique. Il existe un déficit de modèles féminins rendant ardu l'adoubement. Ceci peut être étendu aux hommes mais à un niveau moindre car chez ces derniers la détermination et la faible modestie précèdent souvent l'apprentissage durant les phases de perfectionnement, les femmes étant plus précautionneuses et moins matamores. Leurs réseaux larges, peu dépendants de l'affectif ou de la confiance permettent plus facilement une acquisition. Existe-il une propension masculine vers des actes rapides, à haute valeur ajoutée,

à investissement et sans système de validation? Nous ne le savons pas. Nous croyons plutôt à une forte **sous information et sous formation des femmes** dans le process des choix d'activité et à un sentiment proactif vers des domaines où elles rencontrent des seniors valorisants ou plus influents.

La chirurgie réfractive française ne produit que bien peu de travaux de recherche ou de grandes études sérieuses. En un sens, l'opportunité féminine semble beaucoup dépendre des **coopérations dans le circuit professionnel et de la confiance donnée à des tuteurs que les femmes valident**. Au demeurant, elles se forment plus facilement en groupe (même faible) et en structure que de manière indépendante ou autonome. Les aptitudes ne sont pas en cause, de surcroît les femmes excellent dans les chirurgies de pathologies oculaires où elles arrivent, nombreuses et décidées.

Le phénomène de féminisation médical et ophtalmologique représente une évolution majeure du système universitaire français. Néanmoins, cette persistance des représentations sexuées fait écho à l'expression de "révolution respectueuse"

de Marry (2003), et retentit sur la répartition des filières sans transformer les conceptions traditionnelles définissant les domaines du masculin et du féminin (Avenel).

Notons bien que la désaffection réfractive touche aussi les hommes mais leur surnombre dans les options chirurgicales estompe le déséquilibre.

Question d'image? La chirurgie réfractive peut souffrir d'une presse négative de la part d'instances académiques ou traditionnelles mais ce phénomène marqué il y a trente ans est en désagrégation. Mais il est vrai que la **spécialité réfractive manque depuis quelques années d'un modèle de haut niveau et de leaders ("premiers de cordée") innovants et séduisants qui sauraient lui rendre du lustre et de l'admiration**.

Hommes et femmes sont à la même enseigne, ils attendent un développement des pratiques hospitalières et des formations réelles pour se donner des raisons de se livrer au champ réfractif.

Les nouveaux opérateurs en chirurgie réfractive à la Clinique de la Vision

De jeunes pousses prennent peu à peu la relève des seniors créateurs de l'établissement parisien. Nous présentons ici une partie d'entre eux. Certains ne disposent pas d'accès à un appareil photographique.



JULIEN BULLET

Centre ophtalmologique Montbauron
9, rue Philippe de Dangeau,
VERSAILLES.
www.centremontbauron.fr



MICKAËL SELLAM

11, rue Lobineau, PARIS.
drsellam@hotmail.fr
www.drsellam.com



MIGUEL DUPLICY

32 ter boulevard de la paix, REIMS.
cabinetduplicy@laposte.net
www.chirurgie-yeux-reims.fr



CYRILLE TEMSTET

84 Avenue de Wagram, PARIS.
docteurtemstet@gmail.com
ophtalmologie-wagram.com



JEAN-CHRISTOPHE GAVRILOV

61 bd des Invalides, PARIS.
jc.gavrilo@orange.fr
ophtalmoparis.com



ROMAIN NICOLAU

Med-ophta Paris 95 rue du Faubourg
Saint Antoine, PARIS.
docteur.nicolau@gmail.com
www.cataracte-myopie.com



GREGOIRE KASWIN

5 avenue de la Providence, ANTONY.
gkaswin@gmail.com
www.antony-ophtalmologie.fr



NICOLAS FAYOL

57, avenue Maurice Berteaux,
SARTROUVILLE.
docteur.fayol@gmail.com



PATRICK LORIAUT

84 avenue de Wagram, PARIS.
drpatrickloriaut@gmail.com
www.ophtalmologie-paris.com



MATTEO MAGNANI

Pôle Santé La Défense situé au 46
Boulevard des Bouvets, NANTERRE.
Centre Iéna Vision 37 Rue Galilée,
PARIS.
OPH95/Centre Ophtalmologique du
Val d'Oise situé au 4 Rue Xavier Bichat,
OSNY.

S. TOUHAMI¹, R. NICOLAU²¹ Service d'Ophtalmologie, Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, PARIS,² Ophtalmologiste, MedOphta, PARIS.

saratouhami@gmail.com

Chirurgie réfractive : quelle est la perception des jeunes et quel est l'avenir de la formation ?

La chirurgie réfractive fait partie des nombreux pans techniques que balaie notre spécialité. Jugée discipline "esthétique" par excellence par certains, parfois décrite comme solution "fonctionnelle" par d'autres, la vision que les jeunes praticiens ont de la chirurgie réfractive diffère peut-être de celle que les plus anciens ont pu véhiculer depuis l'avènement des techniques qui en font le socle fondateur. Certains lui reprocheront le caractère trop "machine-dépendant", d'autres déploreront la difficulté d'acquérir des bases solides en optique et biophysique permettant de maîtriser entièrement les réglages opératoires, enfin, certains n'y trouveraient que partielle satisfaction de l'attrait qu'ils ont pour la chirurgie.

Un sondage récent mené *via* un questionnaire en ligne ciblant quelque 500 internes, jeunes assistants et chefs de clinique a révélé des résultats intéressants.

Sur 500 personnes interrogées, seules 54 réponses (environ 10 %) ont pu être collectées, malgré des relances systématiques, annoncées toutes les semaines pendant une durée d'un mois. Cette faible participation serait-elle la manifestation de l'intérêt limité que porteraient les plus jeunes pour cette discipline, ou serait-elle, au contraire, le reflet de l'offre et de la qualité de la formation ?

Dans cette étude, la répartition géographique était telle que suit : 53,7 % des réponses provenaient de la région Ile-de-France, tandis que les 46,3 % restants se répartissaient sur le reste du territoire. Si l'on regarde plus en détails la répartition selon la ville d'origine, les chiffres suivants étaient obtenus : Paris (53,7 %), Bordeaux (11,1 %), Marseille (11,1 %), Lyon (7,4 %), Strasbourg (5,5 %), Dijon (3,7 %), Tours (3,7 %) et enfin Besançon (1,8 %).

La répartition des participants selon leur degré d'avancement dans le cursus était telle que suit :

- 1^{re} année d'internat : 2,4 %
- 2^e année d'internat : 2,4 %
- 3^e année d'internat : 17,1 %
- 4^e année d'internat : 17,1 %
- 5^e année d'internat : 34,2 %
- Clinicat/Assistanat : 19,5 %
- Post-assistanat : 7,3 %

À la question "Avez-vous déjà pratiqué des chirurgies réfractives en qualité de premier opérateur", seuls 46,3 % répondaient par l'affirmative. Parmi ces personnes ayant pratiqué la chirurgie réfractive en autonomie, 96,2 % auraient une expérience de la PKR, 50 % auraient expérimenté le LASIK (tous types), 7,7 % le SMILE et enfin 3,8 % affirment avoir une expérience en pose d'implants phaqes.

La répartition du nombre total de chirurgies pratiquées en autonomie selon le type d'intervention était la suivante :

- PKR : < 20 interventions (80 %), entre 20 et 50 interventions (13,3 %), > 50 interventions (6,7 %);
- LASIK : < 20 interventions (93,3 %), entre 20 et 50 interventions (3,3 %), > 50 interventions (3,3 %).

Concernant l'organisation de la formation, seuls 60 % se jugeaient concernés par la question. Parmi ces derniers, les participants déclaraient avoir débuté leur apprentissage de la chirurgie réfractive dans 10,3 % des cas avant le 3^e semestre, dans 27,5 % des cas entre le 3^e et le 6^e semestre, dans 58,6 % des cas entre le 6^e et le 10^e semestre et dans 6,8 % des cas durant l'assistanat/clinicat. De façon intéressante, aucun participant ne déclarait avoir entamé son apprentissage de la chirurgie réfractive au-delà de la période du post-internat (assistant/CCA).

Sur la base de ce sondage, la formation théorique des jeunes semblait reposer sur de multiples éléments : un apprentissage

de type “sur le terrain” était évoqué dans une vaste majorité de cas (63,5 %), c’est dire l’importance de l’interaction avec les praticiens les plus expérimentés, à l’instar de l’apprentissage d’autres types de chirurgies. Par ailleurs, 50 % déclaraient baser leur apprentissage sur des lectures personnelles tandis que 42,3 % des participants affirmaient que leur formation se basait sur des informations acquises lors de congrès/conférences et enfin 21,2 % sur un enseignement de type diplôme universitaire. Ce recours à des formations complémentaires semblerait plus important que dans le cas de l’apprentissage de la chirurgie de la cataracte par exemple.

Concernant la formation pratique, 52,9 % déclaraient apprendre la chirurgie réfractive par compagnonnage au bloc opératoire au contact des chefs de clinique et assistants, tandis que 15,7 % le faisaient au contact des universitaires de leurs services respectifs (MCU/PUPH). 9,8 % des participants répondaient baser leur formation pratique sur des wetlabs académiques, tandis que 7,8 % basaient leur apprentissage pratique sur des wetlabs non institutionnels, organisés en autonomie par des laboratoires et l’industrie pharmaceutique.

À la question “Quel nombre de terrains de stage jugez-vous formateurs en termes d’apprentissage de la chirurgie réfractive?”, les chiffres suivants étaient obtenus :

- Zéro : 8,5 %
- 1 terrain de stage : 34 %
- 2 terrains de stage : 27,6 %
- 3 terrains de stage : 17 %
- > 4 terrains de stage : 12,7 %

La formulation du sondage ne spécifiait pas le type de terrain de stage concerné (hospitalier ou secteur privé). Cependant,

il semblerait que le secteur hospitalier soit ici impliqué dans la quasi-totalité des cas si l’on se base sur la levée de l’anonymat des personnes ayant participé à cette étude.

Enfin, seuls 27,9 % des participants affirmaient être satisfaits de leur formation globale en chirurgie réfractive. Les raisons évoquées étaient principalement le manque d’accès à des terrains de stages formateurs, l’absence de terrains de stage proposant une offre de chirurgie réfractive dans certaines régions (en particulier, certains centres ne disposent pas de l’infrastructure et du matériel nécessaires au développement et à l’enseignement de cette discipline : lasers, etc.) et enfin l’absence de recrutement suffisant.

Les solutions proposées pour améliorer la qualité de la formation étaient les suivantes : augmenter le nombre d’heures de cours au sein de l’enseignement de DES, développer des solutions de type wetlab avec ou sans l’aide de l’industrie pharmaceutique et enfin renforcer l’interaction avec les divers centres au sein d’une même inter-région et avec le secteur privé.

Pour conclure, ce sondage pointe du doigt les difficultés rencontrées par les jeunes dans leur apprentissage de la chirurgie réfractive. Ces difficultés pourraient expliquer le manque d’engouement de certains pour cette discipline. Malgré le faible effectif impliqué dans cette étude, il reste intéressant de noter que des solutions restent possibles et à portée de main pour améliorer la formation des chirurgiens de demain à cette belle discipline.

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



T. BOUR
Président du SNOF.
thbour@wanadoo.fr

Anticipation et prévisions sur la chirurgie réfractive

Malgré l'excellence des opérateurs, la sophistication de plus en plus importante du matériel et la précision grandissante des techniques opératoires, la chirurgie réfractive stagne, voire régresse en France et sans doute aussi en Europe. Pourquoi cette évolution alors que les résultats sont là, les besoins également et que l'ophtalmologie, dans son ensemble, est confrontée à une forte croissance de la demande de soins ? Est-ce au président du SNOF de répondre à une telle question ? Lui, censé défendre les intérêts matériels et moraux de la profession d'ophtalmologiste, quel point de vue pertinent peut-il avoir sur le développement de cette sur-spécialité qui fut un des exemples phares des avancées technologiques ayant frappé notre spécialité ces quarante dernières années ? Peut-être parce que le SNOF cherche depuis 15 ans à être au cœur des évolutions organisationnelles et réglementaires en passe de transformer l'ophtalmologie et d'une façon plus générale les spécialités médicales. Dans ce cadre, il a été amené à étudier des schémas de développement avec la participation de telle ou telle spécialité paramédicale. Et il faut bien remarquer que la chirurgie réfractive pose problème par rapport au développement général de l'activité ophtalmologique. Là où elle était annoncée comme un segment important de croissance il y a 20 ans, nous sommes bien obligés de constater que ce n'est pas le cas, au moins sur la dernière décennie. La crainte des opticiens dans les années 1990 de voir leur vente de lunettes fondre avec l'augmentation de la chirurgie réfractive a fait long feu. La chirurgie réfractive est-elle devenue "*has been*" ?

Pourtant, et ce numéro brillant issu de la Clinique de la Vision le prouvera amplement, ce n'est pas par manque de techniques évoluées et fiables, d'opérateurs confirmés à faible taux de complications, d'un intérêt du public (les articles de vulgarisation sont réguliers dans les périodiques de santé), d'une prise en charge par les complémentaires santé (certes partielle, mais plus fréquente qu'il y a dix ans), de patients

potentiels. Par ailleurs, la chirurgie réfractive, réparatrice par essence, mais pas toujours perçue comme telle de l'extérieur, est régulièrement confrontée à une menace d'assujettissement à la TVA et son statut réfractif renvoie au débat sur les acteurs se réclamant légitimes pour prendre en charge les amétropies. On connaît les velléités du secteur de l'optique sur tout ce qui concerne la correction des amétropies.

Revenons aux notions de base sur la réfraction et la place des amétropies en ophtalmologie. La réfraction et la correction des amétropies ont toujours été, sont et resteront des éléments incontournables et communs à la prise en charge des affections oculaires par les ophtalmologistes. Le supplément de février 2018 du *Quotidien du Médecin* "spécial ophtalmologie" comprenait 17 articles sur l'actualité et l'évolution de notre spécialité. Dix évoquaient de façon centrale ou secondaire les amétropies et leur correction ! Cela montre ô combien la réfraction reste prégnante et c'est normal : le souci principal de l'ophtalmologiste sera toujours de permettre à son patient de voir le mieux possible. Cela passe par la neutralisation de l'effet réfractif, souvent en interaction avec les maladies ou les interventions oculaires.

La chirurgie de la cataracte est devenue de très loin la première intervention chirurgicale en France et dans le monde, mais c'est aussi aujourd'hui la première intervention de chirurgie réfractive ! Il ne faut pas craindre de l'assumer comme telle. À la suppression de l'opacification du cristallin s'ajoute la correction du trouble réfractif préexistant éventuel, conférant ainsi au patient une nouvelle vision, souvent meilleure que celle qu'il avait auparavant. L'ensemble de cette procédure cataracto-réfractive est d'une rare efficacité engendrant des effets très positifs pour l'individu, son entourage, la société et l'Assurance Maladie. La réhabilitation est devenue d'une grande précision avec la diffusion des biomètres optiques et le progrès des implants, premium ou non.

Brown *et al.* [1] ont calculé en 2012 que le retour sur investissement était de 45 fois ! La première intervention chirurgicale en volume est donc aussi une intervention de chirurgie réfractive, remboursée de plus par la collectivité. Voilà qui replace la chirurgie réfractive à une position de choix dans l'arsenal thérapeutique en ophtalmologie, avec de plus un rapport coût – efficacité imbattable ! Ici, le contrat de l'ophtalmologiste est doublement rempli : réhabilitation de la vue et autonomisation, au moins partielle, d'un dispositif de type prothétique (lentilles de contact) ou orthésique (lunettes). En effet, il n'est pas normal en soi de porter des lunettes, dispositif externe entraînant une certaine dépendance. Quelle proportion d'hommes politiques ou de sportifs souhaite s'afficher publiquement avec des lunettes ?

Cela relève de la mission de l'ophtalmologiste de corriger les amétropies de la manière la mieux adaptée pour le patient en utilisant les trois moyens à sa disposition : les lunettes, les lentilles de contact et la chirurgie réfractive, cette dernière étant la seule technique permanente. N'oublions pas que les liens entre amétropies et maladies oculaires sont fréquents et que les amétropies en elles-mêmes peuvent être des facteurs de risques. Il faut avouer que l'ingéniosité et le marketing du secteur de l'optique ont donné de loin aujourd'hui la prépondérance aux lunettes. Le marché de l'optique français (verres + monture) est de 6,5 milliards € (institut Gfk – année 2017), contre 330 millions € pour la contactologie ; celui de la chirurgie réfractive isolée peut être estimé entre 100 et 150 millions € (il n'y a pas de source totalement fiable, les volumes allant de 75 000 à 150 000 interventions suivant les auteurs). La chirurgie réfractive est donc un nain économique *versus* l'industrie optique. Cela est bien sûr paradoxal puisque les résultats sont là, qu'il y a un environnement médical de nature à rassurer les patients, que le développement du nombre de myopes devrait conduire à la croissance des volumes, que les patients opérés sont habituellement satisfaits et se disent enchantés par les conséquences positives de l'intervention sur leur existence quotidienne. Des débats ont déjà eu lieu pour analyser les raisons de cette stagnation de la chirurgie réfractive, sans pour autant résoudre le problème. Je n'ai pas la prétention de proposer la solution, mais il est permis de se poser des questions sur le positionnement de cette chirurgie et sur le particularisme qu'elle cultive.

Évoquons tout d'abord les ophtalmologistes et leur rapport à la chirurgie réfractive dans leur formation. Peu d'ophtalmologistes ont bénéficié d'une formation de chirurgie réfractive durant leur formation initiale et ceux qui la pratiquent ont dû faire preuve d'un volontarisme important. Ceci a conduit

à un clivage inutile au sein de la profession entre les pour et les contre, alors que cette chirurgie a atteint la maturité nécessaire pour être diffusée à grande échelle. Cette diffusion existe déjà au travers de la chirurgie de la cataracte qui est devenue aussi depuis de nombreuses années une chirurgie à visée réfractive. Il faut capitaliser sur cela pour intégrer pleinement la chirurgie réfractive au cursus normal de l'interne en ophtalmologie. La réforme de 2017 du D.E.S. peut aider à y parvenir. Nous sommes passés de 6 à 10 semestres obligatoires en ophtalmologie, ce qui devrait laisser la possibilité d'y incorporer un temps pour l'initiation à cette chirurgie ; par ailleurs, les stages en milieu libéral, lieu où est pratiqué l'essentiel des interventions, sont en plein développement. Rien ne s'oppose donc, à ce qu'à l'avenir, le versant chirurgical de la réfraction soit pleinement intégré à la formation initiale et, de fait, pratiqué par plus d'ophtalmologistes. L'incorporation à la formation de base est un élément clé à la diffusion ultérieure en pratique professionnelle.

La chirurgie réfractive cultive peut-être à tort un particularisme : celui de la chirurgie de convenance, de "confort", hors nomenclature sécurité sociale, sans encadrement normatif clair et par conséquent sans traçabilité collective. Porte-t-on des verres correcteurs par confort ou convenance ? Poser la question apporte déjà la réponse... En quoi serait-il obligatoirement nécessaire de porter un dispositif correcteur de type orthèse pour corriger un défaut qui trouve son origine dans une anomalie de taille de l'œil ou de la courbure cornéenne ? Certes le port de lunettes est bien accepté socialement grâce à des efforts *marketing* considérables du secteur de l'optique depuis des décennies, mais nous savons tous que cela peut être ressenti comme un handicap au quotidien par beaucoup de patients. La correction chirurgicale des troubles réfractifs n'a pas à être systématiquement considérée comme une solution de 3^e niveau pour les patients, elle ne devrait pas relever d'une niche d'exercice, d'autant que nous avons à notre disposition des techniques fiables s'adressant aux trois âges réfractifs que rencontre un patient aujourd'hui : celui d'avant la presbytie, la presbytie et la période post-cataracte, sachant que la majorité des français se feront un jour opérer de la cataracte. Le cadre hors remboursement Sécurité sociale, hors T2A, pose aussi un problème de confiance envers le public, dans un pays où l'Assurance Maladie universelle a une part aussi prégnante, renvoyant directement au rêve d'égalité sociale véhiculé par la Révolution Française de 1789-1790 et repris par les différentes républiques qui lui ont succédé. La réforme en discussion du "reste à charge zéro" est en droite ligne de ce rêve républicain et révolutionnaire français, on touche là à un des fondements de la société française

depuis 2 siècles. On remarquera que l'Assurance Maladie n'a jamais souhaité, jusqu'à présent, abandonner sa faible part dans le remboursement des lunettes et qu'elle assume aussi le remboursement des lentilles de contact (et de leur adaptation) dans certaines amétropies graves. Cela joue un rôle important dans la crédibilité de ces dispositifs médicaux aux yeux du public. La situation étant différente pour la chirurgie réfractive isolée, il n'est pas interdit d'y voir une raison de son positionnement de niche et de la suspicion que cela peut engendrer. Faut-il revoir ce positionnement (rappelons qu'il y a 20 ans certaines indications étaient dans la nomenclature)? le débat est ouvert... L'absence de cadre réglementaire précis peut aussi poser question au moment où tous les établissements de santé subissent la certification tous les 3-4 ans depuis 2005. La crédibilité et la diffusion large de la chirurgie réfractive, avant l'âge de la cataracte, risquent de ne pas faire l'économie de la mise en place de solutions pour ces différents points. La chirurgie réfractive ne doit-elle pas simplement être considérée comme étant une part des chirurgies cornéo-cristalliniennes?

Enfin, l'intérêt et les avantages de la chirurgie réfractive doivent être mieux communiqués aux patients, de façon plus lisible. Notamment, faire comprendre qu'elle peut s'adresser à différents âges de la vie et pas seulement aux jeunes myopes aisés à la recherche d'une liberté visuelle. Là aussi, l'exemple de la cataracte réfractive peut être très parlant. Le développement d'une équipe paramédicale autour de l'ophtalmologiste est un élément positif pour mieux diffuser l'information auprès des patients, car elle est mieux apte que le médecin à trouver le temps nécessaire pour une éducation thérapeutique. Les relations avec les associations d'usagers du système de santé sont aussi à développer, le SNOF s'y emploie d'ailleurs depuis plusieurs années. La réforme du "reste à charge

zéro" en optique peut aussi constituer une opportunité pour le développement de la chirurgie réfractive. En effet, dans cette réforme, seules les lunettes sont concernées pour les corrections optiques et l'on voit bien que les pouvoirs publics souhaitent contenir la progression de ce marché pour les années à venir. Cela laisse des marges potentielles de progression aux autres moyens de correction.

La chirurgie réfractive est par conséquent à un tournant de son existence. Sa stagnation actuelle n'est certainement pas une fatalité. Elle est en deuxième position en importance après la chirurgie de la cataracte, devant la chirurgie rétinovitréenne, mais cette 2^e place manque de visibilité. Elle partage même la première place, si l'on veut mettre en avant l'aspect réfractif de l'opération de la cataracte, mais là aussi la visibilité n'est pas immédiate, alors que ce volant réfractif participe sans doute de façon importante à l'amélioration de la qualité de vie perçue après l'intervention par les patients (+36 % d'après Brown *et al.*). Le développement de l'avenir de cette chirurgie passe par la mise en place de différentes étapes comme nous venons de le voir. Un débat pourrait s'engager sur ce thème à la SAFIR.

Bibliographie

1. BROWN GC, BROWN MM, MENEZES A *et al.* Cataract surgery cost utility revisited in 2012: a new economic paradigm. *Ophthalmology*, 2013;120:2367-2376.

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



D.-A. LEBUISSON
Clinique de la Vision, PARIS.
dalebuisson@gmail.com

Problématique économique de la chirurgie réfractive en France

La chirurgie réfractive s'est installée en pratique ophtalmologique courante depuis 35 ans dans les pays occidentaux. En dépit de progrès considérables et d'une sécurité accrue, ce champ d'action connaît une croissance très lente et une désaffection relative de la part des jeunes diplômés. Les raisons sont multiples. Un tel phénomène est connu avec les lentilles de contact. L'aspect financier n'est que l'une des faces de la problématique. Un rebond est observé depuis peu mais il est essentiellement dû à l'incorporation sémantique de la chirurgie du cristallin.

■ Le champ d'action

L'obtention du résultat réfractif souhaité par le patient est le socle de la réussite. C'est au nom de celui-ci que le chirurgien accepte de surmonter une réticence naturelle à opérer un organe sain en pleine possession de ses capacités. À l'heure actuelle, l'œil doit être normal pour être opéré mais cette notion s'estompe avec l'apparition des zones de précataracte et la revendication de chirurgie sur pathologie vers un objectif associé réfractif. Mais cette normalité implique aussi qu'il existe un défaut réfractif entraînant un handicap manifeste pour le patient durant ses activités sociales ou professionnelles. Le fait qu'une alternative compensatoire par prothèse externe optique existe n'exclue pas la nécessité interventionnelle. Au demeurant, la convenance individuelle et l'assentiment médical sont des prérequis (*fig. 1*). En chirurgie réfractive, il faut distinguer les actes laser ou assimilés et ceux qui recourent à des lentilles intraoculaires (*fig. 2*).

Un dernier point est la fiscalité de la chirurgie réfractive. Les derniers échanges montrent que si la TVA peut être évitée pour des actes hors nomenclature remboursable cela ne vaut que s'ils s'avèrent être des traitements non alternatifs. La situation n'est pas figée puisque les constata-



Fig. 1 : Les prérequis en chirurgie réfractive.

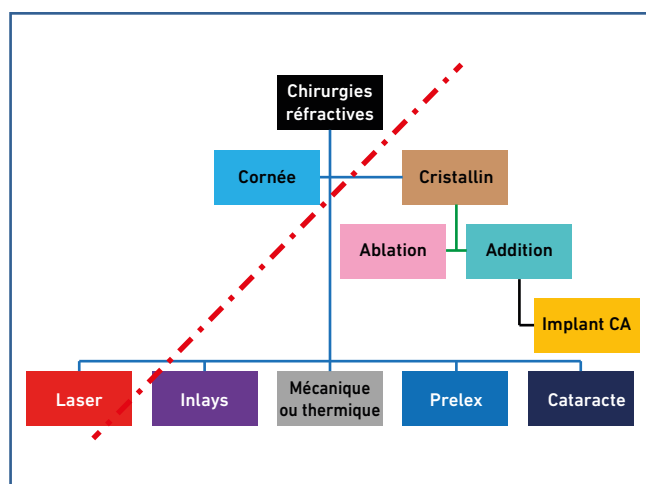


Fig. 2 : Les deux secteurs opératoire réfractifs.

persistent mais on ne peut pas être très optimiste. Notons que la TVA n'a en rien nuit à la chirurgie esthétique.

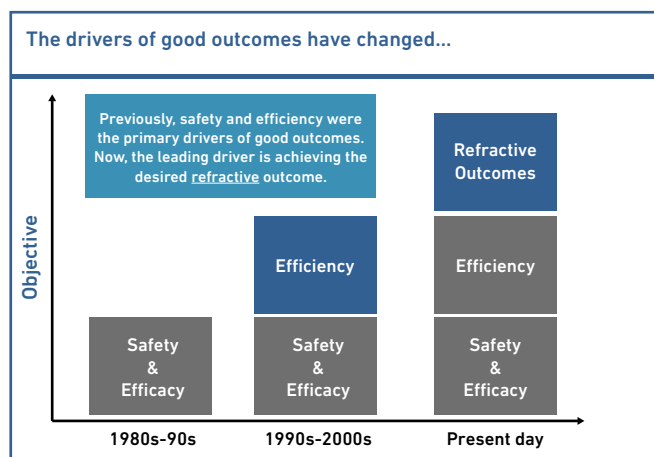


Fig. 3 : Les 3 composantes réfractives de la chirurgie réfractive.

■ Le risque assurantiel

L'objectif opératoire a 3 cibles (*fig. 3*) qui toutes doivent être obtenues.

On comprend que les litiges puissent être douloureux et coûteux et ceux-ci freinent l'engagement de nombreux jeunes. En 2016, la judiciarisation de la médecine semble avoir marqué une pause, certains chiffres en témoignent. L'évolution des réclamations régresse légèrement dans le panorama annuel dressé par la Sham. Le coût moyen des condamnations s'est également infléchi. De 269 258 euros en 2015, il a baissé à 267 478 euros en 2016. Enfin, le règlement à l'amiable se développe. Seules 6,2 % des dossiers se règlent par voie contentieuse. Tous les résultats ne sont pas pour autant aussi satisfaisants. On note une forte progression (12 %) du taux des condamnations devant les juridictions administratives et judiciaires. Le Sou Médical note un peu plus de 14 litiges jugés en 2015 en chirurgie réfractive. Ce qui est à noter est qu'en cas de faute médicale, les indemnités augmentent clairement en matière de chirurgie réfractive. Pour le moment, le montant de la cotisation annuelle de l'assurance est très peu modifié par la pratique de la réfractive.

■ La question TVA

Quelques médecins sont appelés à payer la TVA par le fisc pour les actes de cornéoplastie réfractive. Ce sont des cas isolés qui souvent correspondent à une situation locale particulière. Le débat est mal engagé pour l'administration car les arguments s'opposant à la taxation sont importants, robustes

et connus : <http://www.lucas-baloup.com/index.php/articles/tva-sur-les-soins>. L'exonération de la TVA peut être sollicitée (22/03/2016) si le médecin traitant estime qu'il est question de finalité thérapeutique ou reconstructrice, en dépit du fait que l'opération ne figure pas dans la nomenclature INAMI (conformément à l'Arrêt n° 110/2015 de la Cour constitutionnelle du 17.09.2015) <https://www2.deloitte.com/be/en/pages/accountancy/articles/pme-updates/pme-chirurgie-esthetique1.html>.

Souvent, lorsque la main est laissée à un administrateur ignorant de cette chirurgie, on assiste à une classification de l'activité dans le cadre de la chirurgie esthétique avec en prime une information publiée à côté des actes rituels (CHU de Nantes).

Le point capital est donc de bannir toute mention dans les dires et documents de référence à une intention cosmétique ou esthétique et de bien préciser partout le caractère de soin à la personne et de réparation d'une fonction visuelle handicapante ou anormale. Les médecins concernés peuvent consulter les textes de la SAFIR, du SNOF, de l'AFFAPPS, de la SFO...

Le ministère des finances répond formellement ceci: *En dehors de la chirurgie esthétique ou de la médecine esthétique, l'ensemble des prestations de soins réalisées par les membres des professions médicales ou paramédicales réglementées reste couvert par l'exonération de la TVA. Par suite, la chirurgie réfractive réalisée par un ophtalmologiste permettant de corriger une pathologie, comme la myopie, l'hypermétropie ou l'astigmatisme qui ne constitue pas un acte de chirurgie esthétique, ni de médecine esthétique, est couverte par l'exonération de TVA prévue au 1° du 4 de l'article 261 du CGI, quel que soit son régime de prise en charge par l'assurance maladie.*

■ Particularités de la chirurgie réfractive

La cornéoplastie réfractive laser est :

- Un acte invasif ancien ;
- Hors du champ T2 A ;
- En honoraires libres et très bien rémunérée ;
- Procédant d'une codécision patient-opérateur ;
- Non éligible pour tous ;
- Sans autorisation d'implantation ;
- Non soumise à la réglementation esthétique ;
- Ne nécessitant pas le recours à un établissement de santé ;

- Sans contrainte particulière en matière d'information médicale ;
- Nécessitant un appareillage coûteux et donc un business plan déterminant les modalités de financement.

■ L'offre réfractive

L'offre réfractive repose sur environ 160 plateformes en France pour 200 opérateurs réguliers et 200 d'opportunités. On estime à environ 80 000 yeux le nombre de cornéoplasties réfractives réalisées en 2016 en France (Marketscope). Le Royaume-Uni et l'Allemagne ont le même profil alors que l'Italie et l'Espagne ont beaucoup plus de centres et d'opérateurs. Ces deux derniers pays subissent, il y a quelques années, une sévère dépression à la suite d'années euphoriques, excessives et désordonnées. On peut pointer en ces pays l'effondrement des chaînes de centres, la disparition des bas tarifs et l'auto-élimination des opérateurs médiocres. Le fait qu'il existe un panier (25 % de la population caucasienne est myope, et la presbytie corrigée concerne 40 % de ce groupe) ou un bassin important ne suffit pas à assurer d'un débit important, il faut aussi de la pertinence et de la qualité.

Le public doit surmonter :

- la peur de l'opération ;
- le non remboursement et le reste à charge ;
- la désinformation relative des ophtalmologistes non opérateurs ;
- la complexité de l'information ;
- les agents dissuadeurs (*fig. 4*), les yeux constituent une zone majorée de crainte médicale.

Le reste à charge est un point important dans un pays peu habitué à cela (*fig. 5*).

L'ophtalmologiste doit :

- avoir la détermination de pratiquer la chirurgie réfractive ;
- dégager du temps médical aux dépens d'autres activités comme l'IVT... ;
- bénéficier non seulement d'un enseignement mais aussi d'une formation pratique ;
- rencontrer un tuteur médical l'encadrant ;
- participer avec les ingénieurs techniques du fabricant à l'apprentissage méthodologique ;
- trouver un centre adéquat ou le monter ;
- apprendre à informer en ce domaine ;
- oser tarifier son acte en dehors des critères jusqu'alors utilisés.



Fig. 4 : La peur est un obstacle décisionnel.

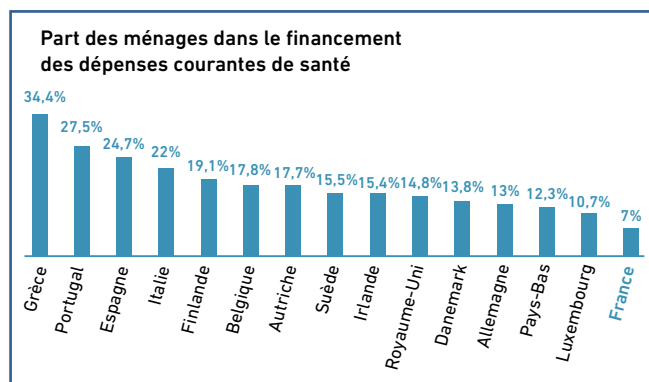


Fig. 5 : La France rembourse beaucoup mais aussi cotise beaucoup.

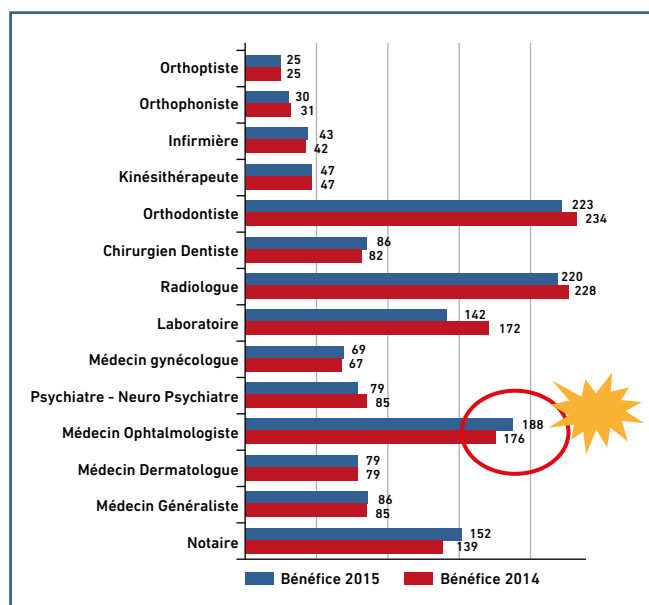


Fig. 6 : L'ophtalmologie est très porteuse économiquement et dépasse les radiologues !

La tentation de se cantonner aux champs non réfractifs peut se comprendre si on considère la dynamique naturelle actuelle de l'ophtalmologie (*fig. 6*). La formation est déjà si

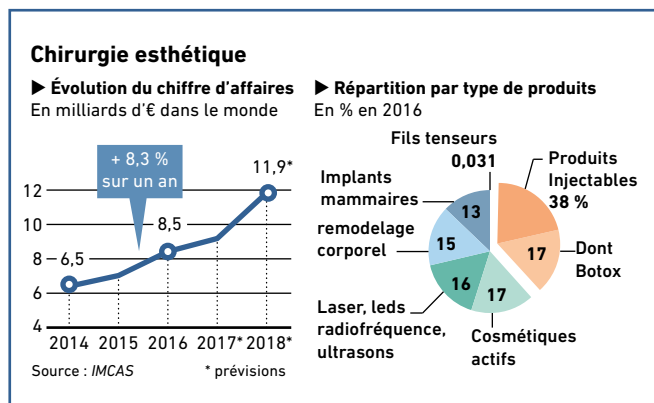


Fig. 7 : La croissance des soins esthétiques ne connaît pas de frein.

ardue sauf pour d'exceptionnels cas ou un interne arrive à effectuer un stage en secteur libéral qu'il est compréhensible que les tâches existantes combient totalement l'agenda. La **figure 6** montre bien que la chirurgie réfractive n'est pas un passage obligé pour l'ophtalmologiste.

La chirurgie de convenance dans d'autres spécialités ne subit pas forcément les effets de crise économique ou de l'absence de remboursement (**fig. 7**). Le public adhère bien aux remodelages esthétiques.

La correction optique par des prothèses externes (lunettes...) s'accroît. En 2014, 20,6 % de la population a acheté au moins un équipement d'optique (changement de verres, achat d'une nouvelle monture, d'un équipement complet, de lentilles etc.) L'augmentation du recours à des équipements peut traduire deux phénomènes : l'augmentation du besoin pour une population donnée et l'augmentation de la consommation de produits d'optique par personne (facteur inflationniste : la pub, la mode, le vieillissement, le remboursement...) (**fig. 8**).

Il est vrai que la diffusion des lentilles de contact n'a pas rencontré d'engouement et en dépit d'un sursaut récent, il n'en reste pas moins que les **figures 9 et 10** montrent bien que, comme la chirurgie réfractive, les consommateurs ne sont pas présents en masse.

Le marché de l'optique est très particulier car d'une part la Sécurité sociale rembourse très peu, les ménages mettent la main à la poche et le reste à charge final demeure bas en raison du rôle majeur des assurances complémentaires (**fig. 11**). Désormais, ces dernières posent des limites pour limiter les dépenses.

La filière optique est très puissante et dispose de relais notables. Son influence dépasse largement celle de l'ophtalmologie.

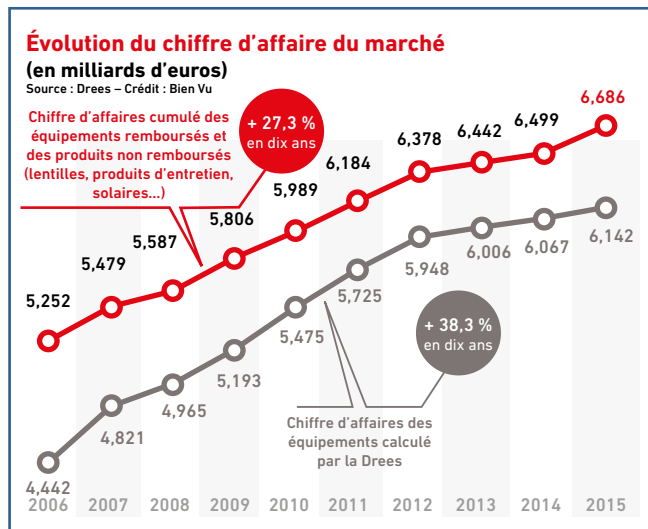


Fig. 8 : Le marché de l'optique se porte bien même s'il subit de petits contre sauts récents au niveau des points de vente.

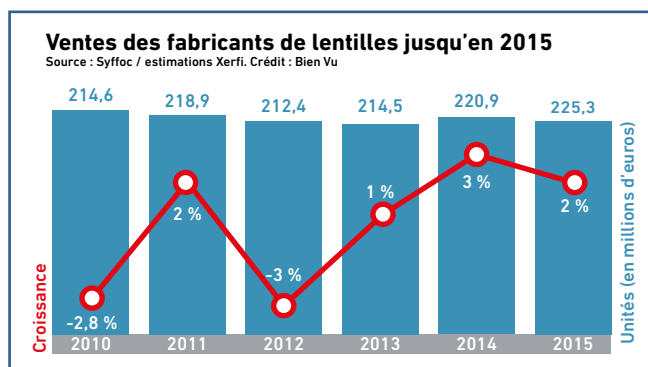


Fig. 9 : Le faible développement de la diffusion des lentilles de contact.

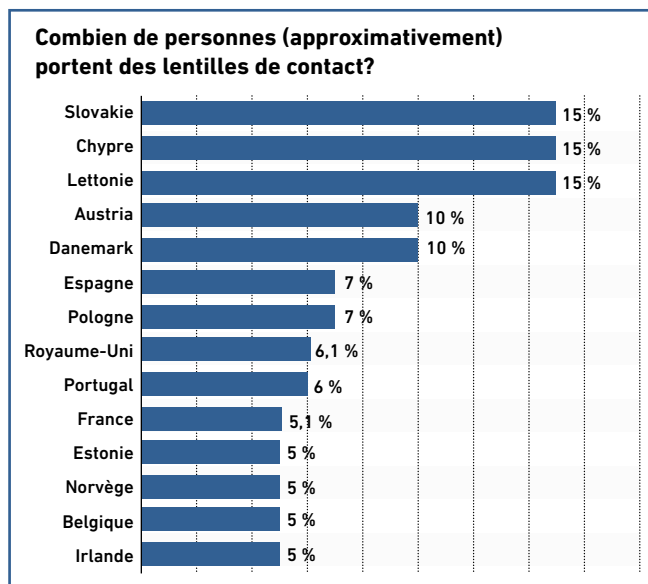


Fig. 10 : En France, les lentilles de contact sont moins populaires qu'ailleurs.

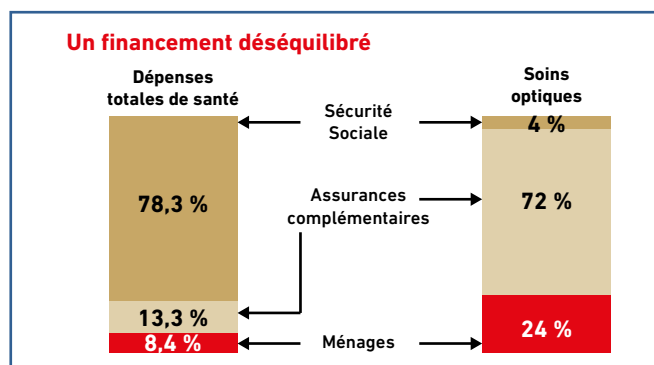


Fig. 11 : La place réduite de la SS en optique.

■ Les lasers réfractifs

Lorsque on compare les lasers de surface (PKR, Epilasik, Lasek...) et les LASIK ou SMILE, on note un effet de bascule entre les deux options. Le volume total est peu modifié. Le nombre de récusations pré opératoires stimulées par les différents indices et scores est compensé par une plus grande audace en matière d'indications de PKR. Les barrières traditionnelles telles que l'épaisseur centrale seuil à 480μ , ou une absence d'indices anormal ne sont plus respectées par de nombreux opérateurs qui pratiquent alors une PKR. De surcroît, la limite supérieure d'indication de ces mêmes Excimer est poussée jusqu'à -7 dioptries voire plus. L'usage de mitomycine diluée et les distributions plus rapides et homogènes du faisceau laser réduisent alors fortement les aléas post opératoires. Enfin, le SMILE ou Relex correspondent à des fractions réelles de l'activité mais ne détrônent nullement l'Excimer. Ce sont des traitements encore monos marque et demandant souvent un opérateur bien formé ce que la PKR n'exige pas. L'histogramme suivant (fig. 12) est un exemple puisé à la Clinique de la Vision de Paris qui montre bien une double tendance : une légère croissance de PKR au détriment des cornéoplasties avec découpe. C'est un point déjà signalé aux États-Unis (fig. 13).

Au sein de ces dernières, l'engouement SMILE s'est atténué. Ce dernier point est en partie dû à l'apprentissage exigé par ce dernier qui dirige, par défaut, les jeunes opérateurs vers les lasers traditionnels. En ce sens, pour les compagnies, l'implantation dans les hôpitaux est cruciale pour effectuer une captation. Il semble exister un plafond de verre dans les centres à choix multiple de lasers. La qualité des résultats du SMILE n'est pas en cause c'est plutôt son apprentissage un peu long, sa durée plus élevée et la difficulté de réponse aux aléas qui bloquent la généralisation chez les myopes. La sécheresse lacrymale demeure une question très marginale sauf si le marketing la place en avant.

En revanche, un apprentissage unique sur Visumax peut constituer un atout en créant une filière d'opérateur appareil-dépendant. Ainsi, se constituent des ponts entre centres ophtalmologiques et centres chirurgicaux.

Le second marché en réfractif n'est pas dédaignable. Les patients opérés se présentent de plus en plus souvent pour résoudre une presbytie ou une perte d'effet. Une partie seulement est réopérée sans grande difficulté d'éligibilité.

Les compagnies importantes ne comptent pas beaucoup sur le marché réfractif pour devenir rentables. Ainsi, pour l'exemple, il ne représente qu'une fraction faible des ventes (fig. 14).

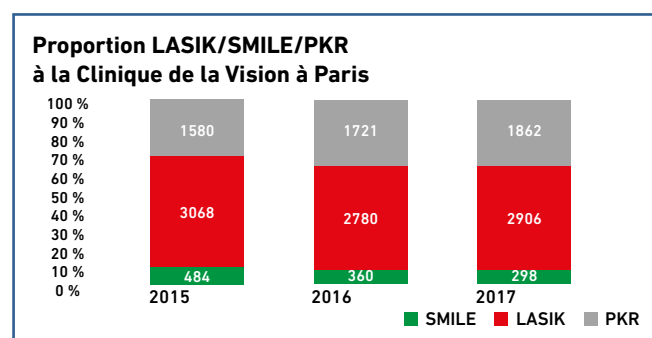


Fig. 12 : Répartition des cornéoplasties lasers à Paris à la Clinique de la Vision.

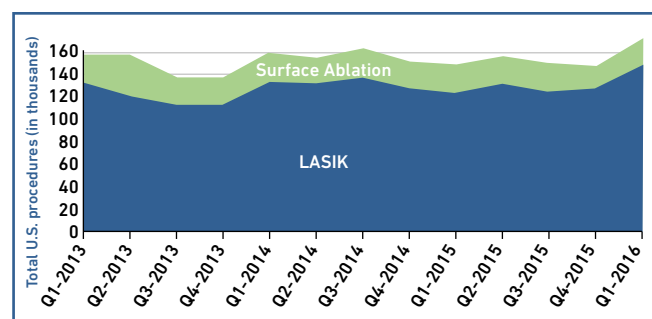


Fig. 13 : Rapport PKR/LASIK aux USA.

2015 industry sales ¹ USD billion				
		Projected industry CAGR ¹ 2015-20	2015 net sales USD bn	Position
Cataract	6.5	3 %	2.9	#1
Vitreoretinal	1.3	5 %	0.6	#1
Refractive	0.4	2 %	0.3	#2
Glaucoma	0.1	28 %	n/m	n/m
Total		4 %²		

Fig. 14 : La chirurgie réfractive n'est pas une division majeure du portefeuille de très grandes firmes.

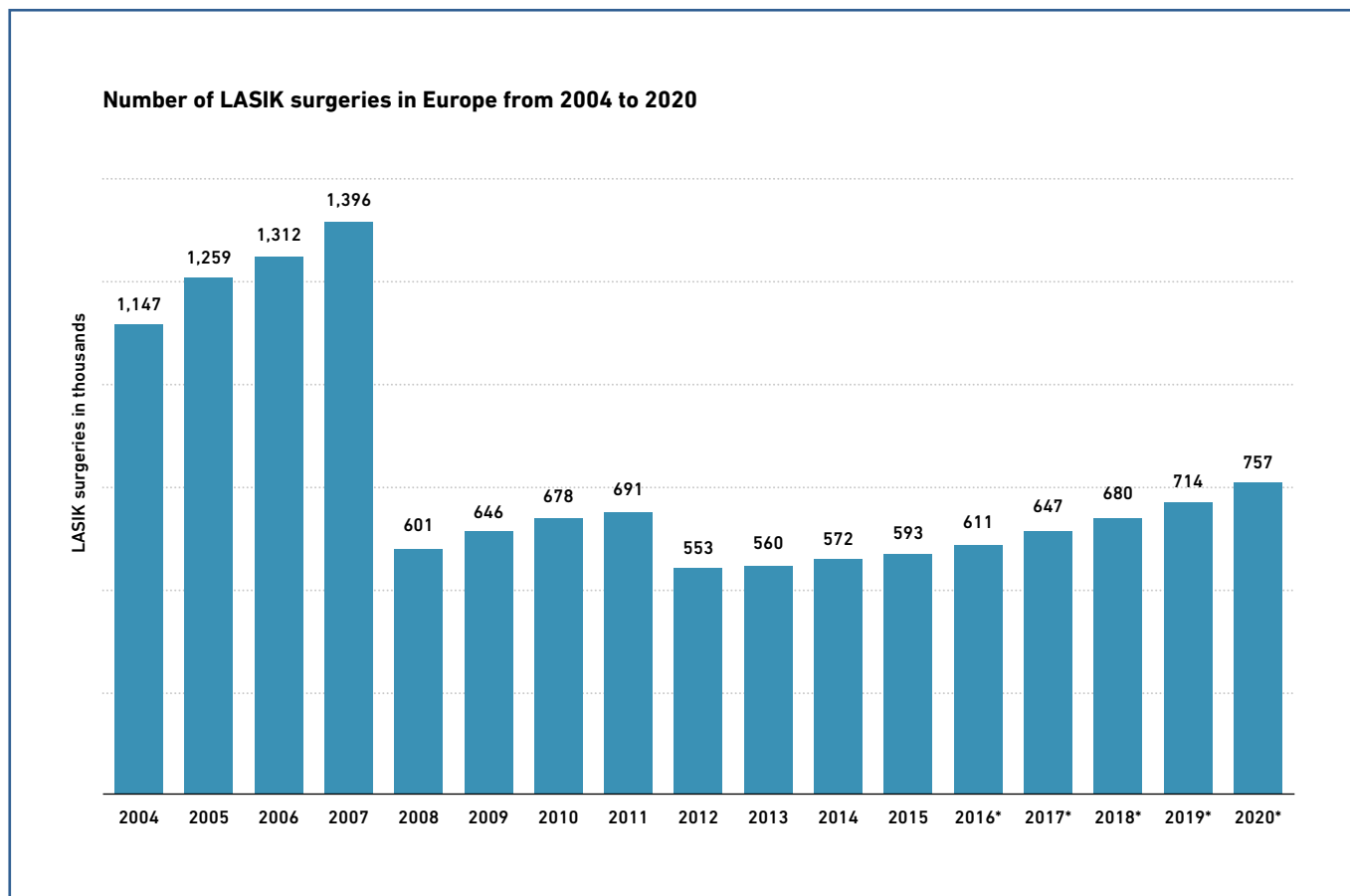


Fig. 15 : L'augmentation du nombre de LASIK est faible.

Notons aussi la stabilité de l'activité en ces dernières années peu simples économiquement et dévoilant une tendance positive depuis 2017 et ceci sans croissance externe révélant la robustesse du recrutement dans cet établissement ne pratiquant aucun *low cost* pour la structure (coût clinique par œil : de 600 € à 700 €).

Les prévisions pour les très prochaines années sont prudentes (fig. 15).

Pour émerger au strict plan plan du recrutement, il faut :

- soit un **nom** porteur et établi dans un périmètre consolidé ;
- soit un niveau de **rareté** important à la condition qu'il soit un sujet de demande spécifique (Femtoseconde, trans épithélial...);
- soit beaucoup de **marketing** légal et maintenu ;
- soit un **flux** organisé (réseaux, mutualistes... dichotomie (illégale pour mémoire), fluidification relationnelle des para médicaux...);
- soit une institution recrutant sur son nom propre.

■ La question tarifaire est centrale.

Cet encart récent le montre (fig. 16). Personne ne sait quel est le prix. Aucun référentiel ne peut être exploité.

SANTÉ

CHIRURGIE DES YEUX

Faut-il vous faire opérer ?

Et à quel prix ?

Alternative au port de lunettes, la chirurgie des yeux peine à se démocratiser car elle coûte cher. Il est cependant possible de diminuer la facture de cette intervention de confort.

Fig. 16 : Le particulier.

Il est impossible de répondre puisque le seul critère est somme toute la satisfaction vécue du patient une fois l'opération et le règlement effectués. Nous ne disposons pas d'étalon prix = valeur. Le seuil est évidemment la couverture des coûts et les provisions pour dépenses inattendues. Le reste est la marge qui doit couvrir les investissements, les actions de communications et les honoraires. Ces derniers sont dans la majorité des pays avancés de 2 à 4 fois les tarifs propres de l'établissement.

L'appréciation du juste prix implique ce qui est acceptable et accepté par le candidat mais aussi correspondre aux attentes du médecin et de la structure.

C'est donc une notion complexe et variable où les facteurs d'ajustement sont nombreux, toutes les tarifications existent et varient parfois au sein du même établissement. Les critères peuvent prendre en compte : la réfraction, la technique, les méthodes... Mais aucune n'affiche celle qui compte vraiment le pouvoir de dépense du patient. Ce dernier est souvent, outre la capacité, lié à l'âge, à la profession, au métier, à la priorisation de la motivation et au recours mutualiste.

■ Présentation des prix

Lorsque la SS n'est pas acteur, la question du prix passe au premier plan. Peut être pas lors de la consultation mais certainement avant car il est extrêmement rare que les patients ne soient pas informés de cette question. En quelque sorte, le prix est parfois le premier filtre éliminant une fraction de prospects aux très faibles moyens financiers.

Le propre du *low cost* est d'emblée de présenter le tarif en premier de façon à amorcer l'intérêt alors que le propre du *high cost* est de reléguer le prix au profit de la sécurité, de la qualité et de la personnalisation.

Déclinons les méthodes rencontrées :

Selon une étude aux États-Unis, la majorité des centres proposent un tarif unique pour tous les Excimer (**tableau I**). Ces prix sont relativement stables depuis plusieurs années et en particulier depuis le ressaut qui a suivi la crise économique de 2008 (**fig. 17**).

En France, une information repose sur une énumération soumise à variation par item (**tableau II**).

Cette présentation montre les prix mais est difficile à comprendre pour le patient en ouvrant trop de variables. L'offre

Princing Policy	Q1-2016	Q4-2015	Q1-2015
One price for all excimer Laser-Based Procedures	73.8 %	77.6 %	72.9 %
Price varied by Technology Used	24.1 %	21.0 %	27.1 %
Price varied by Refractive Error	2.1 %	1.4 %	3.4 %
Free Component			Average Single-Price LASIK (\$)
US global fee per eye			2,075
External marketing costs per eye			212
Per-procedure license fees			150
Drugs, disposables, keratome blades, etc.			250
Capital equipment cost based on 1,000 procedures per year			144
Staffing, overhead, etc.			460
Net Proceeds			859

Tableau I : Façon de procéder aux USA.

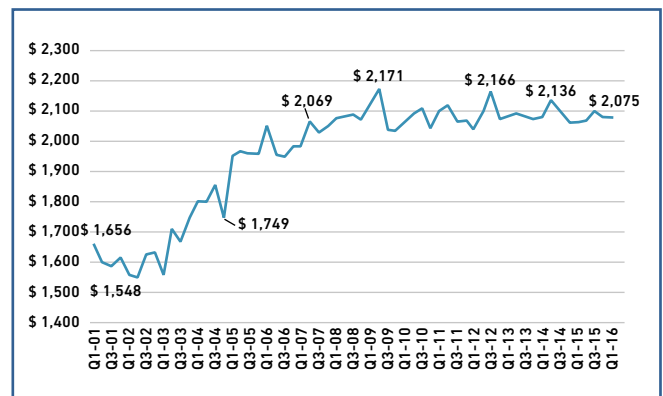


Fig. 17 : l'introduction du laser femtoseconde marque le début de la hausse des prix dans les pays avancés puis stabilisation depuis 10 ans.

Mes tarifs pour la chirurgie réfractive au laser avec technologie 100 % laser (Lasik, Presbylasik, PKR) sont les suivants :

- **Chirurgie Myopie avec technique PKR ou LASIK :**
* De 2200 € à 2600 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Myopie avec technique LASIK Xtra :**
* De 2800 € à 3200 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Myopie avec technique SMILE :**
* De 3000 € à 3500 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Hypermétropie avec technique PKR ou LASIK :**
* De 2400 € à 2800 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Hypermétropie avec technique LASIK Xtra :**
* De 3000 € à 3400 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Astigmatisme avec technique PKR ou LASIK :**
* De 2400 € à 2800 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Astigmatisme avec technique LASIK Xtra :**
* De 3000 € à 3400 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Presbytie avec technique Presbylasik :**
* De 2800 € à 3200 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)
- **Chirurgie Presbytie avec technique Presbylasik Xtra :**
* De 3400 € à 3800 € (payable en 3, 4, 5 ou 10 fois)

* Tarifs variables en fonction de l'importance du ou des défauts associés à traiter et selon la technique opératoire utilisée.

Tableau II : Présentation mixant réfraction et technique.

groupée a fait un flop dans beaucoup de pays car trop resserrée dans le temps (*fig. 18*) : plus que 2 jours... Une expatriation est possible (*fig. 19*).

Fig. 18 : L'offre groupée.

Fig. 19 : Une offre intra-européenne.

Fig. 20 : Offre touristique-médicale.

De nombreux pays d'Afrique du nord, des pays de l'est européen ou d'Asie (*fig. 20*) participent à ce champ de rupture tarifaire. Les tarifs peuvent procéder d'une approche purement méthodologique (*tableau III*). Le bond tarifaire est ici relié directement à l'emploi du laser Visumax*

Les réseaux de type mutualiste apportent trois "avantages" pour une tarification de type moyenne avec des modalités carrément excentriques ou le prix du microkératome augmente de 300 € entre - 4 et - 5 dioptries !! (*fig. 21*). Il est aussi possible de jouer sur une improbable différence technique suivant l'importance du défaut réfractif (*tableau IV*).

Costs Laser Eye Treatment	
Laser Eye Treatment	Starting from approx. 1.250,- €/per Eye*
ReLex smile Treatment	Starting from approx. 2.400,- €/per Eye*
Costs Lens Surgery	
ICL	Starting from approx. 2.600,- €/per Eye*
Multifocal/Trifocal Lenses	Starting from approx. 2.900,- €/per Eye*
Monofocal Lenses	Starting from approx. 2.500,- €/per Eye*

Tableau III : Offre différenciée techniquement.

PRIX OPERATION DES YEUX	
Prix opération Myopie et/ou Astigmatisme et/ou Hypermétropie : 2 YEUX TOUT COMPRIS	
HORS PRESBYTIE	NO 0 à -4 ou 0 à +2 dioptries Sup. à -4 ou +2 dioptries
Technique PRK (sans capot cornéen) Prix valables uniquement pour les personnes de moins de 30 ans	1 800 € 1 290 €
Technique Lasik (avec capot cornéen)	
avec traitement	1 590 € 1 080 €
avec soins postopératoires	2 400 € 2 430 €
Traitement Lasik avec astigmatisme supérieur à 2,5 dioptries	2 280 € 2 290 €
Prix opération Presbytie avec ou sans un ou plusieurs autres troubles de la vue : 2 YEUX TOUT COMPRIS	
Presbytie par technique PRK	1 890 €
Presbytie monovision + Lasik	2 290 €
Presbytie par Supractor + Lasik	2 490 €
Presbytie par Supractor + Lasik avec Laser Femtoseconde	2 890 €
Il est important de noter : nous acceptons le paiement en plusieurs fois Prix de l'opération des yeux : GRATUIT ou presque grâce à la prise en charge par les mutuelles *Les mutuelles ont des conditions qui permettent de prendre en charge totalement tout ou partie des opérations de chirurgie réfractive. Nous vous invitons à vous rapprocher de votre organisme de complémentaires santé pour en connaître le montant.	

Fig. 21 : Consultation gratuite, tiers payant.

Myopie Faible**Forfait LASIK pour les myopies < à 3 dioptries sans astigmatisme :**

- Découpe de la cornée au Laser Femtoseconde :
 - Laser Wavelight FS200
 - Laser Intralase FS150
- Traitement Excimer :
 - Laser Wavelight EX500
 - Laser Technolas 217P
 - Laser Technolas 317 TENEO
- Honoraires du chirurgien

Forfait Laser-LASIK Myopie Faible :

800 euros (par œil)
Tarif au 01/01/2016

Myopie, Hypermétropie et Astigmatisme**Forfait LASIK pour les myopies et hypermétropies > à 3 dioptries avec astigmatisme :**

- Découpe de la cornée au Laser Femtoseconde :
 - Laser Wavelight FS200
 - Laser Intralase FS150
- Traitement Excimer :
 - Laser Wavelight EX500
 - Laser Technolas 217P
 - Laser Technolas 317 TENEO
- Honoraires du chirurgien

Forfait Laser-Lasik :

1150 euros (par œil)
Tarif au 01/01/2016

Tableau IV : 350 € pour quelques secondes de plus.**■ Les tarifs modulés**

Les prix courants en France pour les deux yeux correspondent peu ou prou à celui proposé aux États-Unis pour un œil. Mais, partout on assiste à des annonces à tarif abaissé. Cette modification s'exerce de façon diverse. Ce peut être une simple ristourne au sein du secret du cabinet médical. Mais alors, elle n'est pas institutionnalisée sauf à ce que le centre accorde aussi une remise systématique. C'est une façon pour l'opérateur de maintenir un flux. Autrement, il est fréquent qu'une structure mixte souvent adossée à un établissement de santé affiche une grille assez basse mais pas trop. C'est un cas fréquent en Europe de l'Ouest.

Dans ce cas de figure, une partie de frais est absorbée dans ceux de l'établissement principal. C'est un peu ce que l'on observe dans les hôpitaux (**tableau V**). On voit ici que les prix très abordables ne prévoient manifestement pas la couverture des investissements, ni un paiement semblable au secteur libéral pour les intervenants. Il est vrai que parfois

**DÉCISION PAD. N°10 032/2014
FIXANT LES TARIFS DES FORFAITS LASERS
À compter du 1^{er} janvier 2015**

Vu l'article L 6143.7 du Code de la Santé Publique, les tarifs des forfaits de chirurgie réfractive au laser sont établis comme suit :

- Forfait de photokératectomie réfractive :
 - 630 € par œil
 - 1130 € pour deux yeux
- Forfait pour l'usage du lasik :
 - 830 € par œil
 - 1530 € pour deux yeux
- Forfait pour l'usage du laser femtoseconde :
 - 980 € par œil
 - 1830 € pour deux yeux

Ces forfaits comprennent les frais liés au bilan, le laser, lasik ou femtoseconde ainsi que les 5 suivis post intervention sur 6 mois.

Tableau V : Tarification au CHU de Nantes : premier "Low cost" de France.

il est alors mis en place une formule de type associatif ou autre qui individualise le financement. En France, les chaînes n'existent pas mais au Royaume-Uni elles prédominent et ont des tarifs considérés là-bas comme peu chers. On peut voir par comparaison avec les centres uniques la minorisation des chaînes (**tableau VI**) et la hausse des centres autonomes (**tableau VII**).

	Consultation	Per Eye	Deposit	0 % APR (Months)
Optical Express	Free	From £ 1495	£ 500	£ 99.50 (10 Months)
Optimax	Free	£ 1,695	£ 169.50	£ 152.55 (10 Months)
Ultralase	Free	£ 1,695	£ 169.50	£ 152.55 (10 Months)
Optegra	Free	£ 1,795	£ 179.50	£ 134.62 (12 Months)
Prices correct as of March 2017				

Tableau VI : Les tarifs "relativement bas" des chaînes en UK.

	Consultation	Standard Per Eye	Deposit	0 % APR (Months)
Advance Vision Care	£ 125	£ 1995	£ 500	£ 62.29 (24 Months)
Focus*	Free	From £ 2,200**	£ 500	£ 162.50 (12 Months)
London Vision Clinic*	Free	From £ 2,450**	£ 500	£ 142 (24 Months)
Prices correct as of March 2017				

Tableau VII : La majoration des centres autonomes.

Le low cost :

- prend des parts de marchés sur des secteurs partagés entre opérateurs installés ;
- se positionne en position concurrentielle en créant une tenaille entre offres de prix bas et offres de valeur ;
- crée des offres de prix démarquées avec un différentiel significatif ;
- reconfigure l'organisation et les moyens et c'est là le point de départ ;
- le *low cost* est un modèle économique agressif ;
- est une approche différente par banalisation d'un produit sophistiqué.

Low cost ça ne veut pas dire forcément que l'opération est moins chère mais que les coûts sont moins élevés pour les centres, grâce à une utilisation plus poussée de leurs matériels mobiliers, immobiliers et humains. L'utilisateur va payer moins cher sur un *low cost* ET le centre va faire plus de marge si le système fonctionne, ce qui n'est pas toujours le cas. Dans un sens un établissement affichant un tarif assez bas mais pas plus que ses concurrents, peut être bien plus rentable s'il applique les principes de gestion *low cost*. Le principe du *low cost* comporte une simplification de l'offre, des services accessoires réduits, des lieux d'implantation hors des zones à loyer élevé et une politique de volume (et non de marges) reposant volontiers sur l'organisation du réseau en franchisés ou contractuels. Il n'y a plus de superflu (*no frills*), tout se limite au nécessaire. La baisse des prix observée est une conséquence de la stratégie de simplification du produit et de la dégradation des honoraires.

Les économies se font dans les centres *low cost* sur l'orientation vers les actes les plus rémunérateurs et les moins sophistiqués. Les plages d'ouverture sont réduites au minimum, les personnels souvent intérimaires ou mal rémunérés. Le *low cost* impose de repenser non seulement la façon de recruter mais aussi la prise de RV (désintermédiation) et la surface de réception des prospectus (dématérialisation des lieux d'accueil) afin de maîtriser les coûts. On peut rapprocher les pratiques observées dans certains centres qui poussent systématiquement les opérateurs vers des indications des actes les plus rentables pour la structure : PKR à la place du LASIK, microkératome à la place du femtoseconde... Ce sont le fruit d'une recherche du meilleur ratio coût/résultat.

■ Le high cost

Le centre et le chirurgien peuvent prendre le parti de proposer la chirurgie réfractive comme un produit haut de gamme. Tous les critères de l'industrie du luxe s'appliquent alors.

L'environnement, l'accueil, la réponse, la documentation, le circuit, le parcours et le suivi doivent correspondre à un sans faute accompagné d'un ressenti d'excellence par le patient. Les **figures 22 et 23** montrent le mode de présentation tarifaire de ce type de concept. Ailleurs, apparaît la notion du super-spécialiste qui ajoute 10 % du tarif (**fig. 23**). Contrairement à ce qu'on peut penser, il existe une patientèle pour cette modalité à tarif élevé mais elle exige beaucoup du centre, des services et du chirurgien. En fait, il s'agit d'une valeur ajoutée (**fig. 24**) par une organisation sans faille, une personnalisation

Standard Treatment Cost
ReLex SMILE, LASIK, PRK/LASEK
£4,900 or £184/month
(suitable for most patients)

GET IN TOUCH

REPRESENTATIVE EXAMPLE: Cost £4,900, excluding £500 deposit, £4,400 financed with 23 monthly payments of £183.34 and a final payment of £183.38. The rate of interest is 0% per annum; the total amount payable is £4,400.00 and the total charge for credit is £0.00. Representative 0.00% APR.

High Profile Treatment Cost
ReLex SMILE, LASIK, PRK/LASEK
£6,500 or £271/month
(required by some patients)

GET IN TOUCH

REPRESENTATIVE EXAMPLE: Cost £6,500, with 23 monthly payments of £270.84 and a final payment of £270.68. The rate of interest is 0% per annum; the total amount payable is £6,500.00 and the total charge for credit is £0.00. Representative 0.00% APR.

Fig. 22 : L'opération laser peut s'élever à 8 000 €.

Short-sight Long-sight Astigmatism Reading Glasses Lens & Cataract

LASIK - £6400 to £5400

Complete treatment to both eyes, depends on prescription

LASIK Specialist - £8000

Complete treatment to both eyes

From **£162.50** /month

Call us for a free telephone consultation. It takes just 4-10 minutes.

0207 307 8250

Book your FREE consultation

Fig. 23 : Le spécialiste LASIK.

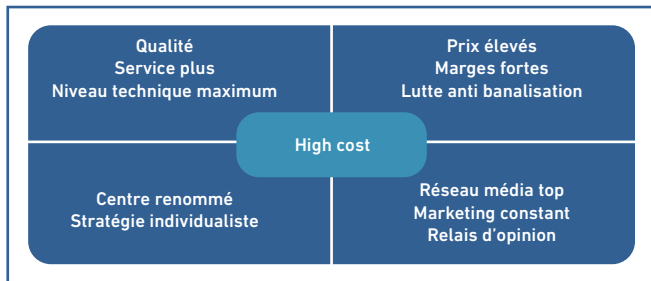
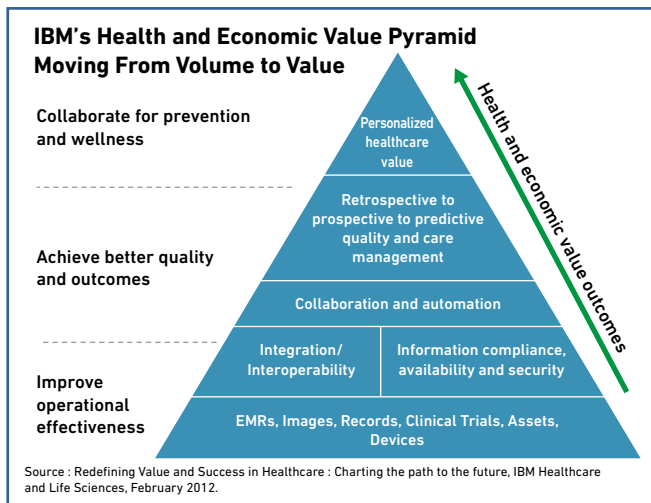
Fig. 24 : Les points forts du *high cost*.

Fig. 25 : La pyramide des valeurs selon IBM santé.

et un suivi. Ce suivi peut aussi être facturé à part et c'est ce que pratiquent un très petit nombre de chirurgiens. La question demeure d'arriver à dépasser le point d'équilibre au profit d'un maintien de l'accroissement du flux de patients. Ceci ne peut être obtenu que par le marketing intégré (fig. 25).

Une variante du *high cost* est celle de l'offre d'option à sur facturation, parfois incompréhensible: LASIK extra (tableau VIII) ?

	1 œil	Les deux yeux
PRK (Keratectomie photo-réfractive)	1000 €	2000 €
Femto-LASIK	1750 €	3250 €
a-cat (Traitement aberrométrie guidé) t-cat (Traitement topographie guidé)	+250 €/œil	
Preby-lasik/monovision	+250 €/œil	
LASIK-extra	+250 €/œil	

Tableau VIII : Surfacturation des options.

II La réfractive et le cristallin

La chirurgie du cristallin se développe et constitue la réponse unique au besoin réfractif de correction chirurgicale de la presbytie au-delà de 55 ans. Cette amplification (fig. 26) est soutenue par deux pivots. L'un est industriel car les compagnies vendent chers les implants multifocaux et au passage les responsables de l'opération. L'autre est le concept de la chirurgie réfractive du cristallin. Dans ce dernier un ensemble argumentaire clinique développe une justification à l'opération, parfois soutenu par des tests objectifs (MTF, OQAS). L'échange de cristallin clair est la forme ultime de ce mode correctif. Le femto cataracte viendra sûrement mais plus tard pousser à ce type de technique.

Les raisons du succès sont :

- le vieillissement de la population ;
- l'accentuation des exigences visuelles ;
- le PresbyLASIK est mal géré par plus de la moitié des opérateurs de LASIK ;
- le PresbyLASIK a un effet limité dans le temps avant 55 ans ;
- la pseudophaquie réfractive est précise et constante (LIO perfectionnée) ;
- le risque opératoire et postopératoire est un écueil qui réserve cette chirurgie à de bons opérateurs ;
- le reste à charge en cas de cataracte est facile à gérer ;
- la frontière entre cataracte et cristallin clair est fluctuante suivant les cas et les médecins ;

Cette chirurgie multifocale est aussi prisée par les opérateurs car elle permet des facturations majorées. Le **tableau IX** montre un exemple pour les USA et la **figure 27** au Royaume-Uni. Plus que jamais dans notre pays, la réponse économique

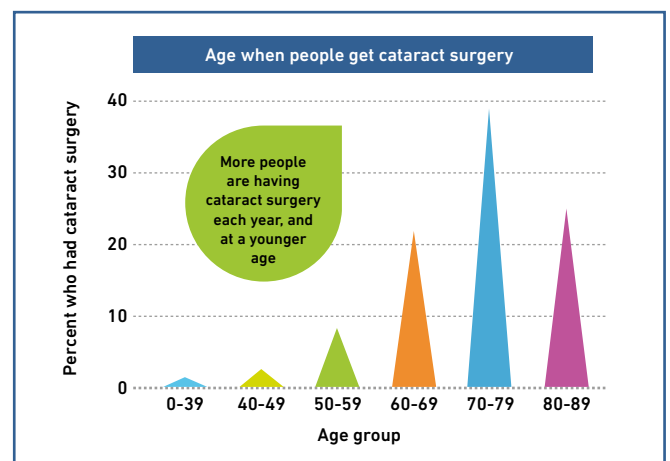


Fig. 26 : Rajeunissement de l'âge de l'opération de la cataracte.

Procedure Type	Average Price Per Eye	Standard Deviation	Percent of Surgeons								
			\$ 1,000 or Less	\$ 1,001 to \$ 1,500	\$ 1,501 to \$ 2,000	\$ 2,001 to \$ 2,500	\$ 2,501 to \$ 3,000	\$ 3,001 to \$ 3,500	\$ 3,501 to \$ 4,000	\$ 4,001 to \$ 4,500	More than \$ 4,500
Laser Refractive Surgery	\$ 2,075	\$ 447.38	2.1 %	6.4 %	41.1 %	41.1 %	7.8 %	1.4 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
RLE with Monofocal Lens	\$ 3,481	\$ 958.49	0.0 %	0.0 %	3.9 %	22.4 %	14.5 %	21.1 %	18.4 %	10.5 %	9.2 %
RLE with Presbyopia-correcting IOL	\$ 4,516	\$ 996.24	0.0 %	0.0 %	1.8 %	3.5 %	12.3 %	8.8 %	19.3 %	28.1 %	26.3 %
Phakic IOL	\$ 3,905	\$ 748.73	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	12.8 %	31.9 %	34.0 %	10.6 %	10.6 %

Source : Market Scope Q1-2016 Survey of US Refractive Surgeons.

Tableau IX : La chirurgie du cristallin est plus avantageuse pour le médecin que celle du laser.

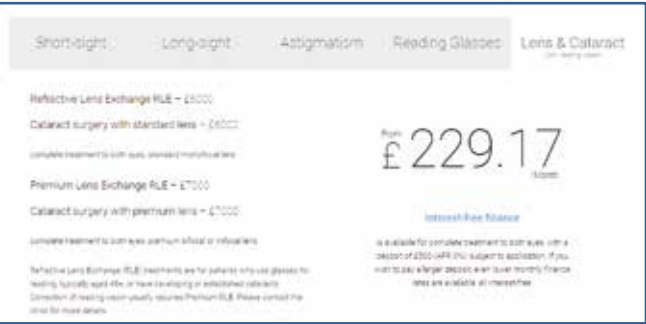


Fig. 27 : On arrive à 8000 € pour un Prelex en UK.

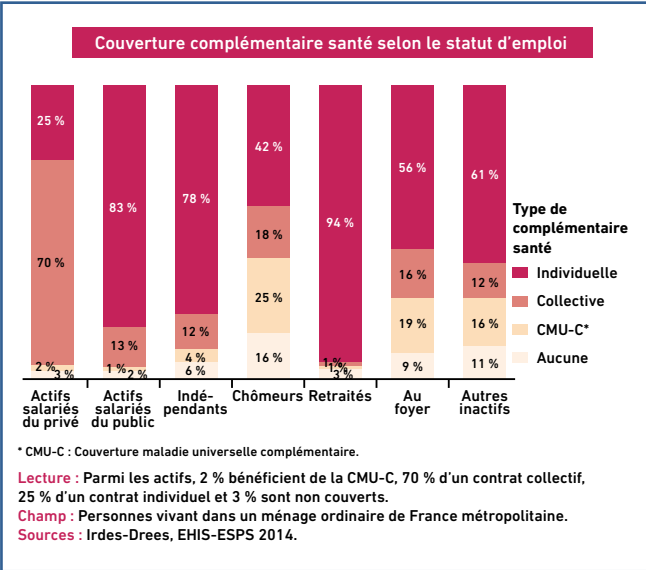


Fig. 28 : Rôle des compléments en fonction du statut (IRDES).

standard est le recours à la complémentaire santé. Celle-ci est devenue chère et de plus en plus, mais la **figure 28** le montre, la patientèle réfractive repose sur elle tant de par son appartenance sociale que par son adhésion très répandue à un contrat collectif. L'assurance complémentaire prend en charge 13 % des dépenses de santé, mais cette part est très variable selon le type de soins: 74 % pour l'optique, 41 % pour les soins dentaires, 5 % pour les soins hospitaliers. Pour faire sortir la question tarifaire de la prédécision du patient, certaines structures choisissent de ne pas informer sur la facturation sur internet. La consultation est un préalable. C'est une technique puisque le débat est simple: soit on est éligible, soit on ne l'est pas et donc la méthode retenue n'a aucune raison d'avoir une fluctuation tarifaire, c'est l'argument affiché par un centre français (**tableau X**).

POLITIQUE TARIFAIRE	
Le prix d'une intervention dépend de multiples facteurs:	
● La difficulté de l'opération	
● Le technique choisie: Il faut savoir que les centres qui travaillent avec les microkératomes techniques de nos jours dépassées utilisant des lames en acier pour découper la cornée sans aucun contrôle visuel et surtout sans régularité peuvent proposer des tarifs beaucoup plus bas que les centres qui proposent la technologie: Le laser femtoseconde VisuMax de la société Carl Zeiss Meditec mais il ne s'agit pas de la même intervention.	
● L'expérience du chirurgien	
Votre chirurgien vous proposera la technique la plus adaptée à votre pathologie	
Nous accordons la même attention et appliquons les mêmes exigences de rigueur, d'hygiène, de sécurité, de réussite à chacun de nos patients.	

Tableau X : Information tarifaire explicative et dilatoire.

■ Quel modèle économique ?

Aucune réponse n'est univoque. À chaque centre correspond un dispositif allant du montage financier sophistiqué à celui de la gestion standard ou encore à un comportement digne d'un souk. Les situations diffèrent selon les ambitions, les moyens, le marché... Un article dans cette revue est plus spécifiquement consacré à cette question. Mais nous donnons le profil d'un centre français appartenant uniquement à ses chirurgiens fondateurs. C'est le plus "rentable" (en fait ce mot est réducteur et limité mais il est simplement donné pour illustration) des structures nationales. Nous avons ici la preuve que d'une part les médecins peuvent simultanément posséder leurs outils de travail, constituer un patrimoine et assurer un revenu (*fig. 29*) reste évidemment à bien gérer les situations.

Toutefois les considérations économiques doivent être tempérées. Certains privilégient la société d'exploitation mais c'est bien rare, d'autres préfèrent par diverses méthodes faire remonter sur un holding, d'autres favorisent uniquement les honoraires et enfin la société immobilière peut être aussi le cadre mis en valeur. Parfois des primes ou avantages sont données en fonction de l'activité. Les méthodes de reversement sont diverses de même que le référencement des opérations et patients ainsi que la tenue comptable des stocks et livraisons. Très schématiquement, les bilans ne sont pas strictement superposables aux activités et honoraires, sans compter certains frais médicaux changeant d'étiquettes comptables. Enfin, une partie des frais peuvent être noyés dans des prestations revenant à d'autres structures (hôpitaux, certains montages au sein même d'autres dispositifs) Les comparaisons sont donc sujettes à caution et les vérifications bien aléatoires. Dans l'ensemble et comme toujours, l'optimisation fiscale est la préoccupation numéro une. Le concept diffère aussi suivant que la société considère le médecin opérateur comme le client ou le patient comme le client (théorie de L. Gauthier). La première affronte l'âpreté des revendications reposant sur un refus ancestral des médecins à payer au prix normalisé des services nécessaires à

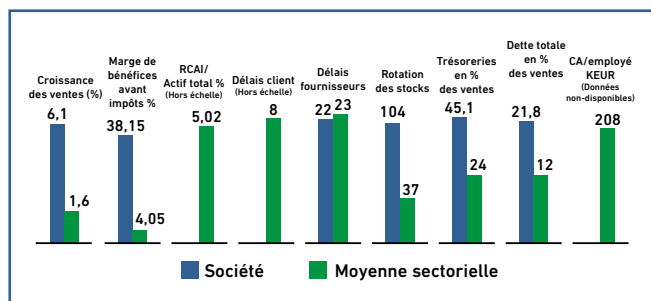


Fig. 29 : Profil économique d'un centre autonome réfractif français.

l'exercice de l'art. À la décharge de ce corps professionnel, on trouve des décennies de tiers paiements par des laboratoires, des ristournes et cadeaux quasi systématiques des différents fournisseurs. Le second concept affronte les lois du marché mais dans ce cas l'établissement possède tous les outils qu'une direction avisée peut mettre en œuvre. Sinon, il reste la solution fréquente de travailler dans une structure dont on est utilisateur des moyens. Ce n'est pas moins intéressant en termes de ressources car rien n'égale en médecine opératoire le ratio temps passé sur honoraires d'une cornéoplastie laser.

Enfin tous les espoirs sont autorisés (*fig 30*) avec une tarification à 12 000 £ ce qui place le LASIK unilatéral à 6 500 €. Il faut juste offrir du service : Taxi ou Uber, chaleureux accueil : jus d'orange et cookies à l'arrivée et départ avec une pochette en skaï pour les ordonnances. Le temps d'écoute est évidemment doublé. Le suivi est offert... Ceci se fait déjà en France mais alors pour juste ouvrir une négociation. Là ce n'est plus le cas.

VIP treatment package
£ 12,000 – The ultimate in treatment
Call : **0207 307** for more details

Fig. 30.

■ Conclusion

La chirurgie réfractive est une voie élective d'activité opératoire à haute valeur ajoutée qui ne connaît pas encore le développement qui lui était promis et que tous attendent. Une insuffisance de management, de formation, d'information et bien d'autres raisons expliquent raisons de sa faible attractivité auprès des ophtalmologistes. Pourtant, des options porteuses et brillantes existent et peuvent porter les plus déterminés à une double réussite personnelle et médicale.

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



J.-M. ANCEL
Co-fondateur de la Clinique Lamartine, PARIS.
dr.ancel@wanadoo.fr

Création d'un centre de chirurgie réfractive

Il existe actuellement en France une centaine de centres pratiquant la chirurgie réfractive par laser. La plupart d'entre eux sont fixes et plus d'une vingtaine sont mobiles (location de plateaux techniques itinérants communs à plusieurs centres). Les niveaux d'activité de chacun sont très variables : de quelques centaines à plusieurs milliers de procédures par an.

L'idée de créer son propre centre a nécessairement parcouru l'esprit de tous ceux qui s'intéressent de près à la chirurgie réfractive ou qui en ont une activité importante. L'envie d'indépendance vis-à-vis d'une direction, de choisir ses locaux, son matériel (tel ou tel laser), son personnel, la volonté de fédérer une équipe (personnel et chirurgiens) et le potentiel bénéfice financier à terme de cette activité sont les principales motivations de ceux qui veulent approfondir le sujet.

Avant de se lancer tête baissée, il est important de bien envisager tous les aspects déterminants dans la réussite ou l'échec d'une telle aventure. En effet, chacun d'eux peut être source d'échec immédiat ou de difficultés à moyen terme. Nous allons essayer d'en relever les éléments les plus importants. Certains l'avaient oublié et ils ont dû faire face à des difficultés financières importantes (activation des cautions personnelles par les banques après faillite de leur centre).

■ Le business plan (BP)

Tout projet de cette envergure doit commencer par mettre des chiffres en face des réalités économiques. En effet, il est illusoire, sans apport personnel conséquent, de vouloir débiter une activité entrepreneuriale dans ce secteur sans activité chirurgicale existante... Aucun fonds de "start-up", ni de "private equity" n'accepterait de financer un projet qui ne reposerait que sur des hypothèses d'activité future. Il est indispensable avant toute chose d'évaluer l'activité

du futur centre c'est-à-dire des chirurgiens impliqués dans l'aventure. C'est la base de tout raisonnement. Cette évaluation va permettre de mettre en face recettes et dépenses et ainsi apprécier la faisabilité du projet. Les chiffres sont simples (**tableau I**) et montrent qu'il faut un minimum de 1 000 yeux par an pour commencer à réfléchir. Ce BP doit être le plus précis possible en fonction de son propre projet et tenir compte des spécificités locales (notamment prix de l'immobilier très variable d'une région à l'autre). Les coûts d'entrée dans l'aventure sont relativement élevés (prix des machines neuves, travaux pour création de bloc aux normes, loyer et personnel) et dépassent le million d'euros sans les murs. En dessous de 1 000 yeux par an, il faudra envisager d'acheter du matériel d'occasion, prendre un petit local ou disposer d'un apport personnel conséquent. Il ne faut surtout pas oublier que les banquiers ne sont pas des philanthropes et qu'ils ne prêtent que dans la mesure où ils sont quasiment certains de récupérer leur argent (caution personnelle annexée aux prêts +++).

■ Choisir son emplacement

Tous les professionnels de l'immobilier mettent en premier l'emplacement dans l'ordre des priorités du choix d'un local. Dans notre domaine d'activité, c'est peu le cas surtout dans les grandes agglomérations où la réputation du centre et de ses chirurgiens représente le meilleur gage de succès. Cependant, en région où la démographie et donc la demande sont moins importantes, le choix (région puis département, ville, quartier et rue) doit s'efforcer de répondre à de réels manques ou insuffisances (offre limitée ou de moindre qualité) tout en soignant sa visibilité "commerciale". La proximité d'importants prescripteurs potentiels (cabinet de groupe d'ophtalmologistes) ou de zone de passage sera bien sûr recherchée.

Budget prévisionnel d'un centre de chirurgie de la myopie (prix HT)									
Données démographiques et économiques									
Nbre d'actes annuels				1 000 dossiers					
Prix de l'acte				500 prix HT					
Chiffre d'affaire potentiel				500 000 euros HT					
						5,00 %	TFSE = Frais divers (Achats divers, EDF, PTT, Honoraires compta...) = % CA		
Prix des murs				100 000 si achat, 2% sur 15 ans		3,00 %	Inflation prix des fournisseurs		
Lasers				500 000 2% assurances incluses 5 ans		10,00%	Augmentation activité		
Txv dont construction bloc				500 000 2% assurances incluses 7ans		150	Consommable dont Cone		
Divers matériel				100 000 2% assurances incluses 5 ans		120 000	Personnel: 2 ETP à 2500 € net		
						60 000	Maintenance à partir de N + 1		
Année	N	N + 1	N + 2	N + 3	N + 4	N + 5	N + 6	N + 7	N + 8
CA	500 000	550 000	605 000	665 500	732 050	805 255	885 781	974 359	107 1794
Personnel avec charges	-120 000	-123 600	-127 308	-131 127	-135 061	-139 113	-143 286	-147 585	-152 012
Consommable	-150 000	-165 000	-181 500	-199 650	-219 615	-241 577	-265 734	-292 308	-321 538
TFSE	-25 000	-27 500	-30 250	-33 275	-36 603	-40 263	-44 289	-48 718	-53 590
Charges Copropriété	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000	-12 000
Loyer = remboursement emprunt	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160	-77 160
Tvx sur 7 ans	-84 850	-84 850	-84 850	-84 850	-84 850	-84 850	-84 850	0	0
Lasers sur 5 ans	-113 896	-113 896	-113 896	-113 896	-113 896	0	0	0	0
Divers matériels sur 5 ans	-21 000	-21 000	-21 000	-21 000	-21 000	0	0	0	0
Maintenance	0	-60 000	-60 000	-60 000	-60 000	-60 000	-60 000	-60 000	-60 000
Total charges	-603 906	-685 006	-707 964	-732 958	-760 185	-654 962	-687 319	-637 770	-676 300
Résultat	-103 906	-135 006	-102 964	-67 458	-28 135	150 293	198 462	336 589	395 494
Les postes de dépenses mentionnés sont les principaux et sont, pour certains, volontairement optimistes (personnel, consommable et TFSE).									
Le bilan montre que la structure ne peut être rentable qu'à partir de 1200 yeux par an.									
L'hypothèse d'achat des murs a été prise mais le montant du loyer d'un même local est très proche du montant du remboursement d'un emprunt sur 15 ans.									

Tableau I.

En dehors des grandes agglomérations, la concurrence locale voire régionale est bien évidemment un aspect important du choix de la localisation. Une installation bien établie depuis plusieurs années dans un bassin de vie peu peuplé avec une équipe de bonne réputation ne laissera certainement que peu de place à de nouveaux arrivants alors qu'un centre peu actif et à la pyramide des âges vieillissante pourra laisser s'épanouir une équipe nouvelle. Les disparités sont nombreuses, chaque cas sera particulier et aucune généralité ne peut être proposée.

Dans la mesure des possibilités du BP et bien sûr du potentiel du projet, il ne faut pas hésiter à voir grand et prévoir dès le début des locaux spacieux avec boxes de consultation, salles d'examen et d'exploration voire salle de réunion ainsi qu'un deuxième bloc avec tous les équipements aux normes. En effet, même si les coûts initiaux des travaux sont importants, le manque d'espace, en cas de succès du projet, pourrait

rapidement limiter la croissance du centre. Ainsi, la superficie idéale d'un centre serait comprise entre 250 et 400 m².

Autre point sur le local: faut-il acheter ou louer? Le local professionnel est pour le médecin le meilleur moyen de s'assurer une retraite qui va certainement être encore grignotée les prochaines années. Par ailleurs, les taux sont actuellement très bas et s'endetter est une très bonne opportunité pour se constituer un patrimoine. Pour autant, ne pas se précipiter sur n'importe quel local, il faut toujours penser à la revente éventuelle en cas d'échec ou à terme.

En cas d'achat, quel montage? Le plus classique est celui de la SCI à l'IR qui achète les murs et les loue à la société d'exploitation; c'est aussi le plus cher fiscalement puisqu'au bout de cinq ans en moyenne, le poids des intérêts dans la mensualité a chuté et que les revenus fonciers ainsi générés deviennent importants induisant une fiscalité à plus de 60 %

dans le meilleur des cas. Un petit conseil à faire valider par votre notaire : faire acheter la nue-propriété par une SCI et l'usufruit temporaire par la société d'exploitation.

■ La société d'exploitation

Tout dépend de la taille de la future structure, de son ouverture aux opérateurs extérieurs et du montant des investissements. Une simple SCM peut permettre d'échapper à l'assujettissement à la TVA sur les recettes alors qu'une société commerciale de type SARL ou SAS l'impose. La SCM impose des actionnaires fixes et est peu appropriée en cas d'ouverture du centre à des chirurgiens non actionnaires. Les sociétés commerciales autorisent la récupération de la TVA sur les investissements mais la font payer en cas de bénéfices. En revanche, elles ne posent aucun problème à l'ouverture du centre à des chirurgiens extérieurs.

L'actionnariat de la société d'exploitation se fait par coopération, les médecins se connaissent, s'apprécient et se choisissent entre eux, c'est ce que les juristes appellent l'"*affectio societatis*". La mise en commun de moyens est l'élément fédérateur du projet et la création d'un centre représente souvent beaucoup d'investissement en temps, stress et émotions ; il faut savoir se souvenir de ce qui a uni initialement pour aider à passer les moments plus difficiles. La plupart des centres qui durent ont débuté à plusieurs. Il faut savoir ne pas regarder dans l'assiette de l'autre pour avancer ensemble...

■ Stratégies de développement et communication

Avant d'ouvrir son centre, il est nécessaire de le positionner par rapport aux autres. Il faut donc étudier le comportement de ses concurrents, leurs forces et leurs faiblesses pour essayer de mieux faire. Tous les aspects de l'activité doivent être scrutés : recrutement des patients et des opérateurs, accueil des patients, communication et visibilité auprès des prescripteurs et du grand public, politique de prix.

À ce sujet, si le *low cost* semble bien présent dans beaucoup de secteurs de l'activité économique, il n'a pas pénétré notre

activité de façon significative. La qualité de nos soins et de nos centres ainsi que nos possibilités d'investir dans les innovations en dépendent. L'apparition de réseau de soins tente de nous faire changer, il faut savoir s'en préserver même si le prix est un élément déterminant du choix des patients car la qualité a un coût et nos patients le comprennent. En région, l'offre étant moins concurrentielle, la question du prix est moins présente et le coût des procédures et des redevances est souvent légèrement plus important que dans les grandes agglomérations où la concurrence est plus âpre (l'activité moindre est aussi une raison).

Concernant la communication, la création d'un site web moderne et attrayant avec possibilité de prise de rendez-vous ou de poser des questions en ligne est aujourd'hui le minimum. Ce site, avec bien évidemment le téléphone, devra être rappelé de façon très visible dans tous les autres supports du centre (flyers chez les médecins, dans le centre mais aussi plaquette remise au moment de la prise de RV). La présence dans les médias (presse écrite et audio-visuelle) ne peut être que bénéfique à la notoriété du centre même si son efficacité immédiate est limitée. D'autres moyens de communication encore plus actuels pourront être utilisés pour augmenter la visibilité du centre : les réseaux sociaux (facebook, forums internet, google...). La présence de vidéos explicatives dans les salles d'attente, la formation du personnel (secrétaire et orthoptiste) sont aussi des voies indispensables pour améliorer la visibilité et l'attractivité.

En résumé, la création d'un centre de chirurgie réfractive est une merveilleuse aventure. Elle ne peut s'envisager qu'après avoir bien pesé les enjeux et les réelles possibilités de succès en fonction des activités déjà existantes. Le potentiel d'attractivité (l'effet centre) envers d'autres chirurgiens et de nouveaux patients ne doit représenter initialement, puisqu'il n'est pas certain, que "la cerise sur le gâteau" et l'activité réelle des actionnaires doit être la base des choix initiaux.

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



J.-B. ROTTIER
Ophtalmologiste, LE MANS.
jbr@ophtalmo.net

L'Intelligence artificielle

L'arrivée de l'Intelligence Artificielle (IA) va bousculer toutes les activités humaines et tous les secteurs de l'économie.

Dans le monde du droit, elle va chahuter les métiers, très probablement en en supprimer certains : tous les actes juridiques simples peuvent déjà être faits sur internet, avec des coûts divisés par 10 par rapport à ceux d'un avocat. Elle va modifier profondément la manière dont la justice est rendue par l'analyse systématique des décisions des juges et la mise en comparaison d'affaires similaires jugées dans des juridictions différentes. Elle va permettre de profiler les magistrats en mettant en évidence leur comportement selon les affaires traitées et enfin, il va être possible de prédire les chances de succès d'une action judiciaire ainsi que le montant des dommages et intérêts.

Dans le secteur de l'éducation, c'est l'utilisation du langage naturel pour interagir avec les machines qui permettra un apprentissage sur mesure, c'est le profilage de l'étudiant en vue de l'aide à l'orientation, c'est la prédiction des décrochages scolaires par le suivi d'indicateurs liés à des objets connectés.

Pour l'armée, c'est l'arrivée des aides à la prise de décisions stratégiques ou tactiques ainsi que l'intervention des robots tueurs autonomes. Pour le renseignement militaire ou policier, c'est la possibilité d'analyser des milliards de données et d'en extraire des informations pertinentes. C'est aussi le projet chinois de reconnaissance faciale de tous ses habitants.

En médecine, c'est la proposition de diagnostics par des logiciels comme Watson développé par IBM. Le simple moteur de recherche Google a déjà permis à un Anglais, ayant consulté plusieurs fois sans succès, d'identifier qu'il avait un cancer ORL. Google a présenté en 2016 son système d'analyse des photos rétiniennes de rétinopathie diabétique qui est aussi fiable que celle faite par les ophtalmologistes (**tableau I**). Ce même Google vient tout juste de publier un article annonçant une IA qui diagnostiquera toutes les maladies rétiniennes. Enfin, pour les chirurgiens ophtalmologistes, c'est l'apprentissage sous simulateur avec interaction en langage naturel, c'est une assistance opératoire capable de prodiguer les meilleurs conseils possibles, forte de sa connaissance et son analyse de centaines de milliers d'interventions.

Société	Action	Situation
IBM (Watson)	Aide à la conduite thérapeutique en oncologie	Commercialisé (Résultats semble-t-il encore décevants)
Google	Reconnaissance des différents stades de la rétinopathie diabétique	Validé scientifiquement Non commercialisé
Google	Reconnaissance de toutes les maladies rétiniennes. Moorfields Eye Hospital de Londres, <i>deep learning</i> à partir 1,3 million d'OCT annotés	En cours de validation
La TIM INSERM UMR 1101 (Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale), Brest	Classement des photos rétiniennes en normales ou pas normales.	En cours de validation

Tableau I.

Cette longue introduction est nécessaire pour montrer que l'IA va modifier en profondeur presque tous les métiers. Dans ce contexte, l'ophtalmologie ne sera pas épargnée par ce qu'il convient d'appeler un tsunami (*fig. 1*). Heureusement, notre situation démographique peut être un atout si nous savons gérer habilement cette mutation imposée par la technologie.

Curieusement, beaucoup d'équipes travaillant sur le *deep learning* et l'IA se sont passionnées pour la détection des différents stades de la rétinopathie diabétique alors, qu'en pratique, cela a peu d'intérêt pour le monde ophtalmologique. Beaucoup plus intéressant est le concept de normalité. En effet, toute l'organisation des soins ophtalmologiques est basée sur le fait que seul l'ophtalmologiste peut dépister les maladies cécitantes du nerf optique et de la rétine. Et c'est pour cette raison que depuis la fin du XIX^e siècle, nous défendons le passage par l'ophtalmologiste des patients souhaitant changer leurs lunettes. Mais aujourd'hui, les logiciels capables de dire la normalité de toute l'imagerie du fond d'œil sont au stade de pré commercialisation. Ils vont être utilisables à l'échéance de 2 ou 3 ans. D'abord disponibles pour lire les photos de rétine, ils le seront ensuite pour les OCT. Des sociétés commerciales réfléchissent déjà à leur modèle économique, soit en proposant des forfaits à l'année, soit par une tarification à chaque analyse d'image.

La question se pose alors de savoir pourquoi les ophtalmologistes paieraient pour analyser des documents qu'ils savent parfaitement lire.

À mon avis, la pénétration du marché se fera à partir des zones de pénurie. En dessous d'une densité de 6 ophtalmologistes pour 100 000 habitants, la situation devient intenable pour ceux qui y exercent. Beaucoup de patients n'ont

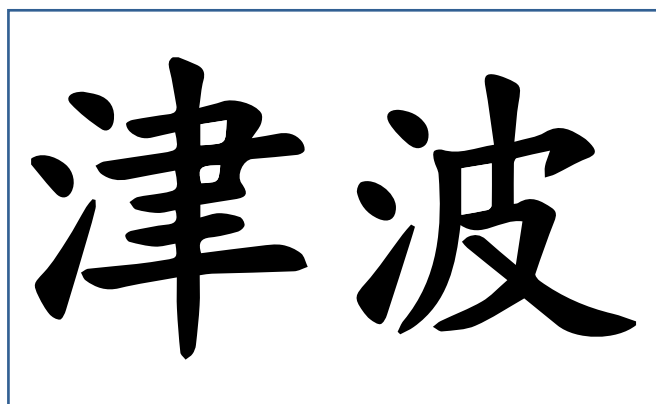


Fig. 1 : Composé de 津 tsu ("port") et de 波 nami ("vague"), soit littéralement "vague portuaire".

plus du tout accès aux soins oculaires et les ophtalmologistes sont submergés sous le poids des demandes. Pour certains d'entre eux, vient le moment de repenser complètement leurs modes de fonctionnement, leur rôle, et de rechercher quel peut être le meilleur service qu'ils peuvent rendre aux patients. Autrement formulé : ils cherchent à se concentrer sur leur réelle plus-value. La définition que je proposerais dans ce contexte serait celle-ci : la plus-value du médecin est l'activité que ni les machines, ni les non médecins, ne peuvent faire actuellement : établir un diagnostic, prendre une décision thérapeutique, effectuer une chirurgie. Présenter les choses sous cette forme permet d'articuler le médecin avec les orthoptistes et avec l'IA.

Après avoir introduit les orthoptistes au sein des préconsultations dans les années 2000, nous sommes au stade où il nous faut basculer vers eux, dans les régions de pénurie, les demandes pures de lunettes et tous les contrôles de vision ainsi que tous les contrôles de stabilité d'états pathologiques.

C'est dans cette démarche que le protocole des Pays-de-la-Loire s'est inscrit en donnant la possibilité aux ophtalmologistes d'orienter vers les orthoptistes le flux de patients âgés de plus de six ans et de moins de 50 ans dont la demande est limitée au changement de lunettes. Cette activité nécessite néanmoins de relire chaque dossier pour vérifier l'acuité visuelle, la pression intraoculaire, les photos rétinienues et les éventuelles observations de l'orthoptiste. Dans cette activité de contrôle, c'est la lecture des clichés rétinienues qui nécessite absolument l'œil ophtalmologique, car pour tous les autres éléments du dossier, l'orthoptiste est capable d'avertir le médecin s'ils sont hors normes.

Dans mon expérience, chaque dossier nécessite une attention d'environ une minute. Pour ma part, j'en ai géré environ 3 000 pendant l'année 2017 et je pense que le nombre de patients qui sont destinés à n'être vus que par l'orthoptiste va croître de façon exponentielle. On pourrait rapidement, dans les zones de grands déficits, arriver à des chiffres de 5 000 à 6 000 patients annuels uniquement vus par l'orthoptiste, soit un nombre presque équivalent à ceux qui sont vus par le médecin. Un si grand nombre de dossiers est impossible à analyser en plus de son activité normale, il est d'autre part tout aussi impossible de former rapidement et massivement les orthoptistes à lire les photos rétinienues. En revanche, l'utilisation de l'Intelligence Artificielle va permettre, d'ici quelques mois, de le faire avec un indice de fiabilité quasiment égal à 100 %.

On voit bien le danger qu'il y a pour la profession, telle qu'elle était structurée jusqu'à présent, à vouloir confier les personnes supposées saines ou dans des états stabilisés à des orthoptistes aidés par l'Intelligence Artificielle. Mais, compte tenu des perspectives de l'offre de soins pour les 10 ans à venir, c'est la seule chose à envisager si nous voulons tenter de prendre en charge tous les patients ayant une pathologie.

Arrêter la réflexion à ce niveau serait faire preuve d'une vue un peu courte. Il est évident que lorsque cette technologie sera commercialement disponible aucun *lobbying* professionnel corporatiste n'empêchera qu'elle soit utilisée dans les magasins d'optique. Actuellement, toutes les chaînes d'optique ont les yeux qui brillent quand on leur parle de l'arrivée d'une IA capable de dire la normalité des fond d'yeux. Serait-elle disponible qu'elles l'auraient déjà achetée. Ainsi se dessinera un parcours du patient dont la porte d'entrée ne sera plus ophtalmologique. Il existera alors de nombreuses portes d'entrée : avec les opticiens mais aussi avec les orthoptistes libéraux et bien sûr avec nos salariés. Le but de tous ces intervenants sera de proposer une ordonnance de lunettes sans délais tout en garantissant l'envoi vers l'ophtalmologiste si eux mêmes ou l'IA détecte une anomalie.

Nous arriverions alors à une configuration dans laquelle les ophtalmologistes restants seraient entourés d'un premier cercle de collaborateurs capables de faire des pré-consultations, de faire face aux demandes de lunettes en quasi autonomie et d'assurer les contrôles de certaines pathologies stabilisées. Tout ceci aidé par une IA.

Parallèlement, il faudra savoir contractualiser avec les autres intervenants que seront les orthoptistes libéraux, les maisons de santé pluridisciplinaires et surtout les opticiens pour leur garantir l'accueil dans nos structures des patients dépistés et reconstruire ainsi un nouveau premier recours, dont nous ne serons plus les intervenants exclusifs. La construction de ce réseau, son animation, son entretien, va nécessiter beaucoup d'énergie et beaucoup de savoir-faire relationnel qu'aucune Intelligence Artificielle ne pourra aider. Ce sera donc le travail des leaders des structures ophtalmologiques.

Ainsi, à l'instar de nombreuses autres professions, nous nous trouvons devant une évolution majeure de la manière de pratiquer notre métier. Cette mutation, imposée par l'arrivée de l'Intelligence Artificielle et favorisée par notre pénurie, est probablement psychologiquement difficile à gérer d'autant que son arrivée est brutale. Mais, si l'Intelligence Artificielle sait répondre à des questions précises, l'intelligence humaine est de savoir s'adapter.

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



B. PRIEUR
IDE, Clinique de la Vision, PARIS.
lessculpteursdebulle@laposte.net

Formation des nouveaux opérateurs et assistants en chirurgie réfractive

Les bonnes pratiques en chirurgie réfractive supposent que l'ophtalmologiste pratiquant l'intervention doit avoir une formation spécifique à l'utilisation du laser Excimer, des micro-kératomes et des lasers femto-seconde. Ceci implique d'effectuer un contrôle du matériel spécifique et de réaliser la totalité de l'acte opératoire, hormis lors de la période de formation durant laquelle l'ophtalmologiste peut accomplir l'acte avec un chirurgien expérimenté. Les centres de chirurgie réfractive doivent réaliser une maintenance des matériels (lasers, micro-kératomes et petits matériels chirurgicaux), et assurer aux opérateurs la présence de personnel spécifiquement formé. La question de la formation spécifique des personnels médicaux et paramédicaux est donc au cœur de la pratique de cette chirurgie innovatrice et en perpétuelle évolution.

De nombreuses facultés de médecine proposent aux internes en ophtalmologie et aux chirurgiens ophtalmologistes des DIU en chirurgie réfractive et cataracte, ayant pour objectif l'analyse et la validation des techniques opératoires nouvelles et des matériaux innovants dans ces domaines. Pourtant, même si ces formations s'intéressent aux aspects théoriques de la spécialité, aucune ne propose de réelle formation pratique permettant de s'approprier les gestes techniques essentiels lors de l'intervention chirurgicale. Aucun laboratoire ne propose non plus de formation pratique spécifique dans des centres dédiés. Quant aux cursus d'études paramédicales, aucun n'intègre non plus d'enseignement propre à cette discipline, qui voit pourtant passer environ 200 000 patients chaque année en France dans les salles d'attente des centres de chirurgie réfractive en vue d'interventions. Il semble donc légitime de s'intéresser plus spécifiquement à chacun des intervenants réunis dans les salles d'intervention lors des chirurgies et de comprendre comment aujourd'hui, 24 ans après la réalisation des premières chirurgies de type LASIK, et après avoir traité mondialement plusieurs dizaines de millions de patients, se

forment les praticiens et leurs assistants. La jeunesse relative de cette discipline et le coût d'utilisation des moindres éléments de procédure expliquent en partie le fait qu'elle ne soit encore abordée que théoriquement. Mais l'importance de son développement mondial durant les dernières années amène progressivement les laboratoires à se pencher sur la question de l'ouverture de centres formation pratiques dans un avenir relativement proche, dans lesquels les futurs praticiens pourraient apprendre à répéter les gestes et se confronter aux aléas opératoires propres à cette chirurgie.

■ Formation des praticiens

Comme les bonnes pratiques en chirurgie ophtalmologique ne manquent pas de le préciser, l'apprentissage de l'acte en présence d'un chirurgien expérimenté constitue le cœur de la formation pratique. La confrontation aux aléas qui ne manqueront pas de survenir durant les interventions suivantes parachèveront cette formation, mais il est essentiel que lors de la découverte de ces aléas, le praticien débutant soit en confiance et puisse se reposer sur des confrères plus expérimentés et des assistants compétents qui lui permettront d'apprendre à contourner l'obstacle et à résoudre les problèmes rencontrés de la manière la plus efficace possible. C'est pourquoi il est essentiel que dans les centres qui accueillent ces jeunes praticiens se trouvent toujours durant les heures de fréquentation du bloc opératoire des chirurgiens plus expérimentés présents à proximité du plateau technique, afin de pouvoir intervenir rapidement en cas de demande d'assistance lors de l'apparition d'une situation inédite.

Il faut également souligner l'importance de la présence permanente au bloc opératoire de professionnels paramédicaux qualifiés et expérimentés, qui, même s'ils ne sont pas aptes à réaliser des gestes, sauront apprécier la qualité de l'aléa,

grâce à leur importante expérience d'observateurs des différents gestes réalisés par les chirurgiens au cours des interventions, et pourront apporter au jeune praticien une réponse théorique lui permettant d'évaluer le geste nécessaire pour solutionner le problème rencontré.

En plus de la formation au geste, le chirurgien doit également se former à l'utilisation des différents types de matériels et des différents lasers présents dans le centre. Pour cela, il faudra tout d'abord consulter avec attention les volumineux manuels descriptifs de chaque laser, très complets et présentant en détail tous les éléments nécessaires à une bonne utilisation des machines. Il sera également nécessaire de réaliser des formations avec les ingénieurs applicatifs des différents laboratoires afin d'apprendre à maîtriser l'ensemble des paramètres de programmation, des procédures de tests et d'exécution des traitements délivrés par les lasers. Il est primordial que le jeune opérateur prenne le temps de réaliser ces formations dans une atmosphère dégagee de tout stress, et donc en dehors d'une activité chirurgicale. Les formations feront surgir des questions pour lesquels les opérateurs auront besoin de réponses avant de pouvoir pleinement prendre possession des machines. Il est donc nécessaire de prendre un temps de réflexion entre la formation théorique, la formation pratique délivrée sur site par les ingénieurs applicatifs, et l'exécution de la chirurgie. Il est impératif que les centres et les laboratoires pourvoient lors de toute modification dans l'utilisation des machines ou des logiciels à la formation des praticiens qui viendraient opérer avec ces nouveaux matériels ou logiciels.

Dans un premier temps, l'apprentissage se déroule sur une machine particulière. Connaître les réglages et les différents sets up est un pré requis, mais il convient également de savoir répondre à des messages d'erreurs ou de pallier à des blocages pour fausse manœuvre. Ce sont souvent à ces stades que l'apprenti peut avoir de grands moments de solitude. La présence d'un senior ou d'un assistant paramédical expérimenté va dans ces cas l'aider à lever l'incertitude de l'étape. Il est donc primordial que le jeune praticien, lorsqu'il vient opérer un patient, puisse compter sur un plateau technique qui puisse lui apporter immédiatement des réponses à ses questions et lui donner des solutions aux aléas qu'il pourrait rencontrer durant l'exécution de la chirurgie. C'est dans cette relation de confiance, de partenariat, d'assistance et de formation continue que s'épanouira le professionnalisme et que se délivrera la meilleure des formations. Dans tous les cas de figure, le jeune praticien doit se rendre compte qu'il n'est pas seul et peut toujours compter sur des personnes expérimentées pour l'aider à réaliser au mieux sa chirurgie.

■ Formation des assistants

Les formations théoriques ne sont accessibles qu'aux internes et praticiens en chirurgie ophtalmologique. Aucune formation concernant les infirmiers de salles d'opération n'existe à l'heure actuelle, et seul un apprentissage des pratiques et des gestes par un professionnel possédant déjà l'expérience nécessaire pour la transmission de ce savoir peut s'envisager.

Mon parcours personnel m'a amené à la Clinique de la Vision de Paris il y a 9 ans, avec déjà une solide expérience en chirurgie ophtalmologique acquise durant les 6 précédentes années, dans différentes cliniques d'ophtalmologie de Paris. Lors de ces 9 dernières années, j'ai assisté plusieurs dizaines de praticiens et participé à près de 19 000 interventions. Il arrive encore maintenant, malgré toute l'expérience acquise au fil des ans, que je rencontre une situation inédite faisant intervenir un dysfonctionnement matériel ou un aléa extrêmement rare, mais, dans la très grande majorité des problèmes rencontrés, j'ai vu suffisamment de fois différents chirurgiens ou techniciens y remédier pour que je possède l'expertise permettant de donner une réponse rapide sur la meilleure conduite à tenir.

Le cœur de la formation des assistants tient à 3 éléments fondamentaux : la connaissance théorique des méthodes utilisées et du bon usage des matériels, la curiosité qui va vous pousser à vous interroger et à chercher des réponses à des problèmes rencontrés, et l'observation assidue du déroulement des chirurgies. L'environnement technologique très spécifique des blocs de chirurgie réfractive, la multiplicité des machines existantes sur le marché, la diversité des matériels pouvant être utilisés pour réaliser les mêmes interventions, et les nombreux dysfonctionnements possibles et répertoriés des machines utilisées obligent l'assistant à une attention constante et exigeante qui serra le cœur de sa propre formation continue. C'est par l'observation systématisée et répétée des pratiques et l'intégration des couples "problèmes/solutions" que l'infirmier de salle d'opération pourra réellement assister le chirurgien et lui faire bénéficier de sa propre expérience acquise auprès de nombreux chirurgiens dont il aura pu apprécier la qualité des gestes et intégrer les réponses apportées aux aléas survenus au cours d'interventions.

À travers la parole, l'infirmier devra être capable de pouvoir aider le jeune praticien lors de situations inédites pour lui mais communément rencontrées lors de ce type de chirurgie par les opérateurs les plus expérimentés.

L'assistant jouera également un rôle important auprès de l'opérateur grâce à sa connaissance du parc technologique du centre dans lequel il travaille.

La Clinique de la Vision à Paris possède un ensemble de 7 salles d'intervention qui regroupent des machines de différents laboratoires, sur lesquels les opérateurs réalisent diversément leurs interventions. La majorité des chirurgiens travaillent très régulièrement voire exclusivement sur les mêmes appareils. Rares sont ceux qui maîtrisent les subtilités de tous les appareils présents sur le plateau technique. L'assistant qui travaille avec tous les opérateurs du centre sera là encore un point de repère pour les intervenants ayant ponctuellement besoin d'avoir recours à un laser sur lequel ils ne sont pas habitués à travailler, ou bien désireux de se former sur d'autres appareils présents sur le site. Car chaque machine est différente, tant dans sa programmation que dans son utilisation, et même si certains principes sont parfois transposables d'un appareil à un autre, il est souvent nécessaire pour le praticien désireux d'utiliser un autre laser que celui qu'il utilise habituellement de faire la même formation complète et approfondie que le néophyte.

La part de stress induite par cet entourage technique pointu n'est pas négligeable. Un laser réfractif doit s'effectuer vite et de façon homogène et progressive. Le "texte" doit être connu. La présence d'un tuteur rassure le chirurgien, la présence d'un junior stresse à son tour l'encadrant. Bref, tous doivent se coaliser pour faire bien et avec aisance. En aucun cas un non ophtalmologiste ne doit prendre la main. C'est une pratique indigne et délictuelle. Pourtant, elle s'observe ailleurs avec la complicité passive des pseudo-opérateurs. Et même si parfois des "couples" médecins-assistant se forment pour favoriser l'ergonomie des programmes comportant de nombreuses opérations, cela ne change en rien le fait que seul l'ophtalmologiste est habilité à pouvoir réaliser l'intervention dans son ensemble.

La chirurgie réfractive fait autant appel aux compétences gestuelles chirurgicales qu'à des connaissances techniques propres à chaque appareil et à des spécificités de

programmation ou d'utilisation qui diffèrent d'un appareil à un autre, et ce parfois dans une même gamme de machines proposée par un seul fournisseur ! L'évolution technologique elle-même nécessite une formation et une adaptation permanente pour l'opérateur en chirurgie réfractive. En 10 ans d'évolution, on a vu passer le principe de programmation du chargement de disquette réalisée sur des appareils d'examen à celui de chargement de données transférées via des réseaux, transformant par là même les pannes et aléas que l'on peut rencontrer uniquement lors de la phase de programmation ! C'est dire l'importance de la mise à jour des savoirs et des connaissances pour les opérateurs qui doivent suivre l'évolution technologique pour pouvoir continuer à opérer !

On peut dire pour conclure que la formation des chirurgiens et des assistants dans cette discipline tient à la fois d'une forme de compagnonnage professionnel et interprofessionnel et d'une constante mise à jour des pratiques gestuelles et des connaissances techniques et technologiques. L'évolution technique et technologique quasi-permanente issue des travaux des unités de recherche et développement des différents laboratoires présents sur le marché amène dans les centres chirurgie réfractive des nouveaux appareils nécessitant des formations quant à leur utilisation et leur programmation, et parfois même la nécessité d'apprendre de nouvelles gestuelles chirurgicales, comme par exemple lors de l'apparition il y a quelques années de la technique du SMILE, venue compléter l'arsenal chirurgical du praticien. Il est donc essentiel pour le chirurgien ophtalmologiste désireux de pratiquer la chirurgie réfractive de s'inscrire dans une démarche intellectuelle de formation continue au risque de se retrouver dépassé par la technologie mise à son service pour réaliser ses interventions !

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

B. ARSON¹, S. VAÏZMIR²¹ Directrice de la Clinique de la Vision,² Think-tank de la Clinique de la Vision.
cliniquevision@orange.fr

Les gants en chirurgie réfractive

Malgré de fréquentes rodomontades chirurgicales d'ophtalmologistes, bien peu nombreux sont ceux qui connaissent les règles basiques d'un bloc opératoire. Un petit rappel sur les gants opératoires est donc sûrement utile.

■ Petit rappel

Au XVI^e siècle, l'obstétricien Plenck recommandait déjà l'usage des gants au moment de la naissance d'enfants de mère syphilitique. Cette recommandation apparaissait longtemps avant les travaux de Semmelweis sur l'asepsie de l'accouchement et longtemps avant les travaux de Pasteur sur les microbes. En 1889, le médecin américain William Halsted introduit le port de gants en chirurgie par amour pour son assistante infirmière Caroline Hampton, sa future femme, qui avait un eczéma aux mains dû à l'usage du phénol. Il semble qu'on doive à Chaput en 1889 les premiers gants stérilisables en caoutchouc.

Avant 1972, les gants sont réutilisables. Le lavage et la stérilisation à la vapeur dénaturent les protéines, l'allergie est inconnue. En 1975, les gants de chirurgie à usage unique sont généralisés. À partir de 1978, des gants de soins à usage unique sont largement diffusés.

Depuis 1985, avec l'épidémie du SIDA, la fréquence du port de gants augmente et les premières intolérances apparaissent. Le gant médical était, au début de son utilisation, chargé de protéger le malade d'une infection qui pouvait provenir de l'extérieur, essentiellement au cours d'interventions chirurgicales.

De ce concept de protection du patient, on est passé, de nos jours, à l'utilisation du gant pour protéger à la fois le patient

et le soignant. Depuis, dans pratiquement toutes les activités en enceinte de soins, des gants sont portés, stériles ou non.

■ La première barrière de protection est la peau

Elle forme une barrière contre les agressions venant de l'extérieur. La flore cutanée se situe sur la partie externe de la peau, dans les glandes sébacées et les follicules pilosébacés. Elle est composée de 2 types de flores :

- la flore résidente. C'est la flore qui vit et se multiplie sur la peau (flore naturelle). Elle peut exceptionnellement être à l'origine d'infections nosocomiales (erreur d'asepsie). Elle joue un rôle essentiel dans l'équilibre physico-chimique de la peau et constitue une barrière efficace contre la colonisation par les microbes exogènes ;
- la flore transitoire. Elle comprend des micro-organismes très divers qui sont le reflet de l'environnement. Elle varie en fonction de nos activités. Elle peut être éliminée par un simple lavage des mains.

■ Le lavage des mains

70 à 80 % des infections sont manuportées. La meilleure prévention est le lavage des mains. Le port de gants n'exclut pas le lavage des mains. La seconde protection et la plus importante est donc le lavage des mains sur lequel nous ne reviendrons pas ici. Il obéit à des règles strictes, fastidieuses et terriblement efficaces. Au demeurant, il n'y a pas que les mains qui doivent être propres. Le corps doit l'être, la peau soignée, les ongles et cheveux nettoyés. Enfin les tenues de bloc sont propres et inusitées. Si l'opérateur ou le soignant est infecté, il doit de lui-même se déplacer du bloc opératoire. Il va de soi que l'environnement répond aux normes d'hygiène et de sécurité.

■ La troisième protection est constituée par les gants

1. La protection du patient

Le port de gants diminue la transmission des micro-organismes de patient à patient. Il faut protéger le patient essentiellement contre la flore microbienne des autres personnes en cas de :

- patients immunodéprimés (isolement protecteur) ;
- transplantés ;
- brûlés ;
- patients en isolement septique (surtout pour éviter les risques de transmission croisée lors de contact direct).

2. La protection du personnel

Il s'agit avant tout d'une protection contre le risque infectieux par contact avec :

- du sang ;
- d'autres liquides biologiques ;
- les muqueuses ;
- la peau lésée du patient ;
- contact direct avec le patient infecté ou contact direct avec le patient infecté ou porteur de BMR ;
- risque de contamination lors d'une piqûre ou blessure. Le risque de transmission est estimé à 0,3 % pour le VIH, 3 % pour le VHC et 30 % pour le VHB.

3. L'utilisation des gants

Les gants sont choisis en fonction des conditions des soins et de l'objet de ces derniers (*fig. 1*). Les gants sont enfilés juste avant le contact ou le soin, et sont retirés dès la fin du contact ou du soin, pour être jetés, et cela avant de toucher une quelconque zone de l'environnement. En effet, attention à ne pas répondre au téléphone, manœuvrer une poignée de porte, un interrupteur, toucher une table, un clavier, une commande ou tout autre élément environnemental avec des gants contaminés. Les gants seront éliminés comme des déchets contaminés.

Les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Allemagne ont déjà interdit l'utilisation des gants poudrés (amidon de maïs source d'allergies) mais ce n'est pas encore le cas de la France.

- Choisir la bonne taille, ni trop large ni trop serré.
- Ne pas stocker les gants dans les poches ou hors de leur boîte.
- Ajuster correctement les gants.
- Éviter un étirement excessif.



Fig. 1 : Recommandations de l'OMS.

- Changer les gants dès qu'ils sont endommagés.
- Réduire les risques de déchirure ou de réduire les risques de déchirure ou de perforation en gardant les ongles courts et en enlevant tous bijoux.

L'élimination des gants est immédiatement suivie d'un lavage des mains ou friction avec un produit hydro — alcoolique afin d'éliminer les micro-organismes développés en atmosphère humide et chaude et ceux récupérés éventuellement lors du retrait des gants. Pour le retrait des gants, il convient de retirer le premier gant et de l'enfermer dans l'autre en recouvrant le premier gant complètement. Le lavage des gants à usage unique est à proscrire.

**UN SOIN = UN GANT
UN GANT = UN PATIENT**

■ Les catégories de gants en médecine

Le port des gants n'est pas une alternative à l'hygiène des mains. La désinfection par friction est indispensable avant le port de gant, pour ne pas contaminer les gants et leur conditionnement d'origine au moment de les prendre et pour abaisser le niveau initial de contamination des mains qui sous les gants sera majoré (chaleur et humidité).

1. Les gants non stériles comprennent

Les gants dits de soin non stériles, pour protéger ses mains d'un contact non invasif avec du sang ou un liquide biologique tel que la salive ou des matières fécales.

Les gants à usages multiples (gants de ménage): gants à usage multiple, personnalisés, à manchettes, réservés aux tâches d'entretien et de nettoyage, étanches aux produits, isolants électrique, barrière physique contre les coupures et les piqûres, entretien des gants de ménage, lavage extérieur avec un détergent, en fin d'activité: nettoyage des gants, rinçage à l'eau, séchage extérieur, retourner les gants, rinçage intérieur, séchage.

Les gants de soins non stériles :

- étanchéité bactériologique et virale;
- sensibilité tactile;
- résistance à certains produits chimiques (cytotoxiques) et solvants;
- conformité aux normes en 455-1 et 2, 3 ambidextre;
- informations claires sur l'emballage – hypoallergéniques;
- être exempt de micro trous;
- être isolant électrique;
- être étanche aux colorants;
- réaliser une barrière bactériologique;
- permettre une bonne sensibilité tactile;
- avoir une bonne résistance à la traction;
- présentation en vrac, boîte distributrice de 50 à 100 gants;
- notification de tailles (3 à 5) présentée en chiffres ou en lettres;
- la longueur minimale des gants de soins est de 240 mm pour toutes les tailles;
- leur manchette est courte.

Les gants dits de protection, pour les protéger d'un produit chimique, comme un désinfectant, un détergent-désinfectant ou encore un médicament anticancéreux. Ces derniers comportent en outre une manchette pour mieux protéger les poignets de l'opérateur.

2. Les gants stériles comprennent

Les gants dits de chirurgie, pour les soins, généralement invasifs, qui ont une exigence d'asepsie, comme un cathéter vasculaire, une opération chirurgicale... *Les gants stériles de chirurgie* ou d'intervention sont une barrière bactériologique protégeant l'un et l'autre. L'un et l'autre et une barrière physique (protection contre les (protection contre les piqûres et coupures). Ils assurent une :

- étanchéité bactériologique et virale;
- sensibilité tactile;
- résistance à certains produits chimiques (cytotoxiques) et solvants;
- conformité aux normes en 455-1 et 2, 3;
- information claire sur l'emballage;
- hypoallergénicité;
- conformité à ces caractéristiques:
- être exempt de micro trous;
- être isolant électrique;
- être étanche aux colorants;
- réaliser une barrière bactériologique;
- permettre une bonne sensibilité tactile;
- avoir une bonne résistance à la traction;
- avoir une forme anatomique: gants moulés;
- présentation unitaire sous double emballage en sachet pelable;
- différentes formes de pliages existent qui doivent permettre un enfilage aseptique;
- épaisseur minimale pour le latex: 0,17 mm, épaisseur maximale pour d'autres matériaux: 0,30 mm;
- gants non poudrés ils établissent une barrière étanche entre le patient et l'opérateur/patient et l'opérateur.

Des études ont prouvé que le gant devenait poreux au cours de l'intervention même en l'absence de perforation. Les recommandations de changement de gants varient de ½ h à 2 h. Il semblerait que le changement devrait se situer au bout de 45 minutes. Porter deux paires de gants n'apporte pas une meilleure sécurité antivirale mais renforce la protection mécanique en réduisant l'apparition des micro trous.

Les gants dits d'intervention médicale, pour les actes de courte durée, comme une suture chirurgicale ou des actes à très faible danger d'infection ou de contagiosité. Des modèles spéciaux existent comme pour l'endoscopie.

Ces gants stériles non chirurgicaux en latex, néoprène ou vinyle exigent les propriétés suivantes: être exempt de micro-trous, être isolant électrique, réaliser une barrière bactériologique, être étanche aux colorants, permettre une bonne sensibilité tactile, avoir une bonne résistance à la traction, avoir une forme anatomique: gants moulés, emballage individuel, sous double emballage, en sachet pelable, privilégier les gants sans poudre si utilisation SHA (obligatoire).

3. En fonction de leur composition, on distingue :

Les gants en latex naturel, dont l'élasticité et la résistance sont remarquables.

Les gants en caoutchouc synthétique hypoallergénique, tel que le néoprène ou le polyuréthane.

Les gants en polymère thermoplastique, peu coûteux, mais sans élasticité ni grande résistance, tel que le polychlorure de vinyle ou le polyéthylène de haute densité.

■ Quelle matière? Quelle différence?

Le latex ne résume pas les matières. Un choix est possible selon les propriétés et les avantages joints aux conditions d’emploi. Le tableau montre les matériaux disponibles (tableau I).

Matériaux utilisés dans la fabrication des gants	
Tous les matériaux cités conviennent pour la protection contre les risques microbiologiques	
Caoutchoucs	
Latex naturel	
■ Composition chimique	
Cis-isoprène	
■ Composants allergènes	
Protéines résiduelles, mais aussi accélérateurs de vulcanisation, antioxydants et colorants	
■ Propriétés mécaniques	
Souplesse, grande élasticité, grande résistance à la rupture (étirement, traction)	
Sensible au vieillissement sous l'effet de la lumière et de l’ozone	
■ Utilisation	
Pour des gestes précis exigeant de la sensibilité et de la dextérité	
Caoutchouc nitrile (ou nitrile)	
■ Composition chimique	
Copolymère d’acrylonitrile et de butadiène (ou NBR)	
■ Composants allergènes	
Accélérateurs de vulcanisation, antioxydants et colorants	
■ Propriétés mécaniques	
Proches du latex naturel	
■ Utilisation	
Mêmes indications que le latex, mais pour un coût plus élevé	
Caoutchouc chloroprène (Néoprène)	
■ Composition chimique	
Polychloroprène	
■ Composants allergènes	
Accélérateurs de vulcanisation, antioxydants et colorant	
■ Propriétés mécaniques	
Résistance moyenne	
■ Utilisation	
Mêmes indications que le latex, mais coût plus élevé	
Caoutchouc styrène-butadiène (Elastyren)	
■ Composition chimique	
Copolymère de styrène et de butadiène (ou SBR ou SBS)	
■ Composants allergènes	
Accélérateurs de vulcanisation, antioxydants et colorants	
Caoutchouc styrène-éthylène-butadiène (Tactylon)	
■ Composition chimique	
Copolymère de styrène, éthylène et butadiène (ou SEBS)	
■ Composants allergènes	
Accélérateurs de vulcanisation, antioxydants et colorants	
Polymères thermoplastiques	
PVC (ou vinyle)	
■ Composition chimique	
Polymère à base de chlorure de vinyle	
■ Composants allergènes	
Colorants, antioxydants	
■ Propriétés mécaniques	
Faible élasticité et résistance moindre aux contraintes mécaniques	
■ Utilisation	
Sensibilité et dextérité moins bonnes qu’avec le caoutchouc	
Polyéthylène (ou PE)	
■ Composition chimique	
Polyéthylène	
■ Composants allergènes	
Colorants, antioxydants	
■ Propriétés mécaniques	
Aucune élasticité ; les soudures sont le point faible	
■ Utilisation	
Manque de dextérité et de sensibilité	
Gestes ne nécessitant pas une grande précision	

Tableau I : Les différents matériaux.

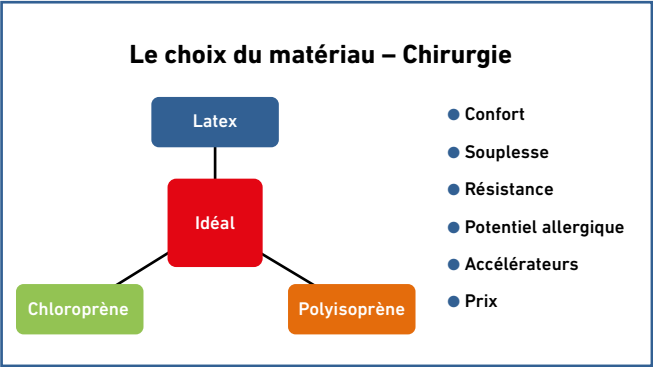


Fig 2 : Le choix idéal.

Nous ne parlons pas ici des protections mécaniques ni des protections spécifiques mais nous abordons les éléments du choix d’un type de gantage (fig. 2).

1. Les gants latex

Le latex désigne l’émulsion de caoutchouc naturel qui provient de l’*Hevea brasiliensis*, arbre à caoutchouc. Cet arbre représente 99 % de la production de caoutchouc naturel. Le latex est recueilli par incision périodique ou saignée. Il s’agit d’une émulsion de particules de cis-1-4 polyisoprène dans un sérum aqueux dont la teneur moyenne en caoutchouc sec est de 33 %. La centrifugation du latex après récolte permet d’augmenter la teneur en caoutchouc à 66 %. Le caoutchouc est maintenu en suspension dans le sérum aqueux par des protéines, des lipides, des acides aminés, des nucléotides et des cofacteurs. Cette composition chimique complexe peut varier selon la localisation des plantations d’hévéa (qui ne prospèrent qu’en climat équatorial ou tropical humide), les conditions climatiques et les saisons. La répartition de la production mondiale de latex montre que près de 80 % du caoutchouc naturel mondial est produit par trois pays du Sud-Est asiatique (Malaisie, Indonésie, Thaïlande).

Les gants en latex assurent, du fait de leurs propriétés de souplesse et d’élasticité, une sensibilité et une dextérité presque équivalentes à celles de la main non gantée et sont ainsi très utiles à la précision de certains gestes chirurgicaux.

Additifs : pour stabiliser les propriétés élastiques du caoutchouc, celui-ci doit être vulcanisé par le soufre en présence d’accélérateurs de vulcanisation, de zinc et d’acides gras. Les principaux accélérateurs de vulcanisation appartiennent aux groupes des benzothiazoles, des thiurames, des carbamates, des guanidines et des dérivés de la thiourée. Les gants

en caoutchouc contiennent également des antioxydants qui sont le plus souvent des amines aromatiques dérivées de la paraphénylènediamine (N-phényl-N' isopropylparaphénylènediamine ou IPPD notamment). Les gants en latex peuvent également contenir des colorants. En outre, des huiles minérales peuvent aussi entrer dans la composition des gants pour améliorer leurs propriétés physiques.

Par ailleurs, pour permettre un enfillement plus aisé des gants, il peut encore être utilisé, à l'intérieur des gants, une poudre, le plus souvent à base d'amidon de maïs, rarement d'amidon de blé, mais aussi parfois de lactose ou de carbonate de calcium. C'est un type de gants en disparition en France

Enfin, les gants chirurgicaux sont stérilisés soit par l'oxyde d'éthylène, soit plus récemment par rayonnements gamma.

Les gants d'examen en latex bénéficient d'une grande qualité de touché. Leur finesse permet au praticien un meilleur contact lors de gestes délicats. Les gants pour examens médicaux peuvent être poudrés ou non poudrés. Ils sont également ambidextres. L'inconvénient majeur des gants en latex poudrés concerne leur risque d'allergie. Les gants pré-poudrés permettent tout de même un meilleur ajustement.

Les gants chirurgicaux sont stériles, emballés par paire. Ils sont stériles non-ambidextres et sont utilisés lors d'actes chirurgicaux. Ils disposent de manchettes qui permettent un meilleur ancrage, grâce aux bords roulés qui viennent recouvrir le début du poignet.

L'épaisseur des gants latex est comprise entre 0,1 et 0,2 mm. Cela permet d'obtenir une excellente préhension.

Depuis janvier 2008, le Johns Hopkins Hospital avait éliminé l'utilisation de gants en latex. Un communiqué de presse a fait remarquer l'époque que c'était en réponse à la recherche des preuves que près de 6 % de la population et jusqu'à 15 % des travailleurs de la santé sont allergiques au latex.

L'industrie pourvoyeuse de ces gants est l'une des plus difficiles du monde ouvrier dans les pays du tiers-monde. Les utilisateurs devraient s'enquérir des conditions et doivent obtenir des garanties éthiques sur la production.

2. Gants en caoutchouc synthétique

Ils sont fabriqués à partir d'élastomères synthétiques, obtenus par polymérisation de dérivés du pétrole. Selon le monomère

utilisé, on obtient par exemple du polychloroprène, un copolymère acrylonitrile butadiène, du polyisobutylène, du styrène-butadiène... Des fluoroélastomères peuvent également être utilisés.

Les gants en caoutchouc synthétique subissent les mêmes procédés de fabrication que les gants en latex et peuvent donc contenir les mêmes additifs.

Les gants en caoutchouc synthétique semblent procurer des sensations tactiles satisfaisantes aux chirurgiens. Leur utilisation était autrefois fréquemment limitée du fait de leur coût plus élevé que celui des autres types de gants. Aujourd'hui, le coût des gants sans latex est très proche de celui des gants latex, en particulier si l'on tient compte des économies générées par un environnement sans latex.

3. Gants en polymère thermoplastique

La plupart des gants en plastique sont produits à partir de polychlorure de vinyle (PVC). Ils peuvent aussi être composés de polyuréthane ou de polyéthylène. Ces gants peuvent contenir des antioxydants et colorants similaires à ceux des gants en caoutchouc (mais pas de vulcanisateurs).

>>> Les gants vinyle (PVC)

Les gants vinyle sont non stériles et peuvent être poudrés ou non. Pour les personnes allergiques, il est conseillé d'utiliser des gants non poudrés. Ces gants PVC sont légèrement plus résistants que les gants en latex. Ils bénéficient d'une bonne préhension avec l'instrument utilisé. Leur principal avantage est leur prix souvent inférieur au latex. Les gants vinyle sont principalement conditionnés en boîte de 100 gants.

Les gants en latex sont plus fins et disposent d'une qualité de toucher supérieure aux gants vinyle traditionnels. Toutefois, certains gants PVC sont aujourd'hui très performants en ce qui concerne leur finesse de toucher. Ce ne sont pas des gants indemnes de risque de dermatite atopique.

>>> Les gants en nitrile

Les gants en nitrile procurent une résistance chimique bien plus importante que le latex et le vinyle. La composition de ces gants ne contient pas de latex, ni de poudre. Cela évite les risques d'allergie. Les gants nitrile sont, la plupart du temps, texturés et permettent une bonne préhension des instruments.

Les gants en nitrile constituent une très bonne alternative aux gants en latex. Ils offrent la même résistance et la même sensibilité que ceux-ci tout en ayant aucun problème d'allergie. Ils sont cependant un peu plus chers.

En résumé :

Latex

Élasticité +++ Confort +++ Résistance à l'étirement +++
Résistance à la durée +++

Vinyle

Elasticité + Confort + Résistance à l'étirement + Résistance à la durée + Stretch

Vinyle/Nitrile

Élasticité ++ Confort ++ Résistance à l'étirement ++
Résistance à la durée ++

Les tailles de gants

Les gants d'examen sont répartis selon les tailles suivantes :
Taille S (small) : 6/7 pouces, taille M (medium) : 7/8 pouces, taille L (large) : 8/9 pouces, taille XL (extra large) : 9/10 pouces

Les gants chirurgicaux ont des manchettes longues supérieures à 30 cm.

Vérification des gants

La date de fabrication et la date de péremption sont des éléments de sécurité ainsi que l'intégrité des emballages munis des pictogrammes normatifs (fig. 3).

Le marquage CE est obligatoire et atteste la conformité à la réglementation européenne. Il concerne 2 familles de gants :
– gants médicaux : 93/42/CEE (dispositif médical I ou II a), évaluée par la norme EN 455-1-2-3 ;
– gants de protection ou EPI : 89/686/CEE : évaluée par la norme EN 374 (risque chimique) EN 388 (risque mécanique) EN 407 (risques thermiques) EN 421 (Rx ionisant).

1. Normes techniques des gants médicaux (DM) :

Les gants médicaux font l'objet d'une série de normes (NF EN 455-1,-2,-3) (tableau II).

Les normes sont harmonisées et la partie 3 est consacrée aux exigences et essais pour l'évaluation biologique. Cette série de normes est un outil privilégié pour les fabricants de gants médicaux non seulement pour démontrer la conformité de



Fig. 3 : Illustration des pictogrammes.

Détails	Spécification
EN 455-1	Détection des trous : Niveau de Qualité Acceptable (NQA) Autorisé est de 1,5
EN 455-2	Propriétés physiques : Taille des gants, résistance à la rupture et résistance minimale à la soudure
EN 455-3	Évaluation biologique : Teneur en protéine, en endotoxines, présence de latex, absence de talc, etc...

Tableau II : Norme EN 455.

leur gant aux exigences essentielles de la directive 93/42/CEE concernées (tableau III) mais également pour contrôler la production de leurs gants. Il est à noter que la norme NF EN 455-3 n'inclut pas de méthode de quantification fiable des allergènes libérés des gants mais seulement différentes méthodes de dosage des protéines totales libérées des gants.

Bien que le taux de protéines totales libérées de gants médicaux en latex ne soit pas le strict reflet du risque d'allergie lié aux gants, il présente cependant l'intérêt, — pour les fabricants, de suivre les variations affectant la chaîne de production — dans le cadre de contrôle du marché, d'apprécier la disparité du marché des gants médicaux et ainsi de

Les normes concernant les EPI relatives à la directive 89/686/CEE		
EPI	Pictogrammes normes	Significations des normes
EN 420 Exigences générales pour les gants de protection		Cepictogramme invite l'utilisateur, avant utilisation des gants, à s'informer sur ses performances et ses conditions d'utilisation. On y retrouve des caractéristiques sur l'innocuité (ph, taux de chrome, etc), la charte des tailles, les tests de dextérité, l'instruction d'identification et d'information sur les performances des gants selon les normes EN décrites ci-dessous.
Gants de protection contre les risques mécaniques	 EN 388	La norme EN 388 s'applique à tous les types de gants de protection en ce qui concerne les agressions physiques et mécaniques par abrasion, coupure par tranchage, déchirure et perforation. Cette norme ne s'applique pas aux gants antivibrations. <u>Les différents niveaux de performance :</u> Résistance à l'abrasion (de 0 à 4) : déterminée par le nombre de cycles nécessaires pour user jusqu'à la perforation du gant Résistance à la coupure par tranchage (de 0 à 5) : déterminée par le nombre de cycles nécessaires pour couper le gant à une vitesse constante. Résistance à la déchirure (de 0 à 4) : c'est la force minimale nécessaire pour déchirer le gant. Résistance à la perforation (de 0 à 4) : c'est la force nécessaire pour percer le gant avec un poignon normalisée.
Gants de protection contre les produits chimiques et les micro-organismes	 EN 374-1  EN 374-2  EN 374-3	La norme EN 374-1 spécifie les exigences de performances requises pour les gants destinés à la protection des utilisateurs contre les produits chimiques et/ou les micro-organismes et définit les termes à utiliser. La norme EN 374-2 caractérise l'étanchéité sans impliquer de résistance. Cela implique les gants dans toutes les catégories de risques. Cette norme spécifie une méthode d'essai pour la résistance à la pénétration des gants de protection contre les produits chimiques et/ou les micro-organismes. La norme EN 374-3 concerne la détermination de la résistance des matériaux constituant les gants de protection à la perméation par des produits chimiques non gazeux potentiellement dangereux en cas de contact continu.

Tableau III : Les normes sont parties des directives européennes.

s'assurer que tous les fabricants mettent en œuvre des procédés d'élimination des protéines du latex réduisant ainsi autant que possible le risque lié aux protéines allergéniques du latex.

Dans EN 455 1, le niveau de qualité acceptable ou AQL (*Acceptance Quality Limit*) est évalué selon la perméabilité (air et eau) des gants appartenant à un même lot. Pour obtenir la qualification "résistant aux micro-organismes", les gants doivent posséder un AQL < 1,5 CE signifie que dans un lot donné, 1,5 % de gants présentent un ou plusieurs micro trous

EN 455-2: les caractéristiques physiques: dimensions de gants, la résistance à l'étirement jusqu'à la déchirure ou force à la rupture – La force à la rupture exigée est supérieure pour les gants de chirurgie par rapport aux gants d'examen et de soins. – Elle est également supérieure pour les gants en latex par rapport aux autres matériaux. Les gants ne doivent pas être portés trop longtemps. Ils doivent être gardés à l'abri de la chaleur, l'oxygène, l'ozone.

EN-455-3: évaluation biologique des gants médicaux-la recherche de substances chimiques, résidus de fabrication, mise en évidence d'endotoxines issues de la contamination bactérienne des matières premières, dosage des protéines extractibles à l'origine des réactions allergiques.

La norme EN 374 comprend aussi 3 parties pour la protection contre les produits chimiques et les microorganismes :

- EN 374-1 : terminologie et performance acquise ;
- EN 374-2: détermination de la résistance à la pénétration (air +/- eau : 3 niveaux de performance) ;
- EN 374-3 : détermination de la résistance à la perméation des produits chimiques (6 indices de protection) – + le chiffre est élevé plus le niveau de performance ou protection est élevé.

Chaque norme réfère en sein à d'autres normes et il existe un emboîtement de contraintes.

La marque NF-Médical ne présente aucun caractère réglementaire. Son obtention résulte d'une démarche volontaire de

la part des fabricants et distributeurs qui permet d'apporter la garantie de produits conformes non seulement aux normes NF EN 455-1 et NF EN 455-2, mais aussi aux spécifications complémentaires du règlement particulier de la marque. Celles-ci concernent des caractéristiques de :

- dimensions : seuls les gants de chirurgie à manchettes longues peuvent être admis à la marque NF ;
- allongement minimal à la rupture : avant et après vieillissement ;
- résistance au déchirement de la manchette des gants d'examen ;
- intensité du courant de fuite (essai de conductivité des anciennes normes NF S 90-000 et NF S 90-001) : essai effectué en attendant la parution de la norme EN 455-3 relative à la biocompatibilité des gants médicaux ;
- quantité de lubrifiant : la masse de poudre par gant doit être inférieure à 250 mg.

Pour les produits de classe 1, tels que les gants d'examen, qui sont mis sur le marché sans contrôle de leur qualité par un organisme indépendant, l'intérêt de la marque NF-Médical paraît évident puisqu'elle atteste de la conformité des gants aux normes, sur la base d'essais et d'audits du système qualité réalisés régulièrement par l'organisme de certification. Elle apporte la garantie d'un contrôle de la fabrication et des dispositions d'assurance qualité du fabricant.

Pour les gants de chirurgie (classe II a), la démarche volontaire NF-Médical accompagne et complète l'exigence réglementaire que constitue le marquage CE et apporte aux acheteurs et prescripteurs l'assurance que les exigences de la réglementation sont satisfaites, mais aussi qu'un modèle de gant particulier possède effectivement les performances visées par les normes et les spécifications complémentaires régulièrement validées par un comité d'experts.

La marque NF-Médical constitue le mode de preuve privilégié pour garantir la conformité des gants aux exigences essentielles de santé et de sécurité définies dans la directive sur les dispositifs médicaux. Cette marque n'est attribuée que pour le (ou les) modèle(s) de gants médicaux soumis au contrôle du LNE, à l'exclusion de tout autre modèle qui pourrait être produit par le même fabricant. Les gants possédant la marque NF-Médical portent un logo qui le mentionne sur leur pochette.

2. Le risque allergique

La sensibilisation au latex de caoutchouc naturel de la population générale varie de 1 à 6 %. Le niveau de sensibilisation

dans certaines populations chirurgicales, comme les enfants multi opérés, peut atteindre 50 %. Chez les professionnels de santé travaillant en bloc opératoire, les taux de sensibilisation oscillent entre 10 et 17 %. Certains individus sensibilisés ne sont pas conscients de leur état, mais ils courent le risque de développer des réactions allergiques cliniques. Développer une allergie au latex peut avoir de graves conséquences sur la qualité de vie.

Les personnels de santé associent la plupart des facteurs de risques allergiques suivants :

- lavage fréquent des mains jusqu'à 50 fois par jour, parfois avec une brosse (essuie-mains sèche...) ;
- solutions hydro-alcooliques (SHA) pour l'antisepsie des mains (pouvoir irritant modéré) ;
- utilisation préférentielle de savons désinfectants, plus irritants que les SHA ;
- concentrations d'utilisation au "jugé" (antiseptiques...) ;
- manipulations de nombreux produits irritants : détergents avec tensio-actifs, désinfectants, acides...

Exclusion faite des gants en plastique, schématiquement, on peut considérer que les gants médicaux en caoutchouc peuvent provoquer soit des réactions allergiques de type immédiat (type I) survenant quelques minutes après leur port et dues le plus souvent aux protéines du latex, soit des réactions de type retardé (type IV) survenant 24 à 48 heures après le début du contact, réalisant un eczéma de contact et provoquées le plus souvent par les additifs du caoutchouc naturel ou synthétique, essentiellement les accélérateurs de vulcanisation (fig. 4).

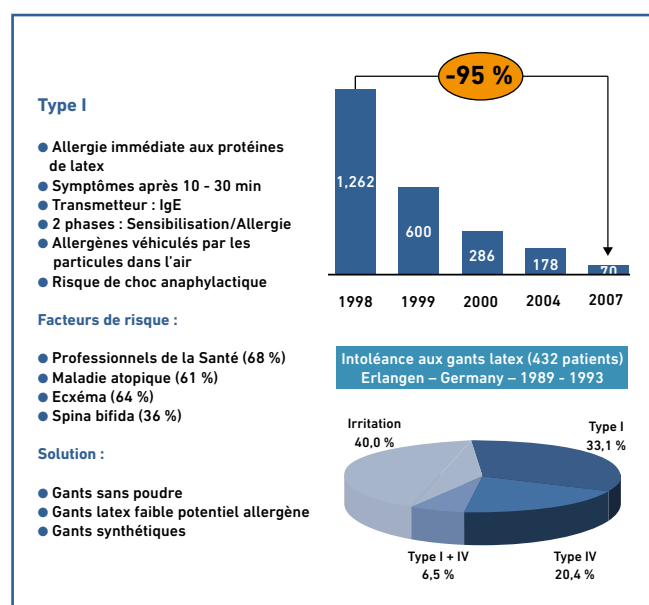


Fig. 4 : Les allergies.

Certains allergènes responsables d'eczémas de contact au caoutchouc sont déjà inscrits dans les tableaux de maladies professionnelles. Des réactions croisées avec certains fruits sont fréquents et représentent le syndrome fruit/latex. Plusieurs fruits de famille taxonomiquement différentes ont ainsi pu être identifiés comme principaux allergènes "croisants"; des études immunologiques ont ainsi mis en évidence que le kiwi, l'avocat (Hev b 6.01 et Hev b 6.03), la banane (Hev b 2 et Hev b 5) et la châtaigne possédaient des allergènes identiques à ceux du latex. De la même manière, certaines plantes comme le Ficus benjamina peuvent entraîner des réactions cliniques d'allergie par le biais de ces mécanismes croisés. Les dermatites de contact ne répondent pas directement aux schémas des allergies mais comportent les méthodes d'investigation et de prévention (*tableau IV*).

Principaux allergènes : additifs de vulcanisation :

- surtout thiurames,
- dithiocarbamates,
- mercaptobenzothiazoles et dérivés,
- dérivés de la thiourée,
- diphénylguanidine,
- dithiomorpholines...

Conversion possible des thiurames en dithiocarbamates de zinc correspondants et réactions croisées possibles entre les thiurames et les dithiocarbamates.

En cas d'allergie aux additifs des gants en caoutchouc, souvent les thiurames : conseiller des gants sans thiurames, ni dithiocarbamates

Parfois, on a intérêt à vérifier des tests aux thiurames pour le dépistage d'une sensibilisation aux thiurames et aux

dithiocarbamates. Dans les produits finis en caoutchouc, on trouve des accélérateurs en surface (contacts avec la peau). Le diphénylguanidine est un agent de vulcanisation souvent associé au mercaptobenzothiazole. Il en résulte que chez les personnels de santé il existe la prévalence des tests épicutanés positifs aux thiurames la plus élevée (13 %). (thiurames : 13 %, dithiocarbamates : 3,3 %, mercaptobenzothiazoles et dérivés : 2,3 %, thiourées : 1 %, 1,3 diphénylguanidine : 2,1 %).

Les dermatites allergiques de contact aux gants en PVC sont plus rares qu'avec les gants en caoutchouc.

- antimicrobiens : benzisothiazolin-3-one, formaldéhyde.
- plastifiants : phosphate de tricrésyle, phosphate de triphényle..., résines d'époxy...
- antioxydants (bisphénol A).
- colorants (*fig. 5*).

Évidemment, il existe beaucoup d'autres facteurs d'allergie chez les personnels soignants : produits de désinfection, détergents, cosmétiques, médicaments, produits d'hygiène... alcools amylique, butylique, éthylique, méthylique et isopropylique.... Plusieurs cas de sensibilisation sont décrits avec l'isopropanol dans les solutions hydro-alcooliques. **L'éviction des gants en latex poudrés des établissements de soins s'impose aujourd'hui comme la mesure de prévention primaire dont l'efficacité est reconnue.**

3. La gestion des gants

La direction d'un établissement dispose d'une vaste gamme de gants adaptés aux besoins. Il est notoire que les références changent souvent en raison de modifications mêmes légères dans la fabrication des gants ou procédant de contraintes

Réaction	Description	Présentation
Dermatite de contact	Réaction non médiée par le système immunitaire. Irritation causée par la poudre ou les autres constituants chimiques du gant.	Peau rouge, sèche et craquelée.
Hypersensibilité de type IV (retardée)	Réaction médiée par le système immunitaire (allergie). Apparaît 6 à 72 h après le contact cutané avec l'allergène.	Réaction cutanée avec rougeur marquée, prurit et formation de vésicules aux endroits qui ont été en contact avec le latex.
Hypersensibilité de type I (immédiate)	Réaction médiée par les IgE. Apparaît généralement dans les minutes suivant l'exposition à l'allergène.	Réaction relativement bénigne (prurit, rougeur, rhinorrhée) ou plus grave (toux, œdème, bronchospasme, choc anaphylactique).

Tableau IV : Tableau des réactions cutanées.



Fig. 5 : Dermatite atopique.



Fig. 6 : Exemple de gants chirurgicaux anti-allergiques.

réglementaires pas forcément nationales. Un échantillonnage doit être présent et on recommande de s'imposer d'environ 20 % des gants stériles chirurgicaux dans cette catégorie. À l'inverse, une étude minutieuse des conditions de ports des personnels révèle que dans 20 à 30 % des cas, il n'est pas utile de recourir à des gants stériles chirurgicaux et bien fréquemment aussi de gants non stériles sont amplement suffisants. Une économie financière notable est à la clef de ces mesures de simple bon sens.

À ce titre et pour l'exemple, au cours d'une PKR chez un sujet sain, des gants stériles non chirurgicaux sont parfaitement adaptés et conformes à la procédure recommandée par les Centres de coordinations de la lutte contre les infections nosocomiales (fig. 6).

Le port de gants est parfois perçu comme remplaçant l'acte d'hygiène des mains. Leur mauvaise utilisation (non-retrait ou non-changement) favorise la contamination du patient, mais aussi son environnement. Trop souvent, la règle "une paire de gants, un soin" n'est pas respectée. L'accès difficile aux points de distribution de gants n'encourage pas les soignants au bon usage des gants. Ces défauts ne sont pas rares dans les blocs opératoires d'ophtalmologie.

Pour en savoir plus

- American Academy of Allergy, Asthma and Immunology (AAAAI). The Allergy Report: Science Based Findings on the Diagnosis & Treatment of Allergic Disorders. Science Based Findings on the Diagnostic & Treatment of Allergic Disorders. 1996-2001.
- AL-OTAIBI S, TARLO SM, HOUSE R. Quality of life in patients with latex allergy. *Occup Med*. 2005;55:88-92.
- BLUMCHEN *et al.* Effects Of Latex Avoidance On Latex Sensitization, Atopy And Allergic Diseases In Patients With Spina Bifida. *Allergy*. 2010;65:1585-1589.
- BMA In good hands : file:///C:/Users/ZORG/Documents/In%20Good%20Hands%20Medical%20Gloves%20Report%20Web%202023%202003.pdf
- BOLLINGER ME, MUDD K, KEIBLE. A Hospital-Based Screening Program for Natural Rubber Latex Allergy *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*. 2002;6:560-567.

- BREHLER R AND KÜTTING B. Natural rubber latex allergy. *Archives of Internal Medicine*. 2001;161:1057-1064.
- CAILLOT JL, PAPAREL P, ARNAL E *et al.* Anticipated detection of imminent surgeon-patient barrier breaches. A prospective randomized controlled trial using an indicator underglove system. *World J Surg*. 2006;30:134-138. 10.1007/s00268-005-0172-0.
- CAPELLI, CHLOÉ. Éviction du latex en chirurgie pédiatrique : étude de faisabilité au CHU de Grenoble. MS thesis. Université Joseph Fourier. Faculté de pharmacie de Grenoble. France. 2011.
- CLENEWERCK MB. Allergie des mains en établissements de santé <http://www.sohf.ch/symposium13/Presentations%20SOHF/Clenewerck.pdf>
- Comité technique national des infections nosocomiales. Avis du 5 décembre 2001 sur la place de la friction hydro-alcoolique dans l'hygiène des mains lors des soins. *Bull Epidemiol Hebdo*. 2002 :35
- DE QUEIROZ M, COMBET S, BERARD J *et al.* Latex allergy in children: modalities and prevention. *Paediatric Anaesthesia*. 2009;19:313-319.
- ELDER JS. Latex gloves: time for a change. *Journal of Urology*. 2006;175:1193-1194.
- Face-to-face interview Estimates from Donna McDaniel, Director Surgical Services and Carol Miller, Peri-operative Services Educator, June 2011. Retrieved from <http://ortoday.com> Accessed, 2014.
- Gants de protection pour les métiers de la santé. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Travail et sécurité, fiches pratiques de sécurité, 2004.
- Germain M, L'épopée des gants chirurgicaux. *Médecine à travers les siècles*. 2012;220.
- HUNT LW, KELKAR P AND REED CE. Management of Occupational Allergy to Natural Rubber Latex in a Medical Center: The Importance of Quantitative Latex Allergen Measurement and Objective Follow-up. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2002;110:S96-S106.
- LAINE T, KAIPAA A, SANTAVIRTA J *et al.* Glove perforations in open and laparoscopic abdominal surgery: the feasibility of double gloving. *Scand J Surg*. 2004;93:73-76.
- LEWIS VJ, CHOWDHURY MMU, STATHAM BM *et al.* Allergie au latex de caoutchouc naturel : the impact on lifestyle and quality of life. *Contact Dermatitis*. 2004;51:317-318.
- MAXFIELD A, LEWIS J, LACHENMAYR S *et al.* A National Institute for Occupational Safety and Health Alert sent to hospitals and the intentions of hospital decision makers to advocate for latex allergy control measures. *Health Educ Res*. 2000;15:463-467.
- NEUGUT AL, GHATAK AT, AND MILLER RL. Anaphylaxis in the United States: An Investigation into Its Epidemiology. *Archives of Internal Medicine*. 2001;161:15-22.
- Nils-Olaf Hübner Email author, Anna-Maria Goerdts, Natalie Stanislawski, Ojan Assadian, Claus-Dieter Heidecke, Axel Kramer and Lars Ivo Partecke *BMC Infectious Diseases* 2010;10:192 <https://doi.org/10.1186/1471-2334-10-192>
- OMS fiche d'information sur l'usage des gants http://www.who.int/gpsc/5may/tools/training_education/slcyh_usage_des_gants_fr.pdf
- POLEY GE AND SLATER JE. Latex Allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2000;105:1054-1062.
- SF2H. Recommandations nationales. Prévention de la transmission croisée : précautions complémentaires contact. 2009. http://www.sfhf.net/telechargement/recommandations_preventiontransmissioncroiseeSFHH.pdf
- HCSF - SF2H. Surveiller et prévenir les infections associées aux soins 2010. http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcsp20100518_survprevinfections.pdf
- SRLF. Prévention de la transmission croisée en réanimation. 2002. <http://www.srlf.org/s/IMG/pdf/main.pdf>
- Surveiller et prévenir les infections associées aux soins Société Française d'Hygiène Hospitalière, Ministère de la Santé et des Sports, Haut Conseil de la santé publique Hygiènes, 2010 :18-28, 62-63, 69-75.
- TANNER J. Surgical gloves: perforation and protection. *J Perioper Pract*. 2006;16:148-152.
- VIREY-GRIFFAON E, MP. LEHUCHER-MICHEL, D. VERVLOET. Allergie au latex naturel - Prévention primaire et secondaire en milieu de travail. *La Presse Médicale*. 2000;29:257-262.
- YUNGINGER JW, JONES RT, FRANSWAY AF *et al.* Extractable latex allergens and proteins in disposable medical gloves and other rubber products. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1994; 93:836-842.

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



V. AMELINE
Ophtalmologiste Conseil MACSF, PARIS.
valerieameline@orange.fr

Chirurgie réfractive et suites médico-légales : à propos de quelques histoires instructives

Nous entendons de plus en plus parler de mises en cause de la responsabilité civile professionnelle des praticiens qui n'échappent pas à la tendance globale de la société qui veut évoluer vers un monde sans risque.

Nous craignons tous, médecins ou chirurgiens, de voir notre responsabilité civile professionnelle mise en cause par un patient mécontent ou présentant un dommage lié aux soins.

La chirurgie réfractive donne pleinement satisfaction à la quasi-totalité des patients opérés puisqu'elle ne donne lieu qu'à une trentaine de déclarations annuelles de sinistres d'après les chiffres de la sinistralité de la MACSF qui assure 85 % des ophtalmologistes libéraux français.

En 2016, les 4935 ophtalmologistes sociétaires de la MACSF dont 3792 libéraux ont adressé 206 déclarations. Les trois quarts concernaient la chirurgie de la cataracte et moins de 20 % représentaient la chirurgie réfractive.

Ainsi, les mises en cause peuvent sembler de plus en plus fréquentes bien que le taux global de sinistralité soit stable de l'ordre de 5 %. Ceci signifie qu'un ophtalmologiste sera mis en cause globalement deux fois dans une carrière professionnelle de 35 à 40 ans.

Les chirurgies "non obligatoires" représentent un sur-risque que l'on retrouve donc mais très modérément en chirurgie réfractive comme en blépharoplastie esthétique.

À partir de quelques cas cliniques, nous allons insister sur certains points afin de ne pas voir sa responsabilité civile professionnelle mise en cause. En effet, le plus souvent, nous sommes confrontés à des mises en cause par imprudence ou négligence alors qu'il n'y a pas de faute médicale avérée ou qu'il s'agit d'un aléa thérapeutique non fautif pouvant

survenir dans les meilleures mains, mais avec une gestion litigieuse de cet aléa ; un aléa mal géré devenant ainsi fautif.

Nous rappelons qu'un patient mécontent de son chirurgien dispose de plusieurs possibilités pour se faire entendre.

Lorsque le chirurgien exerce en secteur public hospitalier, le patient écrira au directeur de l'hôpital ou au chef de service, ou il se tournera d'emblée vers le tribunal administratif.

Lorsque le chirurgien exerce à titre libéral en secteur privé, le patient pourra adresser sa réclamation écrite à l'amiable à son chirurgien, le plus souvent aidé par sa protection juridique, incluse dans sa multirisque habitation.

Le patient pourra également faire sa réclamation auprès de la CCI (Commission de Conciliation et d'Indemnisation) qui a l'avantage de proposer une gestion rapide, souple et gratuite ne nécessitant pas l'intervention de l'avocat.

Enfin, le patient peut décider de se tourner vers la voie judiciaire avec une assignation en référé délivrée au chirurgien mis en cause.

Ces différentes procédures ont en commun d'aboutir à une expertise contradictoire où chacune des parties sera représentée, le patient mécontent, assisté de son médecin conseil, et le chirurgien mis en cause également assisté de son médecin conseil mis à disposition par son assurance Responsabilité Civile Professionnelle.

Nous remarquons actuellement une montée en puissance des CCI et une diminution des procédures judiciaires qui sont habituellement plus pénalisantes pour le médecin mis en cause sachant que 20 % des dossiers sont considérés fautifs par les CCI pour plus de 60 % de dossiers considérés fautifs par les juges.

De même, les montants alloués par les juges sont supérieurs aux montants alloués pour les CCI avec un coût moyen d'un accident médical jugé par un tribunal civil de l'ordre de 70 000 euros en ophtalmologie.

Néanmoins, retenons qu'une mise en cause de responsabilité ne signifie nullement que cette dernière est avérée.

Nous ne développons pas les procédures auprès du Conseil de l'Ordre des médecins, puisque le Conseil de l'Ordre ne peut statuer que sur des questions déontologiques.

Le Conseil de l'Ordre conseillera au patient de s'adresser à l'assurance professionnelle de son chirurgien s'il s'estime avoir été victime d'une faute, d'une erreur ou d'une négligence de la part de ce dernier ou d'un aléa médical.

■ Quelques cas cliniques

Les patients opérés de chirurgie réfractive mettant en cause leur chirurgien ont en commun d'être habituellement le plus souvent des patients jeunes en pleine activité sociale et professionnelle, aux exigences élevées.

Ils ont classiquement une acuité visuelle à 10/10 P2 à chaque œil avec correction mais souhaitent s'affranchir de leur correction optique qu'il s'agisse des lunettes ou des lentilles.

Les issues finales des dossiers présentés ici ne sont pas toutes connues du fait de la longueur des procédures, notamment judiciaires, sachant qu'une partie non satisfaite des conclusions du juge a toujours possibilité d'interjeter appel.

De même, un patient non satisfait des conclusions d'une procédure CCI, si cette dernière s'est déclarée incompétente, peut très bien se tourner secondairement vers une réclamation amiable auprès de l'assurance de son chirurgien ou à l'inverse se tourner vers les tribunaux alléguant une faute, erreur ou négligence du chirurgien responsable d'un dommage médical imputable.

Le premier cas clinique concerne un chirurgien parfaitement expérimenté ayant pris en charge une patiente myope forte de 48 ans au moment du sinistre, suivie de longue date, sans antécédent notable en dehors de la myopie forte bilatérale.

La patiente souhaitait s'affranchir de ses lunettes. Elle a donc bénéficié d'une chirurgie du cristallin clair après information

orale et écrite, recueil d'un consentement d'opérer et bilan préopératoire conforme. La chirurgie s'est déroulée sans complication avec mise en place d'implant multifocaux, après bilan préopératoire soigneux. La patiente a présenté une discrète hypermétropie postopératoire et s'est donc tournée vers le Conseil de l'Ordre reprochant une erreur technique de son chirurgien.

Le Conseil de l'Ordre des médecins l'a orientée vers l'assurance Responsabilité Civile Professionnelle de son praticien.

En raison d'une indication opératoire licite, d'une information orale et écrite tracée, d'un recueil de consentement d'opérer et d'un bilan préopératoire soigneux avec une chirurgie réalisée sans complication et un suivi post opératoire diligent, l'étude de ce dossier par le comité médical de la compagnie d'assurance du chirurgien a répondu : soins diligents et conformes sans faute, erreur ou négligence. La patiente avait récupéré une acuité visuelle à 10/10 P2 avec une discrète correction d'hypermétropie (+0,75) et ne présentait pas de séquelle au sens du dommage corporel habituellement retenu se basant sur le barème du concours médical. En effet, l'acuité visuelle à 10/10 P2 n'est pas une acuité visuelle sans correction, mais l'acuité visuelle avec correction.

La patiente insatisfaite s'est alors tournée vers la Commission de Conciliation et d'Indemnisation qui s'est déclarée incompétente en raison des très faibles postes de préjudice. La patiente, toujours insatisfaite, a donc décidé de se tourner vers les tribunaux et le dossier évolue toujours.

Un second cas clinique concerne une patiente âgée de 52 ans au moment de sa chirurgie réfractive, présentant dans ses antécédents une presbytie et un échec d'adaptation de lentilles. Cette patiente emmétrope, ne supportait pas de porter une correction de près ou des verres de proximité. Elle demandait donc une prise en charge pour s'affranchir de ses lunettes. Elle a bénéficié d'une photokératectomie réfractive bilatérale sans complication avec un résultat jugé non satisfaisant par la patiente qui se plaignait de douleurs, sécheresse oculaire et gêne visuelle.

La patiente s'est initialement tournée vers la CCI qui s'est déclarée incompétente, les seuils de compétence n'étant pas atteints, puis elle s'est tournée vers l'assureur de son chirurgien dans le cadre d'une réclamation amiable, alléguant ne pas avoir été suffisamment informée de la sécheresse oculaire qui pouvait être majorée au moins la première année.

La patiente était assistée de son avocat qui insistait sur l'intolérance des lentilles lors des tests en raison d'une sécheresse

oculaire et insistait sur le fait que cette sécheresse oculaire aurait dû contre-indiquer la chirurgie réfractive.

Dans ce cas précis, l'absence de manquement de la part de l'ophtalmologiste n'incitait pas à accéder à la demande de cette patiente mais l'information était le point faible de cette affaire, la traçabilité de celle-ci restant discutable. Aussi, compte tenu des caractéristiques de cette affaire, du coût très limité des réclamations et surtout du risque important de condamnation au terme d'une procédure longue et couteuse, il a finalement été décidé de transiger de manière amiable en proposant une indemnisation symbolique à la patiente, laquelle a été acceptée, ceci en accord avec le praticien concerné.

En effet, toute mise en cause s'accompagne d'une charge émotionnelle importante pour le praticien mis en cause et ce "coût émotionnel" non négligeable doit être mis en parallèle avec le coût financier supporté par l'assureur. Il est donc parfois préférable de solutionner un dossier à l'amiable avec un faible dédommagement pour le patient mais évitant au praticien un long et lourd procès, dès lors que la prise en charge peut être discutée ou la responsabilité engagée.

Un troisième cas clinique concerne une patiente de 33 ans myope de - 3 opérée par LASIK sans complication, ayant présenté un abcès de cornée à J2 sur un œil. Il s'agissait donc d'une affection associée aux soins ou infection nosocomiale avec les conséquences juridiques qui en découlent, c'est-à-dire, responsabilité sans faute de l'établissement de soins. L'évolution finale a été favorable avec néanmoins perte de deux lignes de la meilleure acuité visuelle d'un œil.

L'indemnisation de cette patiente a été mise à la charge de la clinique où la patiente avait été opérée après expertise concluant à des soins diligents et conformes de la part du chirurgien tant au niveau de l'indication, de l'information, du bilan préopératoire, de la procédure chirurgicale et du suivi postopératoire.

Un autre dossier concerne un patient de 57 ans, diabétique non insulino-dépendant, ayant une acuité visuelle corrigée à 10/10 faible P2 à chaque œil. Le patient était demandeur d'une chirurgie réfractive. Il a été décidé d'opérer la cataracte naissante avec mise en place d'un implant multifocal. Le patient s'est déclaré insatisfait des implants multifocaux en raison d'halos lumineux nocturnes avec impression de diplopie intermittente.

L'expertise contradictoire a permis de constater que d'un œil, l'implant était légèrement décentré. Il a été conclu à un aléa thérapeutique non fautif avec des postes de préjudice limités.

L'attention de tous nos confrères devrait être attirée sur les exigences visuelles des jeunes seniors proches ou ayant déjà atteint la soixantaine, travaillant encore ou jeunes retraités mais souhaitant bénéficier d'une vie active notamment sportive sans contrainte des lunettes que ce soit pour le ski, la voile ou autre activité. Lorsque ces patients ont une acuité visuelle à 9 ou 10/10 P2, il est absolument nécessaire de préciser la gêne fonctionnelle dans le dossier afin que l'indication opératoire ne soit pas considérée non justifiée.

En effet, en cas de chirurgie de cataracte avec acuité visuelle conservée à 9 ou 10/10 sans annotation écrite de gêne fonctionnelle du patient, les organismes de sécurité sociale considéreront qu'il s'agissait d'une chirurgie de cataracte non justifiée.

Lorsque l'indication est considérée illicite ou fautive, bien sûr, toute la défense du dossier tombe comme des dominos.

Un autre dossier concerne une patiente de 54 ans ne supportant plus ses lentilles du fait d'une sécheresse oculaire apparue au cours du temps, demandeuse d'une chirurgie de cataracte avec implants multifocaux toriques malgré une acuité visuelle encore conservée mais avec éblouissement à la conduite.

La patiente a donc été opérée après information orale et écrite, recueil d'un consentement d'opérer non seulement sur fiche SFO N° 1 concernant la cataracte mais également avec une information renforcée sur les implants multifocaux. Le résultat visuel postopératoire a été qualifié d'insuffisant par la patiente malgré l'absence de complication per opératoire et un suivi postopératoire diligent. L'évolution finale de ce dossier a été favorable du fait que l'indication opératoire était bien justifiée par la gêne fonctionnelle alléguée, que l'information était parfaitement tracée dans le dossier, que l'intervention s'était déroulée sans complication et que la patiente avait bénéficié de plusieurs rendez-vous postopératoires avec explications orales de son chirurgien. Il n'y avait pas de séquelle organique en dehors d'une sensation de brûlure avec sécheresse oculaire et cornée fluo moins.

Dans un autre dossier, un patient de 51 ans ayant un antécédent de phlébite est opéré sans complication de PresbyLASIK avec une occlusion de la veine centrale de la rétine dans les suites immédiates. Bien sûr, le patient a rapporté cette occlusion vasculaire à sa chirurgie réfractive.

La concordance de temps l'avait amené à conclure ainsi, de même que son avocat. Le dossier parfaitement tenu par

le chirurgien a permis de conclure à des soins diligents et conformes, mais à l'existence d'un accident vasculaire rétinien indépendant des soins du chirurgien, uniquement imputable à l'état antérieur, à savoir un mauvais réseau veineux.

Aucune faute, erreur ou négligence n'a été retenue à l'encontre du chirurgien du fait d'une indication opératoire licite, d'un bilan préopératoire satisfaisant, d'information orale écrite et d'un recueil d'un consentement d'opérer, ainsi que d'une chirurgie réalisée sans complication avec un suivi postopératoire diligent.

Un autre cas clinique concerne une patiente de 34 ans opérée de myopie avec mise en place d'implants réfractifs qui se sont avérés trop grands avec déclaration de matériovigilance auprès du laboratoire ayant fourni ces implants dont la patiente a dû être réopérée sans dommage cornéen, sans baisse d'acuité visuelle séquellaire, mais avec une discrète déformation pupillaire responsable d'un éblouissement dans certaines circonstances.

Ce dossier évolue toujours du fait de la mise en cause du laboratoire et des difficultés techniques de la gestion des réclamations ou des procédures en cas de présence d'un laboratoire dans les mises en cause.

Un autre cas concerne une patiente de 24 ans présentant une myopie forte opérée par LASIK avec une nécrose cornéenne gauche apparue à J1, aux Antilles.

Une procédure judiciaire a été initiée et l'expert judiciaire a conclu à un aléa thérapeutique imputable à la chirurgie réfractive dont la complication quoique exceptionnelle figure bien dans la fiche d'information délivrée au patient.

La patiente a été considérée consolidée avec un équipement en lentilles rigides avec des postes de préjudice limités.

Des incidents peropératoires comme des lâchages d'anneaux de succion sont décrits régulièrement mais habituellement les chirurgiens gèrent parfaitement ces complications, soit avec poursuite de l'intervention ou avec nouvelle programmation après cicatrisation. De même, des découpes incomplètes de capots peuvent amener à surseoir à l'intervention ou à poursuivre cette dernière suivant le moment de la procédure où a lieu cette découpe non satisfaisante.

Habituellement, ces dossiers évoluent favorablement en cas de mises en cause permettant de conclure à un aléa médical.

Nous retenons que toute mise en cause de responsabilité civile professionnelle d'un chirurgien aboutit habituellement à une expertise contradictoire.

Il est fondamental de disposer d'un dossier complet, bien tenu, de comptes rendus personnalisés, de courriers aux correspondants, et bien sûr des fiches d'information réalisées par la Société Française d'Ophtalmologie, récupérées signées du patient, idéalement à une date précédant de plusieurs jours la chirurgie réfractive.

L'expert se base toujours sur le dossier pour mener ses opérations d'expertise.

On devra systématiquement retrouver dans le dossier : l'interrogatoire, l'examen clinique, l'indication opératoire, l'information avec le recueil d'un consentement éclairé, le compte rendu opératoire et le suivi postopératoire ainsi que la gestion de l'aléa ou de la difficulté rencontrée.

Il ne faut pas hésiter à demander des avis référents, car en cas de reprise chirurgicale, il pourra être reproché au chirurgien qui aura réopéré son patient 2, 3 ou 4 fois de ne pas avoir demandé d'avis surspécialisé entraînant ainsi une perte de chance pour le patient.

Le suivi médical postopératoire est donc également fondamental.

Un jeune patient avait présenté un syndrome de l'interface après chirurgie réfractive et avait été traité par collyre cortisoné pendant plus d'un an, sans aucun contrôle du fond d'œil, ni prise de tension oculaire, avec développement d'un glaucome cortisonique diagnostiqué à un stade quasi terminal, avec retentissement sévère sur le champ visuel. Ce dossier bien sûr avait été considéré fautif, non pas du fait du syndrome de l'interface mais du fait d'une gestion défailante de cette complication postopératoire.

Pour un juge, tout ce qui n'est pas noté n'existe pas. Il est donc fondamental de noter les plaintes fonctionnelles préopératoires du patient.

Revenons à la chirurgie de cataracte du jeune senior ayant une acuité visuelle préopératoire de 9 ou 10/10 suivie d'une complication opératoire non fautive, le patient ne se gênera pas pour dire qu'il voyait très bien avant d'être opéré et qu'il ne demandait rien mais que son chirurgien lui avait proposé de se débarrasser de ses lunettes sans risque.

En chirurgie réfractive, l'information et le recueil de consentement sont encore plus fondamentaux que pour les chirurgies nécessaires comme les chirurgies de cataractes séniles.

Tout consentement éclairé absent sera considéré comme réel défaut d'information.

On précise qu'il est déconseillé aux chirurgiens de rédiger eux-mêmes leur fiche d'information, celle-ci pouvant être critiquée comme étant incomplète ou minorant les éventuelles complications.

Il est donc préférable d'utiliser systématiquement les fiches SFO et de ne pas oublier de les récupérer signées avant l'acte proposé.

Désormais, aucun patient ne devrait être opéré sans les fiches SFO rendues signées.

Les courriers types adressés au correspondant doivent également contenir une phrase précisant que le patient a bénéficié d'information orale, écrite concernant les bénéfices et les risques de l'intervention proposée.

En cas d'aléa dans les suites, il sera nécessaire de bien l'expliquer au patient et de le suivre très régulièrement.

En effet, un défaut de communication sera toujours péjoratif pour la bonne évolution.

Un aléa thérapeutique n'est pas une faute médicale, mais minorer cet aléa ou ne pas en informer le patient sera considéré comme étant une négligence fautive par le régleur (juge ou CCI).

Au cours de ces cinq dernières années, nous avons constaté que les ectasies postérieures de cornée après LASIK avaient laissé place aux insatisfactions des chirurgies de cristallin clair ou cataractes débutantes du jeune senior.

■ Conclusion

Nous devons garder à l'esprit que l'immense majorité ou la quasi-totalité des interventions de chirurgie réfractive donnent d'excellents résultats avec des patients ravis.

Néanmoins, il faut rester extrêmement vigilant sachant que tout patient mécontent bénéficiera d'une expertise

contradictoire qui se basera sur le dossier, encore le dossier et toujours le dossier.

Ce dossier devra donc être complet et personnalisé, tant au niveau de l'indication, de l'information, du bilan préopératoire, des comptes rendus opératoires et du suivi postopératoire.

Les fautes médicales sont exceptionnelles, mais la gestion fautive des aléas est de plus en plus souvent constitutive d'une perte de chance pour le patient.

Les infections postopératoires sont également très rares, considérées infection nosocomiale avec une notion de responsabilité sans faute de l'établissement de soins, à condition que le chirurgien n'ait pas commis d'imprudence entraînant un partage de responsabilité avec cet établissement de soins.

Ainsi, en cas de procédure amiable, judiciaire ou CCI, l'assurance responsabilité civile du chirurgien devrait pouvoir prouver que les soins délivrés ont été diligents, consciencieux et conformes aux données acquises de la Science.

Savoir garder le contact avec le patient ou la famille en cas de complication est fondamental et retenons que la meilleure procédure est celle qui n'a pas lieu.

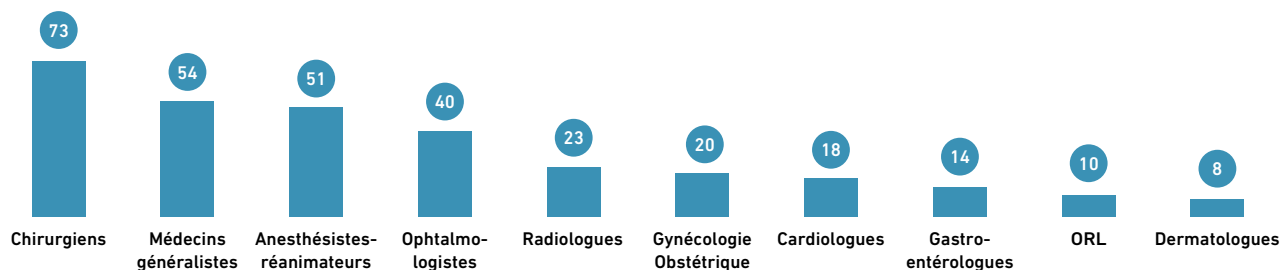
Bibliographie

1. Rapport annuel MACSF sur le risque des professions de santé de 2010 à 2016.
2. Loi N°2002-303 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé.
3. Articles 4,6,7, 35, 37 et 51 du Code de déontologie médicale et ses commentaires.
4. Code de la Santé Publique, articles L1110-1 à L1110-11, articles L1111-1 à L1111-9, article R.1112-46.
5. Cour de Cassation 1^{ère} civ., 3 juin 2010 n°09-15591.
6. Conseil d'Etat, 10 octobre 2012 n° 350426.
7. Décret du 7 mai 2012 (N°2012-694) publié au Journal Officiel le 08/05/2012.

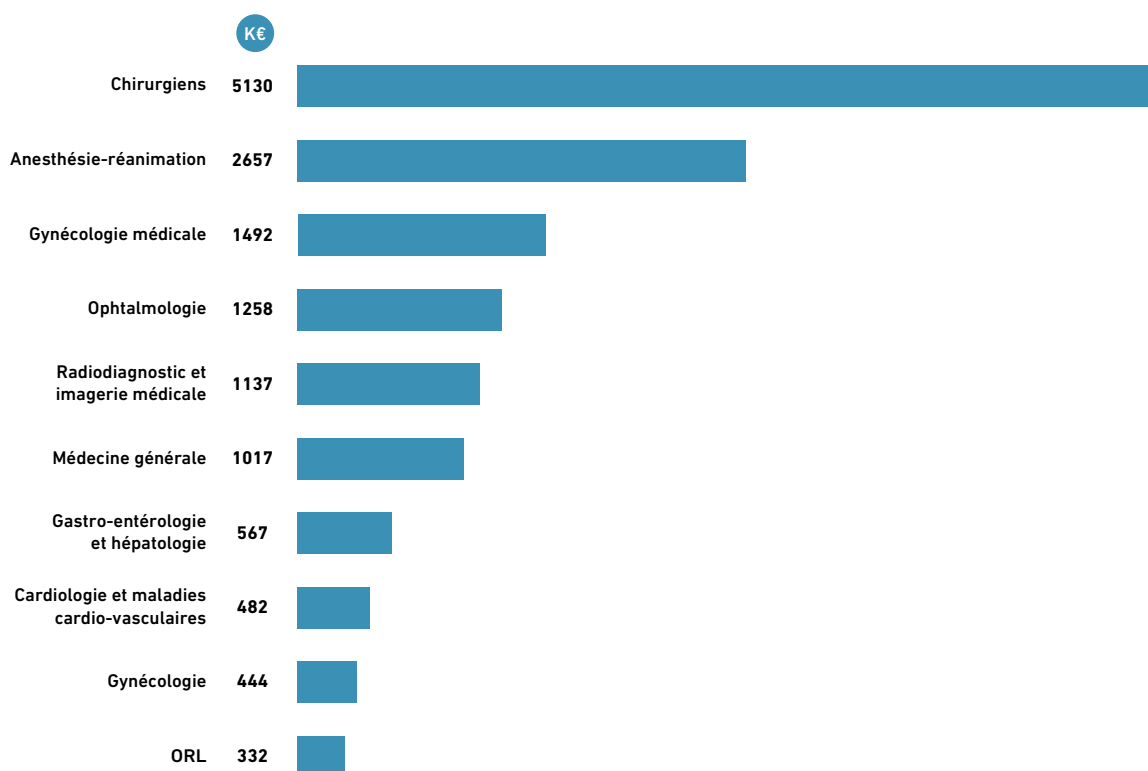
L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

Annexe : graphiques de la MACSF pour 2016

Les 10 spécialités médicales les plus souvent mises en cause
(en nombre)



Spécialités ou activités totalisant les 10 plus forts
coûts d'indemnisation judiciaire (en K€, provisions incluses)





L. HOFFART
Clinique Monticelli-Vélodrome, MARSEILLE.
louis.hoffart@vision-sud.fr

Complications de la chirurgie réfractive cornéenne

La plupart des complications associées à la chirurgie réfractive cornéenne peuvent être évitées par une sélection soigneuse des patients et une technique chirurgicale rigoureuse. La première étape doit être de faire correspondre les attentes du patient aux résultats des techniques actuelles de chirurgie réfractive. Il est en effet impératif de communiquer une information éclairée concernant les risques éventuels et résultats de la technique. Le chirurgien ainsi que son équipe doivent répondre aux interrogations du patient tout en cernant ses motivations pour la chirurgie.

Ce dialogue préalable mettra souvent en évidence des attentes irréalistes comme par exemple dans le cas de la chirurgie de la presbytie ou en présence d'une amblyopie. Ces cas particuliers doivent être identifiés avant toute intervention et il faut savoir que certains patients ne comprendront jamais les limites de la chirurgie et donc les dissuader de réaliser un geste qui n'atteindra pas les objectifs qu'ils se sont fixés.

Un candidat à la chirurgie réfractive doit présenter une réfraction stable, une topographie cornéenne normale et une surface oculaire exempte de pathologie (syndrome sec, dystrophie de la membrane basale, pachymétrie insuffisante...) qui pourrait l'exposer à la survenue de complications. Le développement du laser femtoseconde et sa généralisation à la réalisation des procédures de chirurgie réfractive a pratiquement rendu virtuel la plupart des complications peropératoires [1].

Les complications de cette chirurgie peuvent être distinguées selon leur survenue au cours de la phase chirurgicale ou lors du suivi postopératoire. Les complications les plus fréquentes sont généralement sans gravité, les complications potentiellement sévères ayant vu leur fréquence baisser de façon spectaculaire parallèlement aux avancées techniques dans ce domaine.

■ Complications peropératoires

1. Complications affectant le volet cornéen

Certaines complications peuvent survenir lors de la création du volet cornéen, première étape de la chirurgie LASIK. Elles sont cependant moins fréquentes depuis l'apparition du laser femtoseconde. On distingue :

>>> Les abrasions épithéliales

Essentiellement associées à l'utilisation des microkératomes, leur incidence a aujourd'hui fortement diminuée du fait de la généralisation des lasers femtoseconde. Leur occurrence est favorisée par la présence chez le patient d'une anomalie préexistante de la membrane basale, la survenue d'invasions épithéliales parfois sévères leur était souvent associée. En cas de survenue d'une zone de détachement épithélial, il faut repositionner le lambeau épithélial et simplement le maintenir en place à l'aide d'une lentille de contact.

>>> Les incidents de découpe

Ils sont devenus pratiquement virtuels avec une fréquence largement inférieure à 1 % des cas. La dissection laser est indépendante des caractéristiques géométriques de la cornée du patient contrairement aux dissections mécaniques et il est également possible de vérifier, avant et en cours de réalisation de la découpe, la bonne position et les dimensions du volet. Il est également possible de recentrer par le biais du logiciel du système laser, la zone de traitement si nécessaire [2].

>>> Lâchage de succion

En cas de perte de succion en cours de procédure, il est possible recommencer immédiatement un nouveau traitement,

sous réserve de conserver la même interface d'aplanation afin de renouveler le traitement dans le même plan cornéen (du fait des tolérances de fabrications des cônes) et que l'axe visuel ne soit pas intéressé par l'interruption du traitement, la zone centrale pouvant être le siège d'une irrégularité de dissection génératrice d'astigmatisme irrégulier.

>>> Opaque bubble layer (OBL)

La survenue d'une opacification localisée du lit stromal ou *opaque bubble layer* (OBL) est liée au phénomène de photodisruption et à la génération d'ondes de haute pression au sein du tissu cornéen en cours de la dissection femtoseconde. Celles-ci entraînent la diffusion d'un gaz sous pression entre les lamelles du collagène cornéen qui peut entraîner une modification localisée de la transparence cornéenne. Cette opacité peut rendre impossible la reconnaissance de la forme pupillaire par le système d'*eye-tracker* du laser Excimer. Également, le passage de bulles de gaz en chambre antérieure au travers du trabéculum est très rare et peut être responsable de difficultés de centrage du traitement réfractif [3].

2. Complications associées au traitement réfractif par laser Excimer

Le perfectionnement des systèmes de contrôle du système de délivrance du laser ainsi que l'asservissement des périphériques de diagnostic au logiciel de gestion du système a permis de réduire considérablement la fréquence des erreurs de traitement (données en réseau, contrôle du côté traité et de l'identité du patient, dispositif de visée haute, contrôle de la cyclotorsion) ainsi que des défauts d'alignement et de centrage de la photoablation au laser Excimer.

>>> Îlots centraux

L'îlot central correspond à une zone d'irrégularité centrale liée à une hétérogénéité de l'ablation. Ce phénomène peut être lié à une dégradation progressive des optiques du laser au cours des procédures successives, à une différence d'hydratation localisée du lit stromal suite à la projection d'une goutte au cours du soulèvement du capot ou à la redépôt de la matière expulsée en cours d'ablation (effet plume). Cette ablation irrégulière peut-être responsable de halos lumineux, d'images fantômes et de diplopie monoculaire. L'incidence de cette complication réfractive a largement diminué depuis la généralisation des systèmes à balayage par fente ou par spot.

>>> Décentrement

La survenue de cette complication est associée statistiquement à la courbe d'apprentissage du chirurgien et est secondaire à un centrage défaillant du système optique du laser sur le centre de la pupille du patient. Cette complication peut survenir même dans le cas de l'utilisation d'un *eye tracker* de dernière génération. Ces derniers permettent un contrôle dans l'ensemble des directions de l'espace des mouvements oculaires mais des erreurs de centrage peuvent survenir du fait de la rapidité des traitements des lasers Excimer modernes (de 500 à 600 Hz) en cas de mauvaise fixation du patient, sans possibilité de correction du fait de la rapidité du traitement. Le décentrement est responsable d'une morphologie asymétrique de la zone d'ablation stromale et d'un taux élevé d'aberrations de haut degré liées à un astigmatisme irrégulier (*fig. 1*). Le traitement, toujours délicat, pourra consister en une ablation guidée par le front d'onde ou la topographie cornéenne du patient.

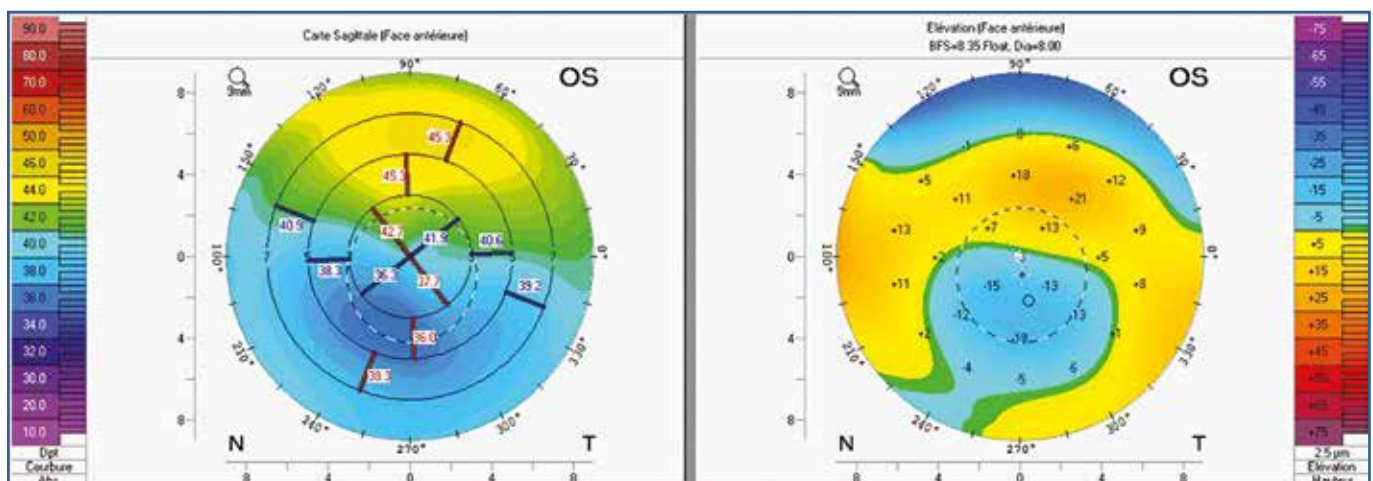


Fig. 1 : Aspect de décentrement postopératoire d'une zone de traitement myopique.

■ Complications postopératoires

1. Kératites infectieuses

La fréquence des complications infectieuses après réalisation d'un LASIK est extrêmement faible (fréquence estimée à 1/10000). Néanmoins, le risque d'infection bilatérale du fait de la fréquence des procédures intéressant les 2 yeux simultanément nécessite de maintenir des conditions d'asepsie chirurgicale strictes. Le risque infectieux ne semble pas être augmenté par la réalisation d'une procédure bilatérale. Les agents infectieux rapportés comprennent des bactéries essentiellement gram positif (ainsi que mycobactéries et *nocardia*), des atteintes fongiques, parasitaires et virales. Les ultraviolets émis par le laser Excimer pouvant constituer un *stimulus* à l'origine d'une réactivation herpétique. Il faut différencier les atteintes infectieuses des infiltrats généralement périphériques et volontiers associés à une blépharite.

2. Kératites lamellaires diffuses

La kératite lamellaire diffuse (encore appelée effet des "sables du Sahara") est une complication spécifique à la chirurgie LASIK. Cette inflammation de l'interface est de fréquence variable, de 0,42 % à 19 % des cas selon les conditions des études effectuées et selon le stade de la kératite évaluée. Une fréquence plus élevée en rapport avec l'utilisation des lasers femtoseconde a pu être rapportée. Les conséquences sont potentiellement graves en cas d'atteinte de stade IV (nécrose du capot cornéen), il faut donc savoir débiter un traitement par corticoïdes topiques à forte dose en cas d'atteinte débutante (*fig. 2*).

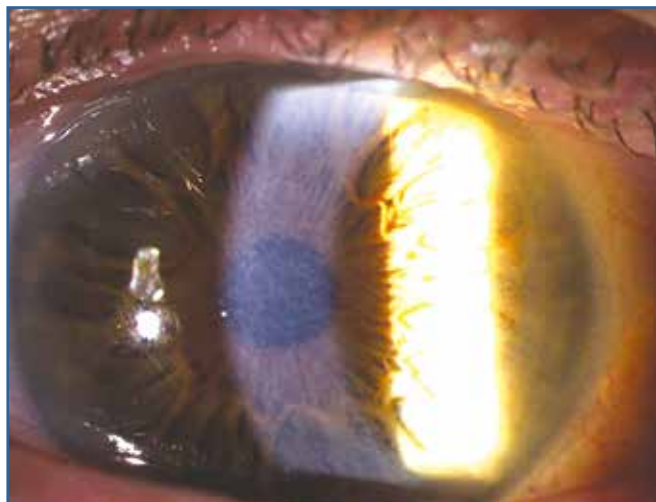


Fig. 2 : Kératite lamellaire diffuse de stade I après LASIK.

3. Invasions épithéliales

La prolifération de cellules épithéliales au sein de l'interface du LASIK est secondaire à une dissémination de celles-ci au cours de la procédure initiale si elle a été accompagnée de la survenue d'érosions épithéliales du bord du capot ou plus fréquemment associée aux cas de re-soulèvement du capot avec érosion épithéliale (qui stimule la prolifération épithéliale au bord du capot) [4]. On distingue les invasions focales avec un faible potentiel évolutif et les invasions connectées à la surface cornéenne par une fistule pouvant se compliquer d'astigmatisme irrégulier voir de lyse du capot (*fig. 3*). Cette complication a vu sa fréquence atténuée suite à la généralisation du laser femtoseconde et aux caractéristiques particulières de congruence des bords du capot suite à une dissection laser ou encore suite à l'extraction d'un lenticule cornéen [5]. La prise en charge des tableaux d'invasion épithéliale évolutive ou s'infiltrant jusqu'à l'aire pupillaire justifie qu'une reprise chirurgicale soit proposée. En première intention, un traitement par corticoïdes à dose décroissante sur 6 mois au moins peut être proposé. Lorsqu'une intervention est requise, elle consistera en un soulèvement du volet avec grattage de la face stromale du lit mais également du volet suivi d'un lavage abondant de l'interface. À titre additionnel, divers traitements ont pu être combinés à cette mesure telle que la mise en place, d'une suture en pont destinée à renforcer l'étanchéité des berges [6] ou le recours à la colle biologique [7]. L'utilisation du laser Nd: Yag sur les îlots a également été proposée [8-9]. Rarement, devant un astigmatisme irrégulier irréductible et une récurrence inéluctable, une greffe lamellaire antérieure doit être proposée.

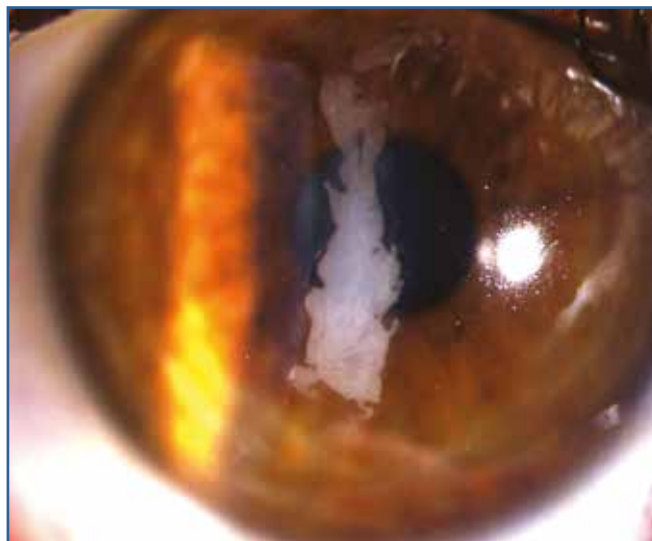


Fig. 3 : Invasion épithéliale centrale après LASIK.

4. Haze cornéen

L'inflammation de la surface cornéenne est une complication dont l'incidence varie essentiellement en fonction du degré de correction apporté. Elle se manifeste sous la forme d'opacités cornéennes superficielles transitoires, qui, quand elles deviennent importantes et gênent la vision sont désignée sous l'appellation globale de "haze". Le haze apparaît entre 1 et 3 mois après la PKR, et s'accompagne généralement d'une régression de l'effet de la correction. Cette myopisation est certainement induite par une "hyperplasie" de l'épithélium de la cornée, et une augmentation de l'indice de réfraction du tissu cornéen. L'origine de ces opacités est mixte: il s'agirait à la fois d'une désorganisation de la matrice extracellulaire et de l'augmentation de corps réfringents dans les kératocytes.

Une sélection attentive des patients représente la première étape de la prévention du haze. L'identification des patients à risque de développer une réaction inflammatoire inappropriée permettra au chirurgien d'adapter son traitement. Il semblerait que les patients mélanodermes présentent un risque plus élevé de haze que les phototypes clairs [10]. Il semble nécessaire, avant d'opérer un patient atteint d'une connectivité associée à un risque d'atteinte cornéenne (polyarthrite rhumatoïde, maladie de Crohn, etc..) de n'envisager l'intervention que lors d'une phase stable de la maladie et ne pas hésiter à différer ou contre-indiquer le traitement réfractif. Certaines pathologies de la surface oculaire peuvent favoriser la survenue du haze comme la conjonctivite allergique [11]. De façon plus générale, toutes les pathologies susceptibles d'altérer la cicatrisation cornéenne (blépharites, sécheresse oculaire) sont à considérer. L'examen du film lacrymal (*Break Up Time*) et de la conjonctive en préopératoire est essentiel. La profondeur d'ablation est un facteur de risque majeur de haze. Il est admis que la profondeur d'ablation à ne pas dépasser est de 80 à 100 μm .

Lors de la procédure, l'utilisation de mitomycine-C (MMC) est intéressante. La MMC est un antimétabolite utilisé en application topique sous forme diluée sur la zone de traitement. Ce traitement préventif s'effectue principalement en cas de myopie supérieure à -4D. Il est également utilisé en cas de retraitement car le risque de haze est alors majoré. Le temps d'application varie de 15 secondes à 2 minutes, selon les habitudes du chirurgien et la profondeur d'ablation à réaliser. Une concentration de 0,02 % est le plus souvent utilisée. L'efficacité de la prévention du haze par la MMC dépendrait d'ailleurs plus de la concentration utilisée que du temps

d'application. Une concentration plus faible (0,002 %) serait moins efficace pour prévenir le haze en cas de myopie forte.

En postopératoire, une protection solaire optique ainsi que la limitation de l'exposition aux UV les premiers mois postopératoires sont à recommander. En cas de haze avéré, le traitement médical du haze consiste en une corticothérapie topique et il est important de commencer l'instillation de manière précoce [12]. La posologie et la fréquence d'instillation sont à adapter à l'intensité de l'opacité, en général à forte dose et sur une courte durée. Au stade cicatriciel, les corticoïdes n'ont plus d'efficacité et un traitement chirurgical est nécessaire. La stabilité réfractive nécessite plusieurs mois (10 mois en moyenne) et la décision d'une reprise chirurgicale par photokératectomie thérapeutique, suivie d'une application de mitomycine C à une concentration de 0,02 % pendant deux minutes, ne doit pas se faire avant ce délai [13].

5. Syndrome sec

Il s'agit d'une complication fréquente et réversible après LASIK du fait de l'anesthésie cornéenne temporaire induite par la technique. Il faut essentiellement dépister les cas de syndromes secs secondaires à une pathologie systémique (syndrome de Sjögren notamment) et les contraindiquer afin d'éviter la survenue de complications cornéennes postopératoires invalidantes et ralentissant la récupération visuelle. La prescription systématique de substituts lacrymaux est nécessaire. En cas de persistance d'un inconfort, la prescription de ciclosporine dosée à 0,05 %, la pose de bouchons lacrymaux voire l'utilisation de sérum autologue est envisageable.

6. Ectasie cornéenne postopératoire

Complication catastrophique d'une procédure de chirurgie réfractive, sa fréquence est délicate à estimer du fait de l'absence de déclaration systématique de ces cas. Néanmoins, l'incidence de cette complication semble se situer entre 0,04 % et 0,6 %. Le tableau clinique est celui d'un kératocône rapidement évolutif avec un délai moyen de survenue entre 12 et 48 mois postopératoires. Une proportion difficile à estimer de ces cas correspondent à des kératocônes frustrés non détectés au cours du bilan préopératoire et il n'existe pas de critères clinique ou topographique universellement reconnu dans le cadre de ce dépistage [14]. Seul un faisceau d'arguments s'est construit, aboutissant à la constitution de divers scores de risque issus de calculs numériques basés sur des réseaux neuronaux [15-16], selon les explorations considérées, aux

limites desquels se pose régulièrement la délicate question de récuser toute chirurgie soustractive de tissu ou avoir l'audace de retenir l'indication, alors plus volontiers en surface, éventuellement combinée à un *cross-linking* de renforcement (*cross-linking* "accélééré" dont l'efficacité reste à démontrer par un recul au long cours) [17-20]. La prise en charge correspond à celle d'un kératocône en associant contactologie, *cross-linking* cornéen, anneaux intracornéens voire kératoplastie dans le cas les plus sévères.

La prise en charge est similaire à celle du kératocône primitif avec le souci de détecter au plus tôt toute ectasie dans le but d'intervenir à un stade précoce de dégradation de la vision. Il est en effet actuellement admis que dès son apparition, une procédure de *cross-linking* doit être recommandée [21-24]. Concernant la correction de l'astigmatisme induit, volontiers combiné à une régression myopique, elle sera, lorsqu'encore accessible à la mesure de réfraction, assurée par lunette ou lentille de contact [25-27]. Ce n'est qu'en cas d'échec de cette adaptation que sera discutée, à condition d'une épaisseur stromale résiduelle d'au moins 400 microns, l'implantation de segments intrastromaux dont la prédictibilité de l'effet est imparfaite dans cette indication [28]. Il ne faut pas exclure enfin l'ultime recours à la kératoplastie [29].

7. Erreur réfractive

La survenue d'une imprécision réfractive est relativement fréquente après chirurgie réfractive et les patients doivent systématiquement être prévenus de l'éventualité d'une reprise chirurgicale afin d'améliorer le résultat postopératoire initial. En effet, la fréquence des sur et sous corrections est se situe vers 5 % pour les myopes et jusqu'à 20 % en cas d'hypermétropie [30]. Afin d'éviter la survenue d'une erreur réfractive, le chirurgien doit systématiser sa technique au cours de chacune des étapes. En effet, des facteurs d'erreur ou de variabilité peuvent survenir au cours de chacune des phases de la procédure (de la saisie des informations dans le logiciel du laser à la durée de soulèvement du capot). Il est également essentiel de personnaliser le nomogramme de traitement généralement fourni par le fabricant en fonction de ses caractéristiques propres.

La chirurgie réfractive au cornéenne est une technique particulièrement efficace et sûre. Elle offre un taux de satisfaction très élevé des patients mais nécessite une attention particulière du chirurgien avec une exigence de qualité et de sécurité. La fréquence des complications per- et postopératoires peuvent être limitées par une sélection stricte candidats à la

chirurgie et une parfaite connaissance du matériel utilisé ainsi que des complications qui peuvent survenir au cours du suivi précoce du patient.

Bibliographie

1. BINDER PS. One thousand consecutive IntraLase laser in situ keratomileusis flaps. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:962-969.
2. CHANG JS. Complications of sub-Bowman's keratomileusis with a femtosecond laser in 3009 eyes. *J Refract Surg*, 2008;24:S97-S101.
3. LIFSHTITZ T, LEVY J, KLEMPERER I *et al*. Anterior chamber gas bubbles after corneal flap creation with a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*, 2005;31:2227-2279.
4. GIL-CAZORLA R, TEUS MA, DE BENITO-LLOPIS L *et al*. Incidence of diffuse lamellar keratitis after laser in situ keratomileusis associated with the IntraLase 15 kHz femtosecond laser and Moria M2 microkeratome. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:28-31.
5. THULASI P, KIM SW, SHETTY R *et al*. Recalcitrant Epithelial Ingrowth After SMILE Treated With a Hydrogel Ocular Sealant. *J Refract Surg*, 2015;31:847-850.
6. 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.
7. HARDTEN DR, FAHMY MM, VORA GK *et al*. Fibrin adhesive in conjunction with epithelial ingrowth removal after laser in situ keratomileusis: long-term results. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:1400-1405.
8. LAPID-GORTZAK R, HUGHES JM, NIEUWENDAAL CP *et al*. LASIK flap breakthrough in Nd:YAG laser treatment of epithelial ingrowth. *J Refract Surg*, 2015;31:342-345.
9. KUCUKEVCILIOGLU M, HURMERIC V. Localized flap melt after Nd-YAG laser treatment in recurrent post-LASIK epithelial ingrowth. *Arq Bras Oftalmol*, 2015;78:250-251.
10. TABBARA KF, EL-SHEIKH HF, SHARARA NA *et al*. Corneal Haze among blue eyes and brown eyes after photorefractive keratectomy. *Ophthalmology*, 1999;106:2210-2215.
11. YANG HY, FUJISHIMA H, TODA I *et al*. Allergic conjunctivitis as a risk factor for regression and Haze after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol*, 1998;125:54-58.
12. BAEK SH, CHANG JH, CHOI SY *et al*. The effect of topical corticosteroids on refractive outcome and corneal Haze after photorefractive keratectomy. *J Refract Surg*, 1997;13:644-652.
13. KUO IC, LEE SM, HWANG DG. Late-onset corneal Haze and myopic regression after photorefractive keratectomy (PRK). *Cornea*, 2004;23:350-355.
14. GIBSON DJ, SCHULTZ GS. Ectopic epithelial implants following surface ablation of the cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012;53:7760-7765.
15. VAHDATI A, SEVEN I, MYSOORE N *et al*. Computational Biomechanical Analysis of Asymmetric Ectasia Risk in Unilateral Post-LASIK Ectasia. *J Refract Surg*, 2016;32:811-820.
16. DUPPS WJ JR, SEVEN I. A Large-Scale Computational Analysis of Corneal Structural Response and Ectasia Risk in Myopic Laser Refractive Surgery. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 2016;114:T1.
17. LI N, PENG XJ, FAN ZJ. Progress of corneal collagen *cross-linking* combined with refractive surgery. *Int J Ophthalmol*, 2014;7:157-162.
18. TANERI S, KIESSLER S, ROST A *et al*. Corneal Ectasia After LASIK Combined With Prophylactic Corneal Cross-linking. *J Refract Surg*, 2017;33:50-52.
19. TOMITA M. Combined laser in-situ keratomileusis and accelerated corneal cross-linking: an update. *Curr Opin Ophthalmol*, 2016;27:304-310.
20. WU Y, TIAN L, WANG LQ *et al*. Efficacy and Safety of LASIK Combined with Accelerated Corneal Collagen Cross-linking for Myopia: Six-Month Study. *Biomed Res Int*, 2016;2016:5083069.
21. RUSH SW, RUSH RB. Epithelium-off versus transepithelial corneal collagen crosslinking for progressive corneal ectasia: a randomised and controlled trial. *Br J Ophthalmol*, 2017;101:503-508.
22. MASTROPASQUA L. Collagen cross-linking: when and how? A review of the state of the art of the technique and new perspectives. *Eye Vis*, 2015;2:19.

23. POLI M, CORNUT PL, BALMITGERE T *et al.* Prospective study of corneal collagen cross-linking efficacy and tolerance in the treatment of keratoconus and corneal ectasia: 3-year results. *Cornea*, 2013;32:583-590.
24. TONG JY, VISWANATHAN D, HODGE C *et al.* Corneal Collagen Crosslinking for Post-LASIK Ectasia: An Australian Study. *Asia Pac J Ophthalmol*, 2017.
25. VILLA-COLLAR C, GONZÁLEZ-MÉJOME JM, GUTIÉRREZ-ORTEGA R. Objective evaluation of the visual benefit in contact lens fitting after complicated LASIK. *J Refract Surg*, 2009;25:591-598.
26. EVANS J, HAU S. The therapeutic and optical application of a rigid gas permeable semi-limbal diameter contact lens. *Cont Lens Anterior Eye*, 2009;32:165-169.
27. MIAN SZ, AGRANAT JS, JACOBS DS. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) Treatment for Complications After LASIK. *Eye Contact Lens*, 2016;42:371-373.
28. COIMBRA CC, GOMES MT, CAMPOS M *et al.* Femtosecond assisted intrastromal corneal ring (ISCR) implantation for the treatment of corneal ectasia. *Arq Bras Oftalmol*, 2012;75:126-130.
29. KUCUMEN RB, YENEREL NM, GORGUN E *et al.* Penetrating keratoplasty for corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. *Eur J Ophthalmol*, 2008;18:695-702.
30. KASHANI S, RAJAN M, GARTRY D. Wavefront-guided retreatment after primary wavefront-guided laser in situ keratomileusis in myopes and hyperopes: long-term follow-up. *Am J Ophthalmol*, 2009;147:417-423 .

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article et déclare exercer des fonctions de consultant pour les laboratoires Alcon, Allergan, Bauch + Lomb, Dompé, Horus et Théa.



M. ASSOULINE¹, T. GUEDJ², L. BESSEDE³

¹ Ophtalmologiste, Clinique de la Vision, PARIS,

² Clinique de la Vision, PARIS,

³ Centre Iéna vision, PARIS.

dr.assouline@gmail.com

Les photoablations thérapeutiques

Nous avons participé au début des années 1990 au développement pionnier de la photoablation thérapeutique au laser Excimer (PTK) dans l'équipe du Pr Yves Pouliquen, à l'Hôtel-Dieu de Paris [1].

L'utilisation du laser Excimer comme outil chirurgical à visée non réfractive s'est révélée rapidement très fructueuse, après quelques ajustements techniques destinés à optimiser le compromis entre l'importance de l'ablation tissulaire requise et son retentissement réfractif indésirable [2,3].

Les principes techniques et la classification des indications sont restés assez stables pendant plus de 20 ans. Depuis, la pratique de la PTK s'est enrichie grâce aux remarquables progrès de l'imagerie de la cornée (topographie, aberrométrie, polarimétrie, microscopie confocale, OCT stromal et épithélial) d'une meilleure compréhension des effets optiques de la modification de la forme de la cornée et de sa cicatrisation [4], et également de l'apport de la photoablation guidée par la topographie ou l'aberrométrie.

Les indications classiques de la PTK ont pour objectifs de :

>>> Promouvoir l'ancrage épithélial

- Dystrophie de Cogan (*map – dot – fingerprint*)
- Érosions récurrentes post-traumatiques (REE)

>>> Restaurer la transparence et la régularité de la surface cornéenne

- Ablation/lissage d'un excès cicatriciel (métaplasie fibroblastique/granulome)
 - Nodule apical (kératocône)
 - Îlots de Fuchs (ptérygion)
 - Kératite nodulaire (adénovirus EKC)

- Dégénérescence nodulaire de Salzmann
- Métaplasie fibreuse post-greffe
- Chéloïde cornéenne
- Surcharges
- Kératite en bandelette
- Dystrophies stromales antérieures (Groenouw 1, Avellino, Haab-Dimer, Reis-Bucklers)
- Compensation/lissage d'une perte de substance stromale
- Leucomes/néphélions (Scars)

À ces indications classiques se sont ajoutées des indications plus récentes visant à optimiser la qualité optique de la cornée :

>>> Retraitement des complications de la chirurgie réfractive photoablatrice

- Décentrement
- Zone optique étroite
- Îlots centraux
- Accident de découpe du volet dans l'air pupillaire
- Haze cicatriciel
- Lissage des plis du volet
- Prévention des récurrences des invasions épithéliales de l'interface

>>> Traitement optique initial ou secondaire du kératocône

- Photoablation guidée par l'aberrométrie
- Photoablation guidée par la topographie

>>> Traitement du *rainbow glare*

- Lissage des patterns disruptifs du laser femtoseconde responsables d'interférence constructives (Gatinel)

Les principes techniques des PTK sont relativement faciles à comprendre, si ce n'est à appliquer :

>>> Favoriser le lissage de la surface cornéenne

- Ablation transépithéliale
- Masque fluide et séchage sélectif à l'éponge

>>> Gérer la profondeur d'ablation

- Évaluation préopératoire (OCT cornéen, biomicroscopie)
- Contrôle peropératoire (lumière éteinte, effet acoustique, simulation épithéliale au BSS)

>>> Planifier la forme et la puissance réfractive de la surface cornéenne résultante

- Rester réfractivement neutre
 - Alternier phases successives en mode myopique et hypermétropique avec les zones optiques les plus larges possibles,
 - Éviter impérativement le mode PTK proposé par le constructeur, basé sur une ablation à faces parallèles sur une zone optique étroite
- Laisser 400 microns de stroma résiduel
- Obtenir une surface prolate

Nous avons rapporté (Congrès annuel de la SAFIR, Paris, mai 2017) les résultats d'une série personnelle de 298 cas consécutifs de PTK opérés à la Clinique de la Vision de 1998 à 2017.

La répartition des indications (*fig. 1*) fait apparaître 6 situations cliniques plus fréquentes :

- la dystrophie de Cogan (n = 94) ;
- les kératolgies récidivantes post-traumatiques (n = 28) ;
- les traitements optiques du kératocône (n = 42) ;
- les nodules cicatriciels apicaux du kératocône (n = 18) ;
- les dégénérescences nodulaires de Salzmann (n = 26) ;
- les kératites en bandelette (n = 39).

Les gains d'acuité visuelle corrigée sont fonction des types d'indications (*fig. 2*) et sont significativement plus importants dans les traitements optiques du kératocône.

Ce gain d'acuité moyen ne reflète cependant pas la diversité des cas individuels, mieux représentée par des graphes de distribution par indication (*fig. 3*).

Le coût tissulaire (variation pachymétrique postopératoire) dépend également de l'indication opératoire qui conditionne

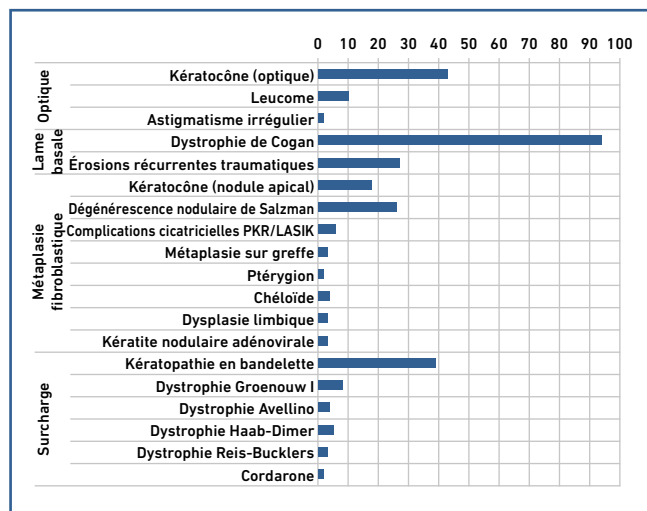


Fig. 1 : Indications des PTK (n = 298, ©M. Assouline CLV 1998-2017).

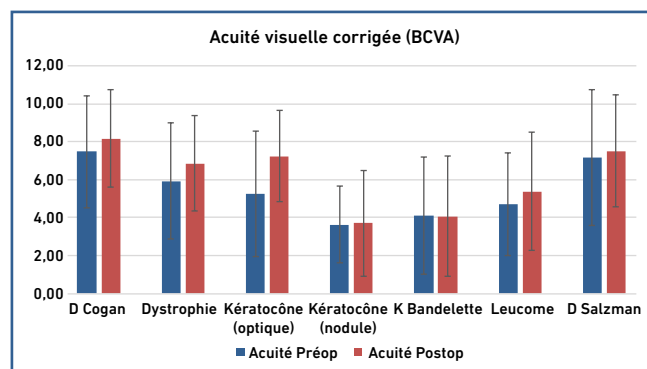


Fig. 2 : Résultats visuels des PTK (n = 298, ©M. Assouline CLV 1998-2017).

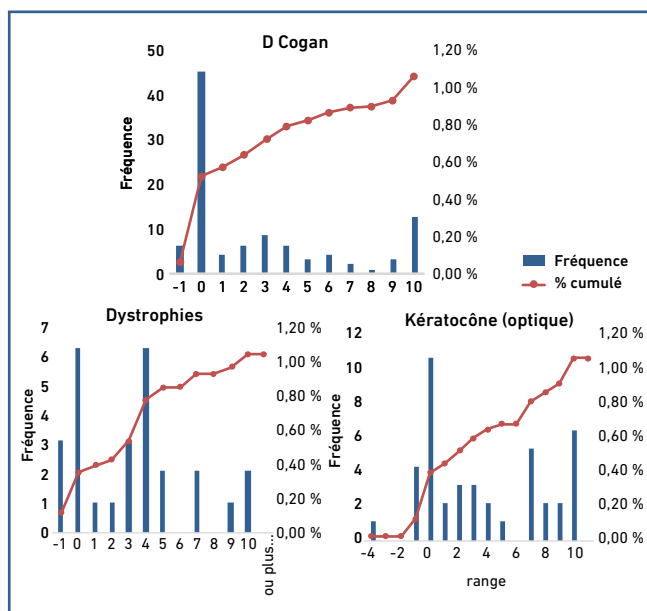


Fig. 3 : Distribution des gains d'acuité visuelle en fonction de l'indication.

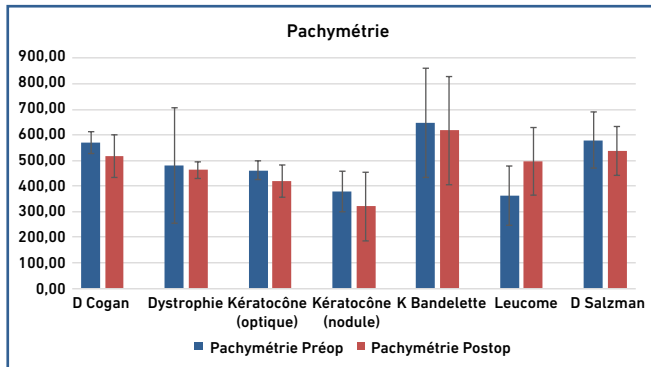


Fig. 4: Variation pachymétrique postopératoire après PTK (n = 298, ©M. Assouline CLV 1998-2017).

la technique ablative employée (fig. 4) et semble relativement modéré et donc acceptable.

La qualité des méthodes de PTK sélective (planification réfractivement neutre et prolatisation) spécifiquement employées dans cette série se traduit de façon remarquable par l'évolution postopératoire de la kératométrie moyenne et de l'astigmatisme (fig. 5).

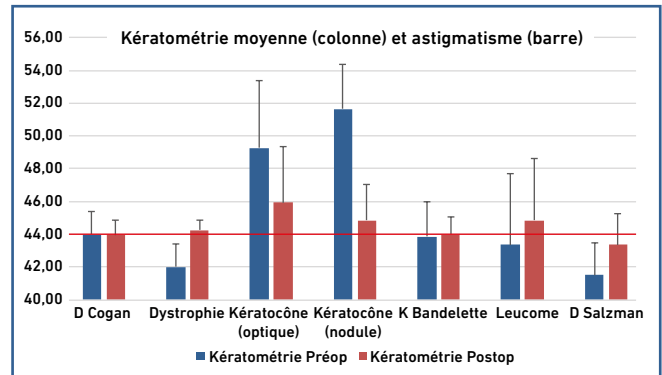


Fig. 5: Évolution de la kératométrie et de l'astigmatisme (n = 298, ©M. Assouline CLV 1998-2017).

On observe en effet une “convergence” des kératométries postopératoires vers 44 D et une réduction de l'astigmatisme dans tous les groupes.

Les protocoles thérapeutiques visent en effet, en fonction de la topographie préopératoire, à aplatir les zones cornéennes trop cambrées et à cambrer les zones cornéennes trop plates, tout en maintenant ou en obtenant un certain

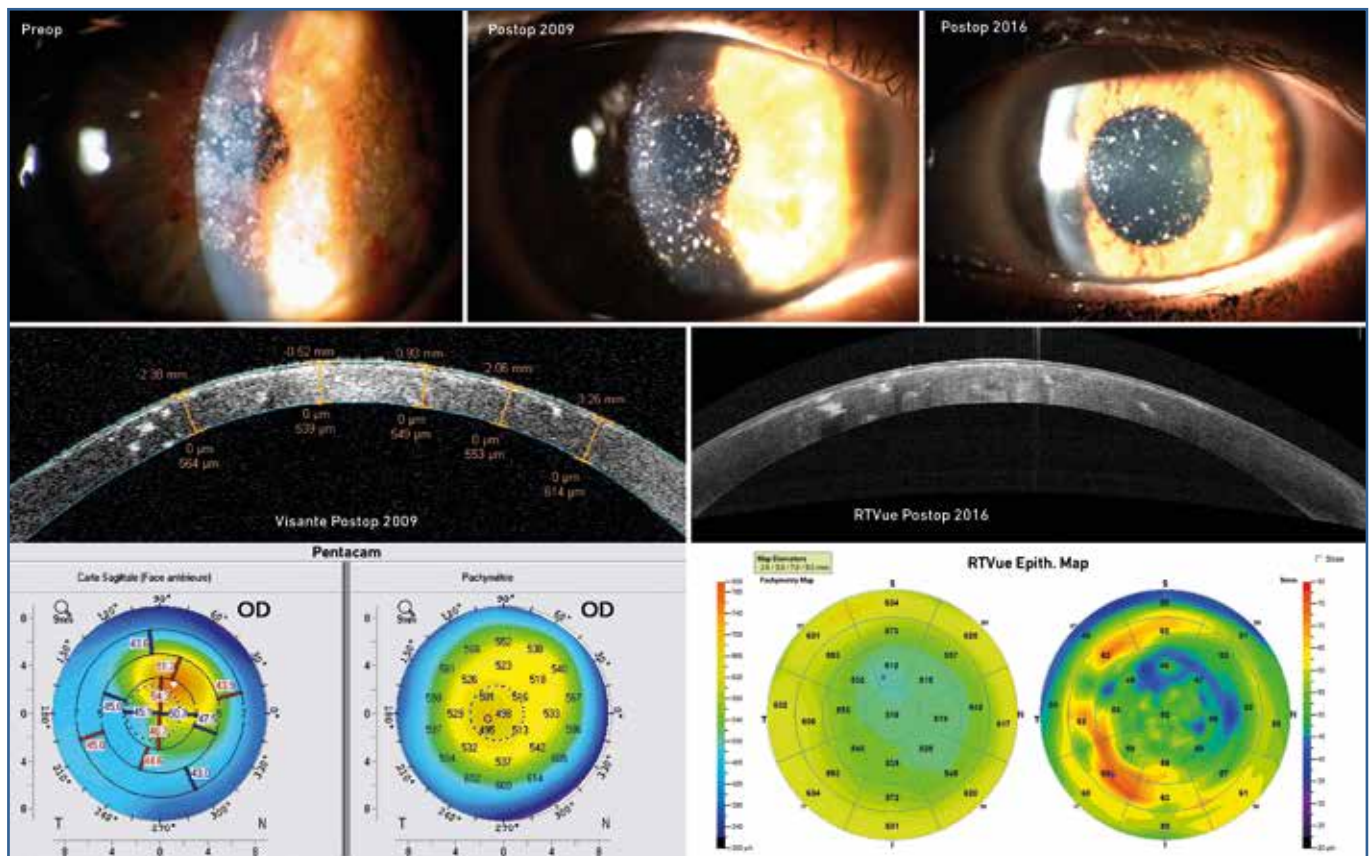
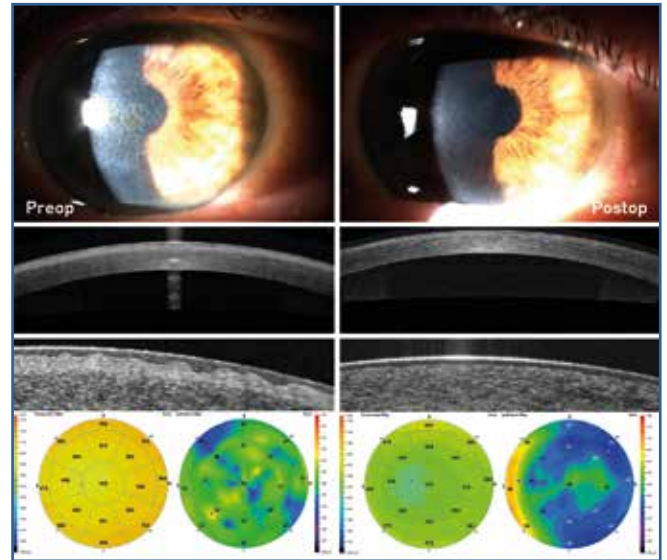


Fig. 6: Dystrophie de Groenouw type 1 (Granular Corneal Dystrophy).

Dans les dystrophies stromales antérieures (*fig. 6 à 8*), l'objectif est de réaliser l'ablation des opacités centrales sur une profondeur suffisante (compatible avec une transparence correcte de la cornée après épithélialisation) tout en lissant la surface et en évitant impérativement d'induire une hypermétropie liée à une ablation centrale exclusive.



Supplément à Réalités Ophtalmologiques n° 251 • Avril 2018 • Saison 10

En effet, une ablation centrale de 80 microns de profondeur en mode PTK constructeur sur 7 mm de diamètre induit typiquement une hypermétropie de + 5D.

Nous avons donc mis au point une séquence thérapeutique originale, alternant ablations hypermétropique et myopique successives sous contrôle biomicroscopique des lésions résiduelles, qui permet de conserver une réfraction et une prolaticité satisfaisante, ce que démontre l'augmentation de kératométrie moyenne de 2D dans notre série.

Les traitements PTK du kératocône à visée optique, guidés par la topographie ou l'aberrométrie (selon l'amplitude de la déformation à traiter) permettent de réduire considérablement la kératométrie moyenne, l'asphéricité et le coma cornéen, avec un coût tissulaire très raisonnable (car la zone de traitement est généralement assez étroite) et un important bénéfice fonctionnel. Dans ce cas la cornée est rendue plus oblate, en programmant une prolaticité cible proche de la normale. Ces traitements contribuent à normaliser la fonction visuelle, et ainsi à réduire le frottement oculaire chronique liée à la fatigue visuelle et source d'aggravation de la déformation évolutive de la cornée. Mécaniquement (équation de Laplace-Gauss), une cornée moins cambrée aura moins tendance à s'amincir. Notre expérience depuis 10 ans suggère que ces PTK ne doivent pas obligatoirement être associées aux techniques de photopolymérisation UVA/riboflavine (*cross-linking*) pour obtenir une bonne stabilisation de la forme de la cornée.

Le traitement PTK est appliqué dans le kératocône :

- en première intention dans les cas où l'acuité visuelle (meilleure que 9/10) et la réfraction (hypermétropique) constituent une mauvaise indication pour les segments intracornéens ;
- en deuxième intention dans les cas où la mise en place de segments intrastromaux n'a pas donné de résultats fonctionnels suffisant (**fig. 9**).

Dans le traitement des nodules cicatriciels apicaux du kératocône avancé (hyperplasie fibroblastique métaplasique sous épithéliale, secondaire aux ruptures de la couche de Bowman et au frottement mécanique de la lentille de contact), nous avons mis au point un protocole très spécifique pour éviter d'amincir le sommet du cône, dont la pachymétrie est généralement déjà très réduite. Il est généralement très difficile ou impossible de faire un pelage mécanique de cette lésion (contrairement aux lésions similaires de la dégénérescence nodulaire de Salzmann). Nous effectuons donc une désépithélialisation très localisée à l'aide d'un instrument étroit (branche d'une pince de Troutman par exemple) en réclinant l'épithélium en

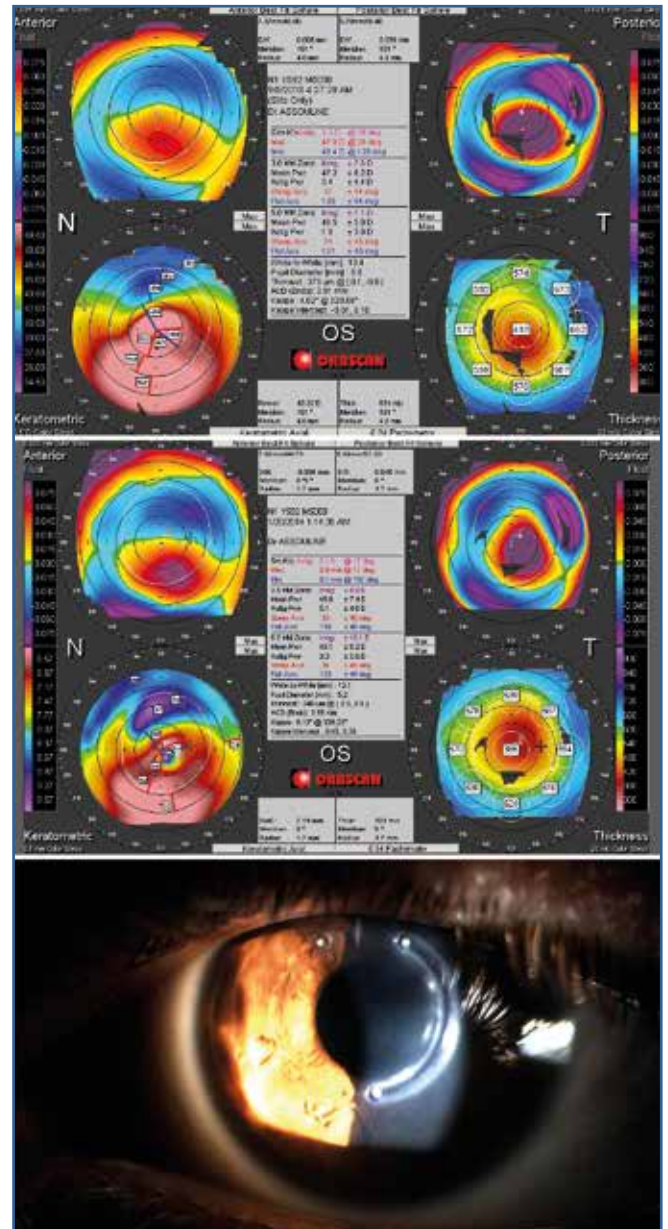


Fig. 9 : PTK/PRK guidée par la topographie dans le kératocône Preop: BCVA -13.50 (-4.50) 90° = 2/10 (post Keraring x2) Postop: BCVA +3.00 (-4.75) 115° = 9/10 UCVA = 9/10.

périphérie du nodule pour protéger la zone de cornée saine adjacente. Nous appliquons ensuite un profil ablatif de type myopique (par exemple -8D sur 4 mm de ZO) afin de faire une ablation très sélective du nodule associée à une zone de transition transépithéliale progressive. Ce protocole permet de réduire considérablement l'irrégularité de surface (cause d'une intolérance au port de lentilles) et l'hyperprolaticité cornéenne. La réduction d'asphéricité et de coma cornéennes qui en résulte s'accompagne très souvent d'une amélioration

importante de l'acuité visuelle et de la réfraction, indépendante du gain de transparence, le nodule étant le plus souvent en dehors de l'axe visuel utilisé par le sujet (**fig. 10**). Une récurrence focale est possible après quelques années.

Dans les kératites en bandelette, des dépôts calciques s'incrustent initialement en périphérie de la cornée et sont donc plus épais à ce niveau qu'au centre lorsqu'ils commencent à envahir l'aire pupillaire et à gêner la vision. Il est donc logique de proposer un traitement de type cylindre hypermétropique (double lunule périphérique horizontale) complété par une ablation myopique centrale. La variation kératométrique se fait dans le sens d'une légère augmentation de la

prolaticité cornéenne, favorable à la vision de près et d'un effet réfractif relativement neutre.

Les leucomes posent des problèmes plus difficiles car la zone cornéenne amincie et irrégulière siège au centre. La démarche diagnostique préopératoire est importante pour déterminer si l'opacité ou l'irrégularité de la cornée est le facteur prédominant qui explique principalement la limitation visuelle. Un test en lentille rigide, une analyse soigneuse de la topographie, de l'aberrométrie et de l'OCT cornéen permet de juger du bénéfice potentiel d'une PTK pour régulariser la surface cornéenne (et moins souvent améliorer la transparence de la cornée centrale).

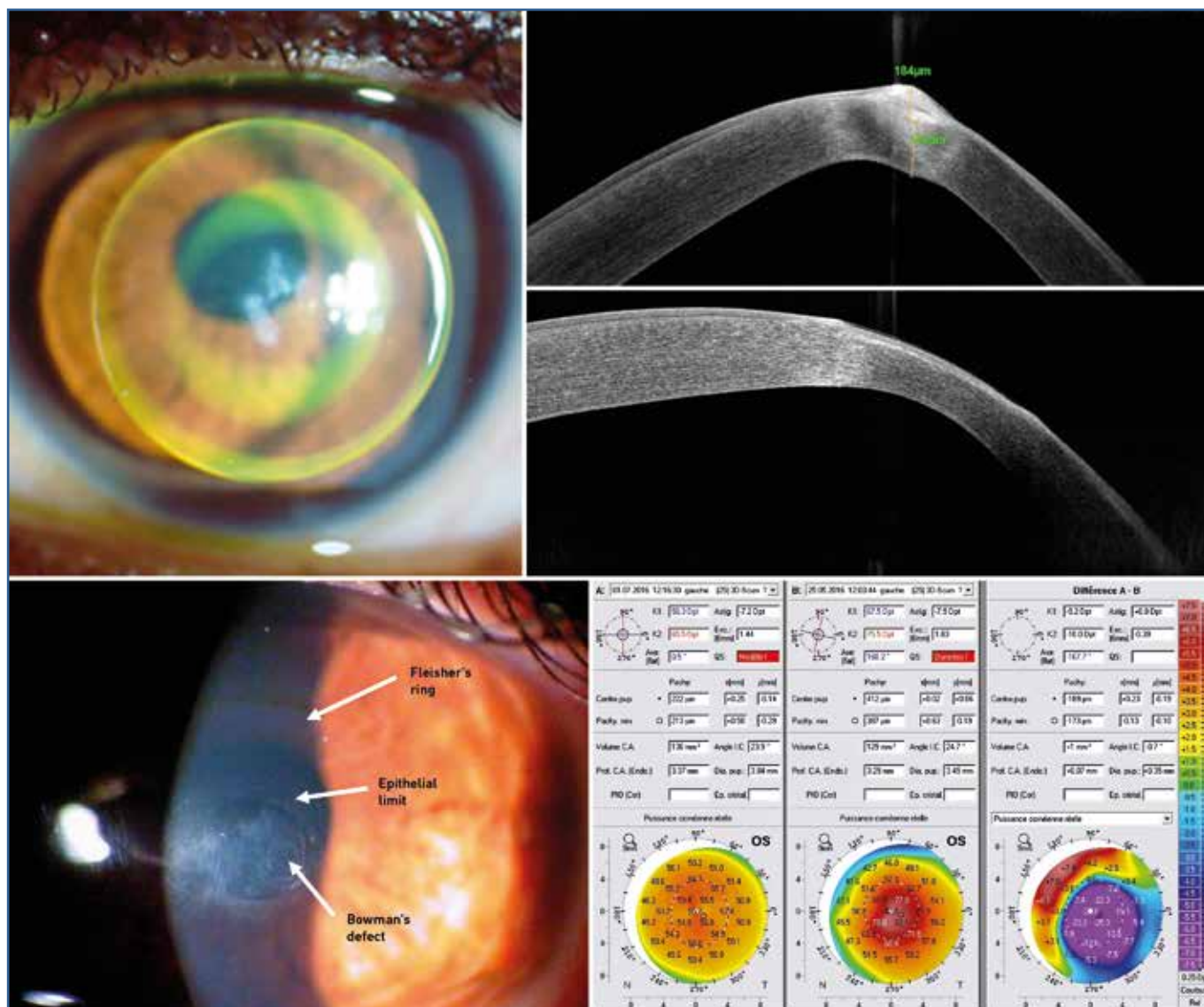


Fig. 10 : Ablation d'un nodule apical dans le kératocône.

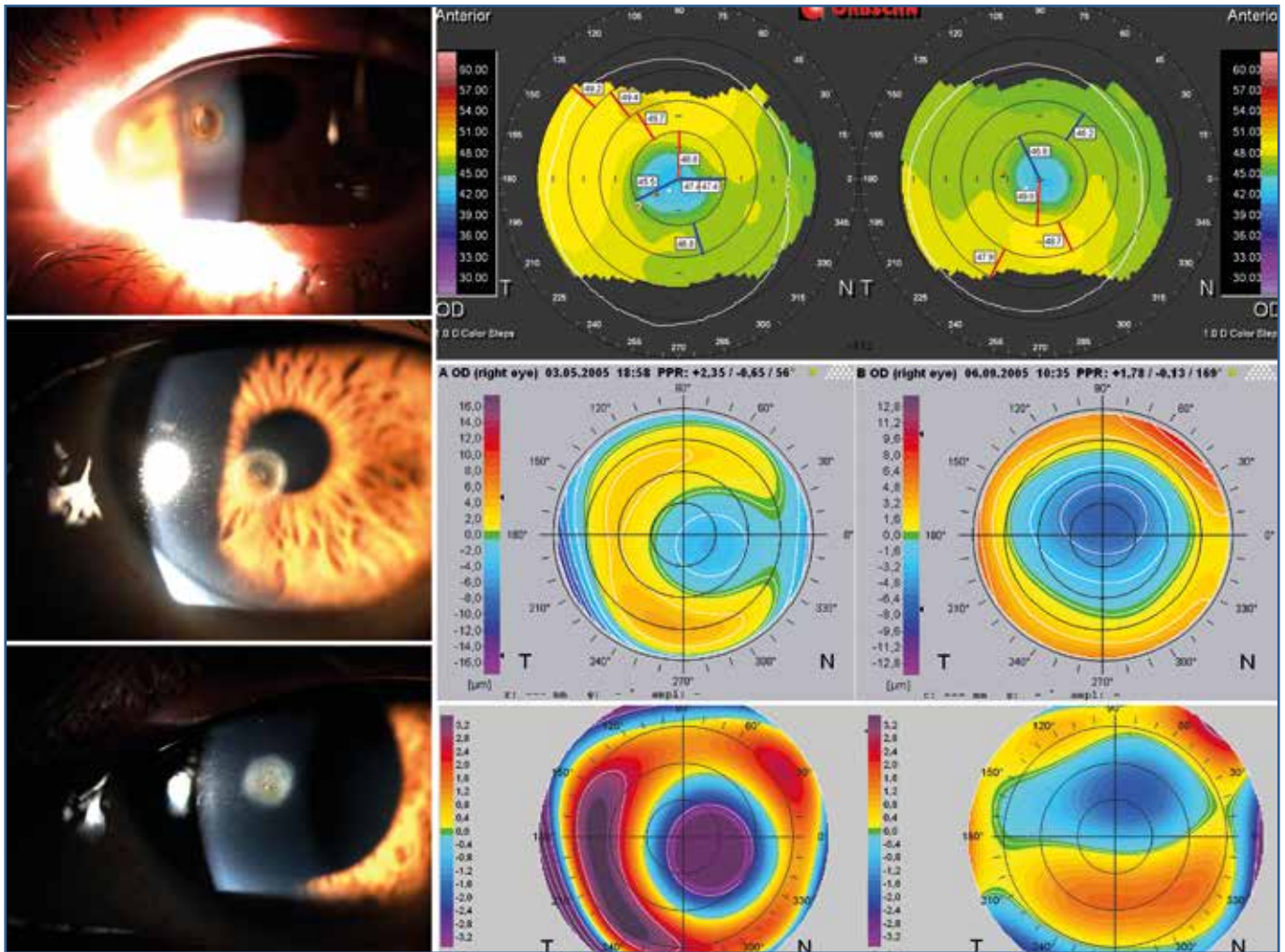


Fig. 11 A : Néphélium/leucome sur corps étranger.

Dans le cas d'un néphélium central, c'est l'irrégularité centrale qui est en cause et peut être améliorée par une ablation guidée par l'aberrométrie (*fig. 11A et B*).

Dans le cas d'une cicatrice post PKR sur volet de LASIK pour des corrections extrêmes réalisées en Tunisie, c'est également la correction du décentrement, plus que l'amélioration de la transparence cornéenne par l'ablation du haze qui permet d'améliorer la vision (*fig. 12A et B*).

Dans le cas d'une cicatrice de sortie de lame de microkératome dans l'aire pupillaire, pour un LASIK réalisé en Suisse, la cicatrisation spontanée de la cornée pendant 2 ans suivie d'une PTK par alternance de photoablation hypermétropique et myopique puis guidée par la topographie permet une régularisation de la forme cornéenne compatible avec une vision normale (*fig. 13A et B*).

Les nodules cicatriciels en relief de la dégénérescence de Salzmann sont en général responsable d'un trouble de l'étalement des larmes et d'une hypermétropie induite par aplatissement relatif du centre de la cornée. Leur pelage mécanique au scarificateur de Desmarres, suivi d'un lissage par photoablation en mode hypermétropique étendu se traduit le plus souvent par une majoration de la prolaticité cornéenne. La récurrence de ces nodules est possible mais assez rare, contrairement aux chéloïdes pathologiques (*fig. 14A et B*).

Dans toutes ces indications, nous recommandons l'utilisation de la mitomycine C topique peropératoire (0,02 % pendant 10 à 20 secondes).

En conclusion, la pratique de la PTK qui est assez simple pour de nombreuses indications, nécessite pourtant une excellente compréhension des effets biologiques et surtout

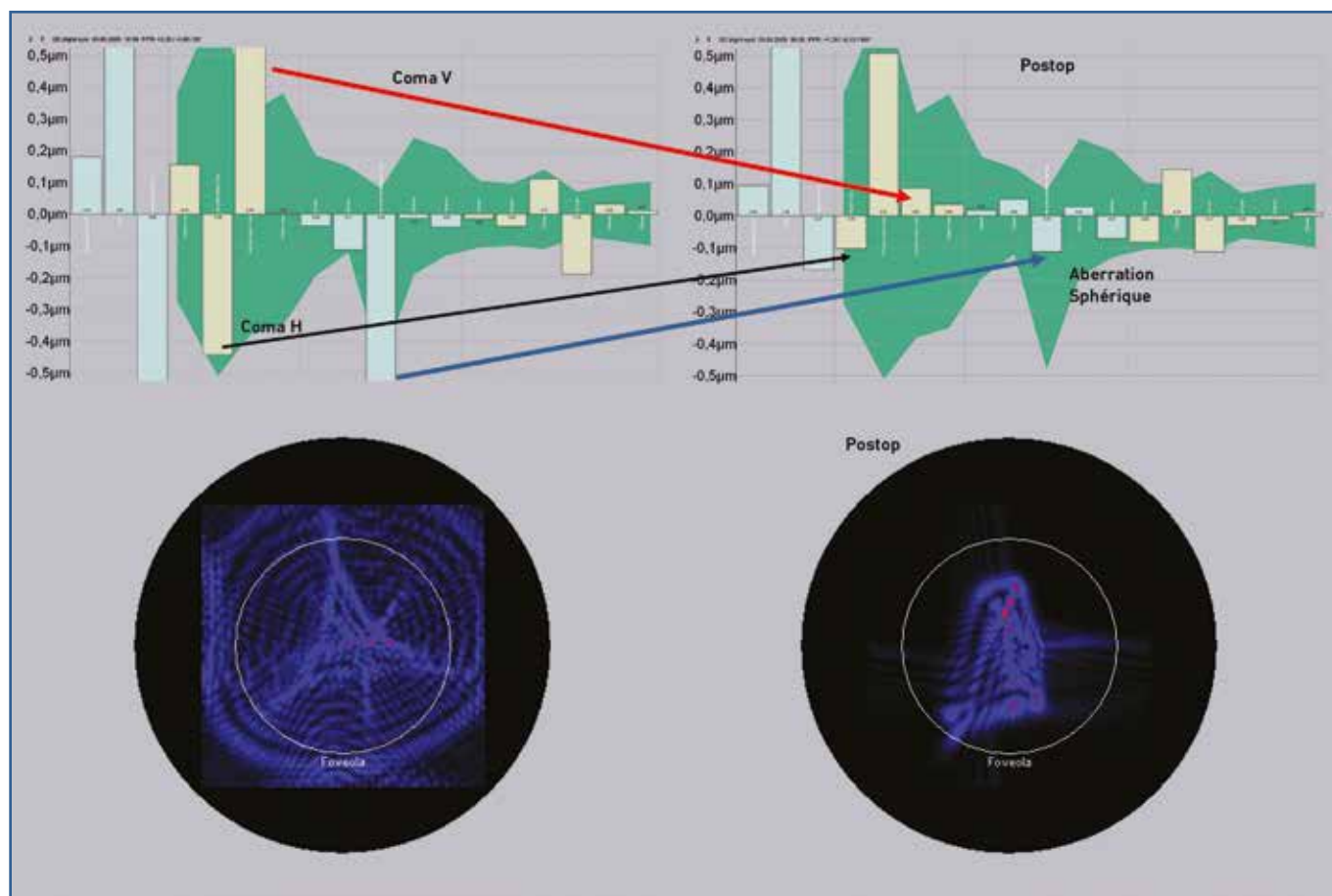


Fig. 11B : Néphélium/leucome sur corps étranger : correction des aberration d'ordre supérieur.

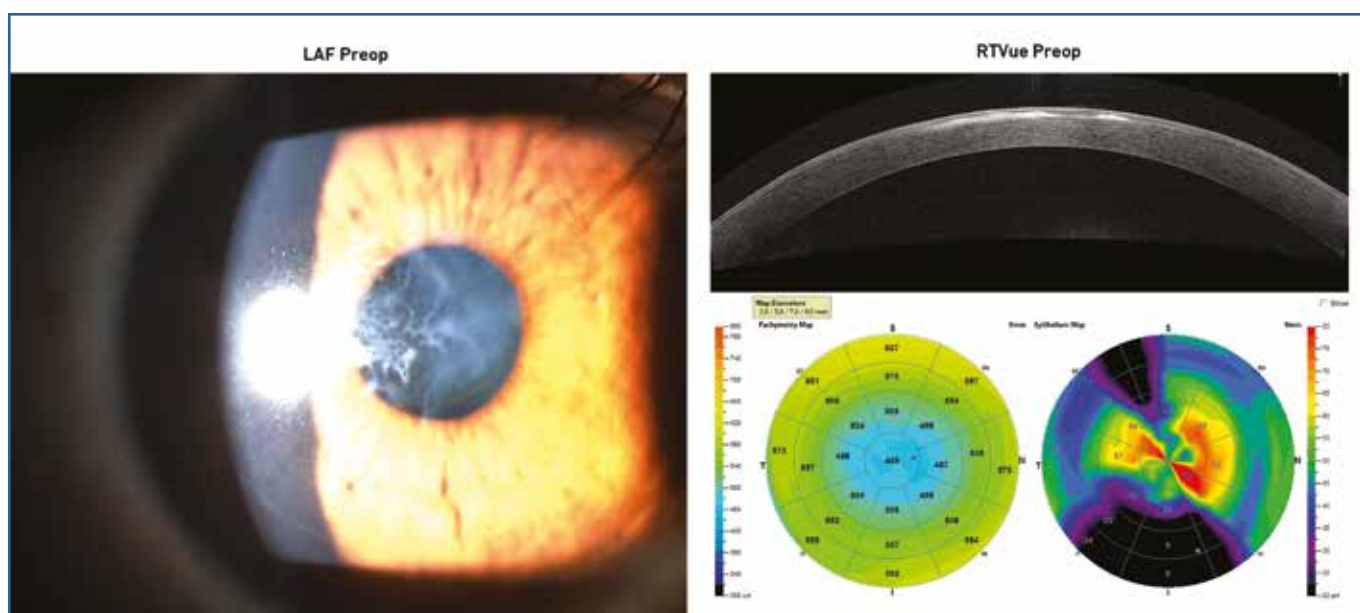


Fig. 12A : Haze Grade 4 : PTK guidée par la topographiePost -10 D PRK on LASIK (Preop -13 D).

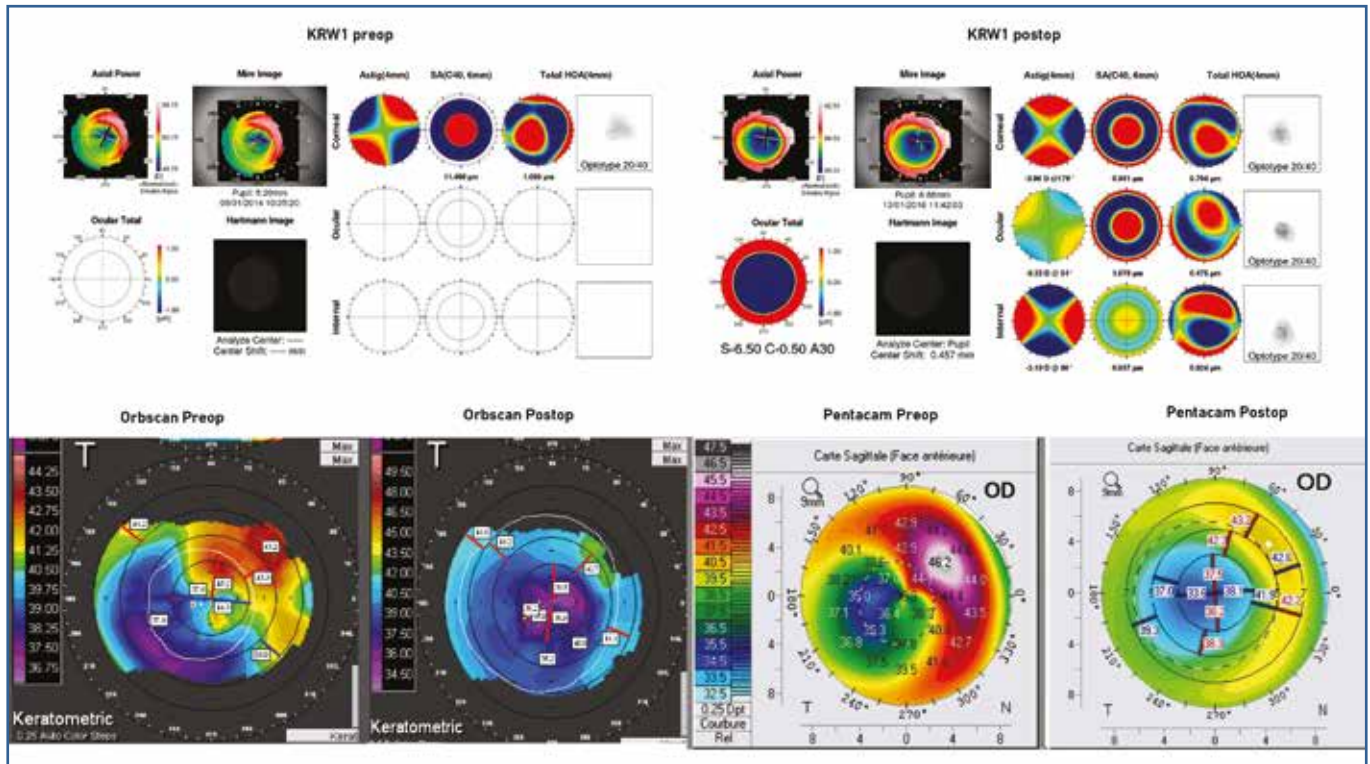


Fig. 12 B : Le recentrement et l'élargissement de la zone optique sont plus importants que l'amélioration de la transparence cornéenne pour la fonction visuelle finale.

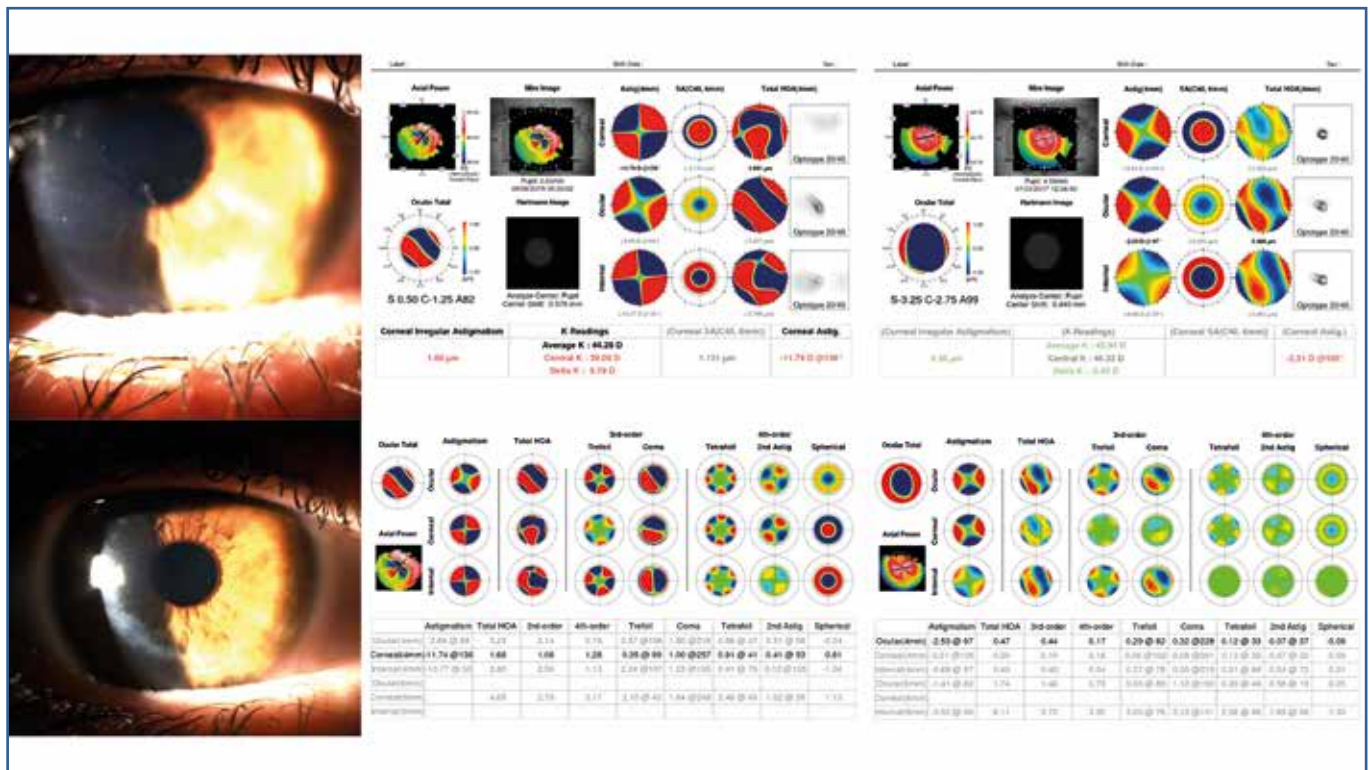


Fig. 13 A : Accident de microkératome : photoablation transépithéliale de l'intégralité du volet cicatriciel.

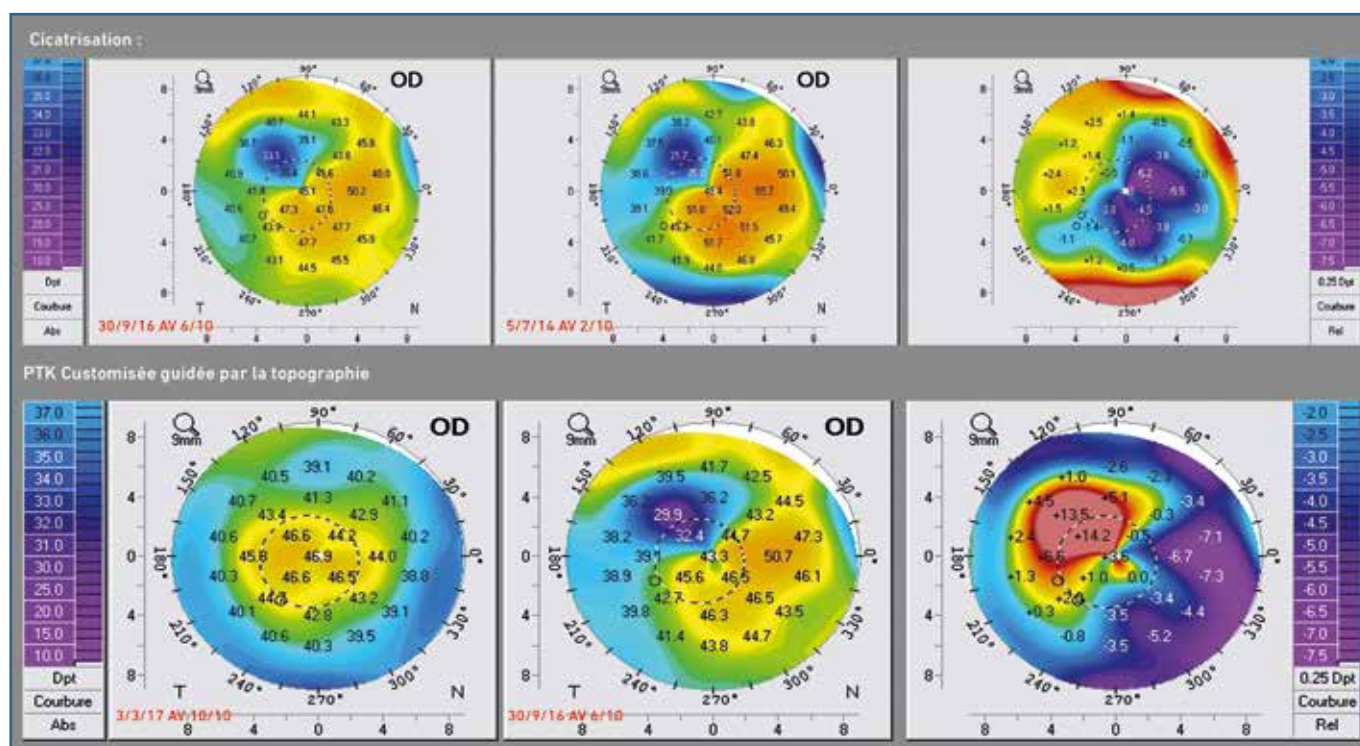


Fig. 13 B : Effet de la cicatrisation et de la PTK customisée sur la forme de la cornée.

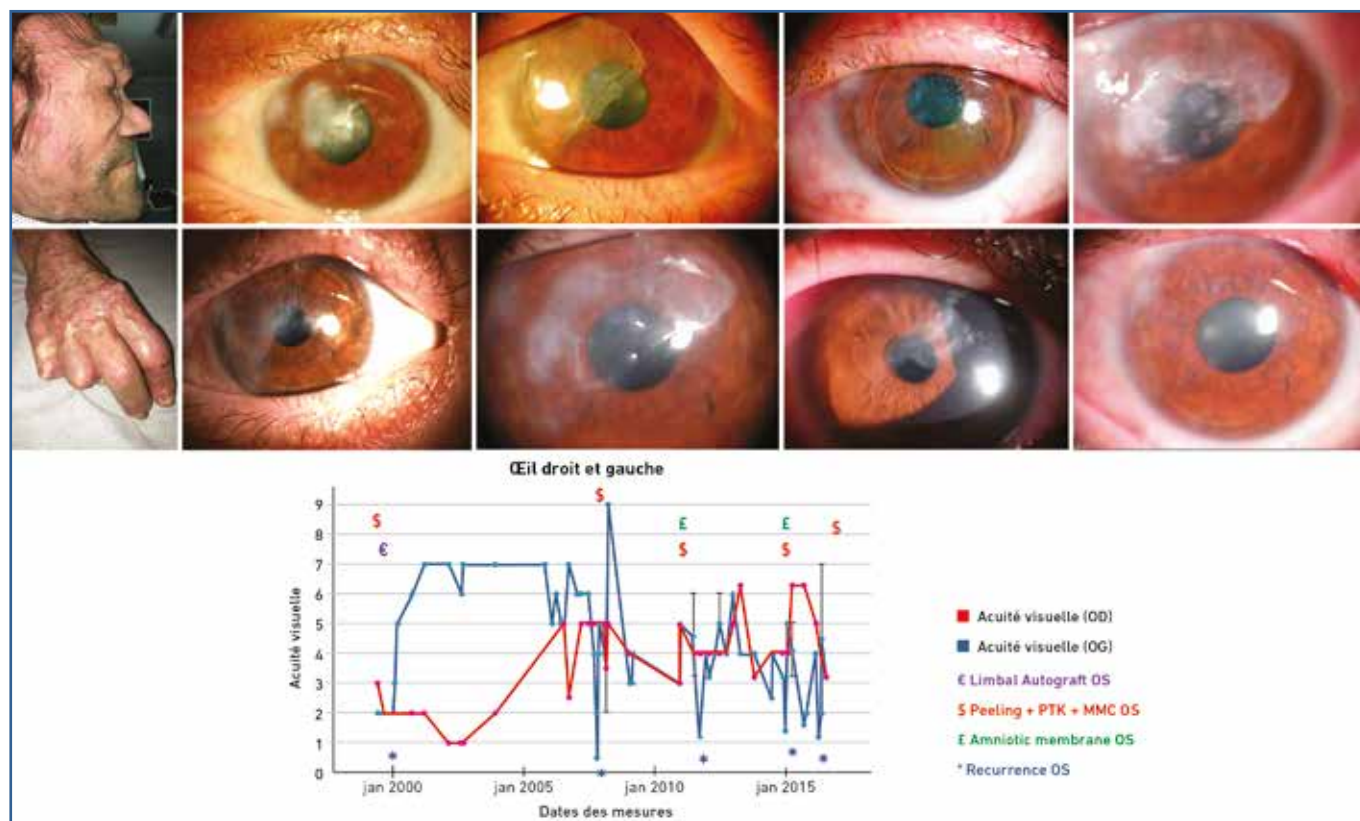


Figure 14 A : Chéloïde récurrente dans un syndrome syndermatotique (Variante Ehlers-Danlos).

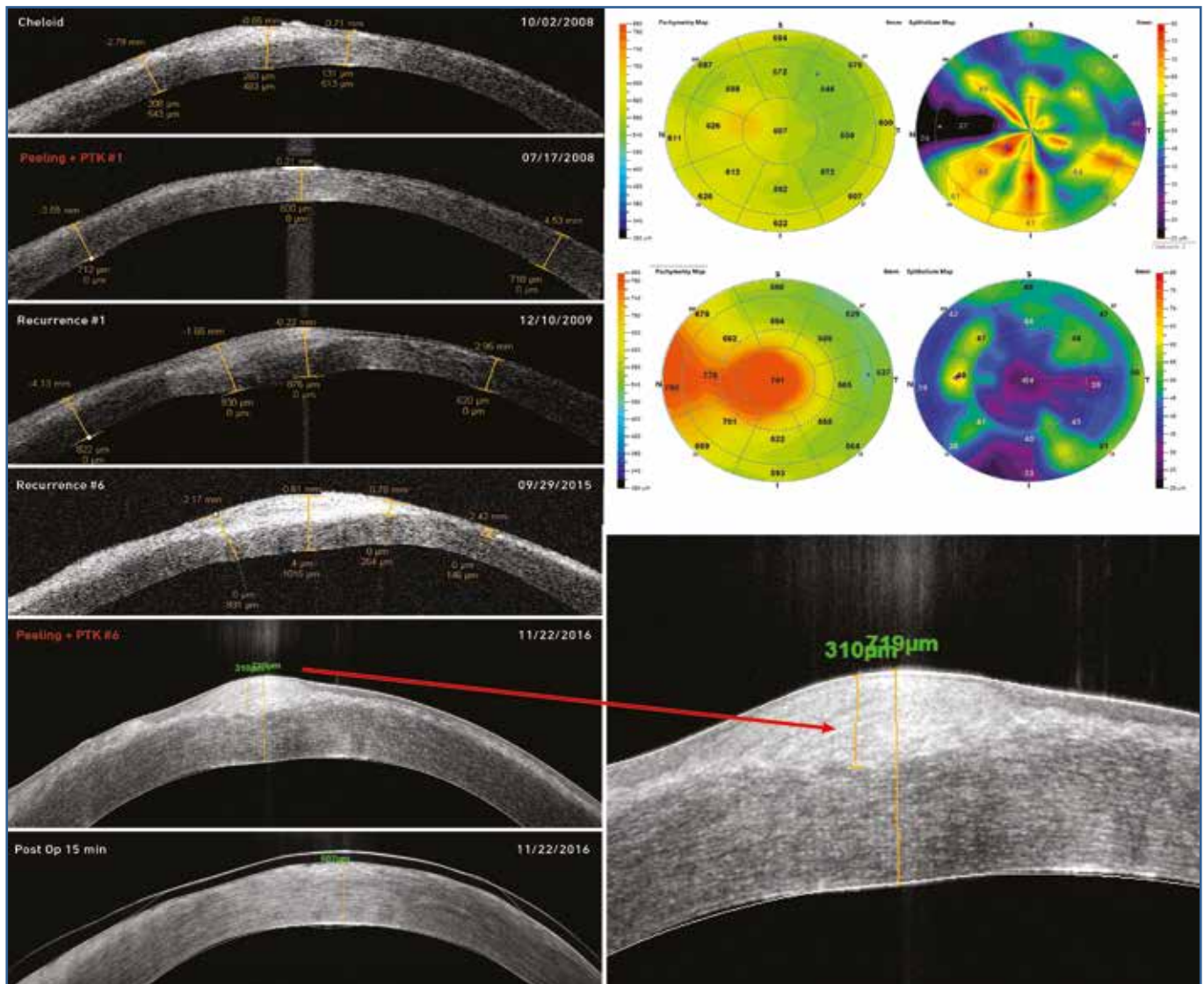


Fig. 14 B : Chéloïde récurrente dans un syndrome syndermatotique (Variante Ehlers-Danlos).

optiques des ablations tissulaires réalisées dans les cas plus complexes.

Un bilan préopératoire complet (diagnostic biomicroscopique, essai de lentilles rigide, examens topographiques, aberrométriques, polarimétriques et OCT spectral cornéen) permet de préjuger assez facilement du bénéfice potentiel de la PTK pour chaque cas.

Une formation chirurgicale appropriée permet surtout de planifier correctement les modifications de la pachymétrie et de la forme de la cornée attendues afin d'éviter de désastreuses déceptions réfractives.

Bibliographie

1. ASSOULINE M, D. RIGAL, J. COLIN *et al.* Thérapeutique de la cicatrisation cornéenne. *L'Épithélium Cornéen*, 1993 :420-439.
2. ASSOULINE M, KAPLAN-MESSAS A, DAVID T *et al.* Excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Bull Soc Belge Ophtalmol*, 1997;266:93-100.
3. DIGHIERO P, ELLIES P, LEGEAIS JM, ASSOULINE M. Phototherapeutic keratectomy in the treatment of Groenouw's type I corneal dystrophy. *J Fr Ophtalmol*, 1999;22:176-179.
4. GARANA EMR, ZIESKE JD, ASSOULINE M *et al.* Matrix métalloprotéinases in epithelia from human recurrent corneal erosion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1999;40:1266-1270.

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



N. MESPLÉ
Espace Hélios, SAINT-JEAN-DE-LUZ,
Centre Activa, PAU.

Les techniques laser Excimer de surface à visée réfractive : indications, méthodes et résultats en 2018

Les techniques LASER de surface ont en 2018 encore toute leur place dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien réfractif, que ce soit par choix du chirurgien ou du patient. Malgré les nombreux progrès dans la prise en charge des patients ces dernières années, le développement de ces traitements est encore aujourd'hui limité par le délai de récupération et les algies postopératoires. Nous proposons ici une actualité des différentes méthodes de surface, de leur indication et de leur résultats.

■ Méthodes

La technique consiste à retirer l'épithélium par différents procédés afin de réaliser une photoablation stromale antérieure pour corriger les troubles réfractifs. La mise en place de lentilles thérapeutiques à visée antalgique est systématique. Si la technique par PKR (photo kératectomie réfractive) conventionnelle reste la technique la plus utilisée en France, les nouvelles variantes des traitements de surface ont essentiellement 3 objectifs :

- réduire la douleur postopératoire ;
- réduire le délai de récupération visuelle ;
- réduire les problèmes de cicatrisation et notamment le haze.

1. La PKR

La PKR reste la technique la plus utilisée, du fait de sa simplicité et de ses bons résultats réfractifs. L'ablation épithéliale se fait soit avec une solution alcoolique (habituellement concentrée à 20 %) soit tout simplement par grattage à l'aide d'un *beaver*.

2. La transPKR

Cette technique consiste à retirer l'épithélium à l'aide du laser Excimer. Cette technique "no touch" a l'avantage de

réduire l'exposition de la zone stromale au strict minimum, d'être moins douloureuse avec une cicatrisation plus rapide. Néanmoins, ce traitement n'étant pas modulable en fonction de l'épaisseur épithéliale, cette technique présente quelques limites et n'est pas adaptée aux faibles amétropies avec des risques notamment de sous correction, et de réduction de zone optique. (*fig. 1*).

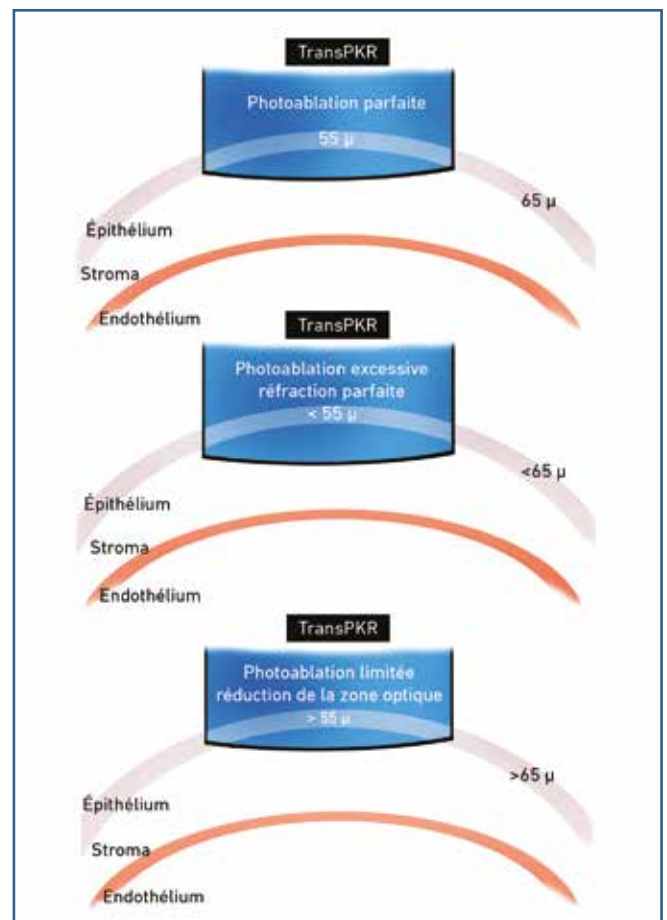


Fig. 1 : Photoablation de la transPKR en fonction de l'épaisseur épithéliale.

3. L'EBK

L'*épibowman* kératectomie fonctionne avec la technologie Épiclear. Cet outil permet de retirer l'épithélium sans altérer la membrane de Bowman. Les premiers résultats publiés montrent des résultats similaires à la PKR mais cet outil réduit la douleur postopératoire de manière significative et améliore le délai de récupération visuel... Néanmoins, ces résultats demandent encore confirmation par des études complémentaires (fig. 2).

4. Le LASEK et l'épiLASIK

La différence de ces techniques est que l'épithélium préalablement retiré est repositionné sur le stroma après délivrance du faisceau laser.

Ces deux techniques diffèrent dans la façon dont l'épithélium est retiré :

- avec une solution hydro-alcoolique pour le LASEK ;
- avec un épikératome pour l'épiLASIK.

Outre un terme "marketing" valorisant, ces techniques devaient permettre là encore de réduire les douleurs postopératoires et de réduire le risque de haze. À notre connaissance, ces pratiques ont quasiment disparu devant leur absence de supériorité par rapport à la PKR (voire même des résultats inférieures).

■ Avec ou sans mitomycine ?

Si les différentes méthodes de traitements de surface n'ont pas révolutionné nos pratiques, on peut dire que l'application de mitomycine a clairement donné une nouvelle jeunesse au laser Excimer de surface en diminuant le risque de haze et en élargissant ses indications.

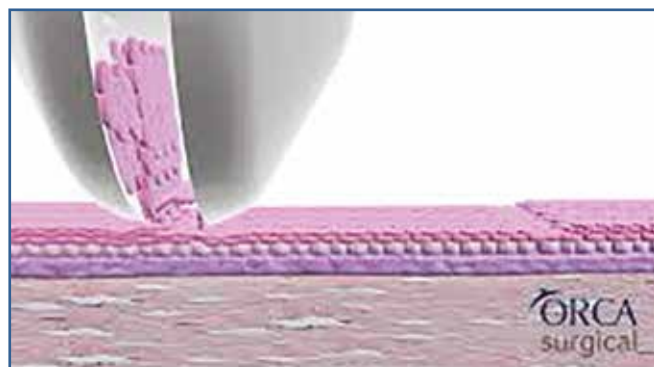


Fig. 2 : Epi-Bowman keratectomy (EBK).

>>> Est-ce sans danger ?

À 6 mois, une application de mitomycine à 0,02 % pendant une durée inférieure à 30 secondes ne réduit pas le comptage cellulaire endothéliale à un an malgré quelques modifications cellulaires.

>>> À quelle concentration et quelle durée d'application ?

De manière empirique, la concentration utilisée est de 0,02 %. Cependant une étude récente montre des résultats similaires à une concentration de 0,002 %. Plus le temps d'application est long, plus le risque de haze est faible. Cependant, aucune durée d'application n'a été définie de manière scientifique. Pour notre part, nous ne dépassons pas 30 secondes d'application.

■ Quelles indications ?

La mitomycine a permis d'élargir les indications des traitements de surface. En effet, pour certains chirurgiens réfractifs, la photoablation de surface est devenue un traitement de première intention en cas de retouche réfractive, et le nombre de procédures de surface augmentent en France depuis quelques années notamment pour les fortes amétropies.

Les études montrent que la mitomycine ne présente que peu d'intérêt pour les myopies faibles. En revanche, en réduisant de manière significative le risque de haze et donc la prédictibilité réfractive, la mitomycine doit être utilisée pour les astigmatismes myopiques, les myopies modérées à fortes et les hypermétropes. De même, en cas de retouche réfractive, et quel que soit le traitement réfractif initial (LASIK, PKR ou KR), l'application de mitomycine a tout son intérêt.

■ Indications

Les indications des traitements de surface sont alimentées par les limites et les insuffisances du LASIK. On retiendra qu'elles sont portées en fonction d'essentiellement 3 critères :

- les activités professionnelles et les loisirs du patient ;
- les examens de la cornée ;
- le type d'amétropie.

1. Le mode de vie du patient

De part leur absence de découpe cornéenne, les traitements de surface peuvent être indiqués en cas de certaines activités

potentiellement traumatisantes pour la cornée : sport de combat, sport traumatique, militaire.

La plongée sous-marine pose quelques interrogations devant un risque potentiel de décollement du capot de LASIK en cas d'arrachage du masque de plongée. Ce risque est très théorique et n'a pas été à ma connaissance encore décrit.

2. Les examens de la cornée

En cas de topographie suspecte de kératocône fruste, de pachymétrie fine, ou encore de troubles biomécaniques cornéens majeurs, les traitements de surface sont préférés au LASIK afin de réduire le risque d'ectasie.

En cas de dystrophie de Cogan ou de dystrophie cornéenne antérieure, de kératalgie récidivante, ou encore de taie cornéenne centrale dégradant la meilleure acuité visuelle corrigée, les traitements de surface sont, dans ce contexte, la meilleure indication possible, à la fois thérapeutique et réfractive.

Enfin, dans un contexte de syndrome sec léger à modéré, les traitements de surface peuvent être préférés au LASIK, générant théoriquement moins de troubles trophiques. Dans ce contexte, on retiendra que le SMILE est sans doute le meilleur traitement réfractif.

3. Le type d'amétropie

Les traitements de surfaces sont applicables pour toutes les amétropies : myopie, astigmatisme et hypermétropie. Néanmoins, et malgré l'avènement de la mitomycine, l'indication reine des traitements de surface reste aujourd'hui les myopies faibles à modérés.

■ Résultats

Pour les myopies faibles à modérés, on peut aujourd'hui affirmer que la PKR donne des résultats statistiquement comparables au LASIK à 3 mois postopératoires.

Si le traitement des astigmatismes myopiques s'avère efficace, les traitements hypermétropiques avec ou sans astigmatisme sont toujours possibles mais ils donnent des résultats inférieurs au LASIK en termes de précision réfractive.

De même, les traitements de la presbytie (modification d'asphéricité ou multifocalité cornéenne) perdent de leur précision

par une technique de surface et ne sont à notre connaissance qu'exceptionnellement appliqués.

L'utilisation de la mitomycine a permis d'étendre les indications des traitements de surface pour les reprises tardives ou les fortes amétropies avec des résultats très satisfaisants.

■ Conclusion

Au final, nous retiendrons que les traitements de surface fonctionnent parfaitement pour les myopies faibles à modérés et peuvent s'avérer une excellente alternative en cas de contre-indication au LASIK. La mitomycine a clairement permis d'étendre les indications de ces chirurgies en toute sécurité.

Bibliographie

- KAISERMAN I, SADI N, MIMOUNI M *et al.* Breakthrough Haze After Photorefractive Keratectomy With Mitomycin C: Incidence and Risk Factors. *Cornea*, 2017 36:961-966.
- FADLALLAH A, FAHED D, KHALIL K *et al.* Transepithelial photorefractive keratectomy: Clinical results. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:1852-1857.
- KANTIKAR KD, CAMP J, HUMBLE H *et al.* Pain after epithelial removal by ethanol-assisted mechanical versus trans-epithelial excimer laser debridement. *J Refract Surg*, 2000;16:519-522.
- GHOZEISHI M, ABTAHI MA, SEYEDZADEH I *et al.* Photorefractive keratectomy in the management of postradial keratotomy hyperopia and astigmatism. *J Res Med Sci*, 201728;22:82.
- COELHO LM, SIEIRO RO. Mitomycin C 0.02 and 0.002% efficacy in preventing haze after photorefractive keratectomy. *Int Ophthalmol*, 2018;6:1000-1007.
- ALMOSA AA, FAWZY SM. Effect of Mitomycin C on Myopic versus Astigmatic Photorefractive Keratectomy. *J Ophthalmol*, 2017;2017:2841408.
- TANERI S, KIESSLER S, ROST A *et al.* *Klin Monbl Augenheilkd*, 2017.
- LI SM, ZHAN S, LI SY *et al.* Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for correction of myopia. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016;2:CD009799.
- SHORTT AJ, ALLAN BD, EVANS JR. Laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for myopia. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013.
- KURRYAN J, CHEEMA A, CHUCK RS. Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) for correcting myopia. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017 15;2:CD011080.
- LEE HK, LEE KS, KIM HC *et al.* Nerve growth factor concentration and implications in photorefractive keratectomy vs laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2005;139:965-971.
- 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*, 2018.
- LIN DTC, HOLLAND SP, VERMA S *et al.* Postoperative Corneal Asphericity in Low, Moderate, and High Myopic Eyes After Transepithelial PRK Using a New Pulse Allocation. *J Refract Surg*, 2017;33:820-826.

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



J.-J. SARAGOUSSI
Clinique de la Vision, PARIS.
jjsaragoussi@orange.fr

Les topographies douteuses : peut-on éviter l'ectasie post-chirurgie réfractive ?

La topographie cornéenne occupe une place de premier plan dans le dépistage des sujets à risques d'ectasie secondaire après chirurgie réfractive cornéenne.

L'ectasie secondaire reproduit les signes cliniques et topographiques ainsi que l'évolution, d'une ectasie cornéenne primitive (kératocône et dégénérescence pellucide marginale ou DPM).

Elle survient dans un délai de quelques mois ou quelques années après une chirurgie réfractive cornéenne par LASIK, SMILE ou même PKR. Le traitement est commun aux ectasies cornéennes primitives. Il s'agit d'une complication au pronostic toujours réservé mais qui a été amélioré par l'évolution récente de l'arsenal thérapeutique (CXL et anneaux

cornéens). Sa prévention est une préoccupation constante et elle est au cœur de la sélection des indications.

Les principaux facteurs de risques connus sont les antécédents familiaux et les formes suspectes de kératocône, les topographies atypiques en raison d'une asymétrie d'axe ou de puissance, une pachymétrie fine, le frottement oculaire, l'âge jeune et les fortes amétropies.

■ Peut-on éviter l'ectasie cornéenne secondaire ?

La réponse est non car une ectasie secondaire est possible même en cas de topographie préopératoire normale (**fig. 1**) et une ectasie cornéenne peut apparaître spontanément au cours

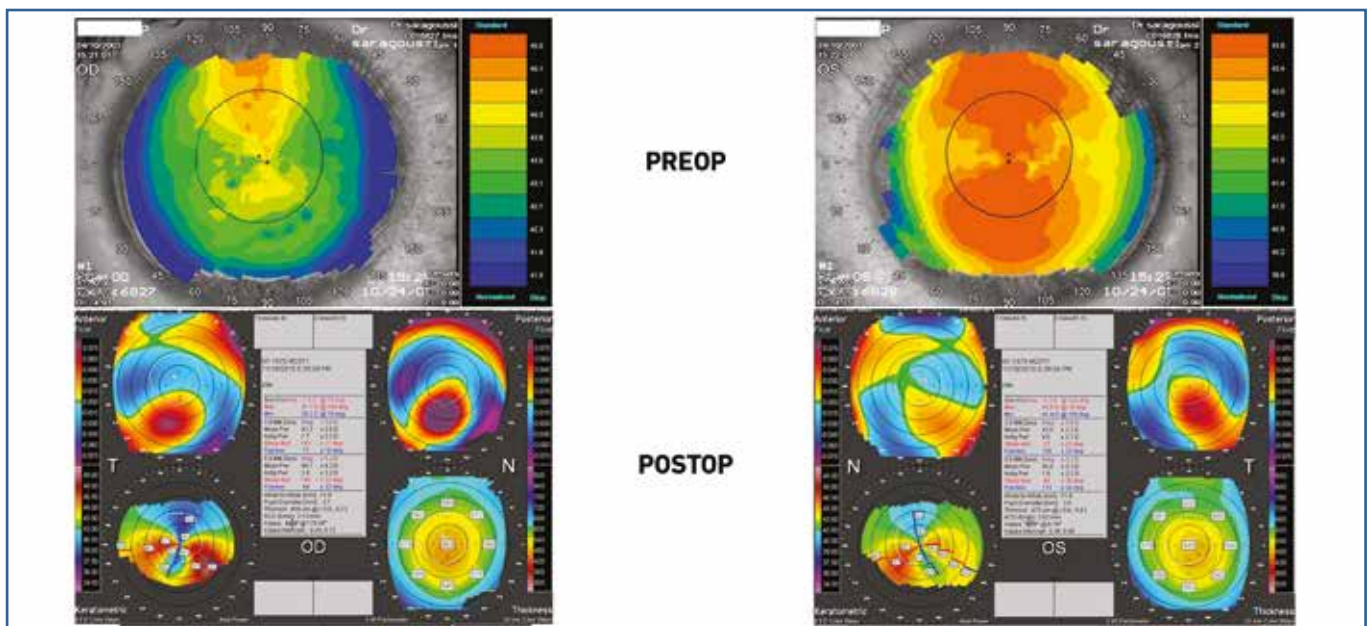


Fig. 1 : DPM bilatérale dépistée chez un homme âgé de 50 ans, opéré de LASIK 25 ans plus tôt. La topographie cornéenne préopératoire (topographe TMS) était normale. Dans ce cas, le lien entre la chirurgie et l'apparition d'une DPM ne peut être affirmé.

de la vie (notamment une DPM) en absence d'antécédent de chirurgie réfractive. Toutefois, la topographie cornéenne ayant une place centrale dans le dépistage des sujets à risques, une bonne interprétation dont dépend la sélection des indications, est un élément de prévention incontournable et obligatoire sur le plan médical.

Il est important de souligner que l'ectasie secondaire reste une maladie rare dont l'incidence ne s'est pas amplifiée au fil du temps avec un recul de plus de 25 ans de pratique et des millions d'opérés. Son incidence chiffrée va selon les études

publiées de 0,04 à 0,6 % [1-4]. Les statistiques annuelles de la MACSF qui assure sur le plan responsabilité civile professionnelle la majorité des ophtalmologistes, confirment l'absence d'augmentation des déclarations de sinistres après chirurgie réfractive (*fig. 2*).

■ Qu'est-ce qu'une topographie douteuse?

À l'évidence, ce n'est pas une topographie répondant aux critères de normalité ou qui est manifestement pathologique (*fig. 3*).

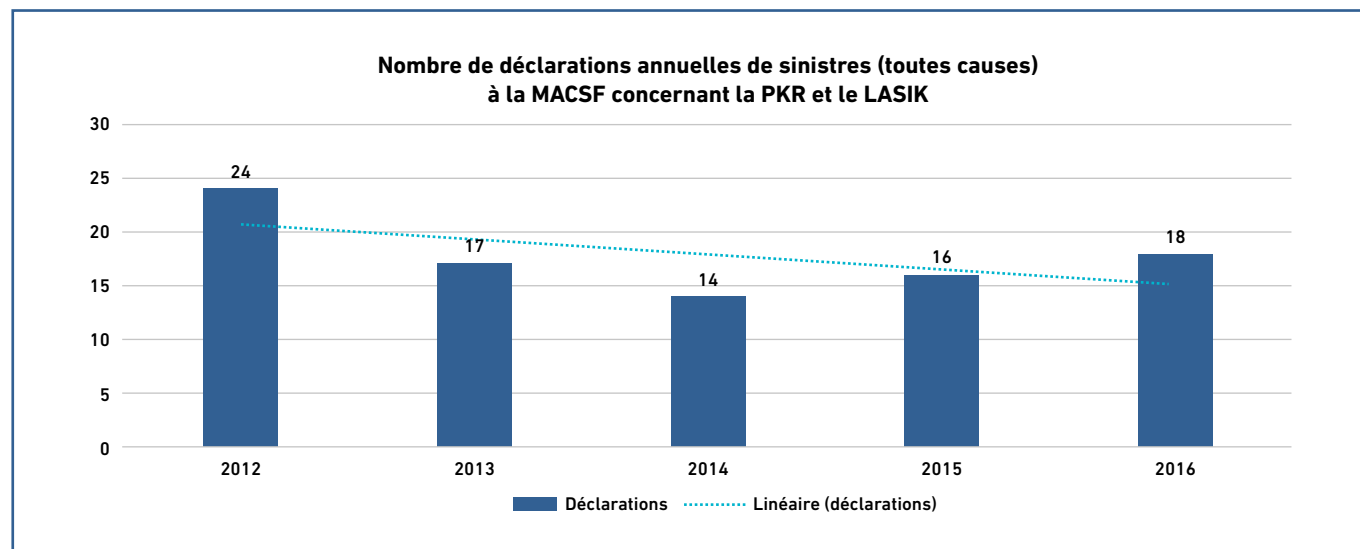


Fig. 2 : Évolution des déclarations annuelles de sinistres déclarés après PKR ou LASIK à la MACSF. Leur nombre reste faible au regard du nombre d'opérés et il n'y a pas d'augmentation avec le temps. L'ectasie secondaire représente un nombre inférieur à 5 cas par an (zéro en 2016).

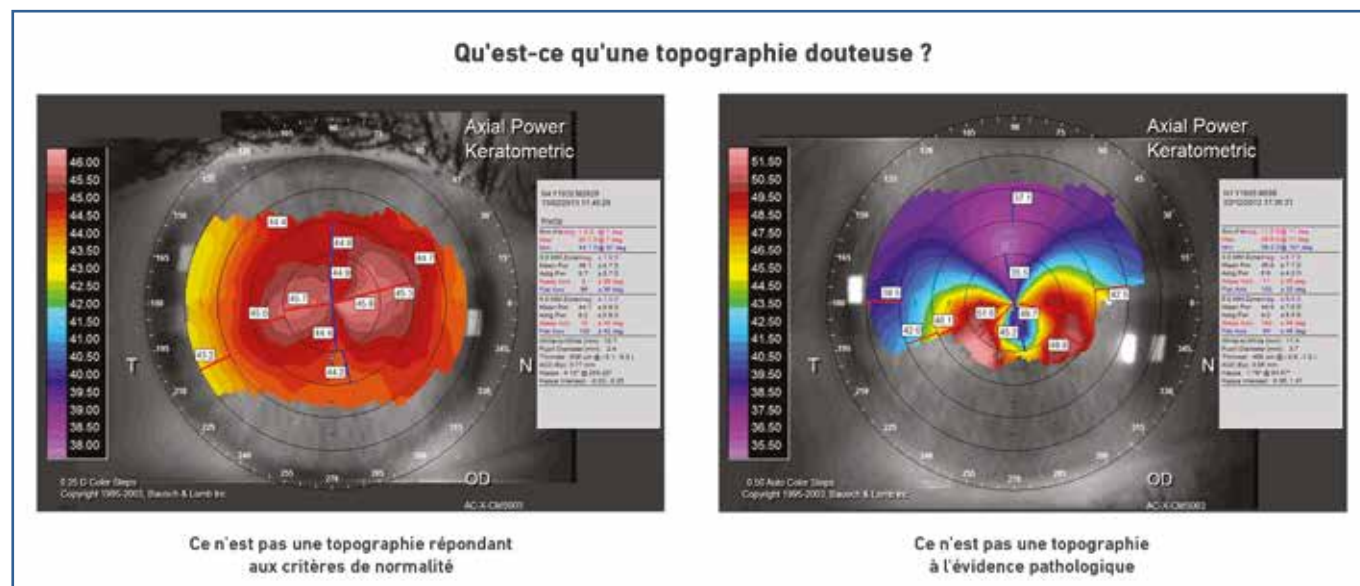


Fig. 3 : Exemples de topographies cornéennes sur une carte axiale normale à gauche et pathologique à droite.

Une topographie douteuse présente de façon répétitive sur plusieurs mesures, de manière isolée ou associée les particularités suivantes :

- un apex décentré et anormalement surélevé sur les cartes de topographie d'élévation antérieures et ou postérieures (fig. 4) ;
- un décentrement du point de plus fine épaisseur sur la carte de pachymétrie optique et/ou une pachymétrie inférieure à 500 microns (fig. 5) ;
- une asymétrie de puissance réfractive ou d'axe sur les cartes axiales et tangentielles de la topographie Placido (fig. 5).

■ Quels sont les pièges de l'interprétation d'une topographie cornéenne ?

- le film lacrymal dont la qualité et la répartition à la surface oculaire peut influencer les mesures de pachymétrie et de puissance réfractive cornéenne antérieure (fig. 6 et 7). Il convient de faire cligner le patient avant l'acquisition des mesures et de répéter ces dernières ;
- l'empreinte des lentilles de contact qui peut reproduire un aspect anormal et souvent non typique de kératocône (fig. 8). Le retrait des lentilles cinq jours avant l'examen n'est pas

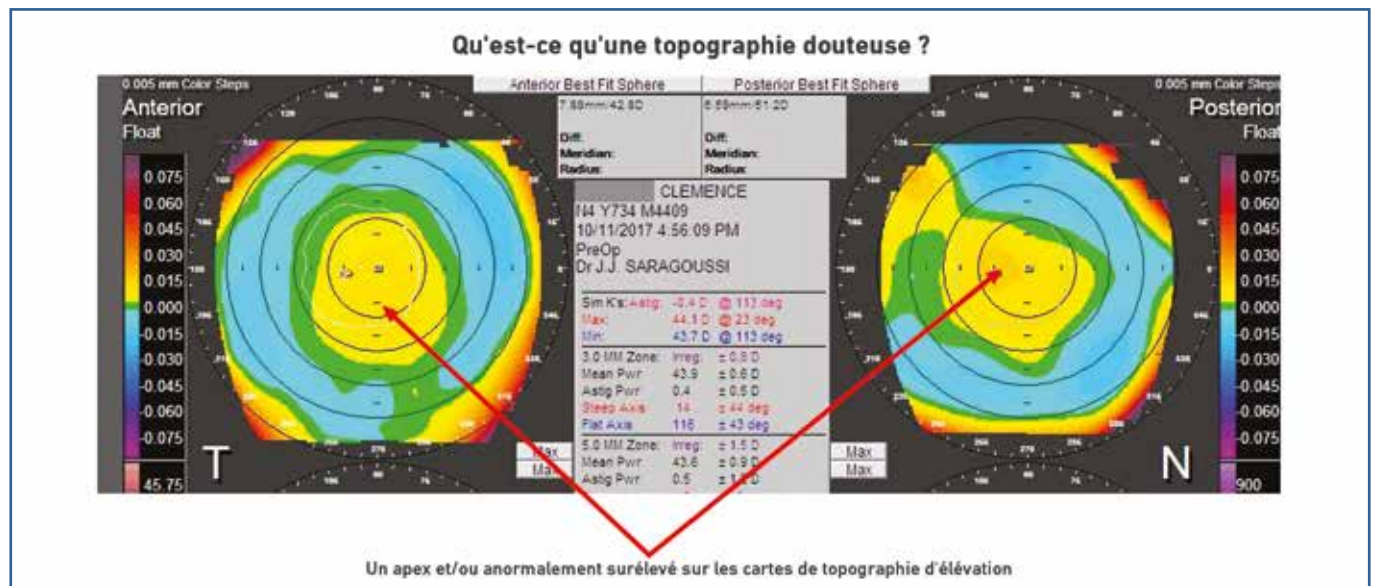


Fig. 4 : Topographie cornéenne douteuse sur les cartes d'élévation avec un décentrement de l'apex cornéen antérieur (à gauche) et postérieur (à droite).

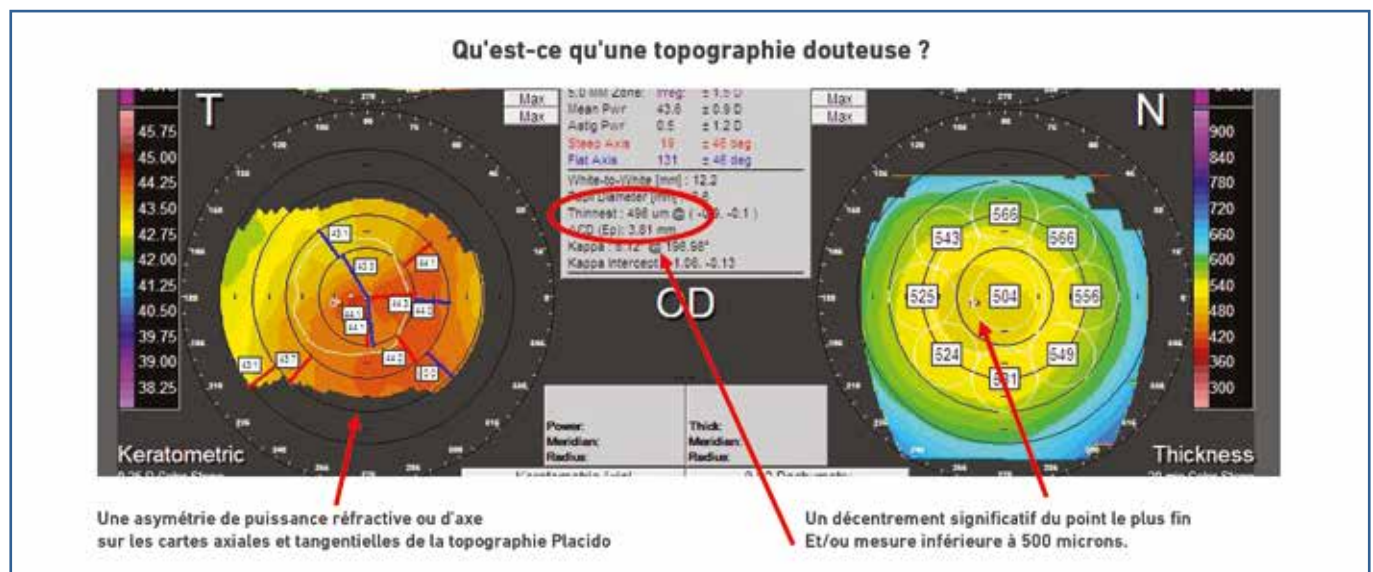


Fig. 5 : Topographie cornéenne douteuse associant une pachymétrie fine, un point de plus fine épaisseur décentrée et une asymétrie de puissance sur la carte axiale.

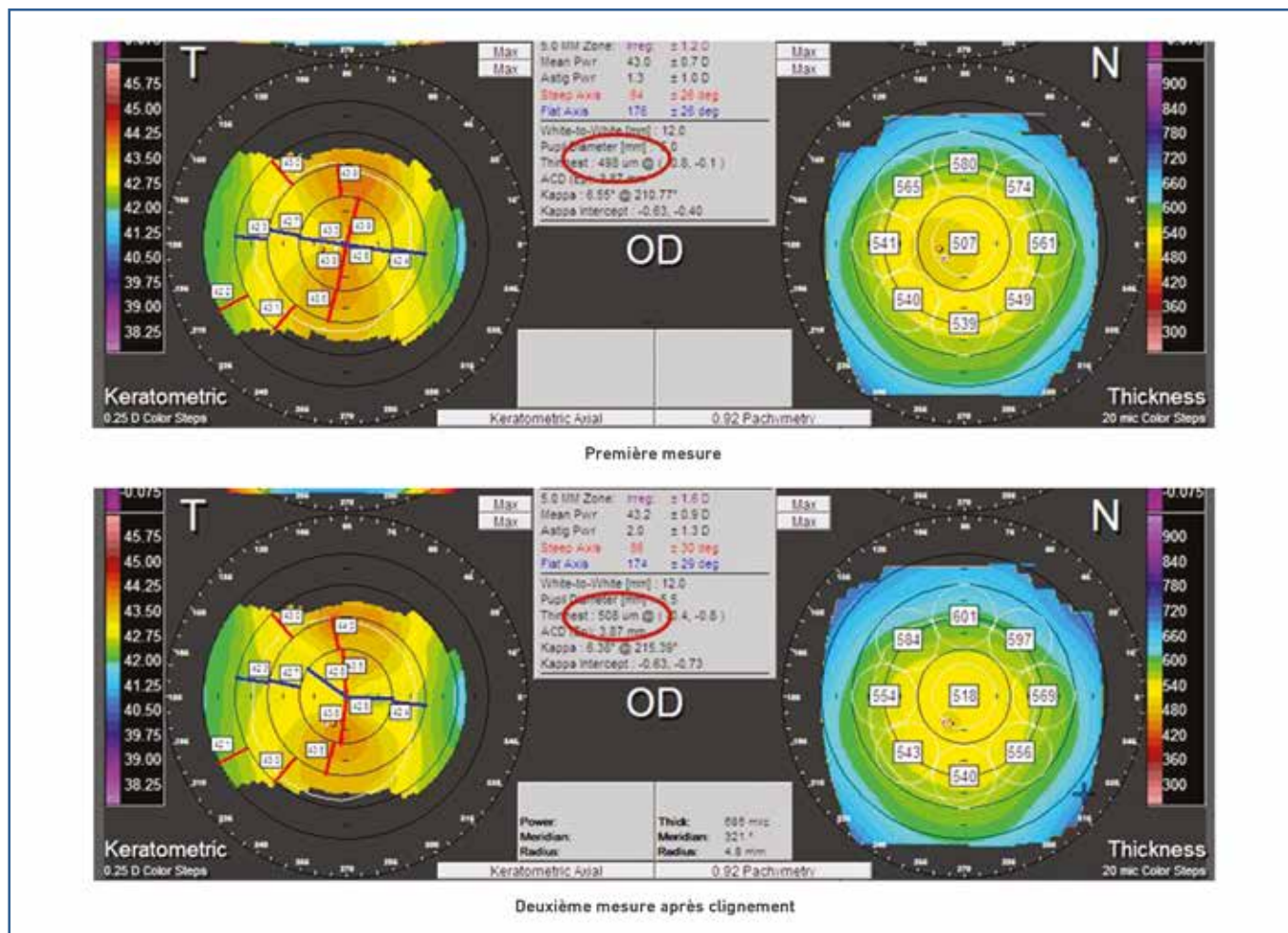


Fig. 6 : Pièges de la topographie cornéenne : influence du film lacrymal sur la pachymétrie. Sur la première mesure, la valeur du point cornéen le plus fin est inférieure à 500 microns (**image supérieure**). Sur la deuxième mesure, après clignement, la valeur du point cornéen le plus fin est supérieure à 500 microns (**image du bas**).



Fig. 7 : Pièges de la topographie cornéenne : influence du film lacrymal sur la symétrie d'axe et de puissance sur les cartes axiales.

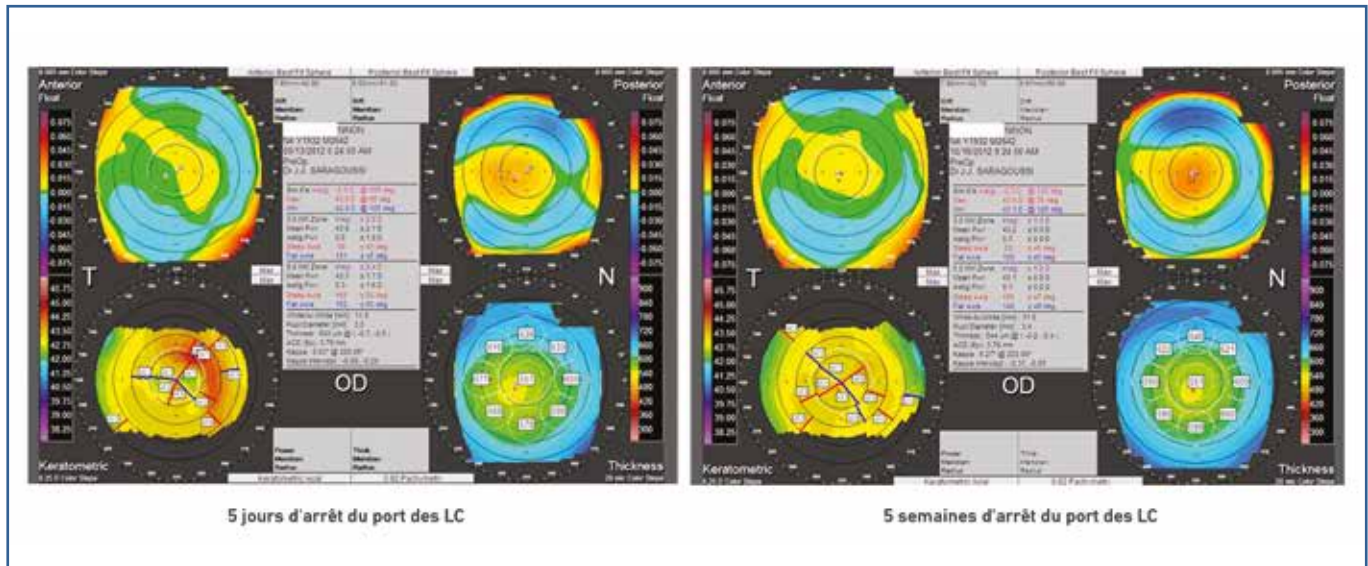


Fig. 8 : Pièges de la topographie cornéenne : influence des lentilles de contact. **Image de gauche :** aspect de la topographie d'élévation 5 jours après le retrait des lentilles et régularisation (**image de droite**) après plusieurs semaines d'arrêt du port des lentilles.

toujours suffisant surtout en cas de port de lentilles rigides et dans ces cas une période prolongée (plusieurs semaines) d'arrêt du port des lentilles est requise ;

– la sélection des bonnes échelles de lecture des cartes axiales ou tangentielle. Les échelles colorées normalisées par pas de 0.50 dioptrie peuvent masquer des anomalies fines. Il faut leur préférer des échelles par pas de 0.25 dioptrie ou le mode automatique “autoscale” qui aide à l'interprétation (**fig. 9**).

■ Les indices et scores de risques sont-ils fiables ?

Il en existe de nombreux et n'ont de valeur diagnostique que s'ils viennent étayer une analyse qui reste avant tout clinique. Il faut donc se méfier des faux positifs et des faux négatifs.

Parmi les indices et scores basés uniquement sur la topographie cornéenne, on peut citer :

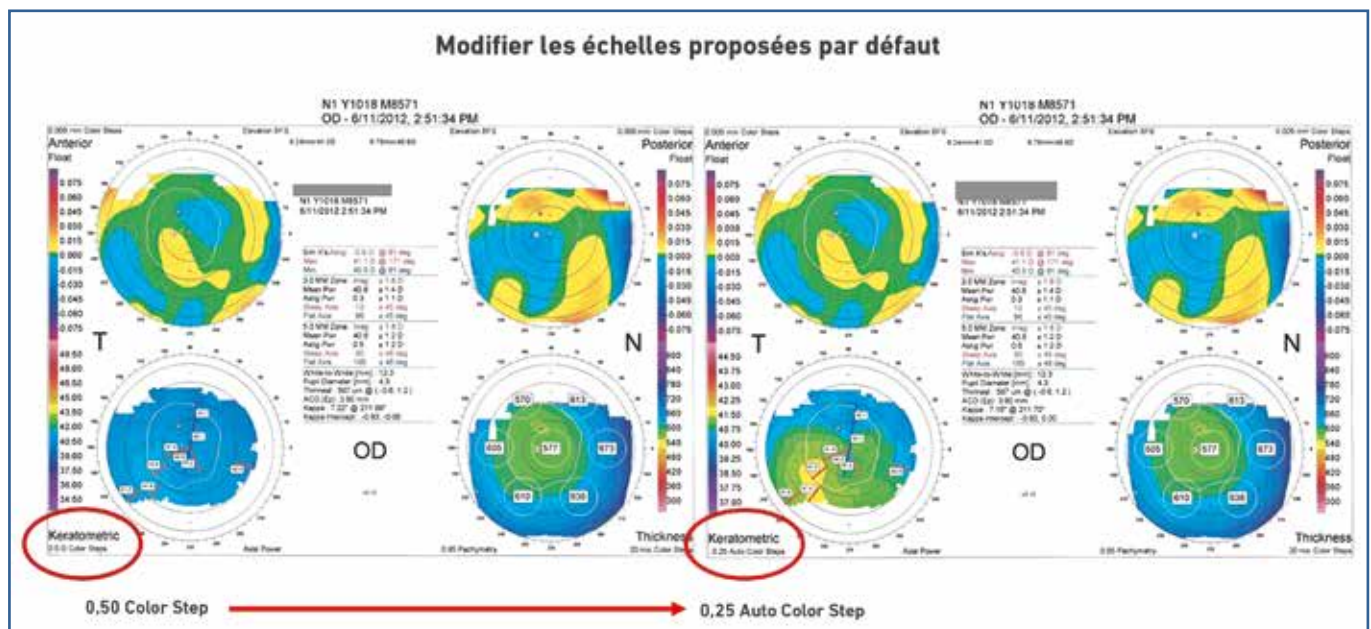


Fig. 9 : Sur l'image de la carte axiale de gauche, la faible kératométrie et l'échelle 0.50 masquent une DPM suspecte révélée sur l'échelle 0.25 de l'image de droite.

– le “Score” de l’Orbscan proposé par Gatinel et Saad (il est douteux pour les valeurs négatives proches de zéro et pathologique pour les valeurs positives) (**fig. 10**). Nous observons couramment des topographies évoquant des kératocônes suspects ayant une valeur de Score normale négative, donc discordante (**fig. 11**). Nous privilégions toujours l’analyse clinique lorsque cette discordance est observée ;

– les indices du Pentacam ;

– l’indice I-S (de la topographie Placido) considéré comme anormal lorsqu’il est supérieur à 1 dioptrie.

Parmi les indices et scores élargis ou non exclusivement liés à la topographie, on peut citer :

– l’indice ERSS ou score de Randleman qui prend en compte l’âge, la réfraction, la topographie et la pachymétrie [5-6] ;

– le PTA ou pourcentage de tissu altéré basé sur les mesures de pachymétrie et qui est applicable aux topographies normales [7].

■ Au-delà de la topographie cornéenne

Rappelons que la topographie n’est pas l’unique outil de détection des sujets à risques. L’interrogatoire recherchant des antécédents familiaux de kératocône ou la notion de frottement oculaire doit être systématique. Le *mapping* épithélial basé sur la pachymétrie sélective mesurée par OCT de la

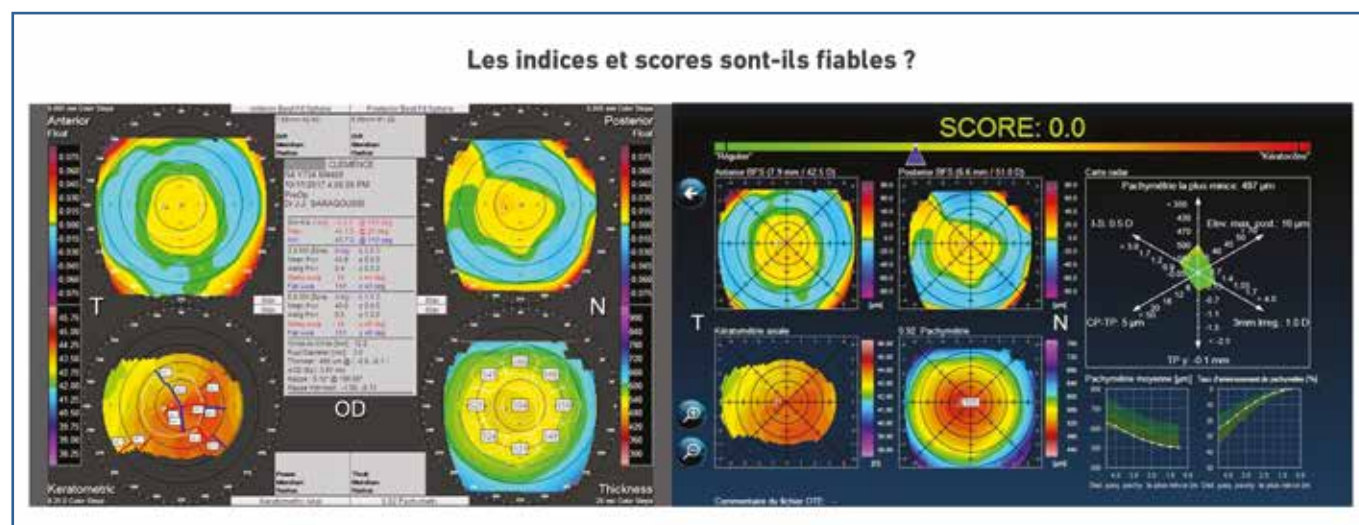


Fig. 10 : Le Score de l’Orbscan à une valeur zéro est en phase avec l’interprétation de la topographie. Il s’agit d’une topographie pathologique.

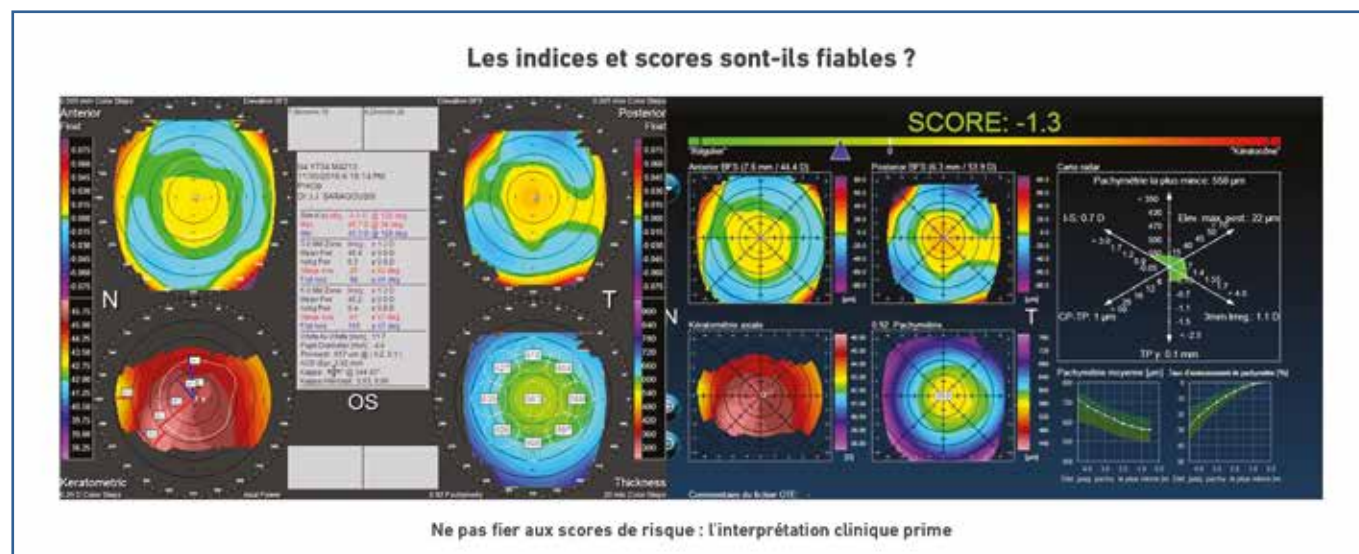


Fig. 11 : Le Score de l’Orbscan à ici une valeur négative (donc normale) en contradiction avec l’interprétation clinique en faveur d’un kératocône suspect sur la carte axiale.

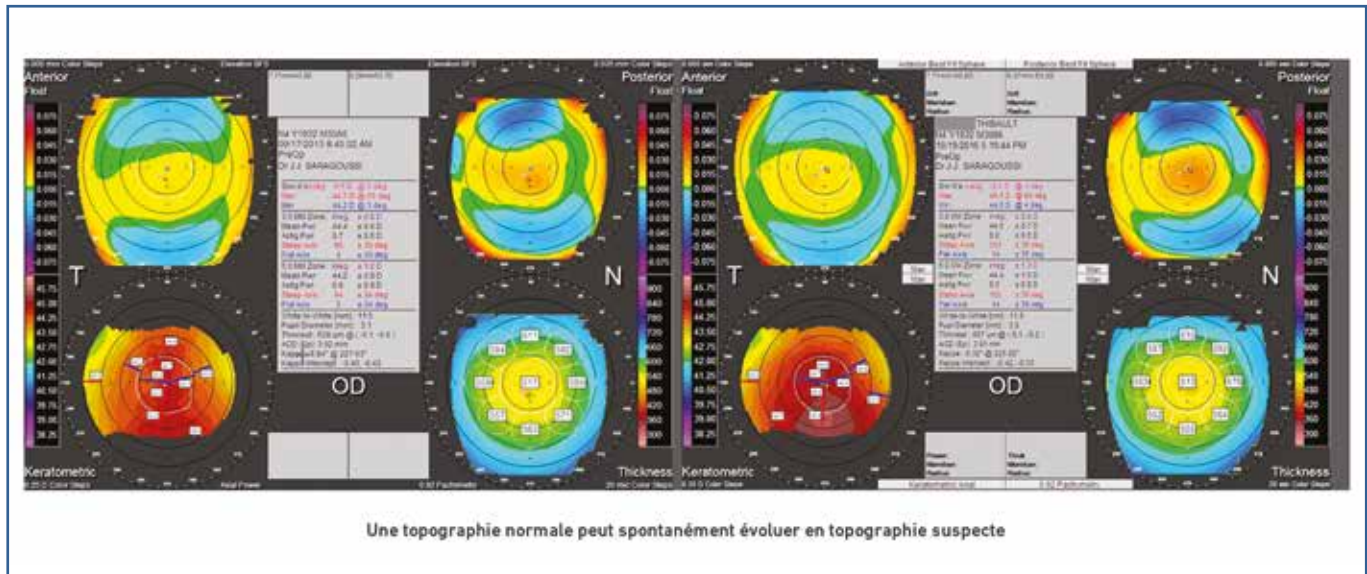


Fig. 12 : Évolution de la topographie chez un adulte jeune sur deux mesures réalisées à 18 mois d'intervalle.

cornée (épithélium, stroma) est aussi un des moyens de détecter des formes suspectes de kératocône à un stade précoce [8]. Enfin, de nouveaux moyens de mesure de la résistance mécanique de la cornée couplée à la topographie sont en cours de développement [9].

■ Que faire en cas de doute ?

Il convient de répéter dans le temps les examens de topographie cornéenne pour identifier une variation ou une évolution, la stabilité étant un argument nécessaire (mais pas toujours suffisant) pour poser une indication opératoire (fig. 12). Un deuxième avis est toujours conseillé.

L'unique préoccupation de la sécurité de résultat guide les décisions d'abstention ou le choix d'une photoablation de surface qui réduit le risque d'ectasie secondaire sans le supprimer.

■ Conclusion

L'ectasie cornéenne secondaire à la chirurgie réfractive demeure un risque pour les opérés. Il peut être considéré comme très faible au regard du nombre élevé de chirurgies pratiquées depuis près de trente ans. Son incidence peut être contrôlée et minimisée par une bonne sélection des indications soutenue par des moyens d'explorations toujours plus performants.

La recherche et l'obtention d'une sécurité de résultat optimale participent à l'éthique et la justification de cette chirurgie. Elle conditionne aussi la confiance indispensable que les patients nous accordent.

Bibliographie

1. BINDER PS. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis: risk factors. *J Cataract Refract Surg*, 2007;33:1530-1538.
2. PALLIKARIS IG, KYMIONIS GD, ASTYRAKAKIS NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2001;27:1796-1802.
3. SEILER T, KOUFALA K, RICHTER G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg*, 1998;14:312-317.
4. SPADEA L, CANTERA E, CORTES M *et al*. Corneal ectasia after myopic laser in situ keratomileusis: a long-term study. *Clin Ophthalmol*, 2012;6:1801-1813.
5. RANDLEMAN JB, WOODWARD M, LYNN MJ *et al*. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology*, 2008;115:37-50.
6. RANDLEMAN JB, TRATTLER WB, STULTING RD. Validation of the Ectasia Risk Score System for preoperative laser in situ keratomileusis screening. *Am J Ophthalmol*, 2008;145:813-818.
7. SAAD A, BINDER PS, GATINEL D. Evaluation of the percentage tissue altered as a risk factor for developing post-laser in situ keratomileusis ectasia. *J Cataract Refract Surg*, 2017;43:946-951.
8. LI Y, CHAMBERLAIN W, TAN O, BRASS R *et al*. Subclinical keratoconus detection by pattern analysis of corneal and epithelial thickness maps with optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:284-295.
9. STEINBERG J, AMIRABADI NE, FRINGS A *et al*. Keratoconus Screening With Dynamic Biomechanical In Vivo Scheimpflug Analyses: A Proof-of-Concept Study. *J Refract Surg*, 2017;33:773-778.

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



J. COULLET
Clinique de la vision, PARIS,
Odysseum Ophtalmologie, MONTPELLIER.
couillet.j@gmail.com

Laser TENEO M2 : genèse et spécificités techniques

Remonter à travers le temps pour décrire la genèse du dernier laser Excimer de la société Bausch and Lomb – le laser TENEO M2 –, nous fait balayer une période de 1992 à 2017.

25 années d'innovations technologiques ont fait passer les plateformes “*excited dimmer*” de la machine rudimentaire aux performances limitées à cette dernière génération extrêmement efficiente et ultra-rapide.

Après l'exposé de l'historique initial qui nous permettra de nous souvenir d'où l'on vient, nous aborderons les qualités intrinsèques spécifiques de ce nouveau laser.

■ La genèse

Avant la description des plateformes lasers successives, il faut rappeler le contexte économique et entrepreneurial de l'époque. La lignée de la solution laser a été initiée par la société Technolas en 1992, créée par le Dr Kristian Hohla.

Rapidement, elle s'associe avec la société Chiron Vision sous la forme d'une co-entreprise (“*joint venture*”) pour continuer de développer cette activité émergente. Et c'est en 1997 que Bausch and Lomb (B + L) rentre dans l'aventure en achetant Chiron Vision et devient ainsi un acteur associé à Technolas dans cette entreprise commune. On doit à cette nouvelle alliance les nombreuses améliorations techniques, pour l'époque, de la série 217.

En 2009, Technolas va s'associer à la société 20/10 Perfect Vision pour créer une nouvelle entité commune : Technolas Perfect Vision, encore plus connue sous l'acronyme TPV. Celle-ci va conduire en 2010 à la naissance de la plateforme 217P, qui signe l'ultime évolution de la série 217.

Et c'est toujours TPV qui va être à l'origine du lancement de la série 317. En effet, c'est en 2013 qu'est lancé le premier laser de la série, le 317 TENEO (ou TENEO I).

Enfin, en 2014, Bausch and Lomb finit par racheter la *joint venture* TPV. Et c'est sous le nom unique que Bausch + Lomb organise le lancement de son ultime avancée technologique : le laser TENEO II.

Le résumé de l'historique est représenté par le **tableau I**.

Mais revenons plus en détail sur les différentes plateformes qui se sont succédées jusque-là et qui vont rappeler probablement des souvenirs lointains de chirurgie à certains de nos confrères.

1. La plateforme Keracor 116 (K116)

En 1992, nous sommes encore à l'heure des lasers à faisceau plein (“*broad beam laser*”). Ce laser ne fait malheureusement pas exception à la règle. Le problème du faisceau plein est le

1992	Units Keracor 116 (K116). The K116 was the first excimer laser development by Technolas.
1993	Technolas started a joint venture with Chiron Vision
1995	Units Keracor 117 (K117)
1996	Units Technolas 217 C (T217), Chiron Vision was acquired by Bausch & Lomb.
1999	Units Technolas 217z (T217z)
2003	Units Technolas 217z100 (T217z100)
2009	Bausch Lomb and 2010 Perfect Vision started joint Venture Technolas perfect vision TPV
2010	Units Technolas 217 P
2013	TPV launch 317 Teneo
2014	Bausch + Lomb to acquire TPV
2017	Units 317 Teneo M2

Tableau I : Historique de la société et des plateformes laser.



Fig. 1 : Plateforme K116. Notez l'écran PC émulé sous DOS.

risque majeur d'induction d'îlots centraux (par effet de masquage lors de la vaporisation tissulaire) et de haze cornéen suite à l'échauffement thermique du tissu. Le matériau de la tête laser est du polyvinylidène difluorure (PVDF) et la fréquence de tir est cadencée à seulement 10 Hz !

D'autre part, ce qui semble unimaginable aujourd'hui, il n'y a pas d'algorithme de traitement embarqué (ce qui est effectivement inutile avec un *broad beam*) et surtout aucun eye-tracker ! Les risques de décentrement et de "frame shift" sont majeurs.

En résumé, en dehors de la réalisation d'une photo-ablation simple de -2D sans cylindre associé et sur un patient calme et parfaitement compliant (à 10 Hz de fréquence), peu de traitements ne pouvaient être réalisés sans problème.

La dernière unité K116 fut vendue en 1995. Sans regrets.

Mais elle avait ouvert la voie de la démocratisation et de la progression de la chirurgie réfractive cornéenne au laser.

2. La plateforme Keracor 117 (K117) (fig. 2)

En 1995, le K117 remplace donc la génération précédente.

Si, sur la photo, l'évolution ne se remarque pas vraiment tant la carcasse semble inchangée, cette nouvelle évolution embarque une avancée technologique de taille : le laser *flying-spot*.

C'est justement pour répondre aux limitations de K116 et de son faisceau plein que Technolas utilise cette innovation



Fig. 2 : Plateforme K117. La présentation n'a guère évolué. Que faisait Steve Jobs à l'époque ?

majeure qui est encore utilisée aujourd'hui. En effet, le balayage ultra-rapide du lit stromal par un spot de petite taille permet de réduire l'échauffement tissulaire et de réduire la survenue de haze.

La tête laser est ici en céramique. Elle délivre un spot de taille unique (2 mm) avec une configuration "hard top", c'est-à-dire non gaussien. La fréquence de tir progresse à 25 Hz. Cette délivrance est subordonnée à un algorithme de dispersion du flying spot sur la zone de photo-ablation : le PlanoScan. C'est à cette période le seul algorithme disponible.

Autre innovation marquante de cette plateforme : la présence nouvelle d'un *eye-tracker*. Il est alors uniquement actif en intra-opératoire sur les axes X et Y (plan horizontal).

Cette nouvelle unité constitue donc un réel progrès technique et va rester pendant 3 ans le *best-seller* de la marque. Elle demeure aussi la dernière génération de la série K qui va ensuite donner naissance à la longue et fructueuse lignée de la série 217.

3. La plateforme Technolas 217/217A (fig. 3)

Avec ce premier représentant de la série 217, et qui adopte une forme ergonomique qui se rapproche clairement de nos lasers actuels, la progression technique se poursuit :

- tête laser céramique ;
- fréquence de tir de 50 Hz (doublée par rapport à k117) ;
- *flying spot* ;
- taille unique du spot de 2 mm en *hard top* ;
- *eye-tracker* actif et passif de 50 ou 120 Hz (217A).



Fig. 3 : Plateforme 217. L'ergonomie se rapproche des standards actuels. Le 217A est réservé au marché américain (A = Amériques).

4. La plateforme 217z/217 Az (fig. 4)

Techniquement, le 217z ne se distingue pas vraiment de la plateforme précédente.

La fréquence de tir est inchangée et l'*eye-tracker* actif/passif à fréquence fixe de 120 Hz est identique.

En revanche, les observateurs attentifs auront noté sur la photo un détail capital : la présence de deux fines encoches



Fig. 4 : Plateforme 217z. Signée d'un Z comme Zyoptix...

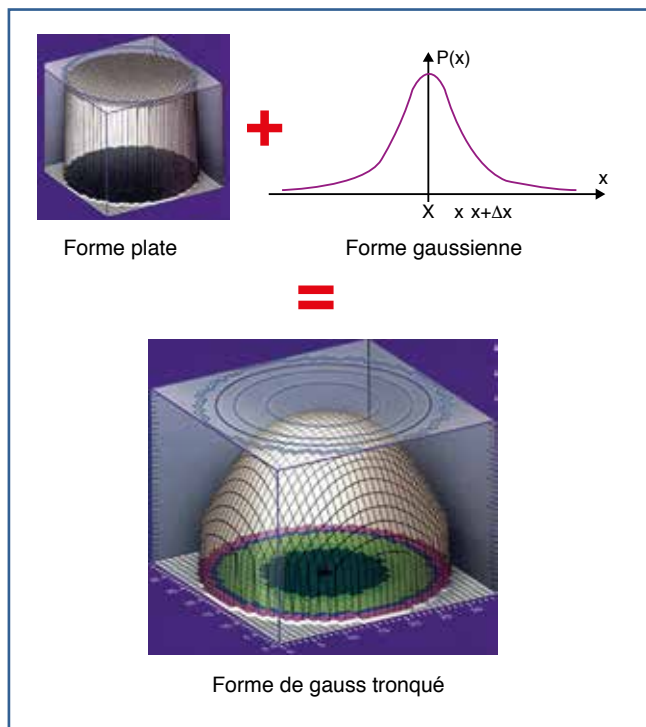


Fig. 5 : Profil du spot de 1 mm gaussien tronqué permettant d'aborder des profils de photo-ablation plus subtils (zone de transition asphérique, traitement aberrométrique, cylindres croisés...).

verticales et horizontales sur la façade du laser, en dessous et à côté de l'écran de contrôle. En effet, à l'aube de l'an 2000, le 217z inaugure la génération des lasers "à carte" et donc un nouveau modèle économique pour la société où le chirurgien paye à l'acte à chaque utilisation de carte glissée dans le laser. Cette dernière permet ainsi de disposer d'un nouvel algorithme de traitement : le Zyoptix. Il autorise des profils de photo-ablation plus complexes en permettant de combiner un spot de 2 mm avec un spot plus fin de 1 mm de diamètre présentant un profil gaussien tronqué (fig. 5), particulièrement utile pour les traitements personnalisés guidés par aberrométrie ainsi que de la prise en charge de zones clés comme la zone de transition.

5. La plateforme 217z100 (fig. 6)

Le 217z100 signe l'avènement du traitement personnalisé et du choix de l'algorithme de traitement par le chirurgien. Nous sommes en 2003 et déjà les prestations apportées par ce laser font figure de référence à l'époque :

- tête laser corona délivrant des spots de 2 mm et 1 mm ;
- *eye-tracker* actif et passif de 240 Hz ;
- algorithme de base : planoscan avec une fréquence de tir de 50 Hz.



Fig. 6 : Plateforme 217z100. La plateforme du traitement personnalisé.

Surtout l'opérateur peut utiliser le système à cartes Zyoptix avec 3 algorithmes disponibles au choix : *Zyoptix Tissue Saving* (réduction de la consommation tissulaire), *Zyoptix Aspheric* (permettant de conserver la prolaticité préopératoire de la cornée et d'éviter une trop forte induction d'aberrations sphériques positives lors de la photo-ablation myopique) et le *Zyoptix Personalized* qui ouvre la voie de la correction personnalisée basée sur le recueil et l'analyse du front d'onde.

En 2000 est justement créé en parallèle un aberromètre *ad hoc*, le ZYWAVE qui est relié à l'ORBSCAN II. Ensuite, apparaîtra en 2002 (un an avant la mise sur le marché du z100) la station diagnostique ZDW (Zyoptix Diagnostic Workstation), reliant et combinant l'ORBSCAN II avec le ZYWAVE II.

La prise en charge des aberrations optiques au-delà de l'ordre 2 (dites aberrations optiques de haut degré ou encore HORMS) avec les 217z et 217z100 marque un vrai tournant de la chirurgie réfractive avec la possibilité de traitements toujours plus personnalisés et respectueux de l'architecture cornéenne. Il préfigure une philosophie nouvelle dont le but est de corriger sans nuire, en évitant surtout la création de phénomènes photiques mésopiques/scotopiques (halos, glare, starburst).



Fig. 7 : Plateforme 217P. L'ultime évolution du 217.

6. La plateforme 217P (fig. 7)

La fusion de Technolas avec la société 20/10 Perfect Vision donne naissance à la dernière plateforme 217 en 2010, le modèle P.

Hormis la modification ergonomique évidente par rapport au 217z100, et tout en reprenant à son compte les grandes caractéristiques techniques qui avaient fait le succès commercial de son prédécesseur, le laser 217P propose une nouveauté très attendue : la correction de la presbytie par la mise à disposition d'un algorithme dédié : le SupraCor. Il est tout d'abord limité aux seuls hypermétropes et l'addition proposée est unique ("bump" symétrique correspondant à un SupraCor Regular bilatéral).

Le modèle P va ainsi clore en 2013 la longue série 217, initiée en 1996 par le 217A créé à l'époque avec Chiron Vision.

7. La plateforme 317 TENEO I et TENEO II (fig. 8)

Le TENEO I est commercialisé dès 2013 et suscite dès sa sortie un engouement important. La plateforme 317 a inauguré, pour B + L, l'ère des lasers avec cadences de tir ultra-rapide de 500 Hz. Ce virage était rendu impératif par la pression de la concurrence (Alcon avec le EX-500, ZEISS avec le MEL-90 et Schwind avec AMARIS).

Depuis 2017, cette plateforme est devenue le 317 TENEO Model 2 ou TENEO M2, suite à une évolution logicielle de l'algorithme de traitement et de modifications sur le *hard system* (microscope, miroirs...).



Fig. 8 : Plateforme 317 actuelle.

C'est donc cette ultime évolution que nous allons analyser plus en détail dans cette seconde partie.

■ TENEO M2 : spécificités techniques

Le TENEO M2, forme la plus aboutie du laser 500 Hz de la société B + L, a vu son cahier des charges lesté de nombreux points importants :

- le design ;
- l'ergonomie de la plateforme ;
- la qualité du microscope ;
- la performance de l'*eye-tracker* ;
- l'optimisation de la délivrance du traitement.

1. Le design (fig. 9)

La tête laser est supportée par un bras fin, angulé par rapport à la console centrale de 45°. Ce déportement allégé permet d'éviter au patient la sensation d'être oppressé sous le laser. L'accès au patient est également facilité pour le chirurgien et l'aide opératoire.

B + L a aussi beaucoup travaillé sur l'empattement au sol du laser (fig. 10), dans l'idée de mettre sur le marché un appareil aussi compact que possible. Dans les centres de chirurgie réfractive pour lesquels les blocs opératoires sont petits, ce paramètre est un argument important pour gagner du volume et de la place dans la salle et améliorer la circulation du patient et du personnel. Le TENEO M2 bénéficie aussi d'une pédale d'activation du laser de taille extrêmement réduite.



Fig. 9 : Notez le bras porteur de la tête laser, déporté et très fin.

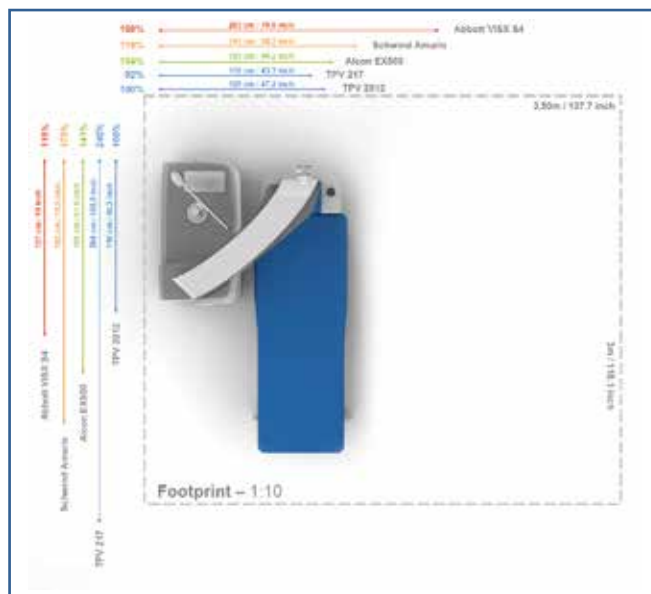


Fig. 10 : Sur ce graphique, on peut comparer l'empreinte au sol et les dimensions de la plateforme TENEO M2 avec la concurrence ou avec les lasers antérieurs de la marque.

2. Ergonomie

Le lit patient a été modifié. Il est plus large, plus ergonomique et se déplace selon un mouvement rotatoire, contrairement aux versions précédentes où il se déplaçait selon un mouvement de translation parallèle. Cela facilite le couplage de la plateforme avec un système femtoseconde positionné à côté, lors de la première phase du traitement. La rotation est personnalisable entre 0 et 60° et permet par conséquent une adaptation aisée aux différents environnements. Dans notre expérience, la rotation à 60° permet le positionnement sous le



Fig. 11A: Position du lit rotation 0° : traitement Excimer. **B :** position du lit rotation 30° : arrivée/départ du patient. **C :** position du lit rotation 60° : traitement de découpe femtoseconde.

femto, la rotation à 0° permet le traitement Excimer et la rotation à 30° autorise aisément l'entrée/sortie du patient entre les 2 stations (*fig. 11 A, B, C*).

L'interface moniteur a été aussi repensée (*fig. 12*). L'écran est plus grand (écran de 24 pouces et dimensions de 402 x 577 mm au format 16/10^e). Il permet une visualisation aisée des commandes et de l'acte opératoire avec une résolution maximale de 1900 par 1200 pixels. Il est tactile autant que acoustique (ce qui permet de conserver l'interaction sur l'écran même avec des gants ou au travers d'une housse stérile de protection). Il peut être aussi facilement désinfecté par une lingette stérile (surface plane étanche).

Le joystick de contrôle du lit du patient a été aussi retravaillé. Jusqu'à présent, sur le modèle 217P et le TENEO I, la sensibilité du joystick était de type "exponentielle" avec une

accélération du déplacement du lit au fur et à mesure du maintien du joystick dans la direction voulue. Inconvénient : une sous-estimation du dosage sur le joystick et un œil qui "sortait" souvent de l'écran de contrôle, obligeant à remettre un coup de joystick dans l'autre sens. Ce qui peut se révéler agaçant lors de l'utilisation du laser en routine.

Sur le TENEO M2, la sensibilité du joystick peut être personnalisée en fonction de 4 choix possibles (*fig. 13*). Le mode exponentiel est sélectionné par défaut.

L'ergonomie a été améliorée également au niveau de la séquence de traitement. L'enchaînement des différentes étapes du traitement était plutôt complexe sur le 217P, demandant beaucoup de manipulations de la part de l'aide opératoire et alourdissant inutilement la procédure. Le TENEO a donc évolué vers une situation beaucoup plus "user friendly".



Fig. 12 : L'écran de contrôle et de monitoring du 317.

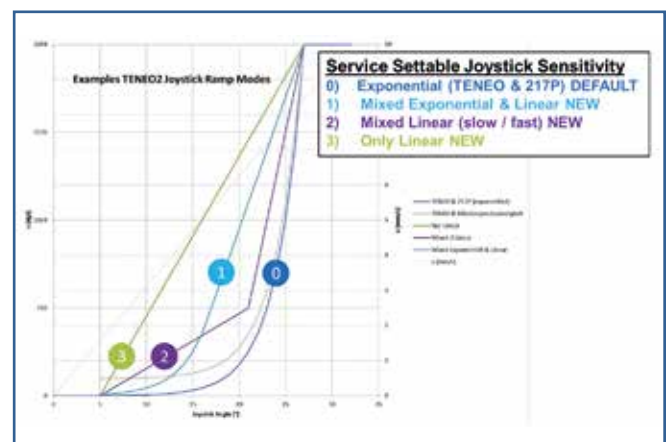
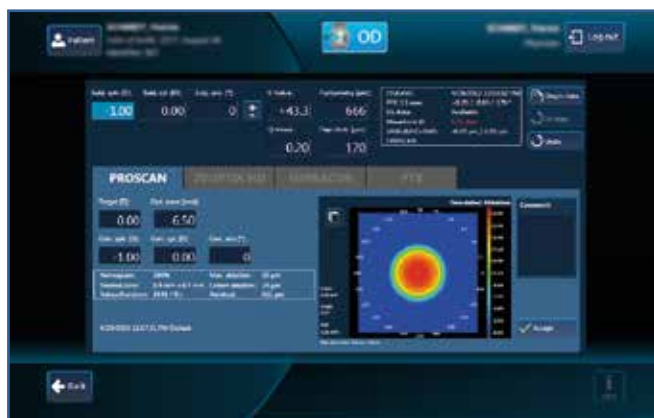


Fig. 13 : Les différentes sensibilités de joysticks disponibles.

Fig. 14A : 1^{er} temps : la sélection du dossier patient.Fig. 14C : 3^e temps : confirmation du traitement.Fig. 14B : 2^e temps : calcul et paramétrage du traitement.Fig. 14D : 4^e temps : réalisation du traitement et écran de contrôle.

Maintenant, il permet une prise en charge en 4 temps unique-
ment (fig. 14 A à D).

3. Qualité du microscope

C'est un microscope binoculaire grand champ Carl Zeiss
embarqué, de très bonne qualité (fig. 15).

Sa tête pivote sur 360°, ce qui permet de l'adapter à des
chirurgiens de taille différente.

Il est pilotable par le chirurgien grâce à un pavé tactile, situé à
gauche sur le bras du laser ou directement depuis le moniteur
de contrôle (fig. 16).

Il offre 5 magnifications d'image possibles (2,5x, 4x, 6,5x, 10,5x,
16x) ainsi qu'un booster de 50 % pour chaque grossissement.

L'image est bien plus lumineuse que la version TENEO I
(suite à une modification des optiques) notamment lors de



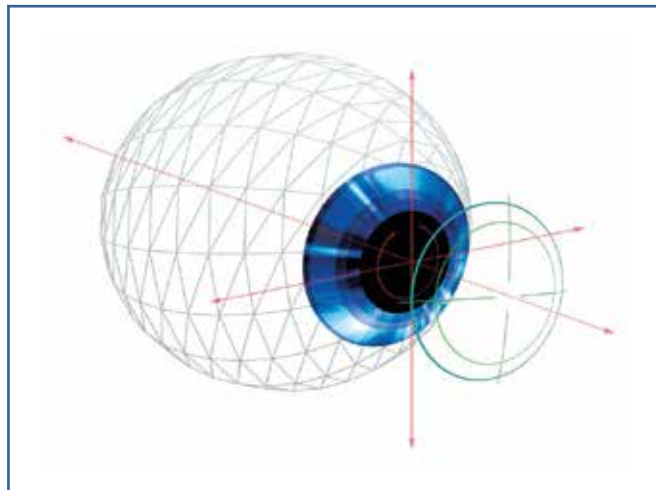
Fig. 15 : Tête du micro-
scope rotative avec le
pavé tactile de contrôle
à gauche et bouton rotatif
de contrôle de la LAF à
droite.



Fig. 16 : Pavé tactile de contrôle du
microscope sur l'écran du moniteur
(GUI interface). Les trois boutons du
haut (de gauche à droite) : on/off du
spot pour le réglage de la hauteur
(Z), on/off du spot de l'eye-tracker,
on/off du spot de fixation. Les trois
boutons du bas : descente/montée
du plume evacuation unit, sélection
du grossissement de l'image,
on/off de la lame à fente. La barre
centrale permet l'ajustement de la
luminosité.

l'utilisation de la lampe à fente intégrée. Celle-ci se déplace grâce à un bouton rotatif situé à droite du microscope.

4. Performance de l'eye-tracker



Les performances de cet *eye-tracker* répondent aux exigences les plus élevées du moment.

C'est un *eye-tracker* de très haute fréquence :

- fréquence de *sampling* de 1740 Hz dans le plan X/Y (1^{re} caméra HD)
- fréquence de *sampling* de 170 Hz dans le plan Z (hauteur) et rotatif (2^e caméra HD)

C'est un *eye-tracker* "4 dimensions" :

- mouvements X/Y/Z ;
- cyclotorsion statique ;
- rotation dynamique intraopératoire ;
- compensation du *pupil shift* en fonction de l'éclairage.

Il est piloté selon un enregistrement de l'œil réalisé par caméra co-axiale, ce qui permet de limiter les défauts d'alignement en cas de mouvement Z.

D'ailleurs la reconnaissance de l'iris est également plus rapide. L'éclairage infrarouge est assuré automatiquement par la descente du plume evacuation unit (**fig. 17**). Finies les *goosenecks* souples qu'il fallait positionner à chaque fois entre chaque patient.

5. Optimisation de la délivrance du traitement

Les algorithmes de traitement disponibles sont au nombre de 6 : la PTK, le PROSCAN (traitement asphérique) et



Fig. 17 : Le *plume evacuation unit*. Lors de sa descente, l'éclairage IR fixe ainsi que les 2 caméras HD sont activés et déclenchent la mise en route de l'asservissement par l'eye-tracker, sans manipulation nécessaire. À noter que l'aspiration par ce long tuyau souple se fait vraiment *in situ* au niveau de l'œil du patient. L'efficacité de l'aspiration du tissu vaporisé est telle que la procédure est devenue inodore pour le patient ; fini l'odeur de cochon grillé pendant la procédure Excimer !

PROSCAN ECO (équivalent de l'ancien *Tissue Saving*), le ZYOPTIX HD (traitement *wavefront-based*) et le ZYOPTIX HD ECO, et enfin le traitement SUPRACOR pour la presbytie.

À noter que pour bénéficier du ZYOPTIX HD de façon optimale, le recueil du front d'onde doit être réalisé à partir de la nouvelle station ZyWave 3. En effet, cette dernière a vu son nombre de points d'analyse multiplié par 9 par rapport à la version précédente et elle est également couplée à une nouvelle caméra de type HD. En utilisant une station ZyWave II – ce qui est toujours possible –, on obtient l'équivalent d'un ZYOPTIX standard.

Évidemment, c'est le spot et son pattern de distribution qui ont demandé des efforts importants de développement.

Les équipes R & D ont beaucoup œuvré pour optimiser la fluence du spot laser.

Au départ, pour la version TENEO I, le choix d'un spot plutôt froid avait été fait (énergie du spot de 1,1 mJ pour une fluence de 140 mJ/cm²). Mais la combinaison avec une fréquence de 500 Hz a certainement expliqué une certaine imprécision dans la correction réfractive quelquefois observée.

Il fallait donc déterminer le meilleur ratio possible entre efficacité de la photo-ablation et échauffement tissulaire. Cependant, une diminution de la fluence n'est pas forcément liée à une diminution de l'échauffement : si l'énergie est trop

faible, le tissu n’est pas retiré et surtout l’énergie est absorbée et convertie en chaleur, ce qui conduit donc au résultat inverse.

Selon les travaux de Krueger et Trokel sur le laser Excimer de 193 nm de longueur d’onde, le meilleur ratio est obtenu avec une fluence de 200 mJ/cm².

C’est la fluence retenue pour le TENEO M2 avec un spot laser de 1,6 mJ (*tableau II A et II B*).

Cette amélioration du profil thermique a été aussi rendue possible par une nouvelle répartition algorithmique des spots sur la version 2 (répartition entropique) tout en réduisant le risque d’overlap.

Un des problèmes majeurs rencontrés avec la marque B + L jusqu’à présent était l’étalement irraisonné des zones de traitements, avec des diamètres de zone qui dépassaient allègrement celui du lit stromal, notamment pour les traitements hypermétropiques.

Un effort très significatif a été fait en ce sens, en optimisant la prise en charge des zones de transition. Cela est vrai lorsqu’on compare les résultats d’aujourd’hui avec la série 217, mais également lors de la comparaison entre 317 I et 317 II.

Corneal temperature increase with time				
in °C	Myopia -8/0/0 6,5 mm			
	Mean increase		Peak increase	
System	TENEO	TENEO MODEL2	TENEO	TENEO MODEL 2
Treatment area	5,2 °C	2,9 °C	5,9 °C	3,7 °C
Central area	7,8 °C	5,5 °C	9,1 °C	7,3 °C
Hottest spot	8,7 °C	6,4 °C	10,4 °C	8,6 °C

Tableau II A : Élévation de la température cornéenne selon une ablation myopique. Comparatif entre TENEO I et II. La fluence pourtant supérieure du TENEO II est associée à une moindre élévation thermique (réduction du risque de haze et amélioration de l’efficacité). Caméra thermique sur œil de porc.

Corneal temperature increase with time				
in °C	Myopia -8/0/0 6,5 mm			
	Mean increase		Peak increase	
System	TENEO	TENEO MODEL2	TENEO	TENEO MODEL 2
Treatment area	4,3 °C	2,0 °C	5,7 °C	2,6 °C
Central area	3,1 °C	1,7 °C	5,0 °C	2,5 °C
Hottest spot	6,7 °C	4,7 °C	8,7 °C	6,2 °C

Tableau II B : Élévation de la température cornéenne selon une ablation hypermétropique. Comparatif entre TENEO I et II. Caméra thermique sur œil de porc.

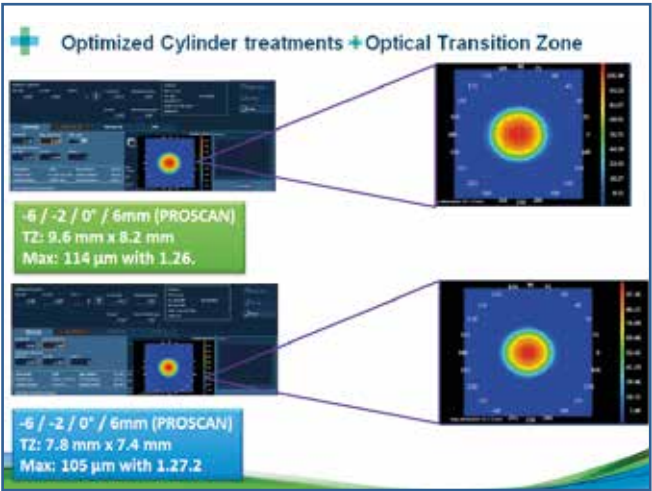


Fig. 18 : Comparaison du diamètre de zone de traitement entre TENEO I et TENEO II. Avec la même magnitude de traitement et le même algorithme (PROSCAN), on obtient une zone ellipsoïde de 61,8 mm² avec le TENEO I et de 45,3 mm² avec le TENEO II, soit une réduction de presque 30 % de la surface de traitement.

La combinaison entre ce spot idéalement énergétique et une fréquence de tir de 500 Hz autorise des traitements rapides avec le spot de 2 mm et ultra-rapide avec le spot de 1 mm.

Par exemple, pour une photo-ablation myopique de -6D avec une ZO de 6 mm, la vitesse de traitement est de 7 secondes soit 1,16 seconde/dioptrie. Ainsi, une PRK pour une myopie de -2D dure moins de 3 secondes.

On peut également donner à titre d’exemple, pour illustrer l’avancée réalisée dans la vitesse de traitement, un comparatif entre l’ancienne série 217 et le TENEO II (*tableau III A et III B*).

	217P			TENEO 2 1,27		
Sph (D)	Tps (s)	Max Abl (µm)	Zone (mm)	Tps (s)	Max Abl (µm)	Zone (mm)
+4	52	104	10,5 x 10,5	15	103	8,6 x 8,6

Tableau III A : Comparatif de vitesse de traitement, de profondeur maximale d’ablation et de diamètre de zone entre laser 217P et TENEO II. Traitement hypermétropique de +4D.

	217P			TENEO 2 1,27		
Sph (D)	Tps (s)	Max Abl (µm)	Zone (mm)	Tps (s)	Max Abl (µm)	Zone (mm)
+4	52	104	10,5 x 10,5	15	103	8,6 x 8,6

Tableau III B : Comparatif de vitesse de traitement et de profondeur maximale d’ablation entre laser 217P et TENEO II. Traitement SUPRACOR Regular -0.5 sur une hypermétropie de +2D.

■ Conclusion

On le voit, la saga réfractive B + L est loin d'être terminée. De nombreux épisodes vont poursuivre la série pour toujours améliorer le service rendu au patient demandeur de chirurgie réfractive cornéenne.

Nous sommes passés de laser faisceau plein sans *eye-tracker* à des plateformes Excimer de très haute technologie.

Le modèle TENEO II, le plus abouti jusqu'à présent, offre au quotidien une facilité de traitement et une précision réfractive remarquables. Il correspond en tous points au *benchmark* du marché actuel : compact, fiable, ergonomique, cadencé à 500 Hz et couplé à un *eye-tracker* 4D. C'est un laser voulu universel pour répondre aux besoins des amétropies dites classiques mais également à la demande croissante du marché de la presbytie.

Cependant, il nous faut analyser ces dernières avancées technologiques avec l'humilité du temps qui passe. À l'image du K116 qui nous apparaît aujourd'hui totalement préhistorique, le TENEO II passera dans 25 ans pour une antiquité dont on se demandera comment les chirurgiens de 2018 pouvaient l'utiliser sans commettre de catastrophes. *Fugit irreparable tempus...*

L'auteur tient à remercier très chaleureusement Jean-Louis Cianfarani, directeur lasers France & Benelux de la société B + L, pour sa très amicale participation, son abondante et mémorielle iconographie ainsi que pour sa patiente relecture de cet article.

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



T. CHAZALON
Chirurgien ophtalmologiste,
Polyclinique de l'Atlantique, NANTES.
tchazalon@gmail.com

SMILE: techniques diverses, retraitements et complications

■ Techniques diverses

1. Programmation

>>> Place du lenticule

Les recommandations de Zeiss, pour le SMILE avec le Visumax, sont une pachymétrie préopératoire de $500\ \mu$, la première découpe, postérieure et réfractive, à $250\ \mu$ au moins de l'endothélium (mur postérieur), la deuxième découpe, antérieure, "cap cut", entre 120 au moins et $160\ \mu$ au plus, de la surface (on appelle la partie située en avant du lenticule: capot ou "cap"). Avec des limites minimum de cap de 120 et de mur postérieur de 250 , Zeiss autorise techniquement une cornée postopératoire totale de $370\ \mu$, c'est-à-dire $30\ \mu$ de moins que ce qui est communément admis en LASIK.

>>> Épaisseurs du capot et du mur postérieur

En SMILE, il est conseillé de faire un capot épais pour mieux préserver les nerfs sous la surface ainsi que la résistance. En routine, un cap de $140\ \mu$ est une bonne base de programmation, mais pour laisser le plus possible de cornée antérieure, il semblerait logique de placer systématiquement le bord postérieur réfractif du lenticule à $250\ \mu$ de l'endothélium; ensuite,



Fig. 1 : Incision de 2,9 mm à deux mois.

avec l'augmentation de la myopie, donc de l'épaisseur du lenticule, de diminuer progressivement l'épaisseur du cap de 160 à $120\ \mu$.

Dans le cas où la myopie ne pourrait pas être totalement corrigée sous un cap de 120 (voire $110\ \mu$, déconseillé), il faudrait alors réduire l'épaisseur du lenticule en diminuant son diamètre. Une étude chez le lapin n'a montré que des différences biomécaniques mineures entre des capots de 100 et $160\ \mu$. En revanche, sur des cornées d'au moins $560\ \mu$, une étude a observé une réponse cicatricielle immédiate plus neutre avec un capot de $140\ \mu$ qu'avec un capot de 120 . Après 3 mois, il n'y a plus de différence.

Par ailleurs, une étude en microscopie électronique à balayage a montré que la surface du lenticule est plus lisse quand le capot est plus fin.

>>> Diamètre du lenticule

Le diamètre du lenticule par défaut est de $6,50$ mm dans une poche de $7,50$ mm. Il peut varier de 5 à 8 mm et Zeiss recommande de rester entre 6 et 7 mm. Le cap (poche) peut varier de 6 à $10,5$ mm, sauf qu'il n'existe pas de cône permettant un cap de $10,5$ mm. Un cône S, utilisé en standard, permet un cap de $7,9$ à $8,0$ mm et un cône M, permettrait un cap de $8,8$ à $8,9$ mm.

La différence de diamètre entre le cap et le lenticule est en standard de 1 mm et peut varier d'un minimum de $0,2$ mm à un maximum de $2,5$ mm. Une étude a montré que la diminution de la différence de diamètre de 1 mm à $0,4$ mm entre la poche et le lenticule peut réduire les aberrations de haut ordre, sans préciser si le repérage initial des plans s'en trouve plus difficile.

Dans une autre étude, l'épaisseur mesurée du lenticule était toujours inférieure à l'épaisseur prévue et cette différence

s'accroissait avec l'augmentation de la myopie, sans pour autant avoir d'incidence sur le résultat.

>>> Épaisseur du *side-cut*

L'épaisseur standard du bord du lenticule est de 15 μ . Celle-ci peut varier de 10 à 30 μ .

>>> Épaisseur du lenticule

Elle varie en fonction de la myopie (**tableau I**), du diamètre du lenticule et de l'épaisseur du *side-cut*. Les myopies légères impliquent la création d'un fin lenticule, plus exposé à une déchirure avec extraction possiblement incomplète. Il est prudent jusqu'à -2 ou -3D d'augmenter l'épaisseur, donc la résistance, du lenticule, soit en élargissant son diamètre (effet bénéfique sur la zone optique et la qualité de la vision) soit en augmentant l'épaisseur du *side-cut*, soit les deux.

>>> Taille de l'incision

Une comparaison de SMILE avec incision de 5 mm avec des MILE (*Micro Incision Lenticule Extraction*) de 2 mm a montré une moindre diminution des paramètres de l'ORA dans les suites immédiates pour ces derniers, sans préciser si le risque de refend sur le bord de l'incision est augmenté.

>>> Énergie du laser

Plusieurs publications, dont celle de Donate, vont dans le sens d'une énergie basse pour une récupération visuelle plus rapide et meilleure, avec moins d'aberrations dans les suites précoces.

La combinaison optimale serait un espacement des *spots* de 4,5 μ et une puissance située entre 100 nJ (proche du seuil de plasma) et 125 nJ, selon les travaux :

- l'énergie module la qualité de la récupération visuelle et la facilité de la dissection ;
- l'écartement des *spots* joue sur la facilité de dissection ;
- l'écartement standard des *spots* est de 4,5 μ . Si la récupération visuelle semble insuffisante, il est conseillé de baisser l'énergie du laser. Si la dissection devient difficile, l'énergie

peut être augmentée soit directement, soit par le biais du resserrement des *spots*.

Deux publications attestent de la possibilité de faire un SMILE derrière des opacités cornéennes.

>>> Nomogramme selon l'amétropie et l'âge

Le nomogramme en fonction de l'amétropie varie d'un appareil à l'autre. Certains programment l'amétropie exacte, d'autres 10 % de plus, d'autres 0.25 dioptrie de plus quelle que soit la myopie. Liang G. propose un nomogramme basé sur une formule de régression linéaire.

L'épaississement épithélial consécutif au SMILE peut influencer le résultat, principalement dans les fortes myopies. Il augmente en fonction du degré de myopie traitée, ce qui peut justifier un nomogramme. Cependant, chez les patients plus âgés, et ce à partir de 35 ans, la réponse épithéliale est moindre, ce qui peut être facteur de surcorrection. Au centre de la cornée, l'épaississement épithélial à 3 mois est stable alors qu'en LASIK, il est plus important et évolue encore.

Pour l'astigmatisme, une étude a mesuré le SMILE surcorrecteur en dessous de 1D et sous correcteur au-delà de 2D. Une autre étude chiffre la sous correction à 11 % avec une légère rotation de l'axe dans le sens anti-horaire.

2. Repérage de l'axe visuel

L'objectif d'observation (utilisé pour l'extraction du lenticule) permet de repérer la place du reflet du *spot* de fixation dans chaque pupille. Le patient est translaté sous l'objectif de traitement (utilisé pour la découpe laser) et son mode de fixation, qu'on vient de repérer, va guider pour le centrage du cône sur l'axe visuel (et non le centre pupillaire). Les publications attestent d'une bonne qualité du centrage, mais celui-ci reste une préoccupation importante, surtout dans les myopies fortes.

Une étude montre qu'un décentrement de plus de 0,6 mm par rapport à l'axe visuel peut diminuer le résultat. Lorsque l'angle kappa est grand, il faut centrer à moins de 0,6 mm du reflet et non au centre de la pupille. Des cas de reprises en

Lenticule standard de diamètre 6,50 mm avec *side-cut* de 15 μ , effectué en 23 secondes

Dioptries	-1.00	-2.00	-3.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00	-8.00	-9.00	-10.00
Microns	32	48	63	78	93	107	121	134	147	160

Tableau I.

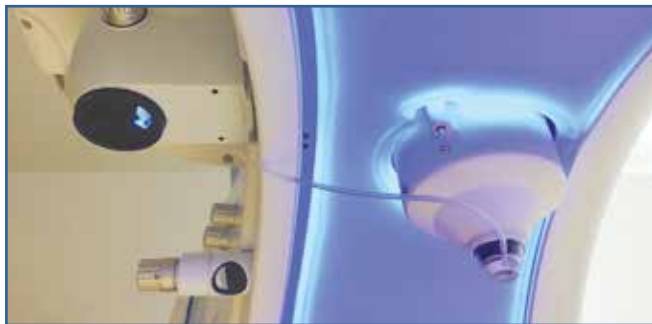


Fig. 2 : L'objectif du microscope pour l'extraction du lenticule et, à droite, le cône du laser avec son propre objectif.

topolink pour décentrement ont été décrits. Il est utile d'inscrire sur le dossier, la qualité du centrage obtenu.

3. Le docking

Le verrouillage du cône d'aplanation sur la cornée par aspiration conditionne la sécurité du maintien de l'œil et du centrage du traitement. Un blépharostat à vis est préféré chez les patients nerveux, et, pour éviter tout obstacle au faisceau laser, on essuie la cornée avec une microsponge humide. À partir de cet instant, il est capital de ne pas perdre de vue la cornée jusqu'au *docking* pour diagnostiquer à temps le retour d'une sécrétion.

Selon la forme de paupière ou la taille des cils, il peut être très utile d'ajouter l'index du chirurgien au blépharostat pour éviter de piéger des cils entre cône et cornée. Chez un patient nerveux, il est bon de garder ce doigt fermement appuyé jusqu'à la fin du temps de laser, pour bloquer la paupière et aussi percevoir et empêcher les mouvements de la tête.

Le *docking* est un travail d'équipe pendant lequel le patient est informé à chaque instant du déroulement de la procédure et de ce qu'on attend de lui. Des explications préalables augmentent la bonne compréhension de l'intervention.

L'approche du cône est donc centrée sur le reflet du clignotant de fixation. Au contact de la cornée, le reflet peut rester centré ou bien se décaler, possiblement par la pression du cône : par exemple, s'il appuie trop bas l'image se déplace vers le haut. Si la correction est très légère, elle peut se faire au joystick (paradoxalement vers le haut dans cet exemple), sinon elle requiert un déplacement minimal de son œil par le patient qui doit avoir été bien préparé. Il faut obtenir l'aplanation des 8 à 9/10 de la cornée, concentrique à la périphérie du cône, tout en ayant

le centrage voulu. Lorsque l'aplanation et le centrage sont validés, le verrouillage déclenche la succion ce qui complète l'aplanation à toute la surface du cône et peut encore améliorer le centrage.

4. La découpe du lenticule

Le temps de laser se répartit en quatre phases :

- la face postérieure, de diamètre 6,5 mm, concave en avant et réfractive ;
- le *side-cut*, de 15 μ d'épaisseur, limitant le bord du lenticule ;
- la découpe de la face antérieure, plane, non réfractive, de 7,5 mm de diamètre (elle débord de 0,5 mm autour du lenticule ce qui crée la poche) ;
- l'incision d'environ 3 mm, en supérieur, sur le bord de la poche.

La réalisation d'emblée des deux premières séquences est la condition recommandée par Zeiss pour terminer en SMILE. Il faut donc bien surveiller le déroulement de ces deux premières phases pour s'assurer qu'elles sont complétées et être certain que le SMILE pourra être continué.

Au contraire, la face antérieure non réfractive et l'incision peuvent être recommencées même avec un léger décentrement aux conséquences possibles non sur la vision mais sur le début de dissection du lenticule.

5. L'instrumentation

- Crayon Fine Tip pour le marquage de la référence horizontale pour l'astigmatisme ;
- Steristrip : pour récliner les cils supérieurs ;
- Blépharostat à vis pour ouvrir largement et éloigner l'eau présente dans le cul de sac supérieur ;
- Microsponges ;
- Seringue de BSS avec une canule non agressive pour l'épithélium.

>>> Dissecteur

Il peut être droit ou courbe, à concavité inférieure. Dans ce dernier cas, en suivant la courbure de la cornée, il diminue le risque de traverser de postérieur en antérieur un fin lenticule pendant la dissection du plan postérieur. Fin, il permet d'initier les deux plans et faire la dissection. Épais, il ouvre les plans par son volume et comporte peu de risque de déchirer le lenticule ou de piquer dans le stroma et faire une fausse route en cas de dissection difficile.

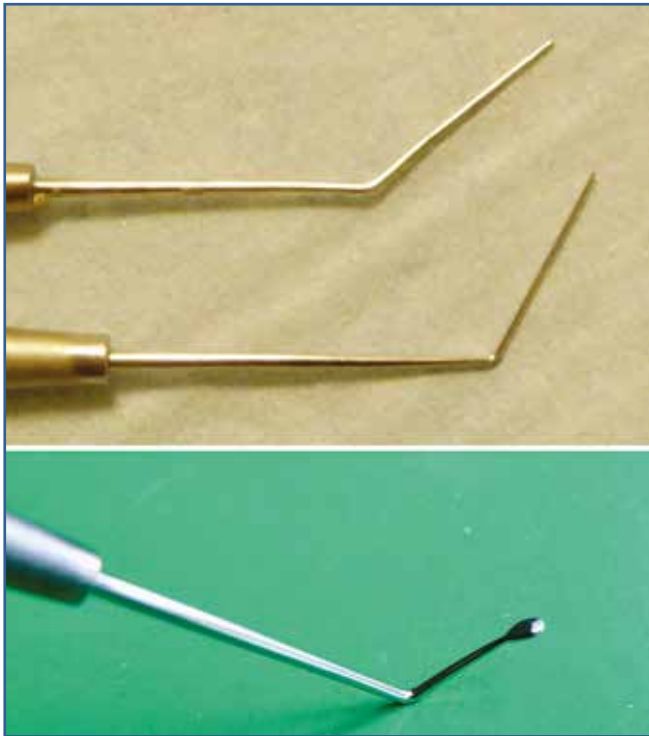


Fig. 3A : Deux épaisseurs de dissecteurs. B : le séparateur de Reinstein.

Il est également moins agressif pour les extrémités de l'incision et minimise le risque de trait de refend. Il est trop gros pour initier les plans et un dissecteur court, angulé et fin est nécessaire, et idéalement placé à l'autre bout du même manche. La grande partie dissectrice peut être ronde ou plate, voire terminée par un renflement.

Un dissecteur plat et fin sera utile pour rompre la résistance d'un *blackspot* en complément des actions des autres instruments (fig. 3).

>>> Pinces

- Pince de Hoskins à mors courbes sans griffes pour tenir le globe au limbe ;
- Pinces pour extraire le lenticule entier: Troutman, Mac Pherson, à rhexis,
- Pince articulée à commande distale type Rupal Shah, pour un lenticule déchiré (fig. 4).

>>> Instruments accessoires

- Crochet, genre Sinsky inversé vers le haut, très court, pour chercher le bord du lenticule en haut en cas de dissection postérieure initiale involontaire et récupération difficile.



Fig. 4 : La pince de Rupal Shah.

- Manipulateur terminé par un petit triangle à extrémité pliée à 90° pour décrocher un bord de lenticule non visible ou pour ratisser une invasion épithéliale.

Cette chirurgie nouvelle, à la courbe d'apprentissage plus longue, et plus délicate dans les petites myopies, appelle de nouveaux instruments qui sont proposés régulièrement par les fabricants et peuvent simplifier et sécuriser les procédures. Des études chez l'animal ont montré que l'inflammation post-opératoire dépend plus des manipulations de l'interface que de l'énergie délivrée par le laser.

6. L'installation

Elle est cruciale et doit permettre une dissection-extraction rapide en une à trois minutes sans besoin d'arroser. Il est important d'éviter l'entrée d'eau par l'incision sinon elle va effacer les repères que sont le bord de la poche et surtout le bord du lenticule (*side-cut*) ce qui est encore plus gênant. Il faut donc, après la dernière instillation anesthésiante, faire lever le menton pour bien dégager le limbe supérieur, bien éponger le cul de sac supérieur et sécher l'incision avant de l'ouvrir. Un adhésif éloigne les cils de la paupière supérieure. L'exposition d'un blépharostat à vis est la meilleure. Le patient sait que chaque fois qu'on arrête de mobiliser son œil, il doit refixer la lumière.

7. La gestion du lenticule (fig. 5)

>>> L'incision

L'incision, selon la main de l'opérateur, peut-être placée sur 11 h, sur 1 h ou tout simplement sur midi pour ne pas être dans l'axe d'une tige du blépharostat. La longueur de l'incision, large d'environ 4 mm dans les débuts doit descendre à moins de 3 mm avec l'expérience.

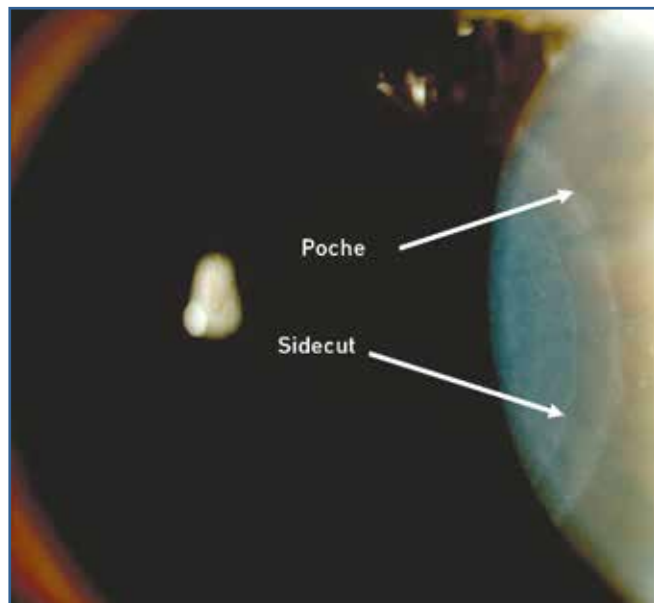


Fig. 5 : Sidecut et poche à J1.

L'ouverture de l'incision doit épargner l'épithélium et le fendre le plus proprement possible. Chez les patients plus âgés, l'épithélium est moins adhérent et, pour ne pas le décoller en l'ouvrant, il faut choisir un instrument fin. Si le bord de l'épithélium se décolle, ou pire se déchire, il faudra le surveiller de près pendant la dissection des plans afin de ne pas en introduire un fragment dans l'interface.

>>> La préparation des deux plans

● Initialisation antérieure

Le but est de glisser d'un seul côté, plutôt gauche pour une main droite, l'instrument dans le canal qui sépare le *side-cut* du bord de la poche (0,5 mm de large), en rasant la périphérie de la poche, pour rester à distance du bord du lenticule (*side-cut*), afin de ne pas risquer de le franchir trop tôt et passer involontairement dessous.

Seulement quand l'instrument est bien placé, on le soulève franchement et c'est en "rasant le plafond" que l'on passe alors au-dessus du *side-cut*. Ce faisant, on surveille la forme de ce bord qui doit rester un fin trait courbe et brillant non dédoublé. On ne doit pas le voir passer en pont au-dessus du dissecteur. On délamine ainsi l'interface antérieure tout en restant sur la moitié gauche de l'incision. Si le bord du lenticule est dédoublé à l'endroit où l'instrument voulait passer au-dessus, il y a un risque d'être en réalité en dessous. Il vaut mieux recommencer la manœuvre en partant de la droite.

● Initialisation postérieure

On retire l'instrument et on se porte sur la moitié droite de l'incision.

Pour passer sous la face postérieure, il faut pousser le manipulateur incliné à 45° vers le bas, tout droit vers le centre.

Une fois que la résistance est rompue, l'instrument avance de 1 à 2 mm. Le passage de la tige du manipulateur sous le bord du *side-cut* provoque une inversion de courbure de celui-ci sous forme d'une encoche sur 1 à 2 mm, qui confirme que l'on est dans le bon plan et il est normal maintenant de voir le très fin trait brillant du *side-cut* passer au-dessus de l'instrument.

On délamine alors le dessous du lenticule vers la droite et le franchissement plus dur du *side-cut* est un indice supplémentaire de la bonne position postérieure du manipulateur.

Les trois signes du plan postérieur

- L'encoche d'entrée sous le *sidecut*
- La résistance à l'ouverture latérale du *sidecut*
- La non-connexion au plan antérieur

Il est très important d'être rigoureux dans l'obtention de la délamination antérieure, car ce n'est rien de passer ensuite en postérieur, alors que lorsque l'on est entré d'emblée dessous, il peut être beaucoup plus difficile de repasser au-dessus du lenticule collé "au plafond".

>>> Dissection des deux plans

● La dissection de la face antérieure va jusqu'au contact du bord de la poche :

C'est la plus facile car on dissèque jusqu'en périphérie et c'est le bord de la poche qui arrête le geste. On introduit l'instrument dans le plan préparé et on l'avance avec un mouvement "d'essuie-glace" en allant au contact des bords de la poche. On essaye de passer proprement dans l'axe visuel en un seul mouvement horizontal, utilisant le bord de la tige du dissecteur et non son extrémité. L'incision est le centre de rotation des mouvements : la main se déplace à gauche quand on dirige l'instrument à droite et inversement. Si la cornée est plus difficile à disséquer que la moyenne, il faut surveiller les mouvements du manipulateur dans l'incision, surtout si on

utilise un instrument plat et fin qui a plus de risques de créer un trait de refend sur une extrémité de l'incision.

Pour terminer, de deux gestes hémicirculaires, on rase les bords gauche et droit de la poche en revenant vers l'incision.

● La dissection de la face postérieure s'arrête dans un premier temps à 1 mm du bord du *side-cut* :

C'est la plus délicate. Ce qu'il faut éviter, c'est un problème loin de l'incision : lenticule non détaché ou déchiré. On réintroduit le manipulateur dans le plan postérieur et cette fois la dissection s'arrête à 1 mm à peine du bord du *side-cut*. C'est la "limite de courtoisie". Il ne faut pas la franchir trop tôt pour garder une fine couronne d'adhérence en dedans du *side-cut* qui permet de garder la stabilité du lenticule, évitant lorsqu'on délamine vers la droite que le côté gauche ne suive et que le lenticule s'enroule autour du manipulateur (comme on le fait quand on plie en deux un volet de LASIK). Cette mobilité empêche alors de libérer le reste de la circonférence du lenticule.

On réalise la dissection à nouveau par des mouvements d'es-suie-glace en prenant toujours soin de libérer la zone la plus centrale avec le bord latéral de l'instrument. La partie postérieure du lenticule est généralement plus adhérente que la partie antérieure. Quand l'adhérence est anormalement forte et que la dissection est difficile, il y a un risque de fausse route dans le stroma en forçant avec l'extrémité d'un instrument fin. Pour cette raison, il vaut mieux pousser le dissecteur en périphérie (où une irrégularité de l'interface sera moins grave) et franchir le centre avec un mouvement latéral de l'instrument.

■ La technique à trois bandes (p. 104 & 105)

Quand on estime qu'on a laissé une couronne d'adhérence suffisamment étroite pour être décollée facilement, et suffisamment résistante pour assurer la stabilité du lenticule, on décide de libérer complètement ce dernier.

Ceci peut se faire de façon bien réglée en disséquant cette couronne en 3 gestes (sachant que l'incision est placée entre 11 h et 1 h) :

– on avance le dissecteur en face sur 6h sous la bande adhérente pour traverser le *sidecut* et on décolle par la gauche la première bande de 6 h à 2 h par un geste de retour vers l'incision, le bout de l'instrument longeant le bord de la poche (le lenticule est retenu par l'hémi-couronne de droite). On

s'arrête à 2 h pour respecter la bande d'adhérence entre 2 h et 1 h (contrairement à un geste allant de 2 h vers 6 h, ce mouvement de retour à partir de 6 h diminue le risque de traverser un lenticule un peu fin et le déchirer avant d'arriver au *sidecut*. Il évite aussi dans ce sens de bloquer l'extrémité du dissecteur dans le bord de la poche et permet un geste fluide) ;

– on se porte sur 5 h et, par la droite, avec le même geste de retour, on décolle entièrement la deuxième bande qu'est l'hémi-couronne de droite de 6 h à 11 h (le lenticule est retenu par la bande opposée entre 2 h et 1 h) ;

– on revient sur la gauche et on libère la troisième bande, courte, entre 2 h et 1 h. Si elle est suffisamment étroite elle est décollée sans que le reste du lenticule ne bouge.

>>> Extraction du lenticule

Alors que l'instrument est encore dans l'interface, on compacte le lenticule sur le bord de la poche près de l'incision. Ceci est plus facile si l'instrument n'est pas trop fin.

Ensuite, on lubrifie l'épithélium pour le protéger et, par petites pressions de la canule sur la cornée, on pousse le lenticule vers la sortie. Sur la partie du lenticule qui a franchi l'incision, on appuie la canule et en la faisant glisser sur le limbe on sort tout le lenticule. Une pince est inutile. Exceptionnellement, l'irrigation de l'interface peut faciliter les choses en veillant bien à ne pas y introduire d'épithélium.

Avantage de cette technique "1-2-3" : si la dernière bande adhérente ne se laisse pas disséquer parce que le reste du lenticule, trop tôt mobile, suit le manipulateur, la proximité de cette bande par rapport à l'incision permet quand même à la partie mobile du lenticule d'être pressée dehors. Elle est pincée entre le dissecteur et une microsponge sèche et une légère traction détache alors facilement cette dernière bande.

Si l'on préfère utiliser une pince, par principe ou à cause d'une difficulté, une Troutman, une Mac Pherson, une pince capsulorhexis ou une pince articulée, type Rupal Shah, pour les cas plus délicats, sont bien adaptées.

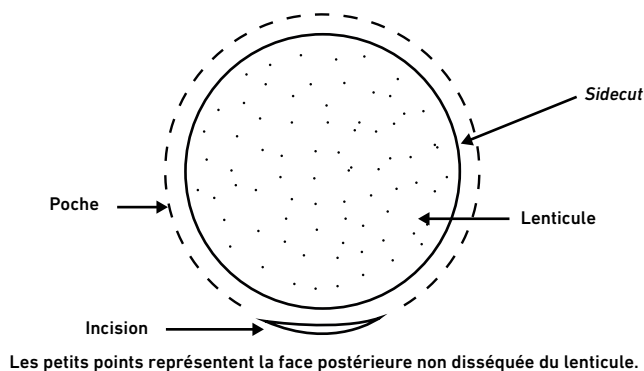
Le rinçage de l'interface est superflu.

Le rapprochement des berges de l'incision, en les tractant par la pression d'une éponge sèche, conclue l'intervention.

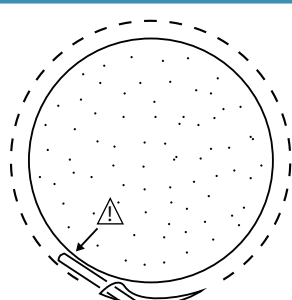
La rapidité de l'intervention sur le premier œil est un élément de confort pour le deuxième, en évitant que les repères n'aient le temps de s'effacer, ou l'interface de s'éclaircir.

La technique à trois bandes

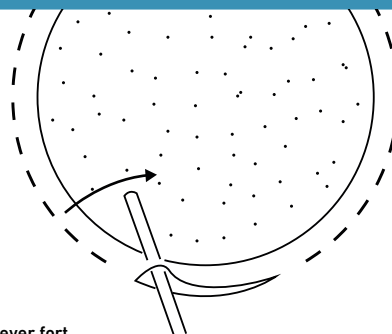
Lenticule et poche



Amorce du plan antérieur

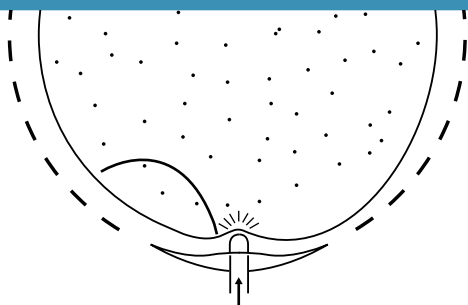


- Longer le bord externe de la poche.
- Ne pas s'approcher du *sidecut* pour ne pas risquer de passer dessous involontairement.

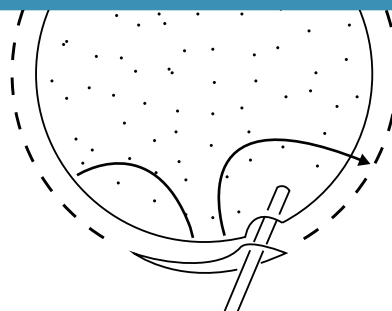


- Soulever fort.
- En rasant le "plafond", passer au dessus du *sidecut* en vérifiant qu'il n'est pas visible en avant du manipulateur.

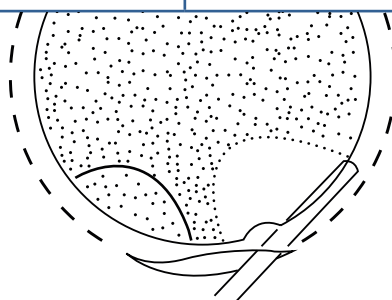
Amorce du plan postérieur



- Au contact du *sidecut*, pousser fort vers le bas.
- Dès qu'il est franchi, freiner le geste.

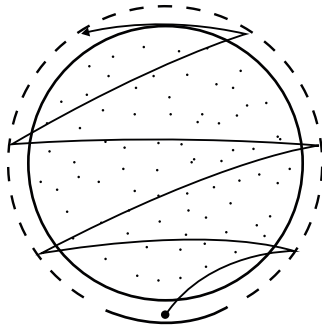


- Élargir vers la périphérie.
- Vérifier que le *sidecut* est visible au dessus du manipulateur.

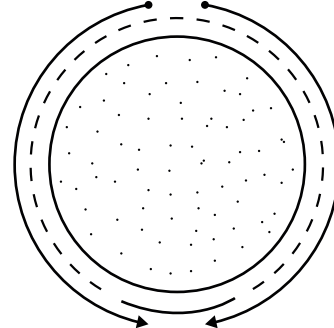


- Vaincre la résistance du *sidecut* en latéral.
- En cas de doute, vérifier que les plans ne se connectent pas.

Dissection du plan antérieur

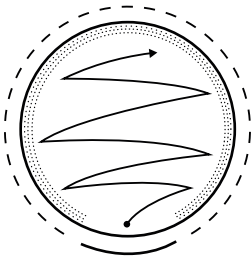


– Dissection du plan antérieur par des mouvements arrêtés par le bord de la poche.

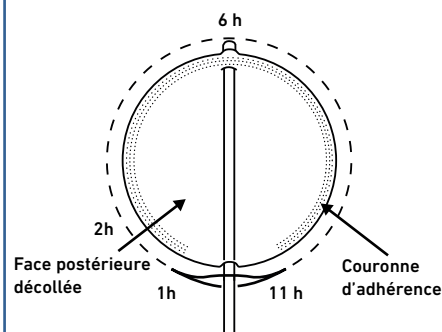


– Régularisation périphérique par deux mouvements de retour au contact du bord de la poche.

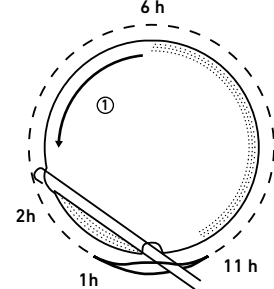
Dissection du plan postérieur



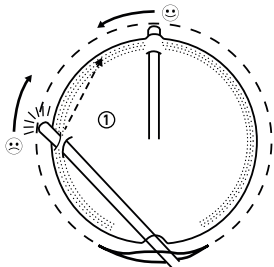
– Dissection du plan postérieur arrêtée 1 mm en dedans du bord du *sidecut*.
– Plus la myopie est faible et donc le lenticule fin, plus la bande doit être étroite pour moins résister et limiter le risque de déchirure.



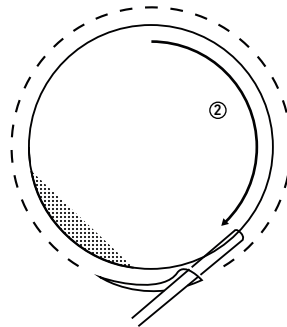
– Passer sous la couronne d'adhérence et le *sidecut* sur 6h.



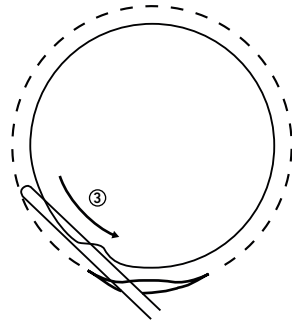
– En un geste, libérer la première bande et le *sidecut* de 6h vers 2h.
– Laisser une bande de résistance de 2h à 1h pour empêcher le lenticule de suivre vers la droite pendant la libération de la 2^e bande.



– En ouvrant d'abord à 2h, la conduite du geste est plus délicate :
– Trop loin, le manipulateur bute sur le bord de la poche, le geste est moins fluide.
– Trop court, on peut perforer la bande de dessous au dessus, avant d'avoir franchi le *sidecut* et déchirer le lenticule.

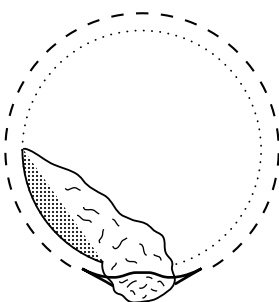


– Un seul geste libère la deuxième bande d'adhérence sur la moitié droite.



– La troisième bande est libérée par le dernier geste.
– Le lenticule est compacté et sorti par petites pressions sur la cornée.

Extraction du lenticule



– Une trop forte adhérence et/ou la mobilité précoce du reste du lenticule peuvent empêcher de décoller la dernière bande.
– La place de celle-ci près de l'incision permet de faire quand même sortir en partie le lenticule pour le saisir et le détacher facilement.

8. Variante avec astigmatisme

À partir de 0.75D pour certains, la procédure commence par le marquage de l'axe 3 h-9 h à la lampe à fente à 2 mm de part et d'autre du reflet central (*fig. 6*).

Ces marques sont fiables et indispensables pour garder le contrôle de l'axe de référence jusqu'au moment de commencer le laser. Le patient qui s'installe par la gauche du lit a souvent sous les oculaires une légère rotation des globes dans le sens antihoraire. Le fait de lui tourner la tête vers la gauche pour effacer le nez avant de traiter l'œil droit déclenche une exocyclorotation qui aggrave cette rotation antihoraire. Pour l'œil gauche, l'exocyclorotation diminue la rotation antihoraire. Sous le laser, lors du repérage initial du mode de fixation, on peut être amené à confirmer les marques avec un nouveau point de crayon. Une fois le *docking* verrouillé et seulement quand la succion est complétée, on tourne entre deux doigts le cône, ce qui entraîne une rotation de l'œil pour en aligner les points de repère avec l'axe horizontal de référence du laser. Cette procédure optimise le traitement sur l'axe du cylindre, améliore les résultats et est particulièrement recommandée pour le traitement d'astigmatismes élevés. La dissection de la face antérieure encore une fois est facile. Les deux mini *blackspots* créés par les marques sont peu gênants pour la dissection postérieure.

Cependant, sur un lenticule fin dont la face postérieure serait difficile à décoller si les marques sont proches du *sidecut*, il ne faut pas essayer de faire lâcher l'adhérence par un mouvement centripète quand la partie centrale n'a pas encore été délaminiée, car on peut risquer une déchirure du lenticule sur le *blackspot*.

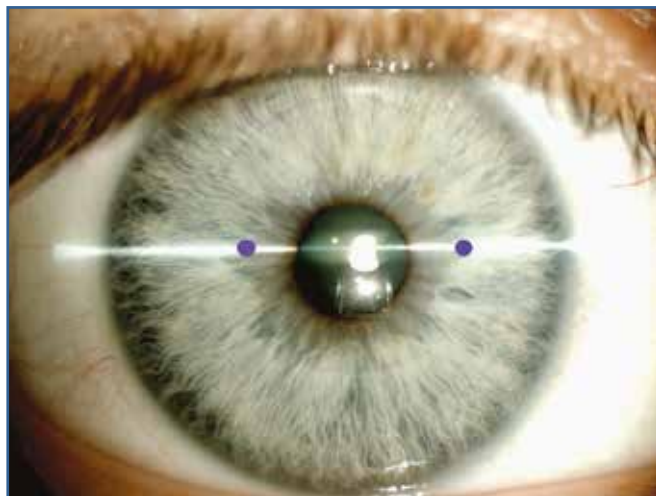


Fig. 6 : Représentation des marques 3 heures – 9 heures sur un œil déjà opéré.

9. Variante lors de la délamination postérieure

>>> Technique du mur triangulaire inférieur

Il est possible de procéder à l'ouverture complète du *side-cut* en latéral gauche et droit mais toujours à condition de garder un plan de résistance qui se trouve cette fois en inférieur vers 6 h. On introduit le manipulateur tout droit jusqu'à ouvrir le *side-cut* vers 5 heures et on ouvre tout le *side-cut* gauche par un mouvement de retour vers l'incision. On recommence par un mouvement symétrique l'ouverture du *side-cut* sur la droite de 7 heures à l'incision. Il reste un triangle inférieur d'adhérence dont la base est le *side-cut* de 5 heures à 7 heures et qui a permis d'ouvrir à droite sans que le lenticule ne suive. Il reste à faire lâcher cette zone par de petits mouvements latéraux à partir du sommet central et se rapprochant très progressivement du *side-cut*.

L'avantage de cette méthode très élégante est sa simplicité et sa rapidité. Il n'est pas nécessaire de freiner son geste pour éviter de traverser le *side-cut*. L'inconvénient est que si la zone triangulaire d'adhérence ne se détache pas comme prévu, il sera nécessaire d'utiliser une pince pour la détacher, car cette adhérence se situe à l'opposé de l'incision. Cette technique est à déconseiller quand la face postérieure est très adhérente et de dissection plus difficile.

>>> Technique de Jacob

Dissection terminale du lenticule par libération séquentielle de segments. Recommandée pour les lenticules fins et en accord avec les principes de la technique "à trois bandes 1-2-3". Utilisable aussi pour des lenticules plus épais avec des mouvements plus larges.

10. Variantes pour les dissections antérieure et postérieure

>>> Technique de Chiali

Cette fois le geste est le même des deux côtés du lenticule. On entre le manipulateur tout droit pour ouvrir le *sidecut* sur 7 heures et on revient à la porte d'entrée en ouvrant l'interface antérieur en rasant le bord gauche de la poche. Le quart droit de l'interface n'est pas délaminié. On recommence en postérieur exactement le même geste qui va délaminer l'interface et ouvrir tout le côté gauche du *sidecut*. Le lenticule tient sur son bord droit par ses deux faces. Une pince le saisit et le détache. La procédure est extrêmement rapide. Contrairement aux deux méthodes décrites auparavant, elle

nécessite une pince et peut être délicate sur de très fins lentilles. Le globe lui-même est tenu par une autre pince.

>>> Technique de Ganesh

Sans dissection préalable, une micropince est utilisée pour saisir et séparer doucement le lenticule du lit stromal. L'interface obtenue est plus lisse, ce qui peut améliorer la vitesse et la qualité de la récupération visuelle. Cela nécessite une épaisseur de *sidecut* augmentée pour atteindre 25 à 30 μ et une bonne expérience des autres techniques de dissection.

>>> Technique de Zaho

Continuous Curvilinear Lenticulorhexis, équivalente à la précédente, réservée aux myopies moyennes et fortes et demandant de l'expérience.

>>> Swing Technique de Chung

La première dissection est postérieure puis le passage au-dessus se fait au bord gauche de l'incision. Une pince de Mac Pherson saisit le bord du lenticule à 2h, le décolle en le poussant vers le centre, puis l'extrait en un mouvement circulaire horaire.

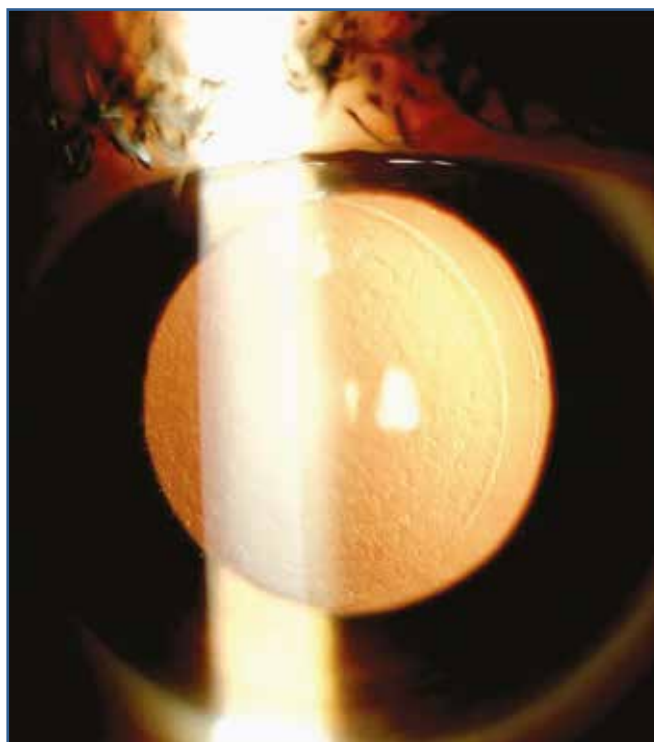


Fig. 7 : Interface à 1 mois.

■ Retraitements

1. Reprises réfractives

Elles représentent 1 à 2,9 % des procédures selon les publications.

Sekundo sur une série de 1963 SMILE publie 43 reprises (2,2 %).

Les facteurs de risques identifiés sont :

- la myopie > 6D ;
- l'astigmatisme > 3D ;
- l'âge > 35 ans ;
- la perte de succion.

Quatre méthodes de reprise sont possibles.

>>> Trois méthodes de retraitement à l'aide du laser Excimer

- Une ablation de surface (PRK/LASEK) :

C'est la procédure la plus utilisée. Elle maintient relativement l'intégrité de la cornée en évitant un volet, elle est la plus simple même si peu confortable pour le patient dans les suites immédiates. La majorité des auteurs la pratique sous protection de mitomycine C.

- Un femto-LASIK standard :

Si le cap précédent était épais, un volet de 90 μ aura l'avantage d'éviter douleur, *haze* et mitomycine.

- La procédure CIRCLE de Zeiss :

Une découpe circulaire jusqu'à l'interface existant, transforme le SMILE en LASIK :

Ceci se conçoit si le cap était fin et si l'épaisseur du lenticule était modérée avec un mur résiduel épais. Sinon, le pourcentage de tissu altéré (volet + ablation) et l'épaisseur du mur postérieur peuvent devenir facteurs d'ectasie.

Deux variantes sont possibles :

- Le CIRCLE "*side-cut only*" découpant un cercle de 5,75 mm de diamètre pour tomber dans les limites de l'interface précédent. Cela n'autorise une photoablation Excimer que de petit diamètre.

- Le CIRCLE proprement dit, élargissant le diamètre de l'interface précédant à 8,70 mm avant la découpe circulaire et permettant de plus grandes zones optiques. Ceci donne accès à des reprises hypermétropiques.

>>> Une méthode exclusivement femtoseconde :

La procédure de SMILE après SMILE (*Capless Smile* ou *SubCap LE*) de Donat.

Cette technique très élégante utilise l'interface précédent comme plan antérieur du nouveau lenticule. Son grand intérêt est de préserver les avantages du SMILE. Pour de très fins lenticules, elle peut s'avérer délicate et par ailleurs, elle n'est pas officialisée par Zeiss.

2. Les reprises non réfractives

Un traitement de l'interface peut s'imposer en cas d'inflammation ou d'irrégularité de celui-ci. On entre alors dans le domaine des complications.

III Complications

1. Complications peropératoires

Wang Y. sur une série de 3004 SMILE compte 134 complications peropératoires (= 4,46 %) :

- perte de succion : 0,93 % ;
- saignement de l'incision : 0,93 % (?) ;
- OBL : 0,73 % ;
- hémorragie sous-conjonctivale : 0,67 % ;
- *blackspots* : 0,33 % ;
- dissection postérieure involontaire : 0,33 % ;
- déchirure du lenticule : 0,27 % ;
- abrasion de l'incision : 0,17 %.

>>> Difficultés lors du temps de laser

● Docking difficile

Il ne faut pas hésiter à recommencer plusieurs fois le *docking* en cas de doute sur la qualité du centrage ou de la succion. Plus vite est interrompue la succion, moins la conjonctive sera modifiée. S'il s'agit du premier œil, et que le nouveau *docking* retombe dans les marques ou sillons précédents, on peut décider de passer directement sur l'autre œil pour laisser le temps à la conjonctive de reprendre sa forme. À l'extrême,

l'intervention peut être décalée après celle du patient suivant.

Des *dockings* itératifs nécessitent à chaque fois de nettoyer le cône, sécher la conjonctive et balayer à nouveau la cornée à la microsponge. Il en résulte une moins bonne transparence épithéliale et une action du laser possiblement perturbée rendant la dissection du lenticule plus difficile.

● Lâchage de succion

Quatre publications entre février 2016 et août 2017 avancent une fréquence de survenue de 0,4 %, 0,93 %, 2 % et 2,1 %.

Des facteurs de risque sont avancés : le début de la courbe d'apprentissage, un petit diamètre de cornée, l'élargissement du diamètre du cap (probablement par l'augmentation du temps de traitement). La succion sur la périphérie de la cornée est douce et très confortable mais lâchera si le patient déconcentré se met à parler ou relâche brutalement sa tête mal appuyée dans la têtère.

Si la perte de succion survient avant que la première découpe ne soit complète, et bien qu'une nouvelle découpe postérieure soit possible et réalisée par certains, Zeiss recommande de convertir en procédure Excimer. En effet, comme la face postérieure est réfractive, en dehors du risque de créer un deuxième plan, une nouvelle découpe pourrait ne pas être parfaitement concentrique à la première et induire des aberrations délétères. Fort heureusement, le lâchage se fait avec délai et le risque qu'il survienne dans les premières secondes est extrêmement faible.

Quand il survient entre la face postérieure finie et le *side-cut*, on peut reprendre en programmant un *side-cut* 0,2 mm moins large pour compenser une éventuelle erreur de recentrage.

Quand il survient après un *sidecut* complet : il faut recommencer la découpe antérieure. On centre le *docking* le plus concentrique possible aux marques déjà visibles.

En cas de doute, il vaut mieux décenter légèrement vers le haut que vers le bas, pour éloigner l'incision du *sidecut* supérieur et non l'en rapprocher, ce qui compliquerait l'amorçage des deux plans. Paradoxalement, un grand cap, facteur de perte de succion par augmentation du temps de laser, avec une grande différence de diamètre par rapport à celui du lenticule, est un atout pour compenser un éventuel décentrement du nouveau plan antérieur. La perte de succion sur un œil induit une moins bonne récupération immédiate par rapport à l'autre œil, puis à 1 et 3 mois les résultats deviennent comparables (*fig. 8*).

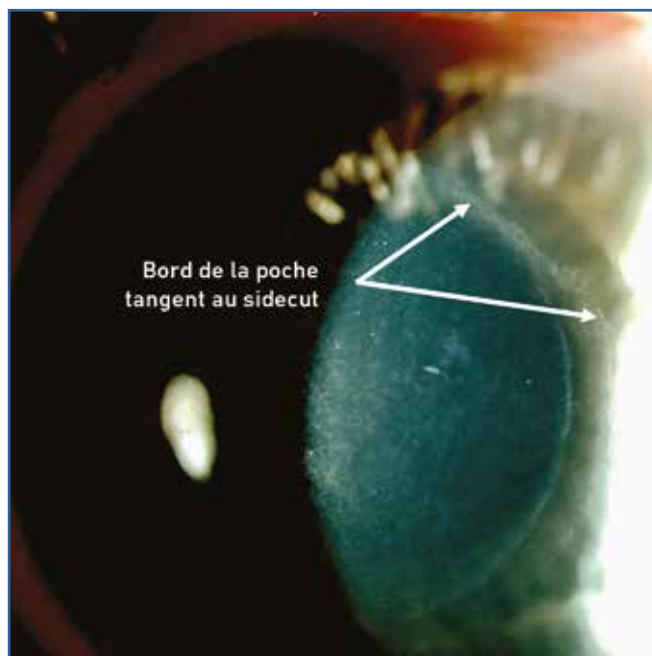


Fig. 8 : Lâchage de succion : le bord de la poche inachevée tangente le *side-cut*.

- Opaque Bubble Layer

Ces microbulles opaques et serrées sont dues à un excès de libération de gaz du fait d'une énergie trop élevée. Au-dessus du plan de découpe, elles gênent l'action du laser et peuvent en compliquer la dissection. En principe moins gênantes que lors d'un LASIK, les OBL extensives favorisent cependant les déchirures du lenticule ou du cap. La fréquence de survenue est de 0,73 % dans une étude et 19 % dans une autre plus en début de courbe d'apprentissage. Les facteurs de risques associés sont une faible amétropie et donc un fin lenticule, une cornée épaisse, un mur résiduel épais. Programmer le lenticule plus profondément et surtout réduire l'énergie peuvent diminuer le risque d'OBL.

- Issue de conjonctive

Si la conjonctive se décolle, elle commence par apparaître sous formes de bulles visibles dans la périphérie translucide du cône, puis elle peut glisser sous sa partie transparente et devenir un obstacle au laser avant d'induire un lâchage de succion. Il faut être particulièrement attentif pour observer le déroulement successif des étapes de la procédure et savoir à quel stade se produit l'éventuel lâchage. Si la conjonctive franchit le bord de la poche mais pas le *sidecut*, il n'y a pas lieu de recommencer le plan antérieur. Sauf si cela se produit en supérieur, empêchant la réalisation de l'incision (fig. 9).

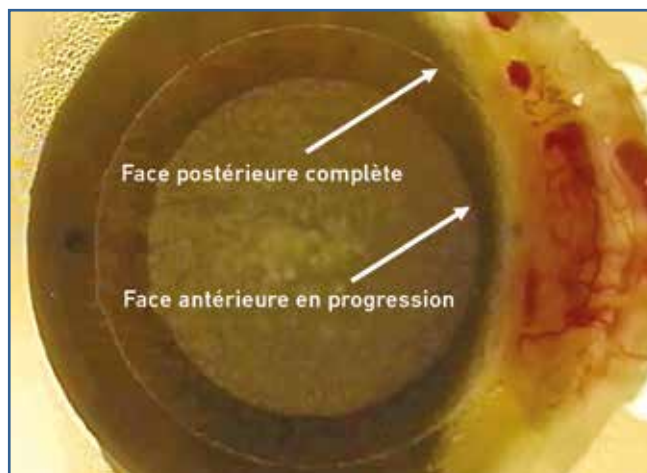


Fig. 9 : Issue de conjonctive : surveiller jusqu'à la réalisation de l'incision.

- Absence d'incision

Du fait de l'irruption de la conjonctive ou d'un lâchage à la dernière seconde, s'il ne manque que l'incision, il est préférable de recommencer toute la deuxième découpe plutôt que de tenter faire une incision au couteau droit et au mini dissecateur angulé.

>>> Difficultés lors de la gestion du lenticule

- L'épithélium

Dès l'ouverture de l'incision, l'épithélium peut se décoller autour des berges, surtout chez les patients plus âgés mais aussi en cas de dystrophie de la membrane basale. Il faut le surveiller pendant toutes les manœuvres. S'il est déchiré, on doit être très attentif pour ne pas risquer d'en introduire un fragment dans l'interface.

Une autre cause de déchirure épithéliale est l'invagination récurrente de la berge centrale trop sèche de l'incision lors des avancées du manipulateur. C'est une exception à la règle de ne pas arroser pendant la dissection, ici afin de lubrifier l'épithélium et l'empêcher d'être déchiré et mobilisé par l'instrument. Il faut arroser le moins possible car le liquide risque en même temps d'effacer les différents repères dans l'interface. La réduction de la taille de l'incision diminue la tendance à l'invagination de la berge centrale.

- Le lenticule

Il faut être très vigilant au moment où l'on initialise le plan antérieur en passant au-dessus du lenticule. Si le *sidecut*

paraît dédoublé et *a fortiori* s'il présente une inversion de courbure, sous forme d'encoche, l'ouverture du plan postérieur est très probable. Si, au-dessus du dissecteur, on voit des petites bulles ou la ligne brillante du *side-cut*, il est certain qu'on est déjà dans le plan postérieur.

Il faut alors recommencer la même manœuvre de l'autre côté de l'incision en passant bien à l'extérieur du *side-cut*, au contact du bord de la poche, puis soulever fermement l'instrument avant de repasser au-dessus du *sidecut* en rasant encore plus fort "le plafond". On vérifie que *sidecut* n'est pas dédoublé ni ne présente de ressaut dans sa courbure. On peut aussi prolonger le mouvement de dissection vers le premier plan. Il est intéressant de voir si les deux plans se connectent ou non, ce qui permet de confirmer les situations respectives : dessus ou dessous.

>>> Dissection involontaire du plan postérieur en premier

Plus fréquente dans les débuts, elle augmente la difficulté de la dissection et peut conduire à des complications comme la déchirure du lenticule. Il est donc essentiel de se rendre compte rapidement qu'on est dans le plan postérieur car le rattrapage n'en sera que plus facile.

Lorsque l'on a identifié que c'est le plan postérieur que l'on délamine en premier, le retour au plan antérieur se fait en venant accrocher et forcer le *sidecut* sur 2 h ou 10 h. Lorsqu'il est ouvert, on peut le décoller en revenant vers midi pour avancer à nouveau par le centre. Il faut laisser une fine couronne d'adhérence en dedans du *sidecut* jusqu'au dernier moment, comme on l'a vu pour le plan postérieur.

Hjortdal J. propose une technique à 2 incisions : une sur 12 h et une sur 6 h qu'on laisse fermée. Si on s'aperçoit qu'on est dans le plan profond avant de l'avoir complètement disséqué, on dispose d'une deuxième chance de repartir dans le plan antérieur en passant par l'incision de 6 h.

Les cinq signes de Zengh évoquant la dissection postérieure involontaire :

- Une ligne brillante au bord du lenticule en regard de l'incision.
- Une dissection plus résistante que ne le voudrait le plan antérieur et parfois la visibilité de fibres blanches distendues du stroma.
- Le reflet du bord du lenticule beaucoup plus apparent après la dissection du plan postérieur et sa visibilité au-dessus du dissecteur.
- Le retour dans le même plan qui n'offre pas de résistance. Si le nouveau plan n'est pas trouvé après 3 essais, on doit considérer qu'on est déjà dans le plan postérieur.
- Quand le plan postérieur est suspecté, il faut soulever le dissecteur pour chercher le plan antérieur et on peut alors voir s'ourler le bord du lenticule.

>>> Impossibilité d'extraction du lenticule

La reprise peut être faite au laser Excimer. Plusieurs publications attestent d'extractions secondaires dans les heures, les jours ou les semaines qui suivent, en particulier grâce à l'utilisation d'un microscope muni d'un OCT. Le deuxième plan de dissection recherché au-dessus ou au-dessous est identifié grâce à son hyperréflexivité. Il est publié un cas d'ablation du lenticule 18 semaines après le laser.

>>> Lenticule encore attaché mais mobile

La dernière partie adhérente a été laissée trop large pour se détacher. Le lenticule suit l'instrument qui devient inefficace. En périphérie inférieure, on peut créer un lâchage en timbre-poste du secteur adhérent par des mouvements centrifuges de la pointe du manipulateur à travers le *sidecut*. Ceci peut favoriser une déchirure du lenticule. En périphérie supérieure, on peut faire sortir une partie de lenticule et le tracter.

Plus simplement, on peut utiliser une pince et, après avoir saisi le lenticule, on imprime un mouvement circonférentiel comme celui du capsulorhexis pour détacher le reste du lenticule avec le minimum de risque de déchirure lorsqu'il est fin.

>>> Perte des repères

Soit que le délai se soit prolongé depuis le moment du laser, soit que de l'eau soit rentrée par l'incision, soit sans raison apparente, ce qui est rare, les microbulles de la zone découpée peuvent ne pas être visibles dans un secteur, de même que les lignes circulaires du *sidecut* et du bord de la poche. L'expérience est alors utile pour diriger l'instrument aux endroits habituels des repères, tout en connaissant les résistances que l'on doit percevoir. Les repères réapparaissent au cours de la dissection.

>>> Délamination difficile des tissus

Cela semble tenir surtout du réglage de l'énergie du laser, mais il arrive que d'une cornée à l'autre, la facilité de délaminage puisse être très différente. Parfois, dans la même cornée un secteur peut être plus résistant qu'un autre. On doit pousser fort le manipulateur qui entraîne l'œil avec lui à la limite du champ. Le temps de libération du lenticule est nettement augmenté par la résistance tissulaire et l'inconfort opératoire. La situation la plus critique serait que cela survienne sur une myopie faible avec lenticule très fin. Une pince de Hoskins pour tenir le limbe devient utile.

>>> Déchirure du lenticule

Éventualité rare et concernant essentiellement les fins lenticules des myopies de moins de deux dioptries, la déchirure du lenticule se produit plutôt sur sa périphérie inférieure pendant la délamination postérieure. Elle se produit au moment où l'on décide de rompre le *side-cut*, d'un geste dirigé en face vers le bas. Un ou deux millimètres avant d'arriver à son bord, le manipulateur traverse le lenticule d'arrière en avant et le mouvement latéral que l'on conduit dessine une corde d'arc qui doit alerter. Pour les myopies faibles, il est prudent de créer des lenticules plus résistants en épaississant le *side-cut*. L'utilisation de la lampe à fente du laser est précieuse pour chercher un fragment de lenticule. L'utilisation secondaire d'un microscope avec OCT est encore décrite.

Dans le doute, il est utile de déplier le lenticule sur la cornée, tout en sachant qu'il est tellement fin qu'on peut lui changer sa forme très facilement. Il est dit qu'un très fin morceau de lenticule en périphérie peut être laissé en place sans conséquences réfractives. Il n'est pour autant pas difficile d'aller le chercher avec une pince adéquate, type fine pince articulée. On saisit le morceau à son extrémité la plus éloignée et on ramène la pince vers la sortie, d'un geste circulaire qui suit la courbure du *side-cut*.

Il faut donc se méfier du passage en inférieur pour les lenticules fins lors de la délamination postérieure. Il vaut mieux ralentir et raccourcir son geste en approchant du *sidecut*, et comme on l'a vu, traverser le *sidecut* sur 6 h et continuer à l'ouvrir en deux gestes de retour.

>>> Blackspots

C'est une absence de découpe qui apparaît comme une tâche noire au sein de la couche brillante de microbulles intratissulaires. Principalement à cause de l'obstacle que crée une sécrétion entre le cône et la cornée. En effet, un bref mouvement de l'œil, tel qu'un réflexe de Charles Bell lors d'un essai de clignement, après le balayage à l'éponge, peut se solder par le retour d'une sécrétion sur la cornée qu'on ne diagnostiquera que pendant le traitement laser avec la création d'un *blackspot* dans chaque plan de découpe. Une micro bulle d'air peut aussi donner un *blackspot*. Avec patience, on arrive à faire lâcher le pont tissulaire, éventuellement en variant les instruments. La durée de l'intervention est alors très allongée, et il est judicieux d'extraire d'abord le lenticule de l'autre œil si le laser est y est déjà fait.

Ceci nous semble la situation la plus difficile, en l'absence d'instruments dédiés pour l'instant. L'utilisation d'un dissecteur de type mini-Crescent est déconseillée à cause du risque de changement de plan et de lésion du lenticule.

Aussi, la surveillance de la surface cornéenne doit-elle être continue depuis le balayage à l'éponge jusqu'au *docking* pour détecter et éliminer la présence de sécrétions ou autres obstacles à l'action du laser (*fig. 10*).

2. Complications postopératoires

>>> Épithélium dans l'interface

Il peut s'agir, comme on l'a vu, d'un fragment détaché de l'incision, introduit pendant les manipulations et que l'on diagnostique avec retard. La réfraction peut être altérée et nécessiter une reprise par ratissage de l'interface et lavage.

Il peut s'agir également d'une invasion comme en LASIK, pouvant nécessiter si elle s'étend ou modifie la réfraction un traitement par Yag, ablation à la pince ou suture (*fig. 11*).



Fig. 10 : Blackspots.

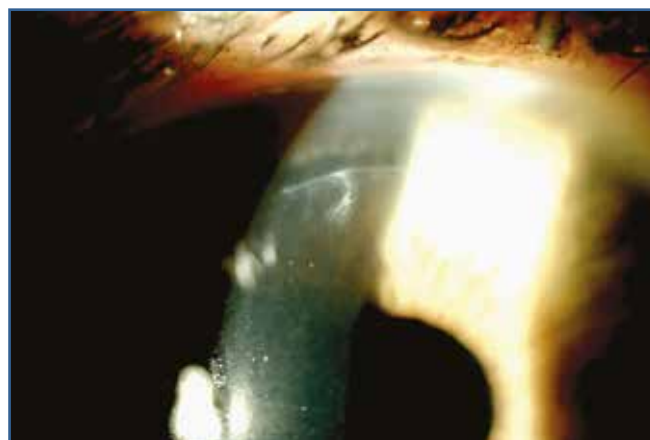


Fig. 11 : Invasion épithéliale à 2 mois.

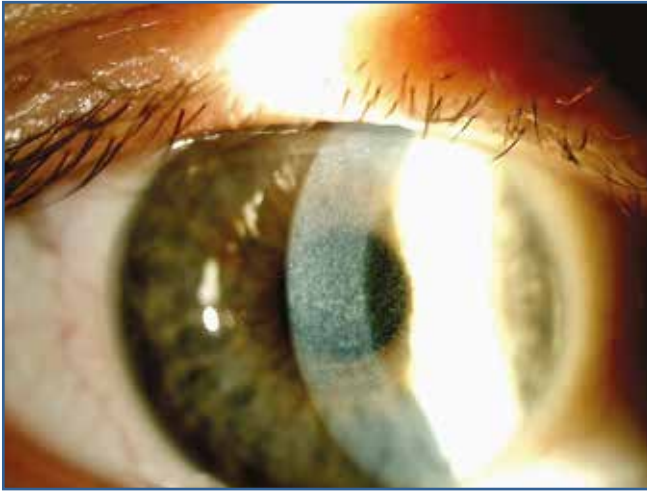


Fig. 12: DLK à J 2.

>>> DLK (Kératite Lamellaire Diffuse, ou SOS syndrome)

Possible comme en LASIK, elle doit faire rechercher sa cause dans un changement de procédure et l'introduction de facteurs d'inflammation dans l'interface. Selon l'intensité et la réponse immédiate au traitement par collyres, un lavage urgent de l'interface avec un collyre stéroïde peut s'imposer (fig. 12).

>>> TLSS (Transient Light-Sensitivity Syndrom)

Un cas de photophobie transitoire est décrit, 7 semaines après un SMILE bilatéral. L'acuité visuelle et l'examen de la cornée sont normaux. L'évolution et la bonne réponse aux collyres stéroïdes est identique à celle du LASIK.

>>> IFS (Syndrome du Fluide de l'Interface)

Une baisse de l'acuité visuelle retardée, accompagnée d'un œdème cornéen avec plis, un *haze* lamellaire, une hypertension, une topographie qui se cambre, doivent faire penser à une rétention de fluide dans l'interface. Les causes en sont l'hypertonie et/ou un déficit endothélial. L'OCT confirme le diagnostic et la qualité de l'endothélium doit être évaluée. L'arrêt de la corticothérapie et le traitement par collyre salé hypertonique sont efficaces.

>>> Sécheresse

Elle existe, rare, non exclusivement sur des yeux identifiés secs en préopératoire, d'évolution banale. Toutes les publications s'accordent sur le fait qu'elle est moins fréquente et

moins importante qu'en LASIK et sur le fait que la sensibilité cornéenne est préservée.

>>> Interface irrégulier

Plus grave qu'un débris épithélial, un fragment de stroma éversé par une fausse route peut nécessiter une révision de l'interface. Il est utile de marquer préalablement, à la lampe à fente, avec un feutre, les limites de la zone à contrôler.

Préventivement, en cas de dissection difficile, il faut préférer un dissecteur plus gros et ne pas faire de mouvements de poussée vers l'axe visuel, mais en périphérie et passer dans l'axe visuel par un mouvement latéral de l'instrument.

Des cas de reprise en Topolink sont décrits pour des suites compliquées de dissections difficiles et lésions du stroma.

>>> Ectasie

En septembre 2017, Morshifar a relevé les publications de 7 ectasies chez 4 patients :

- 2 patients avaient des anomalies topographiques bilatérales ;
- 1 patient avait une anomalie sur un œil ;
- 1 patient sans anomalie, ni facteur de risque avec une ectasie sur un œil.

Le kératocône infraclinique est une contre-indication absolue au SMILE. Trois patients avaient un haut risque selon l'*Ectasia Risk Score System* de Randleman et un patient avait un pourcentage de tissu altéré supérieur à 40 %.

En attendant des évaluations plus précises des risques d'ectasie, l'auteur propose d'appliquer au SMILE les mêmes critères d'exclusion qu'en LASIK.

3. Simples effets secondaires

>>> Stries du capot

Ressemblant à celles observées en LASIK, elles peuvent se voir après une chirurgie banale et sont sans conséquences sur l'acuité visuelle (fig. 13).

>>> Opacités nummulaires de l'interface

Elles seraient dues à un excès d'énergie du laser et peuvent s'accompagner d'une remontée plus lente de l'acuité, éventuellement fluctuante (fig. 14).

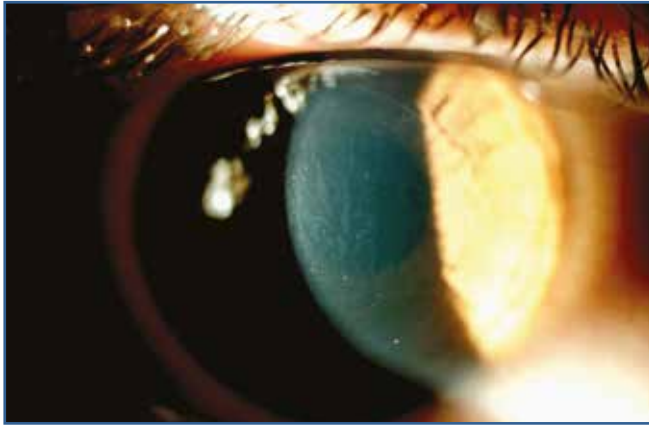


Fig. 13 : Stries du capot à 2 mois.

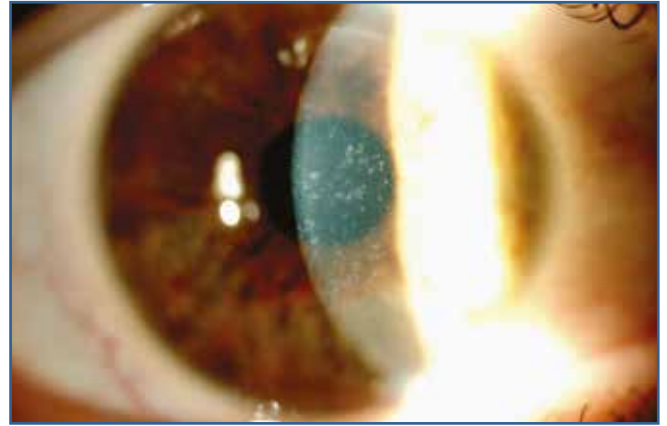


Fig. 14 : Opacités de l'interface à 1 an.

II Conclusion

La revue de ces difficultés et complications, peu fréquentes, ne doit pas faire oublier que la technique d'extraction lenticulaire fait ses preuves. Le cap du million de procédures est dépassé. Les indications doivent être posées avec la même prudence qu'en LASIK tant que les avantages biomécaniques restent théoriques. Par rapport au laser Excimer, la courbe d'apprentissage plus longue, la vision brumeuse des premiers jours et surtout les coûts de fonctionnement élevés sont un frein pour certains. Il n'en reste pas moins que l'absence de volet, la préservation de la sensibilité cornéenne, la précision et stabilité du résultat dans les myopies fortes sont des avantages indéniablement supérieurs aux inconvénients. L'amélioration de la facilité et reproductibilité de la dissection, un contrôle de la cyclotorsion et l'arrivée sur le marché de lasers concurrents devraient aider à la généralisation, dans les années qui viennent, de cette technique SMILE mise au point par Blum et Sekundo.

Pour en savoir plus

- ALBOU-GANEM CATI, COCHENER-LAMARD BÉATRICE. *SMILE*, *Chirurgie Réfractive*, Edition Lavoisier. 2016;1:171-179.
- DONATE D, THAËRON R. Lower Energy Levels Improve Visual Recovery in Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *Journal of Refractive Surgery*, 2016;32:636-642.
- BLUM M, SEKUNDO W. Refractive lenticule extraction – The ReLEx/SMILE technique: Video article. *Ophthalmologe*, 2017;114:851-856.
- BLUM M, TAUBIG K ; GRUHN C *et al.* Five-year results of Small Incision Lenticule Extraction (ReLEx SMILE). *Br J Ophthalmol*, 2016;100:1192-1195.
- JACOB S, AGARWAL A, MAZZOTTA C *et al.* Sequential segmental terminal lenticular *side-cut* dissection for safe and effective small-incision lenticule extraction in thin lenticules. *J Cataract Refract Surg*, 2017;43:443-444.
- GANESH S, BRAR S, PAWAR A. Matched population comparison of visual outcomes and patient satisfaction between 3 modalities for the correction of low to moderate myopic astigmatism. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:1253-1263.
- MOSHIRFAR M, ALBARRACIN JC, DESAUTELS JD *et al.* Ectasia following small-incision lenticule extraction (SMILE): a review of the literature. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:1683-1688.

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



C. ALBOU-GANEM¹, A. LAVAUD-THOMAS², C. RIGAL-SASTOURNÉ³

¹ Clinique de la Vision, PARIS,

² Ophtalmologiste, PARIS,

³ Orthoptiste, PARIS.

cati.ganem@wanadoo.fr

SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) : principes, indications, résultats, perspectives

■ Principe

Le SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) consiste à découper au laser femtoseconde VisuMax (Carl Zeiss Meditec) un lenticule réfractif d'épaisseur et de design variable selon l'amétropie à corriger. Ce lenticule est ensuite clivé et détaché du plan stromal antérieur et postérieur puis retiré par une petite incision.

La face antérieure du lenticule est programmée à une profondeur variant entre 110 et 140 microns pour conserver un mur cornéen antérieur le plus épais possible et un mur résiduel postérieur supérieur à 280 microns. Le diamètre du lenticule est en moyenne de 6,5 mm, l'épaisseur centrale du lenticule en cas de myopie est de 13 microns pour la première dioptrie puis 16 microns pour les suivantes. La longueur de l'incision est de 2 à 6 mm. Son positionnement est variable selon les chirurgiens.

Cette technique a aujourd'hui plus de 10 ans de recul, plus d'1 million de procédures ont été réalisées par 1 300 chirurgiens opérant dans les 700 centres de 65 pays équipés du laser femtoseconde VisuMax.

L'approbation FDA a été obtenue en 2016 et on dénombre à ce jour plus de 500 publications dans la littérature scientifiques.

■ Indications

Actuellement, seules les amétropies myopiques peuvent être corrigées en technique SMILE.

L'équivalent sphérique ne doit pas dépasser -12.5 dioptries (-10D de myopie avec un cylindre maximum de 5 dioptries).

Les critères d'inclusions sont les mêmes que ceux du LASIK en particulier: patients majeurs ayant une stabilité réfractive, une pachymétrie cornéenne centrale supérieure à 500 microns, et une morphologie cornéenne autorisant une chirurgie réfractive ablative.

■ Résultats

Les résultats réfractifs sont excellents comparés à ceux publiés en LASIK. A. Vestergaard et J. Gertner ont par ailleurs démontré que les aberrations optiques cornéennes à 3 mois étaient moindres ou égales à celles d'un traitement LASIK personnalisé équivalent. En effet, la découpe du lenticule ne dépend que de facteurs mécaniques et permet d'éviter les possibles pertes d'énergie en périphérie de la photoablation, source d'aberrations sphériques, même si les lasers excimer de dernière génération compensent ces pertes d'énergie périphériques.

Une étude personnelle portant sur 104 yeux ayant un équivalent sphérique préopératoire moyen de $-6,22 \pm 1,6$ (-3 à -9,75) (*fig. 1*) retrouve à 3 mois une acuité visuelle sans correction monoculaire supérieure ou égale à 10/10 dans 71 % des cas et une acuité visuelle supérieure ou égale à 8/10 dans 97 % des cas. L'amplitude de l'amétropie initiale à corriger ne semble pas intervenir dans la précision du résultat final (*fig. 2*).

Cette étude prolongée à 5 ans confirme la stabilité de la réfraction avec une différence réfractive de moins de 0.25D (*fig. 3*).

Les résultats d'une autre étude prospective personnelle menée sur 14 patients opérés en SMILE pour une myopie entre -1.5 et -8 D associée à un astigmatisme entre -0.75 et 3.5D avec un suivi à J1, J7, J30 et 3M sont à paraître. L'évolution de l'acuité visuelle a été mesurée en LogMAR à l'ETDRS située

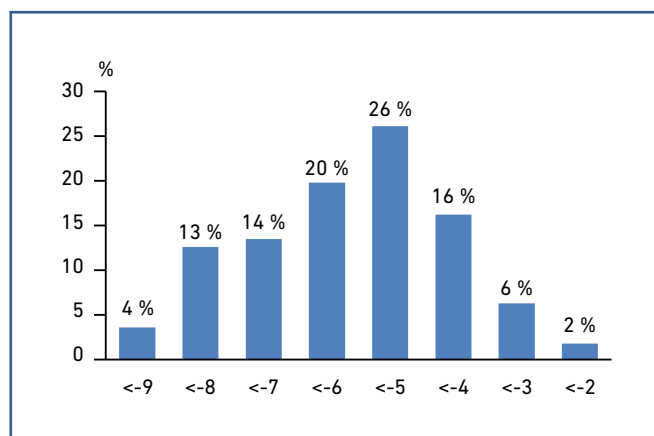


Fig. 1 : Répartition des équivalents sphériques préopératoires : plus de la moitié des patients ont une amétropie supérieure à -6 dioptries.

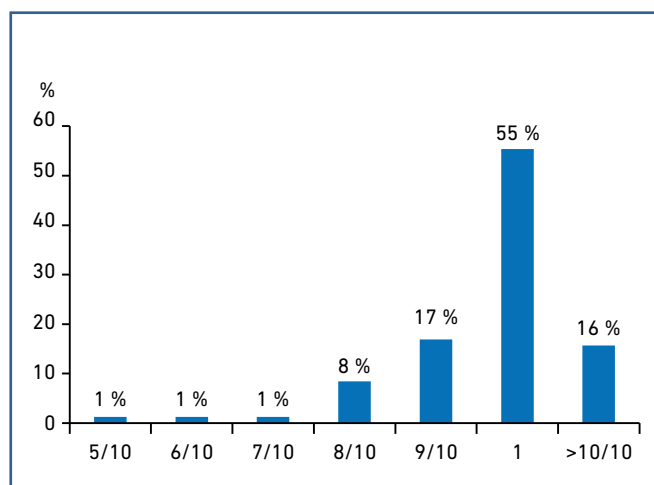


Fig. 2 : Efficacité : AVNC à 2-3 mois de l'intervention pour les yeux pour lesquels l'objectif réfractif était l'emmétropie (n = 83).

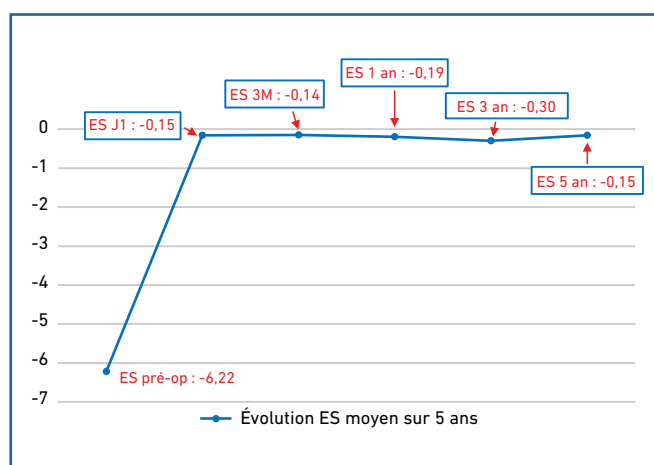


Fig. 3 : Stabilité des résultats à 5 ans.

à 3 mètres dans des conditions lumineuses constantes contrôlées à l'aide d'un photomètre.

En préopératoire, l'acuité visuelle sans correction (AVSC) est en moyenne à 0.857 ± 0.181 (0.46-1.06) LogMAR. À J1, l'AVCS moyenne est de -0.001 ± 0.111 (-0.14, 0.2). À J7, l'AVCS moyenne est de -0.081 ± 0.114 (-0.24, 0.26). À J30, l'AVCS moyenne est de -0.157 ± 0.063 (-0.28, -0.08). À J3M, l'AVCS moyenne est de -0.165 ± 0.082 (-0.3, -0.02). L'AVSC moyenne est donc supérieure à 10/10 dès J1.

Nous avons également analysé les résultats d'un questionnaire sur la sécheresse oculaire et un autre sur la qualité de vision :

- la sécheresse oculaire, recherchée à l'aide du questionnaire SQDES (*Short Questionnaire for Dry Eye Syndrome*) est notée sur 8 (0 pas de sécheresse – 8 sécheresse élevée). La moyenne est de 2,85 en préopératoire. Elle passe à 3 à 1 mois et est moindre qu'en préopératoire avec une note à 2,66 à 3 mois ;
- la qualité de vie, appréciée grâce au questionnaire RSVP (*Refractive Status and Vision Profile*) est notée sur 5 (0 mauvaise qualité de vie – 5 très bonne qualité de vie). La moyenne est de 1,14 en préopératoire. Elle s'améliore à 4,85 à 1 mois et à 4,83 à 3 mois.

La précision réfractive ainsi que la qualité des résultats et des suites opératoires sont liées à plusieurs avantages :

>>> La qualité du centrage : la procédure laser est réalisée en un seul temps avec un autocentrage superposé du volet et du lenticule sur l'axe optique. Les 2 découpes étant parfaitement liées et concentriques, on évite ainsi les tirs de photoablation sur la charnière ou en dehors de la zone optique.

>>> L'indépendance aux conditions environnementales : sur le plan technique, le laser femtoseconde n'utilise pas de gaz consommable et n'est pas soumis aux mêmes conditions environnementales de température et d'hygrométrie que le laser Excimer. On évite ainsi les imprécisions potentielles liées aux conditions atmosphériques et d'hydratation du stroma ainsi que les possibles variations individuelles.

>>> Le maintien de la biomécanique de la cornée : c'est l'un des avantages majeurs de cette technique par l'absence de volet ainsi que la localisation intrastromale du lenticule. La partie antérieure des lamelles stromales et la membrane de Bowman sont épargnées et restent intactes en dehors de la zone de l'incision. Or JB Randleman a démontré que la résistance cornéenne dépendait surtout du stroma antérieur (40 %

antérieur) et tout particulièrement dans la partie adjacente à la membrane de Bowman, alors que les 60 % postérieurs avaient une résistance 2 fois plus faible (33,3 g/mm vs 19,6 g/mm).

Cette absence de volet rend les suites opératoires plus sûres surtout pour les patients sportifs ou ayant des métiers à risque traumatique, et autorise une reprise immédiate de toutes les activités.

>>> Le respect du plexus nerveux cornéen. La sécheresse oculaire est un aléa rare en chirurgie réfractive après le sixième mois, mais elle doit être prise en compte pendant les 3 mois premiers mois postopératoires car elle peut être gênante pour certains patients. Cet aléa est beaucoup moins fréquent en SMILE. En effet, la découpe du lenticule en SMILE respecte le plexus nerveux stromal antérieur réduisant ainsi la sécheresse oculaire due à l'hypoesthésie cornéenne. Li a en effet démontré que le plexus nerveux sous épithélial en microscopie confocale après chirurgie comportait un nombre de fibres résiduelles nettement supérieur en SMILE qu'en LASIK à 1 et 3 mois (50 % de fibres résiduelles à 1 mois et 60 % à 3 mois en SMILE contre 10 % de fibres résiduelles à 1 mois et 15 % à 3 mois en LASIK).

>>> Les suites opératoires sont généralement plus courtes, avec une gêne visuelle et fonctionnelle de seulement 2 à 3 heures et une douleur atténuée par rapport au LASIK (même si celle-ci est habituellement ressentie comme faible par les patients).

>>> Une récupération fonctionnelle très rapide. Les détracteurs du SMILE lui ont reproché une lenteur de récupération fonctionnelle par rapport au LASIK. Une étude présentée à la SAFIR en 2016 par Liem Trinh et l'équipe de Christophe Baudouin sur la récupération visuelle immédiate et la qualité de vision après chirurgie réfractive comparant SMILE versus LASIK montre qu'il n'existe pas de différence significative à J1, J7 et 1 mois entre SMILE et LASIK sur l'acuité visuelle sans correction même si la vision des contrastes est meilleure en LASIK à J7 et 1 mois mais est identique à 3 mois. Concernant le questionnaire de qualité de vie, l'indice de satisfaction est similaire dès le premier jour pour les 2 techniques.

■ Perspectives

Le SMILE est actuellement utilisé pour la correction des amétropies myopiques mais toutes les amétropies seront bientôt

corrigées avec cette technique. La correction de l'hypermétropie, encore aujourd'hui en évaluation, semble très prometteuse avec des zones optiques de traitement plus larges qu'en LASIK et un taux d'aberrations optiques similaire.

Le SMILE suscite un autre intérêt : les lenticules extraits lors des corrections myopiques peuvent devenir des greffons allogéniques pouvant être utilisés dans de nombreuses indications :

- comme *inlay* cornéen pour corriger la presbytie. Cette technique décrite sous le nom de PEARL (*PrEsbyopic Allogenic Refractive Lenticule*) permettrait de résoudre le problème de la plus ou moins bonne perméabilité des *inlays* aux nutriments ;
- comme greffon pour une épikératophaquie ;
- comme *inlay* pour corriger les hypermétropies fortes ;
- enfin ces lenticules pourraient être congelés puis pour rendre la chirurgie quasi-réversible en cas de souhait ou de nécessité.

■ Conclusion

Le SMILE est une technique efficace, prédictible, sûre et stable pour la correction des amétropies sphéro-cylindriques myopiques. Les résultats sont comparables à ceux du LASIK. Elle présente de nombreux avantages dont le maintien de l'architecture de la cornée permettant une reprise immédiate de toutes les activités et un meilleur respect des plexus nerveux donc moins de sécheresse oculaire induite, sans détérioration de la qualité de vision et sans retard de récupération de la vision par rapport au LASIK.

Pour en savoir plus

- DEMIROK A, OZGURHAN EB, AGCA A *et al.* Corneal sensation after corneal refractive surgery with small incision lenticule extraction. *Optom Vis Sci*, 2013;90:1040-1047.
- DENOYER A, LANDMAN E, TRINH L *et al.* Dry eye disease after refractive surgery: comparative outcomes of small incision lenticule extraction versus LASIK. *Ophthalmology*, 2015;122:669-676.
- GERTNER J, SOLOMATIN I, SEKUNDO W. Refractive lenticule extraction (ReLEX flex) and wavefront-optimized Femto-LASIK: comparison of contrast sensitivity and high-order aberrations at 1 year. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013;251:1437-1442.
- KAMIYA K, SHIMIZU K, IGARASHI A *et al.* Visual and Refractive Outcomes of Femtosecond Lenticule Extraction and Small-Incision Lenticule Extraction for Myopia. *Am J Ophthalmol*, 2013.
- LI M, ZHAO J, SHEN Y, LI T *et al.* Comparison of Dry Eye and Corneal Sensitivity between Small Incision Lenticule Extraction and Femtosecond LASIK for Myopia. *PLoS ONE*, 2013;8:e77797. doi:10.1371/journal.pone.0077797
- MOONES A. Smile technique less disruptive. *Oph Times Europe* March 13
- ROBERTS C. Biomechanical Advantages of ReLEX SMILE as a refractive procedure *Cat Ref Surg* Oct 12.
- RANDLEMAN JB, DAWSON DG, GROSSNIKLAUS HE *et al.* Dept dependent cohesive tensile strength in human donor corneas: implications for refractive surgery. *J Refract Surg*, 2008;24:S85-89.

- REINSTEIN DZ, ARCHER TJ, RANDLEMAN JB. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK, and small incision lenticule extraction. *J Refract Surg*, 2013;29:454-460.
- SCHMACK I, DAWSON DG, MCCAREY BE *et al.* Cohesive tensile strength of human LASIK wounds with histologic, ultrastructural, and clinical correlations. *J Refract Surg*, 2005; 21:5:433-445.
- SHAH R, SHAH S, SENGUPTA S. Results of small incision lenticule extraction: All-in-one femtosecond laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:127-137.
- SHAHEEN MS, MASSOUD TH, EZZELDIN H *et al.* Four-Year Visual, Refractive, and Contrast Sensitivity Outcomes After Wavefront-Guided Myopic LASIK Using an Advanced Excimer Laser Platform. *J Refract Surg*, 2013;1-7.
- TRINH L, FAURE JF, CHICHE A *et al.* Récupération visuelle immédiate et qualité de vision après chirurgie réfractive: SMILE versus LASIK. SAFIR, 2016.
- VESTERGAARD A, IVARSEN AR, ASP S *et al.* Small-incision lenticule extraction for moderate to high myopia: Predictability, safety, and patient satisfaction. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:2003-2010.
- VESTERGAARD A, IVARSEN A, ASP S *et al.* Femtosecond (FS) laser vision correction procedure for moderate to high myopia: a prospective study of ReLEx® flex and comparison with a retrospective study of FS-laser in situ keratomileusis. *Acta Ophthalmol*, 2013;91:355-362.
- VESTERGAARD AH, GRØNBECH KT, GRAUSLUND J *et al.* Subbasal nerve morphology, corneal sensation, and tear film evaluation after refractive femtosecond laser lenticule extraction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013;251:2591-2600.
- WEI S, WANG Y. Comparison of corneal sensitivity between FS-LASIK and femtosecond lenticule extraction (ReLEx flex) or small-incision lenticule extraction (ReLEx smile) for myopic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013;251:1645-1654.
- REINSTEIN DZ, PRADHAN KR, CARP GI *et al.* Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) for Hyperopia: Optical Zone Diameter and Spherical Aberration Induction. *J Refract Surg*, 2017;33:370-376.
- JACOB S, KUMAR DA, AGARWAL A *et al.* Preliminary Evidence of Successful Near Vision Enhancement With a New Technique: PrEsbyopic Allogenic Refractive Lenticule (PEARL) Corneal Inlay Using a SMILE Lenticule. *J Refract Surg*, 2017;33:224-229.
- ZHAO J, SHEN Y, TIAN M *et al.* Corneal Lenticule Allotransplantation After Femtosecond Laser Small Incision Lenticule Extraction in Rabbits. *Cornea*, 2017.

Le docteur Albou-Ganem a déclaré exercer des fonctions de consultante pour les laboratoires Zeiss.

A. HAGEGE¹, O. CASADESSUS²¹ Ophtalmologiste, Centre Laser Victor Hugo, PARIS,² Ingénieur, Centre Laser Victor Hugo, PARIS.
alain@dr-hagege.com

Guide raisonné des PresbyLASIK

Le laser Excimer fait partie de l'arsenal du chirurgien réfractif depuis maintenant 30 ans et son utilisation est largement plébiscitée, tant par les ophtalmologistes que par les patients, pour le traitement de la myopie, de l'hypermétropie et/ou de l'astigmatisme. Il n'en est pas de même pour la presbytie pour laquelle son usage reste plus confidentiel, bien que des profils d'ablation dédiés à sa correction aient été proposés dès les premières années d'existence du laser Excimer. Le compromis entre visions de loin et de près sur lequel repose le traitement de la presbytie explique en partie la méfiance développée à son égard. La bonne compréhension des mécanismes mis en jeu lors de ce type de chirurgie peut pourtant permettre de dépasser ces *a priori*, mais aussi aider à reconnaître plus facilement les patients pour lesquels une pleine satisfaction postopératoire est attendue.

Cet article traite ainsi des principes sous-jacents à l'élaboration des profils d'ablation cornéens pour la compensation de la presbytie, et propose de décrire et comparer les spécificités des traitements les plus répandus sur le marché actuel : le Presbyond (Zeiss Meditec), les profils asphériques du logiciel CustomQ (Alcon Wavelight), le PresbyMAX (Schwind eye-tech-solutions) et le Supracor (Bausch + Lomb Technolas).

■ Introduction

Parmi les traitements de la presbytie à disposition du chirurgien ophtalmologiste, le laser Excimer présente les avantages d'une intervention de surface en s'affranchissant des risques d'une intervention intraoculaire et facilitant la réalisation de retouches si nécessaire. Classiquement associées à une chirurgie de type LASIK (bien qu'une PKR puisse aussi être envisagée), le terme générique de PresbyLASIK est utilisé pour désigner les ablations spécifiques à la compensation

de la presbytie. Toutefois, le PresbyLASIK propose d'apporter une solution statique à un problème d'origine dynamique – à savoir l'immobilisation progressive du mécanisme d'accommodation – en utilisant un subtil compromis entre qualité de vision de loin et qualité de vision de près. Cet équilibre n'est pas absolu et plusieurs stratégies peuvent être adoptées pour y arriver, expliquant la pluralité des traitements de la presbytie disponibles sur les plateformes Excimer du marché.

Nous présenterons dans cet article les caractéristiques de quatre de ces traitements : le Presbyond (Zeiss Meditec), les profils asphériques du logiciel CustomQ (Alcon Wavelight), le Supracor (Bausch + Lomb Technolas) et le PresbyMAX (Schwind eye-tech-solutions). Ces traitements sont les plus répandus à l'heure actuelle, et sont représentatifs des différentes stratégies et mécanismes utilisables en chirurgie par laser Excimer pour adresser le problème de la presbytie. Nous nous attacherons à apporter un éclairage sur leur principe de fonctionnement tout en pointant du doigt ce qui les rapproche ou les distingue, ainsi qu'en comparant leurs atouts et inconvénients d'un point de vue formel. Nous laisserons cependant le soin au lecteur de juger de leur efficacité clinique au gré de leur propre expérience ou en se référant à la littérature publiée sur le sujet.

■ Préliminaire : quelques notions essentielles d'optique et de mathématiques

Nous proposons ici un petit rappel sur les fondamentaux théoriques nécessaires à la bonne compréhension des effets optiques de la presbytie et de ses traitements. Les lecteurs familiers avec les notions de réfraction de la lumière, de foyer, d'aberration sphérique ou d'asphéricité pourront sauter cette section préliminaire pour aborder directement le cœur du sujet en page 125.

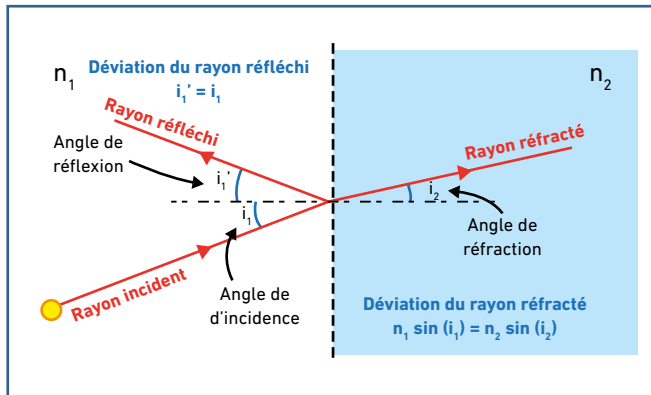


Fig. 1 : Lois de Snell-Descartes prédisant les directions des rayons réfléchis et réfractés par un dioptre séparant des milieux d'indices de réfraction n_1 et n_2 lorsqu'il est traversé par un rayon d'angle d'incidence i_1 .

1. Réfraction de la lumière et foyer paraxial

Selon la nature du milieu dans lequel elle se propage, la vitesse de la lumière n'est pas la même. L'**indice de réfraction** est une grandeur caractéristique d'un milieu permettant d'indiquer le taux de ralentissement de la lumière le traversant par rapport à sa vitesse dans le vide. Lorsque la lumière traverse un **dioptre**, c'est-à-dire la limite séparant deux milieux d'indices de réfraction différents, la différence de vitesse qu'elle subit est susceptible d'en dévier la trajectoire : il s'agit du phénomène de **réfraction de la lumière**. Cette déviation dépend à la fois de l'écart d'indices de réfraction de part et d'autre du dioptre, mais aussi de l'écart angulaire entre la trajectoire du rayon incident et la droite perpendiculaire à la surface du dioptre au point d'impact du rayon. La déviation subie par la lumière à la traversée du dioptre est calculable à l'aide des lois de Snell-Descartes (**fig. 1**).

Un dioptre plan pourra ainsi dévier un faisceau lumineux (comme par exemple un prisme compensant le désalignement oculaire d'un œil strabique) mais n'en modifiera en rien les propriétés de convergence ou de divergence. Pour y parvenir, on utilisera un dioptre sphérique, c'est-à-dire une surface dont la forme est assimilable à une sphère. Un tel dioptre permettra de dévier les rayons symétriquement par rapport à son axe optique, qui est l'axe de symétrie passant par son centre de courbure. Les rayons parallèles à l'axe optique du dioptre provenant d'une source lumineuse éloignée convergeront alors en un point unique, appelé **foyer**. Le vertex est le point d'intersection du dioptre avec son axe optique, et la distance séparant ce point du foyer est appelée **distance focale** et est proportionnelle au rayon de courbure R du dioptre. On pourra aussi définir sa **puissance optique P** , se calculant comme la différence des indices de réfraction

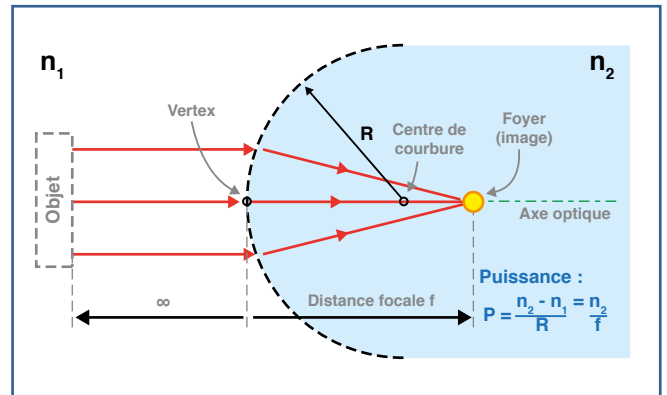


Fig. 2 : Réfraction par un dioptre sphérique de rayons lumineux en provenance d'un objet situé à l'infini.

des milieux séparés par le dioptre divisée par son rayon de courbure. Cette puissance sera d'autant plus importante que la distance focale est courte (**fig. 2**).

L'œil est un système optique constitué de quatre dioptries qui sont les faces antérieure et postérieure de la cornée et du cristallin. Lorsque l'œil observe un objet éloigné, les rayons en provenance sont déviés par les différents dioptries oculaires et convergent en un point qui n'est autre que le **foyer de l'œil**. Pour que la vision de l'objet lointain soit nette, il faut que ce foyer coïncide avec la fovéa. L'emmétropie correspond ainsi à l'adéquation parfaite entre la distance focale (ou la puissance) de l'œil et sa longueur axiale. Tout écart, résultant d'une valeur "anormale" de puissance ou de longueur axiale, sera source d'une amétropie : hypermétropie si la distance focale de l'œil est trop longue – ou autrement dit si la puissance de l'œil est trop faible – par rapport à sa longueur axiale, et myopie dans le cas inverse.

On pourra donc envisager de corriger la position du foyer de l'œil, en le ramenant idéalement sur la rétine, en modifiant la puissance de l'œil par changement du rayon de courbure de l'un de ses dioptries, par exemple la face antérieure de la cornée. Il s'agit ici du principe sous-jacent à la chirurgie réfractive par laser Excimer, ce dernier étant utilisé pour ablater la cornée et ajuster sa forme pour lui conférer le rayon de courbure adéquat à la correction amétropique à apporter (**fig. 3**). Il faut toutefois noter que la relation entre la puissance d'un dioptre et son rayon de courbure n'est rigoureusement exacte que pour des rayons proches et peu inclinés par rapport à l'axe optique du dioptre. Ces rayons sont qualifiés de **paraxiaux**, et modifier le rayon de courbure de la face antérieure cornéenne a donc pour effet de modifier la position du foyer paraxial de l'œil.

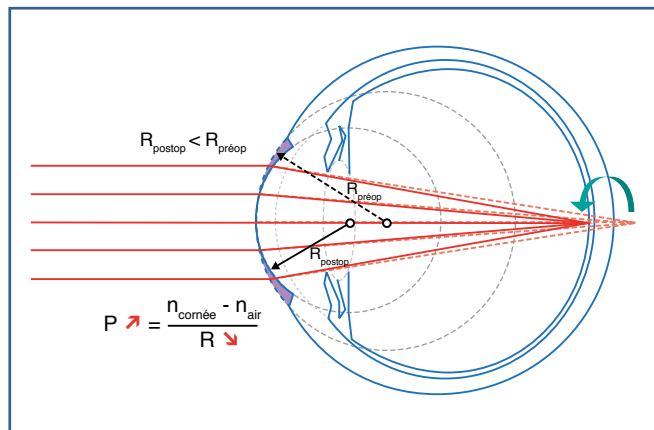


Fig. 3 : Ablation de la cornée par laser Excimer pour corriger une amétropie. Dans le cas d'une hypermétropie, on cherchera à augmenter la puissance de l'œil en diminuant le rayon de courbure de la face antérieure de la cornée et ramener le foyer sur la rétine (flèche verte). Par souci de simplification, l'impact réfractif de la face postérieure de la cornée et du cristallin a été ignoré dans le tracé de rayons.

2. Aberration sphérique, rayons et front d'onde

On pourra montrer qu'un dioptré sphérique ne fait pas converger tous les rayons incidents parallèles à son axe optique en un seul et unique foyer. En effet, l'application rigoureuse des lois de Snell-Descartes aux différents points d'intersection de ces rayons avec le dioptré indique que leur point de convergence après réfraction dépend de leur éloignement à l'axe optique : au plus ces rayons seront proches de l'axe optique, au plus le point d'intersection du rayon réfracté avec l'axe optique sera éloigné du vertex. Le dioptré sphérique génère ainsi une série de foyers, répartis entre un **foyer paraxial** (c'est-à-dire le point de convergence des rayons paraxiaux, proches de l'axe optique) et un **foyer marginal** (c'est-à-dire le point de convergence des rayons marginaux, ou périphériques, les

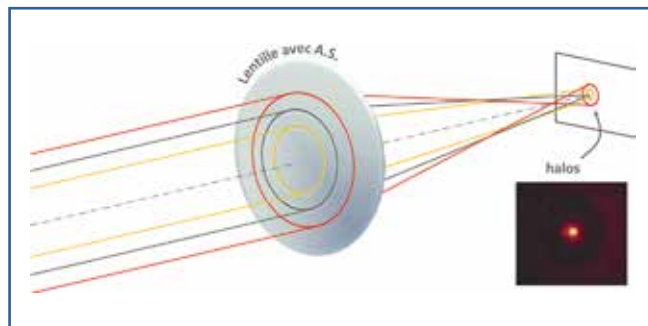


Fig. 5 : Illustration de la tache image et des halos obtenus en présence d'aberration sphérique, résultant de la superposition des images associées à chacun des foyers de l'aberration.

plus éloignés de l'axe optique). Ce défaut de convergence est appelé **aberration sphérique**, celle-ci étant quantifiée par la distance séparant les foyers paraxial et marginal¹. Par convention, l'aberration est de signe positif si le foyer marginal est placé en avant du foyer paraxial, et de signe négatif dans le cas contraire (fig. 4).

L'aberration sphérique se manifeste par l'obtention d'une tache en lieu et place d'un point unique comme image d'un point source lumineux situé à l'infini. En effet, l'image rétinienne résulte de la superposition d'images concentriques mais de tailles différentes associées à chacun des foyers de l'aberration, ce qui se traduit visuellement par une perte de netteté et l'apparition de halos (fig. 5).

Tandis que les rayons permettent de visualiser facilement la trajectoire de la lumière et l'effet des aberrations, ces

¹ Il s'agit ici en toute rigueur de la définition de l'aberration sphérique longitudinale, traduisant l'étalement de l'aberration sphérique le long de l'axe optique du système étudié.

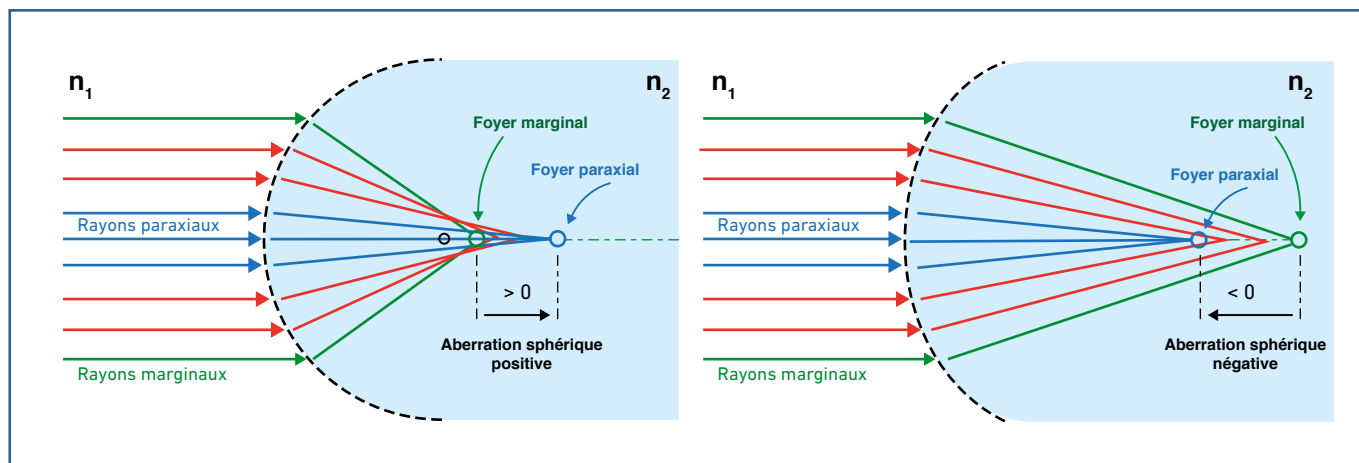


Fig. 4 : Illustration des foyers de l'aberration sphérique et convention du signe de l'aberration. Un dioptré sphérique engendre une aberration sphérique positive.

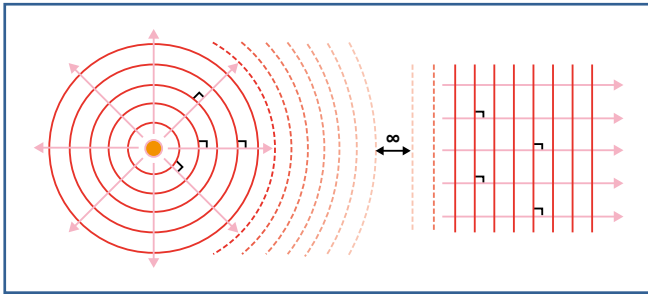


Fig. 6 : Fronts d'onde émis par une source de lumière ponctuelle. Les fronts d'onde sont sphériques à proximité de la source et apparaissent plans si l'on est suffisamment éloigné. Les rayons lumineux qui traduisent les directions de propagation de la lumière sont les droites perpendiculaires aux fronts d'onde.

dernières sont généralement caractérisées en pratique ophtalmologique à partir d'une mesure de **front d'onde**. Un front d'onde est par définition une surface virtuelle reliant les différents points de l'espace pour lesquels la lumière a les mêmes propriétés de phase. On pourra cependant interpréter plus simplement cela en considérant le front d'onde comme la surface réunissant les points de l'espace où la lumière a été émise à un même moment par une source lumineuse. Ainsi, dans un milieu uniforme et isotrope² un front d'onde prendra la forme d'une sphère. Si l'on s'éloigne suffisamment de cette source pour que celle-ci puisse être considérée comme localisée à l'infini, les fronts d'onde apparaîtront plans. On remarquera aussi que les rayons lumineux, qui représentent la direction de propagation de la lumière, s'obtiennent en traçant les droites perpendiculaires au front d'onde (**fig. 6**).

Un aberromètre est un instrument permettant de caractériser le front d'onde oculaire. Si l'œil était un système optique

² Un milieu uniforme et isotrope est un milieu dans lequel la lumière se propage à la même vitesse dans toutes les directions de l'espace.

idéal, ce front d'onde serait plan. Or, les hétérogénéités présentes au sein des milieux oculaires et les défauts de régularité des différentes surfaces de l'œil (cornée, cristallin et rétine) influent sur la propagation de la lumière, résultant en une déformation des fronts d'onde. L'aberromètre permet alors de caractériser la différence séparant le front d'onde mesuré de l'œil du front d'onde plan idéal qui serait obtenu avec une optique parfaite. Cette différence est appelée **erreur de front d'onde**, et donne une mesure, quantifiée en micromètres, du retard (valeur négative) ou de l'avance (valeur positive) de phase relative de la lumière en chaque point de l'aire pupillaire (**fig. 7**). La carte obtenue n'est pas facilement interprétable en l'état et l'on utilisera un artifice mathématique, appelé **décomposition du front d'onde**, pour convertir l'erreur de front d'onde en une somme de fonctions élémentaires auxquelles une signification physique pourra être donnée.

La **décomposition en polynômes de Zernike** est une méthode de décomposition et présente l'avantage d'être particulièrement adaptée à l'étude des fonctions circulaires (comme l'est une erreur de front d'onde inscrite dans l'aire pupillaire). Les polynômes de Zernike sont des fonctions caractérisées par un ordre n (représentant la complexité radiale selon un diamètre du disque pupillaire) et une fréquence m (représentant la complexité angulaire de la fonction). Ces fonctions sont généralement représentées sous forme d'une pyramide, où les lignes rassemblent les polynômes de Zernike de même ordre, et les colonnes regroupent les polynômes de même fréquence. La notation standardisée de ces polynômes repose sur la mention de leur ordre et de leur fréquence, sous la forme $Z_{n,m}$. Il existe d'autres systèmes de notation, par exemple en comptabilisant les polynômes par leur ordre j d'apparition dans la pyramide (on utilisera alors la notation Z_j). Ainsi, le polynôme d'ordre

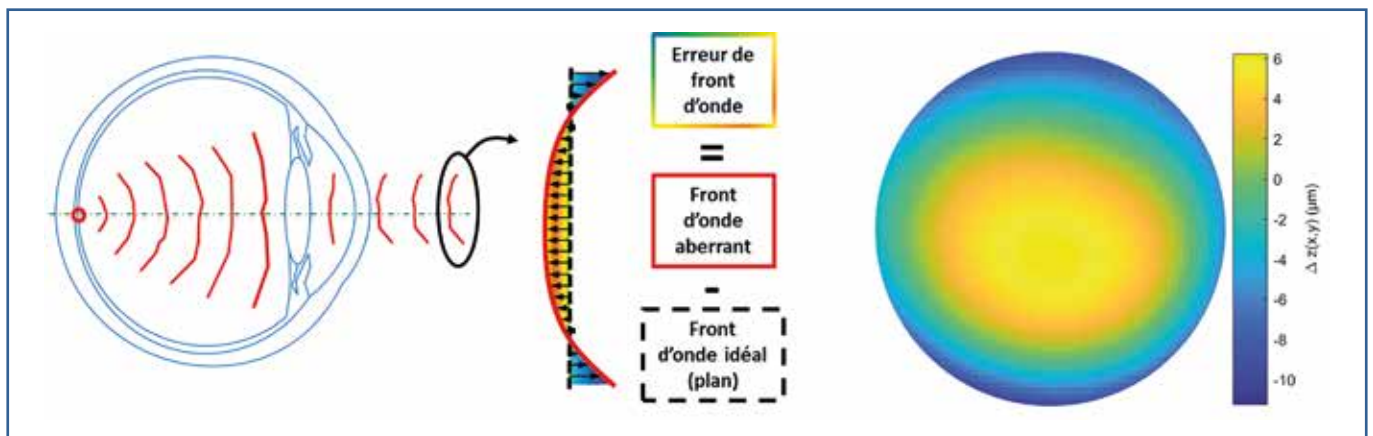


Fig. 7 : Carte d'erreur de front d'onde à partir de la soustraction d'un front d'onde plan idéal au front d'onde oculaire mesuré dans l'aire pupillaire.

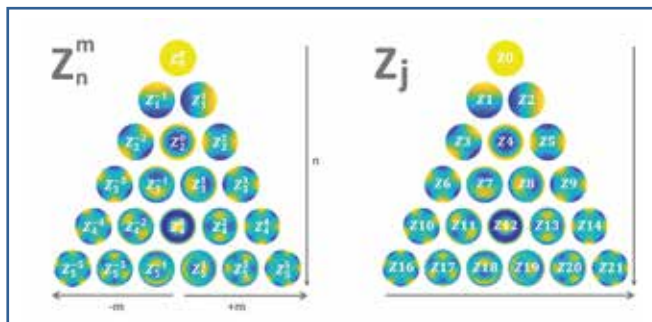


Fig. 8 : Représentation pyramidale des polynômes de Zernike et notations : à gauche par appel des ordres n et fréquences m , et à droite par comptage de haut en bas et de gauche à droite de leur ordre d'apparition dans la pyramide.

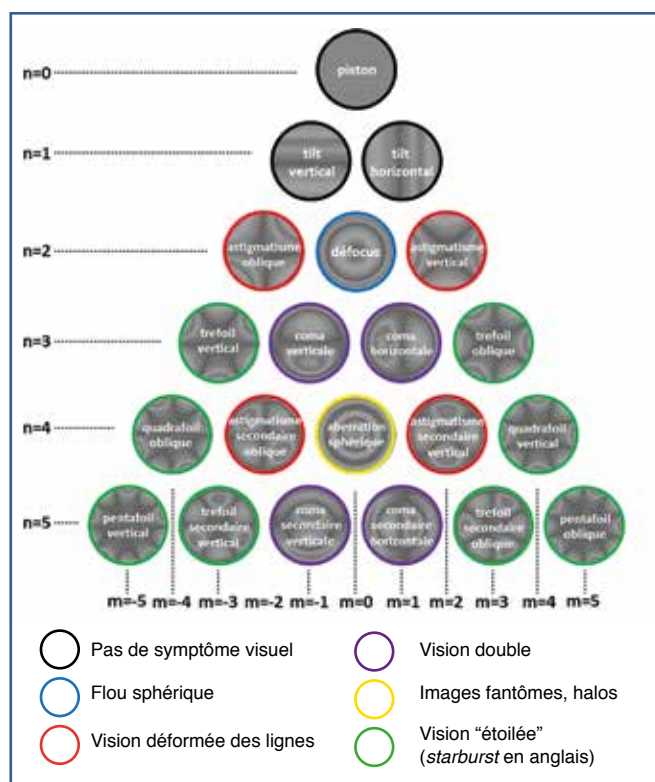


Fig. 9 : Polynômes de Zernike jusqu'à l'ordre 5 et symptômes visuels associés.

2 et de fréquence nulle pourra être noté $Z_{2,0}$ ou Z_4 selon la convention utilisée (fig. 8).

Les polynômes de Zernike ont été spécifiquement développés pour l'étude des performances de systèmes optiques, et à chaque polynôme peut être attribué un effet visuel³ (fig. 9). Par abus de langage, on pourra ainsi qualifier les polynômes d'aberrations. Les polynômes d'ordre 2 sont appelés "polynômes de bas degré" et sont symptomatiques d'un flou sphéro-cylindrique, tandis que les polynômes d'ordre supérieur ou égal à 3 sont qualifiés de "polynômes de haut degré" et sont représentatifs des effets optiques non corrigeables par des verres traditionnels. En particulier, les polynômes de fréquence nulle et d'ordre supérieur ou égal à 4 sont associés aux symptômes de l'**aberration sphérique**. On donnera ainsi le nom d'**aberration sphérique** au polynôme $Z_{4,0}$ et d'aberration sphérique secondaire au polynôme $Z_{6,0}$.

Après mesure, l'erreur de front d'onde oculaire est donc décomposée en une série de polynômes de Zernike, un coefficient étant attribué à chacun de ces polynômes et traduisant l'influence de l'aberration associée dans le front d'onde. La valeur de ce coefficient tend à diminuer avec l'ordre n , et les 5 ou 6 premiers ordres de la décomposition suffisent généralement à reconstituer fidèlement l'erreur de front d'onde mesurée (fig. 10).

3. Asphéricité et contrôle de l'aberration sphérique

Nous l'avons évoqué, un dioptre sphérique induit une aberration sphérique positive car les rayons convergent différemment selon leur distance à l'axe optique. Cette convergence dépend de l'écart d'inclinaison existant entre la direction d'incidence du rayon et celle de la normale au dioptre où le rayon l'intersecte : influencer sur la forme du dioptre permettra donc de modifier la convergence du rayon.

³ Ceci est vrai à l'exception des polynômes d'ordres 0 et 1 qui représentent simplement une erreur de positionnement de l'image rétinienne sans la déformer.

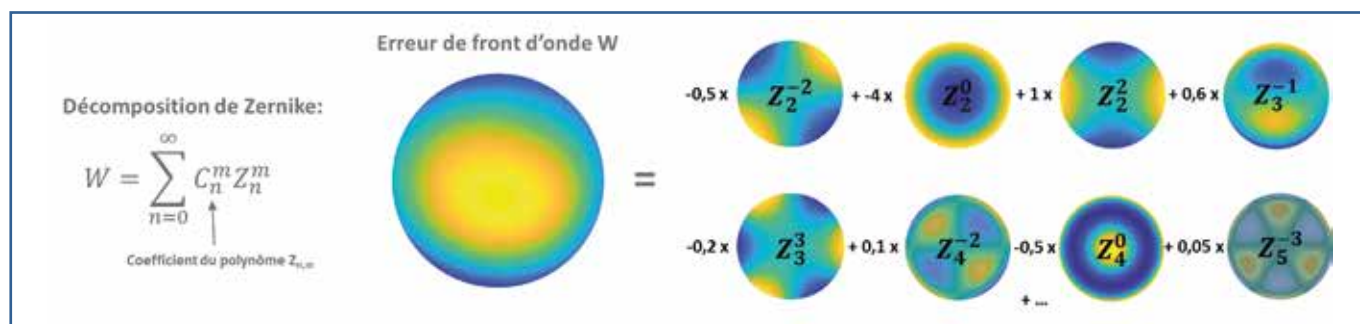


Fig. 10 : Exemple de décomposition d'une erreur de front d'onde W en une somme pondérée de polynômes de Zernike, les coefficients indiquant le poids de l'aberration associée.

Nous allons ainsi nous intéresser aux **dioptries asphériques** dont la forme dévie, comme leur nom l'indique, de celle d'une sphère. Si l'on se restreint à leur projection dans un plan, la forme de ces dioptries est une courbe dont l'expression mathématique dépend de deux paramètres uniquement (*fig. 11*) :

- le **rayon de courbure apical R_0** , qui est le rayon du cercle approchant le mieux la forme de la courbe à son apex ;
- le **facteur d'asphéricité Q** , qui est un paramètre mathématique sans unité caractérisant l'éloignement de la forme de la courbe asphérique de celle du cercle de rayon R_0 . Selon sa valeur, la courbe sera qualifiée d'**ellipse oblate** ($Q > 0$), de cercle ($Q = 0$), d'**ellipse prolata** ($0 > Q > -1$), de parabole ($Q = -1$) ou d'**hyperbole** ($Q < -1$).

Tandis que le rayon R_0 fixera la taille globale du dioptré, le facteur Q jouera quant à lui sur la déformation de ses bords. En particulier, on pourra se rappeler qu'une ellipse **prolate** a ses bords **relevés** par rapport au cercle de rayon R_0 , tandis qu'une ellipse **oblate** aura ses bords **abaissés** (*fig. 12*). La cornée humaine peut être raisonnablement approchée par une courbe asphérique, son rayon de courbure apical moyen étant de l'ordre de 7,8 mm et son facteur d'asphéricité de -0,27. Une cornée humaine est donc généralement prolata.

Intéressons-nous maintenant à la capacité de réfraction des rayons lumineux du dioptré asphérique. Le rayon de courbure apical R_0 fixe la position du foyer paraxial du dioptré (et donc sa puissance paraxiale), tandis que le facteur d'asphéricité impacte la convergence des rayons non paraxiaux, et donc l'aberration sphérique introduite par le dioptré. Il est possible de lier numériquement la valeur du coefficient $C_{4,0}$ d'aberration sphérique associée au dioptré asphérique à son facteur d'asphéricité Q . On remarquera qu'il existe une valeur particulière de Q , Q_{opt} , qui annule complètement l'aberration sphérique (*fig. 13*), et qui ne dépend que des indices de réfraction des milieux séparés par le dioptré.

Dans le cas de la face antérieure de la cornée, ce facteur optimal Q_{opt} est égal à -0,53. Des valeurs supérieures d'asphéricité Q ($Q > -0,53$) engendreront des valeurs positives d'aberration sphérique, tandis qu'un facteur Q inférieur à -0,53 induira une aberration sphérique négative (*fig. 14*). Cette relation, entre facteur de forme Q du dioptré et l'aberration sphérique qu'il induit, est le moteur sur lequel s'appuient les traitements dits asphériques : ces traitements cherchent à optimiser la forme du dioptré cornéen pour contrôler les valeurs d'aberration sphérique induite par la correction effectuée.

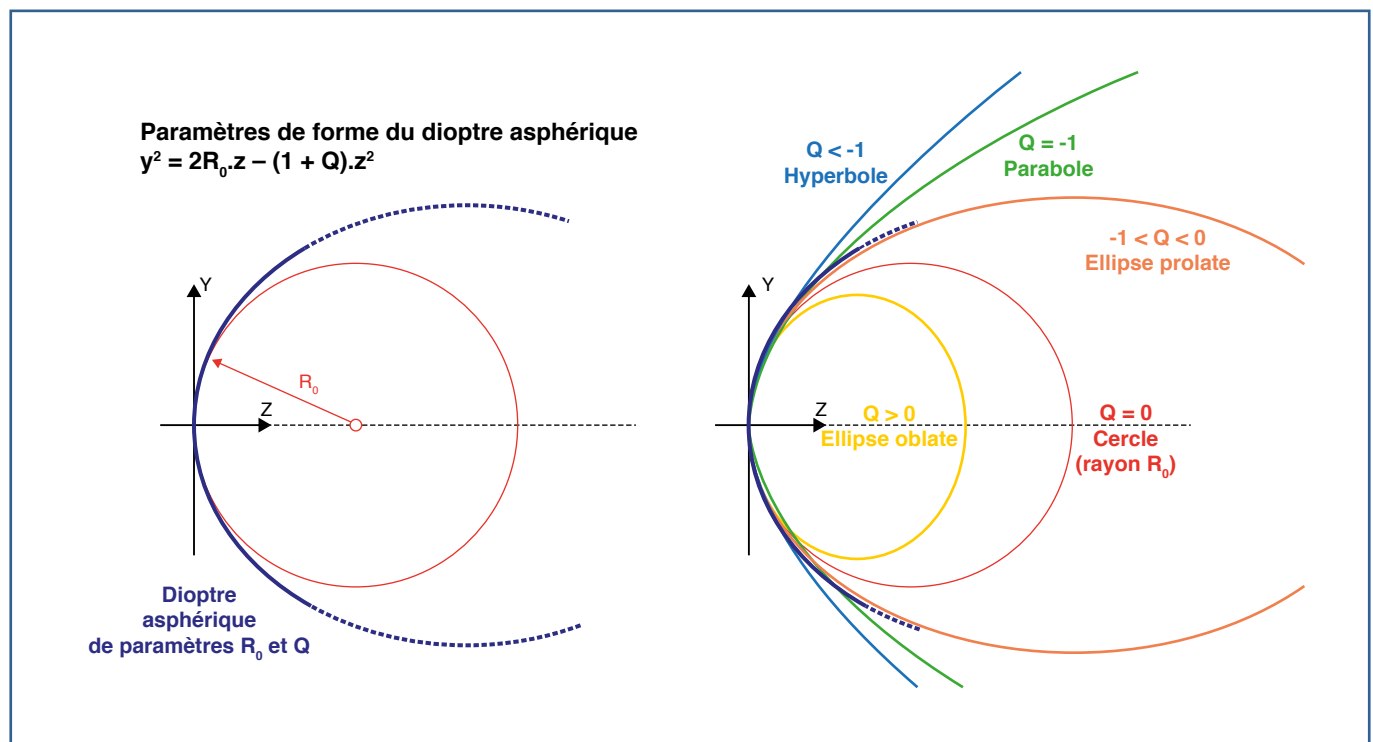


Fig. 11 : Dioptré asphérique avec à gauche la mise en évidence du rayon de courbure apical R_0 qui décrit la forme du dioptré en son apex (confondu avec son vertex), et à droite les différentes allures possibles du dioptré selon la valeur du facteur d'asphéricité Q , pour un rayon de courbure apical R_0 donné.

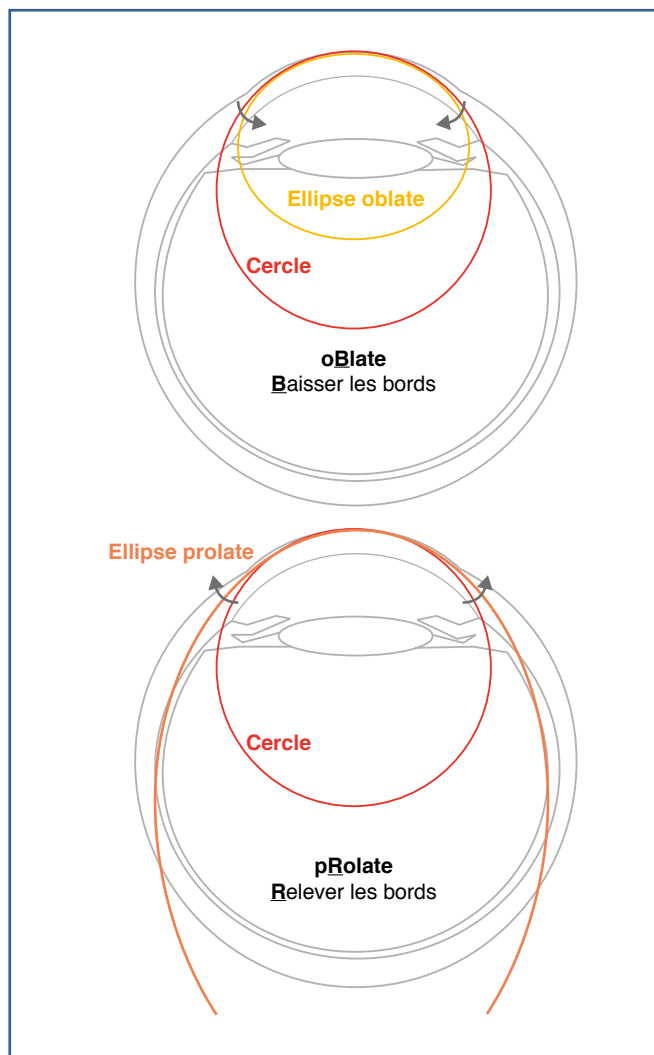


Fig. 12 : Illustration de la différence de forme entre une ellipse oblate (**en haut**) et une ellipse prolate (**en bas**) en comparaison avec le cercle de rayon égal au rayon de courbure apical R_0 des courbes asphériques.

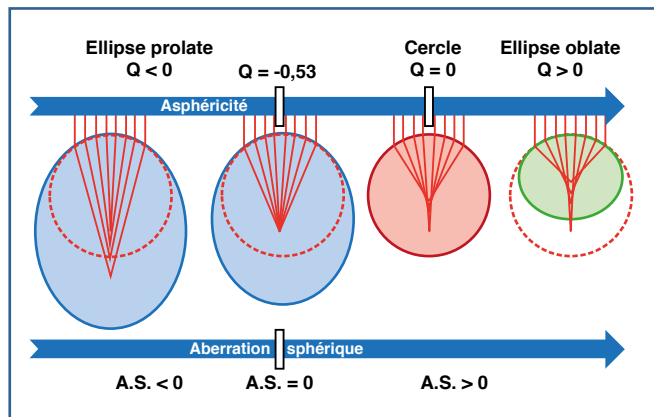


Fig. 14 : Récapitulatif du signe de l'aberration sphérique attendu pour un dioptre asphérique séparant deux milieux d'indices $n = 1$ (air) et $n = 1,376$ (cornée) en fonction du facteur d'asphéricité Q .

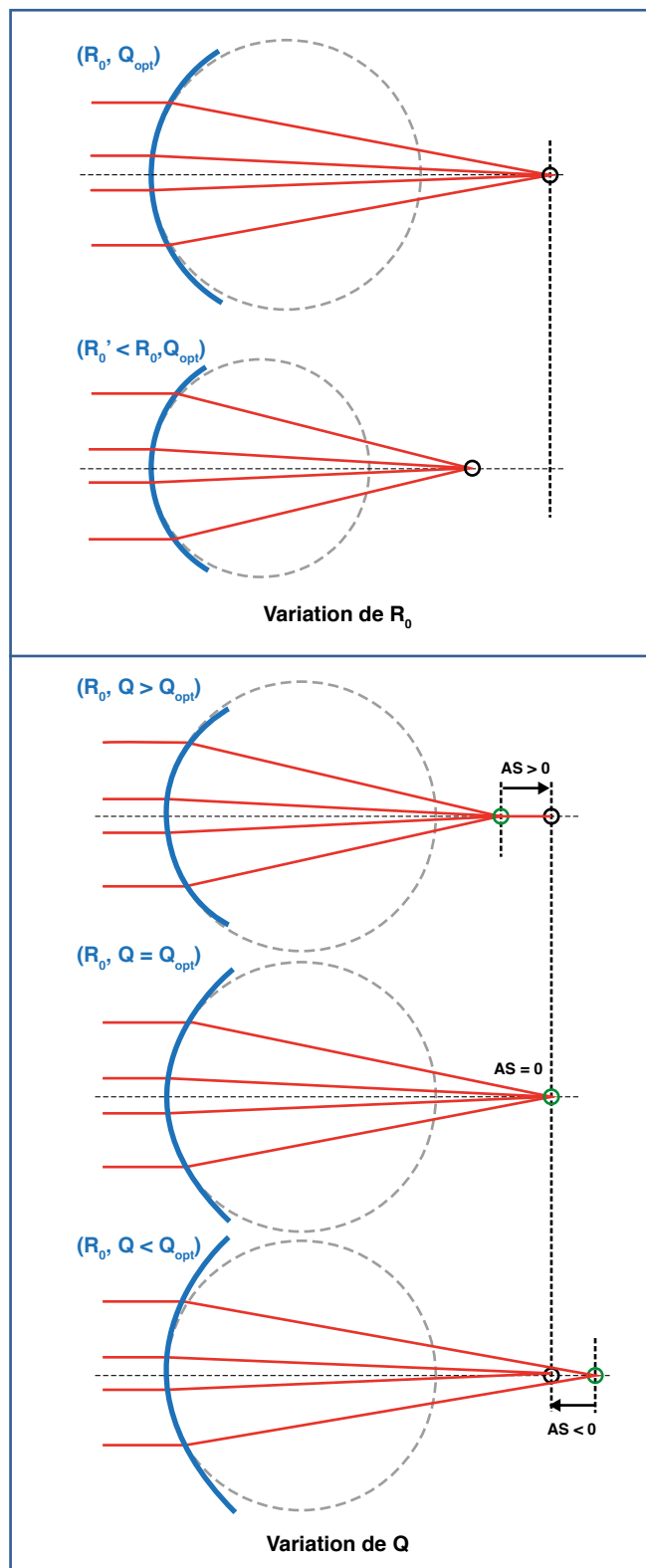


Fig. 13 : Illustration de l'influence du rayon de courbure apical R_0 (**en haut**) et du facteur d'asphéricité Q (**en bas**) sur la convergence des rayons traversant un dioptre asphérique. Q_{opt} désigne la valeur particulière de facteur d'asphéricité permettant d'annuler l'aberration sphérique induite par le dioptre.

■ Optique de la presbytie et stratégies de correction PresbyLASIK

Concevoir une stratégie de correction de la presbytie requiert d'en déterminer correctement les causes et les conséquences associées. Pour cela, nous allons commencer par redéfinir le fonctionnement optique de l'œil et en particulier celui du mécanisme d'accommodation.

1. Optique de l'œil et vision à différentes distances

Un œil emmétrope est capable de voir nettement un objet lointain parce que son foyer, qui est alors l'image optique de cet objet, est situé sur la rétine. Si l'objet se rapproche de l'œil, son image optique se déplace par construction en arrière du foyer, et donc de la rétine : l'image rétinienne ne coïncide plus avec l'image optique et apparaît floue. Le mécanisme d'accommodation permet à l'œil de rétablir la netteté de l'image rétinienne en augmentant la puissance de l'œil par bombement des dioptries cristalliniens. Le foyer de l'œil avance alors, engendrant une myopie suffisante pour que l'image de l'objet soit ramenée dans le plan de la rétine et assurant ainsi la vision de près (*fig. 15*).

L'amplitude accommodative de l'œil, c'est-à-dire l'excès de puissance que le mécanisme accommodatif est capable

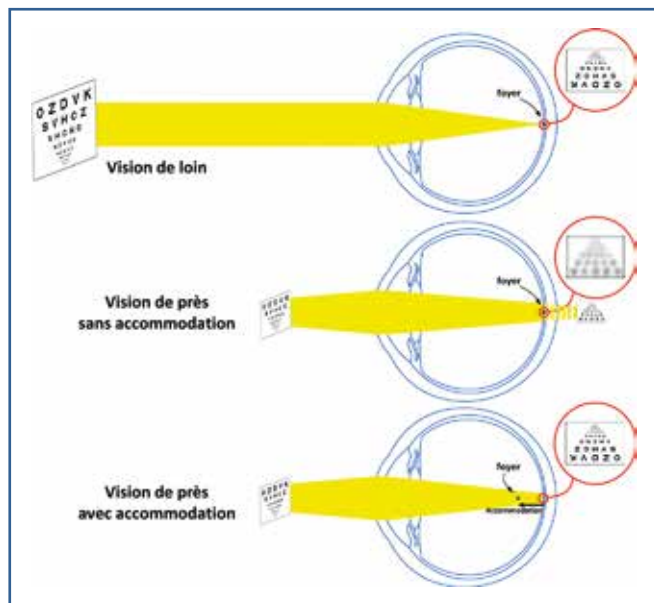


Fig. 15 : Vision et position du foyer d'un œil emmétrope. Le foyer de l'œil correspond à l'image des objets situés à l'infini et coïncide donc avec le plan de la rétine. Lorsqu'un objet se rapproche, son image optique se forme en arrière du foyer, donc en arrière de la rétine : l'image rétinienne apparaît floue. L'accommodation résulte en un déplacement dans le sens myopique du foyer de l'œil, de façon à ce que l'image de l'objet proche soit ramenée sur la rétine.

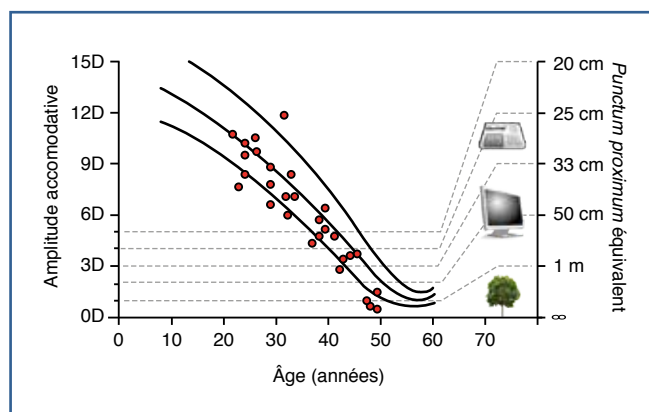


Fig. 16 : Évolution de l'amplitude accommodative de l'œil avec l'âge. Données extraites de Duane, *J Am Med Assoc*, 1912;59:1010-1013 et Mordt et al., *Vision Res*, 1998;38:1643-1653.

d'introduire par rapport à la puissance nominale de l'œil, décroît progressivement avec l'âge, couvrant une quinzaine de dioptries à la petite enfance pour s'annuler vers l'âge de soixante ans (*fig. 16*). Ce gel du mécanisme accommodatif est symptomatique de la presbytie, et se traduit par une immobilisation graduelle du foyer oculaire dans sa position de vision de loin. Par conséquent, l'impact visuel dépendra aussi du degré d'amétropie de l'œil. Dans le cas de l'œil emmétrope, l'âge de 45 ans est généralement associé aux premières gênes véritables car l'amplitude accommodative accessible devient inférieure à 3 dioptries, valeur permettant de couvrir les besoins visuels du quotidien.

Corriger la presbytie consistera idéalement à restaurer une plage de vision équivalente à 3 dioptries d'accommodation.

2. Stratégies de compensation de la presbytie et application au PresbyLASIK

Une véritable correction de la presbytie consisterait à redonner au cristallin sa capacité de se contracter et à rétablir le déplacement du foyer de l'œil. Plusieurs chirurgies apportent une correction mécanique au problème de la presbytie, comme les implants scléaux (VisAbility, Refocus Group) insérés dans la sclère dans le but d'élargir l'espace de Zinn et de redonner à la zonule l'espace suffisant pour assurer l'accommodation selon la théorie développée par Ronald Schachar. La lentotomie, technique encore en développement et consistant à redonner de la souplesse au cristallin au moyen d'incisions par laser femtoseconde, en est un autre exemple. Une alternative à ces chirurgies est le remplacement du cristallin par un implant accommodatif, capable de modifier sa puissance par utilisation de la contraction des procès

ciliaires (Trulign, Bausch+Lomb/Synchrony, J & J Vision/DynaCurve, NuLens...), par effet gravitationnel (Liquilens, Vision Solutions Technologies...) ou encore par voie électronique (Sapphire, Elenza – en développement...).

Toutes ces solutions impliquent d'intervenir sur le cristallin ou son environnement immédiat, ce qui n'est évidemment pas l'objet d'une chirurgie de la cornée par laser Excimer.

D'autres solutions consistent à traiter optiquement le problème, en cherchant à compenser le défaut presbyte plutôt qu'à le corriger véritablement. Plutôt que de déplacer la position du foyer oculaire dans l'œil, on pourra vouloir en prépositionner plusieurs, chacun d'entre eux assurant l'obtention d'une image nette pour une distance de vision donnée. Pour cela, on pourra utiliser le lien entre caractéristiques physiques d'un dioptré et sa puissance optique. En effet, cette dernière dépend des indices de réfraction des milieux séparés par le dioptré et de son rayon de courbure. En modulant dans l'aire pupillaire le rayon de courbure du dioptré ou l'indice de réfraction du matériau porteur de la correction, on pourra alors créer des zones de vision associées à des foyers optiques distincts (*fig. 17*).

La création de plusieurs foyers peut être aussi obtenue grâce à un profil diffractif, utilisant les propriétés ondulatoires de la lumière pour séparer l'énergie lumineuse frappant des marches diffractives en plusieurs points de l'espace. Le design adéquat de ces marches, couplées à une lentille de puissance nominale donnée, permet de créer un ou plusieurs foyers supplémentaires aux puissances d'addition maîtrisées (*fig. 18*).

Une alternative à la création de foyers additionnels est d'augmenter la tolérance de l'œil au flou, par exemple en agissant sur sa **profondeur de champ**. La profondeur de champ

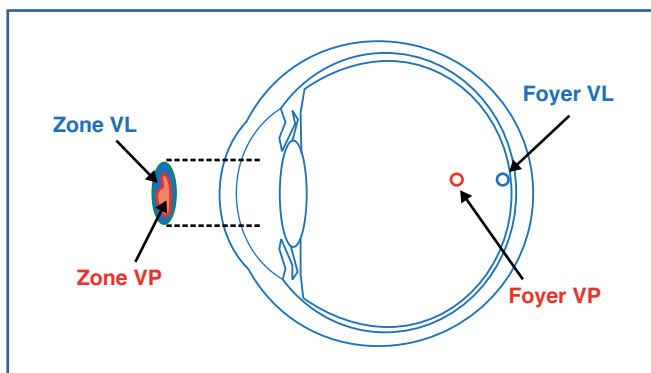


Fig. 17 : La création de zones de puissances différentes dans l'aire pupillaire conduit à l'obtention de foyers de vision distincts.

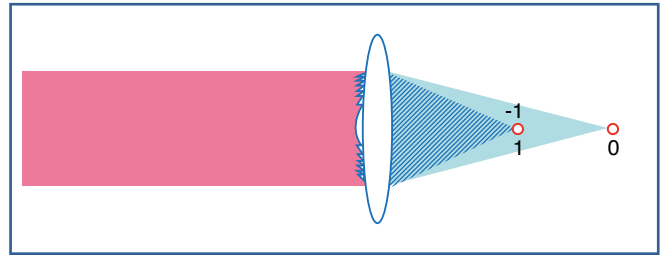


Fig. 18 : L'inscription de marches diffractives sur une lentille permet de créer plusieurs foyers de vision distincts. La diffraction de la lumière répartit la lumière selon plusieurs ordres de diffraction tels que l'ordre 0 corresponde au foyer de la lentille support, et que les ordres 1 et -1 coïncident en un unique point correspondant à la puissance d'addition désirée. Le design des marches diffractives permet de contrôler le nombre et la localisation des foyers d'addition.

désigne la plage de distances auxquelles un objet peut se trouver tout en assurant une image de qualité suffisante sur la rétine. L'utilisation d'un trou sténopéique permet d'y parvenir ; en effet, l'image optique d'un objet proche est formée en arrière de la rétine à cause de la contribution des rayons non paraxiaux en provenance de cet objet. En filtrant ces rayons à l'aide d'une ouverture de petites dimensions, seuls les rayons paraxiaux parviennent à pénétrer dans l'œil, déplaçant ainsi l'image optique au foyer de l'œil qui est immobilisé sur la rétine par la presbytie (*fig. 19*).

Le pendant à la profondeur de champ dans l'espace image est appelé **profondeur de focalisation** et se définit comme la distance autour de la rétine à laquelle une image optique d'un objet peut se trouver tout en assurant une qualité suffisante de l'image rétinienne. La profondeur de focalisation naturelle de l'œil, de l'ordre du quart de dioptrie, est insuffisante pour

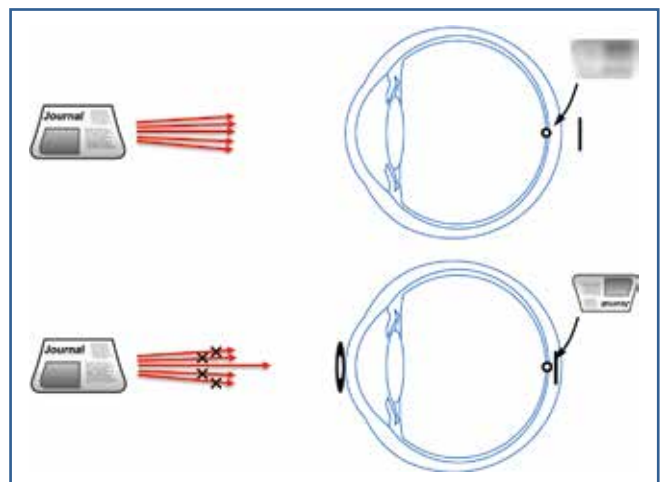


Fig. 19 : Extension de la profondeur de champ avec un trou sténopéique. L'image optique d'un objet proche se forme en arrière du foyer, et donc de la rétine chez l'œil emmétrope presbyte. Utiliser un trou sténopéique permet de ne conserver que les rayons paraxiaux, forçant ainsi la formation de l'image au foyer.

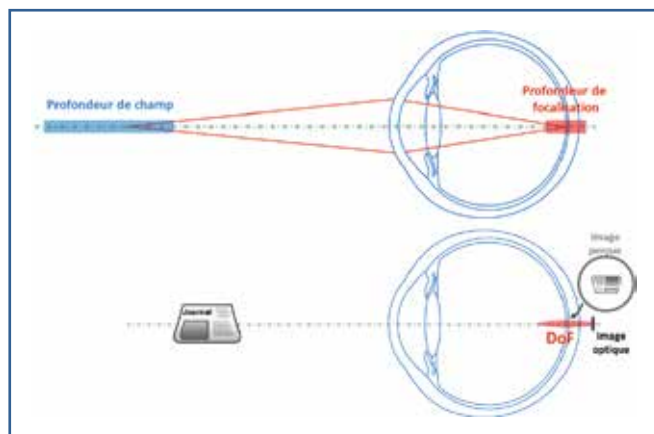


Fig. 20 : Illustration des notions de profondeurs de champ et de focalisation (**en haut**) et utilisation de l'extension de profondeur de focalisation pour permettre la vision des objets proches chez l'œil presbyte (**en bas**).

assurer la bonne vision d'un objet proche, mais l'étendre permettrait de remplir cet objectif. C'est ce que proposent les moyens de correction dits EDoF (pour Extended Depth of Focus) qui reposent sur une induction maîtrisée de certaines aberrations, en particulier l'aberration sphérique, ou bien utilisent des designs optiques spécifiques (profils axicons, "light-sword" ou diffractifs) (*fig. 20*).

Parmi ces différentes solutions optiques, seules la modification locale de rayon de courbure ou l'induction d'aberrations pour étendre la profondeur de focalisation de l'œil sont compatibles avec la chirurgie PresbyLASIK. En effet, son principe repose sur une modification de la forme du dioptre antérieur cornéen, excluant les solutions basées sur un changement d'indice de réfraction ou la création de zones opaques dans l'aire pupillaire. Par ailleurs, les limitations physiques de la découpe (taille de faisceau, quantité de tissu ablaté par tir...) et le remodelage épithélial postopératoire empêchent la réalisation de structures fines dans le tissu cornéen comme des marches diffractives ou des profils discontinus de type axicon ou "light-sword".

Enfin, on pourra utiliser la binocularité du système oculaire pour répartir les foyers de vision entre les deux yeux en instaurant une monovision plus ou moins réduite selon qu'elle soit couplée ou non avec l'une des solutions multifocales évoquées précédemment.

■ Monovision

Une bonne vision de loin suppose que la position du foyer optique de l'œil coïncide avec le plan rétinien, tandis que la

vision de près nécessite que ce foyer soit situé en avant de la rétine. La monovision est une stratégie parvenant à faire coexister un foyer emmétrope et un foyer myope en les répartissant entre les deux yeux. Utilisée avec des lentilles de contact ou en chirurgie pseudophaque, elle fut naturellement transposée à la chirurgie par laser Excimer.

1. Principe de la monovision et mécanismes cognitifs impliqués

La monovision s'appuie sur le fonctionnement binoculaire du système visuel, qui construit l'image perçue à partir de la fusion des images formées sur les rétines des deux yeux. Cette fusion repose en particulier sur les mécanismes de sommation et de suppression du flou interoculaire. Le cerveau est en effet capable de sélectionner tout ou partie de l'information fournie par un œil en y supprimant les zones floues si les zones correspondantes de l'image rétinienne de l'œil controlatéral sont de meilleure qualité. Induire une anisométrie volontaire, par emmétropisation d'un œil et myopisation de l'autre forcera ainsi le choix de l'image la plus nette en fonction de la distance de vision.

Plusieurs contraintes doivent être prises en compte pour déterminer le degré d'anisométrie à introduire. Le gain en vision de près doit être suffisant pour apporter un bénéfice visuel mais pas trop important pour que la perte de la vision intermédiaire ne devienne pas gênante. Par ailleurs, la myopie induite doit être contrôlée afin que l'aniséiconie reste suffisamment faible et prévenir ainsi une disparité trop importante des images rétinienne qui entraverait le mécanisme de suppression interoculaire. À ceci s'ajoute la vision stéréoscopique dont on cherchera à limiter la dégradation, bien qu'il ait été observé que les conséquences subjectives de cette dégradation sont généralement moins importantes que ce que peuvent laisser présupposer les résultats de tests objectifs. Les valeurs de 1 et 2 dioptries d'anisométrie sont généralement présentées comme les bornes minimale et maximale permettant d'équilibrer les effets précédemment listés. Toutefois, pour restaurer une plage pseudo-accommodative "fonctionnelle", c'est-à-dire couvrant les besoins visuels du quotidien, l'anisométrie induite varie généralement entre 1,5 et 3 dioptries en fonction de l'âge du patient traité.

2. Dominance oculaire et monovision

La question se posera enfin de déterminer l'attribution des différentes distances de vision à chacun des deux yeux, le choix prenant généralement en compte la dominance oculaire du patient.

La notion de dominance oculaire n'est pas absolue et plusieurs formes peuvent en être distinguées, comme la dominance d'acuité (meilleure perception), de visée (préférence dans les taches monoculaires) ou sensorielle (meilleure capacité de suppression). Souvent concordantes, ces dominances peuvent parfois être portées par des yeux différents. Par exemple, chez les sujets anisométriques myopes, l'œil possédant la dominance de visée n'est généralement pas l'œil dominant en acuité. En ce qui concerne plus particulièrement la chirurgie réfractive et l'instauration d'une monovision, les dominances pertinentes sont la dominance sensorielle et la dominance de visée.

La dominance sensorielle est caractéristique de l'œil ayant la capacité de suppression la plus marquée. Elle pourra être testée en plaçant devant un œil, puis l'autre, un verre d'addition. L'œil dominant sera celui présentant la meilleure résistance au flou de brouillage. Il a été montré qu'instaurer une monovision en emmétropisant l'œil controlatéral donnait d'aussi bons résultats en termes d'acuité visuelle que si l'œil dominant sensoriel avait été traité pour la vision de loin, ceci au prix d'une légère période d'adaptation. Par-contre, la sensibilité aux contrastes en binoculaire est meilleure si l'œil dominant porte l'emmétropie.

Pour tester la dominance de visée, on pourra utiliser le test de Miles qui consiste à viser avec les deux yeux ouverts un objet au travers d'une carte trouée maintenue à deux mains et à déterminer quel œil maintient la fixation lorsque l'on ferme l'autre. Cet œil, qualifié d'œil directeur, facilite l'exécution des taches locomotrices mais peut être influencé par la préférence manuelle ainsi que par la distance de travail. Un œil directeur de loin peut ainsi ne pas l'être de près.

Pour conclure, en cas de discordance entre dominances sensorielle et de visée, maximiser la qualité de vision pourra conduire à préférer emmétropiser l'œil dominant sensoriel, tandis que l'œil directeur de loin sera privilégié si les capacités spatio-locomotrices sont à prioriser.

■ Profils d'ablation asphériques

Les premiers profils d'ablation Excimer reposaient sur la formule de Munnerlyn qui calcule la quantité de tissu à enlever pour modifier la puissance du dioptré antérieur cornéen en modifiant le rayon de courbure. Ainsi, pour corriger une myopie, nécessitant une diminution de la puissance de l'œil, l'ablation vise à augmenter le rayon de courbure de la

face avant de la cornée. La correction d'une hypermétropie consistera au contraire à diminuer la valeur de ce rayon de courbure.

Le défaut intrinsèque de cette approche est que le rayon de courbure n'a d'influence que sur la puissance paraxiale du dioptré modifié : seuls les rayons proches du centre pupillaire seront déviés conformément à la correction d'amétropie à effectuer. Associé à d'autres facteurs, comme la perte d'efficacité ablative du faisceau laser en périphérie de la cornée ou encore du remodelage cornéen postopératoire intervenant par effet biomécanique, la convergence des rayons périphériques n'est pas contrôlée, induisant potentiellement de l'aberration sphérique. La vision étant cependant largement influencée par les rayons paraxiaux, les résultats en termes d'acuité visuelle à haut contraste obtenus après une ablation de type Munnerlyn sont tout à fait satisfaisants. Toutefois, l'aberration sphérique induite entraîne des désagréments visuels de type image fantôme ou halos qui peuvent se révéler gênant, particulièrement lorsque la pupille se dilate.

Les profils d'ablation asphériques ont été introduits dans le but de contrôler l'induction d'aberration sphérique par le traitement. En effet, ces profils reposent sur une modélisation asphérique du dioptré antérieur cornéen, ce qui se révèle plus juste d'un point de vue topologique, mais permet aussi d'agir sur la convergence des rayons marginaux par le biais d'un choix adéquat du facteur d'asphéricité Q . On pourra alors paramétrer une ablation dans le but de minimiser l'aberration sphérique induite (c'est le principe de la plupart des traitements dits aberro-optimisés) ou bien au contraire chercher à en induire volontairement, ce qui peut être favorable à la correction de la presbytie.

1. Extension de la profondeur de focalisation par induction d'aberration sphérique

Les mesures par aberrométrie ont montré que les ablations de type Munnerlyn introduisent une quantité d'aberration sphérique $Z_{4,0}$ d'autant plus importante que le défaut amétrope à corriger est fort, mais de signe différent selon le signe de la sphère : les ablations myopiques introduisent une aberration sphérique de signe positif, et les ablations hypermétropiques une aberration de signe négatif (*fig. 21*).

Malgré la vision de halos reportée chez les patients présentant en postopératoire une forte aberration sphérique, il a été aussi constaté que les sujets opérés manifestaient un retard dans l'apparition des symptômes liés à la presbytie en comparaison

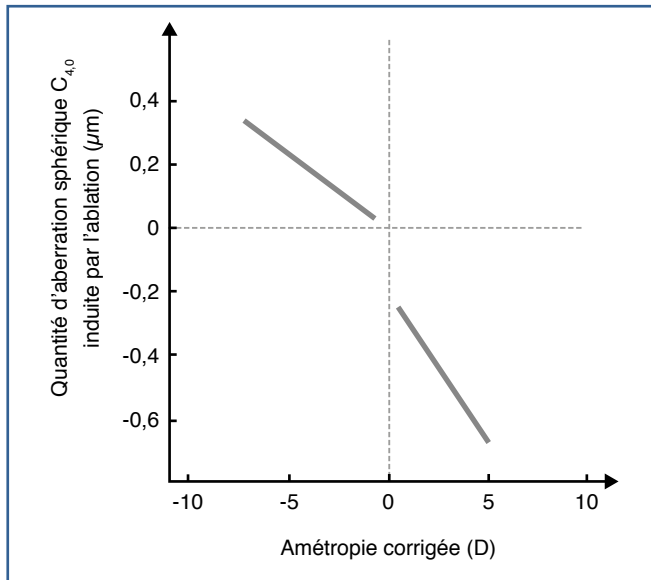


Fig. 21 : Aberration sphérique induite en fonction de la correction amétrope réalisée. Données extraites de Yoon *et al.*, *J Cataract Refract Surg*, 2005;31:127-135.

avec une population non opérée. Ceci s'explique par le gain en profondeur de focalisation apporté par l'excès d'aberration sphérique.

Pour comprendre le lien entre aberration sphérique et profondeur de focalisation, comparons deux yeux observant un objet à l'infini, l'un présentant de l'aberration sphérique et l'autre en étant exempt. Tandis que les rayons pénétrant dans l'œil sans aberration convergent tous en un même foyer, l'œil avec aberration présente quant à lui une ligne continue de foyers répartis entre un foyer paraxial et un foyer marginal. Si l'aberration est de signe négatif, le foyer paraxial sera situé en avant du foyer marginal, et la répartition sera inversée si l'aberration sphérique est positive. Quel que soit le signe de l'aberration, on pourra définir un meilleur foyer correspondant au lieu pour lequel la taille de l'image projetée est la plus petite. En l'absence d'aberration sphérique, foyers paraxial, marginal et meilleur foyer sont confondus en un seul et même point.

Si l'on suppose que la rétine coïncide avec le plan du meilleur foyer pour chacun de ces deux yeux, on constate que, bien évidemment, la qualité d'image est supérieure en l'absence d'aberration sphérique. L'image au meilleur foyer de l'œil aberrant est en effet brouillée par la superposition des images correspondantes à chacun des foyers de l'aberration (**fig. 22**).

Dans une configuration de défocalisation, c'est-à-dire telle que le plan de la rétine soit décalé par rapport au meilleur foyer, la situation s'inverse. En effet, en l'absence d'aberration

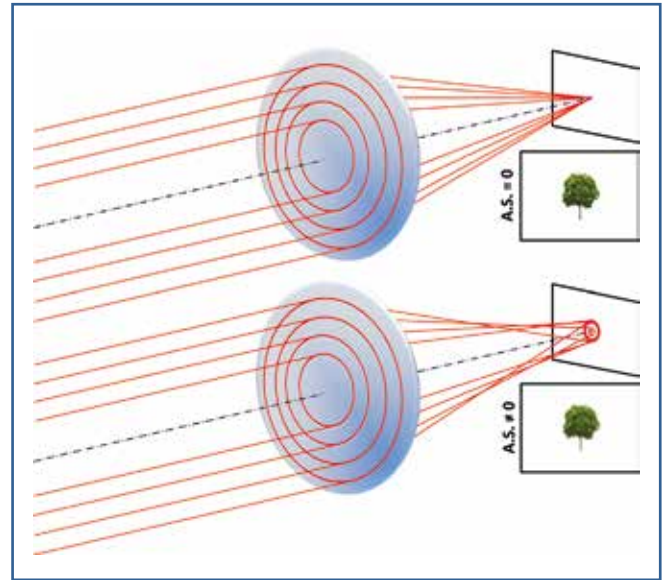


Fig. 22 : Comparaison des images obtenues aux meilleurs foyers de dioptries sans (**en haut**) et avec (**en bas**) aberration sphérique.

sphérique, l'image est uniformément floue et sa netteté décroît avec la distance de défocalisation. En revanche, en présence d'aberration sphérique, il sera possible de trouver un foyer contribuant à la formation d'une image nette sur la rétine. Il existera toujours un brouillage par la superposition des images fournies par les autres foyers de l'aberration, mais ceci est suffisant pour assurer une moindre dégradation de l'image résultante. **L'œil présentant de l'aberration sphérique est donc plus résistant au flou de défocalisation**, sa

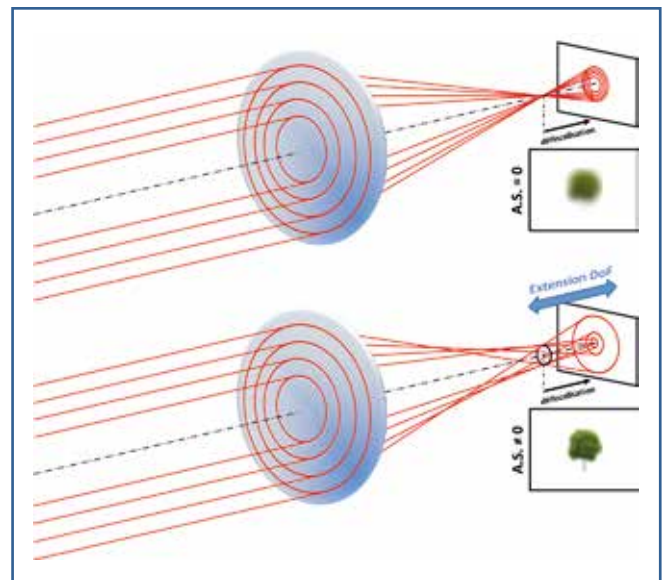


Fig. 23 : Comparaison des images obtenues pour un dioptre exempt (**en haut**) et avec (**en bas**) aberration sphérique lorsque le plan de projection ne correspond plus avec le meilleur foyer (défocalisation).

profondeur de focalisation est donc plus importante que celle de l'œil sans aberration (*fig. 23*). On notera que des aberrations sphériques positives ou négatives de même amplitude engendrent des amplitudes équivalentes de profondeur de focalisation.

Pour compenser la presbytie, on pourra ainsi augmenter la profondeur de focalisation de l'œil par introduction d'aberration sphérique grâce à une ablation asphérique de la face antérieure de la cornée. On insistera sur le fait que la variation du facteur d'asphéricité Q n'est pas une fin en soi mais seulement un moyen pour parvenir au but recherché : l'introduction d'une quantité donnée d'aberration sphérique. Le facteur Q devra être ajusté en fonction de l'effet optique recherché.

2. Monovision avancée

Le profil asphérique peut alors être utilisé pour parvenir à une forme "améliorée" de monovision. On le rappelle, la monovision requiert d'induire une anisométrie suffisante pour restaurer visions de loin et de près au détriment de la vision intermédiaire et du bon fonctionnement du mécanisme de suppression de flou interoculaire si l'écart réfractif est trop important entre les deux yeux. Augmenter la profondeur de focalisation de l'œil amène alors deux avantages : tout d'abord la restauration d'une plage de vision monoculaire plus importante, mais aussi une augmentation de la ressemblance des deux images rétinienne. En conséquence, il sera possible de restituer une plage pseudo-accommodative plus importante tout en réduisant le degré d'anisométrie, assurant ainsi une meilleure acceptation de la monovision et l'obtention de résultats visuels améliorés.

>>> Exemple du Presbyond (Zeiss)

C'est la stratégie qui a été retenue par Zeiss pour l'élaboration de son traitement Presbyond, aussi connu sous le nom de Laser Blended Vision (LBV). Le Presbyond est disponible depuis 2009 sur les plateformes Excimer MEL-80 et MEL-90 [1-3].

Le traitement a été conçu sur la base des résultats cliniques obtenus par D. Reinstein, qui a déterminé que 0,56 microns d'aberration sphérique (pour une pupille de 6 mm, indépendamment du signe) était la limite supérieure permettant de bénéficier d'une extension de profondeur de focalisation maximale de 1,50 dioptries sans que la vision soit dégradée par les symptômes de l'aberration [4]. Cette valeur a été estimée en comparant les taux d'aberration et les qualités de vision

de deux groupes de patients opérés, le premier groupe ne se plaignant pas de gêne en vision nocturne, et le second groupe étant candidat à une reprise par chirurgie aberro-guidée pour cause de symptômes prononcés d'aberration sphérique.

En conséquence, les profils d'ablations Presbyond sont calculés pour induire la quantité nécessaire d'aberration à l'atteinte de cette limite sans la dépasser, en visant une aberration sphérique de signe négatif lors d'un traitement hypermétropique, et de signe positif lors d'un traitement myopique. Ces profils sont dits à "asphéricité non-linéaire" car la variation du facteur d'asphéricité Q calculée par le logiciel n'évolue pas continuellement avec la valeur d'amétropie à corriger. Elle tient aussi compte de la quantité d'aberration sphérique oculaire préopératoire ainsi que de l'"âge fonctionnel", c'est-à-dire un facteur correcteur prenant en compte l'âge réel du patient ainsi que sa réserve accommodative déterminée en préopératoire par un protocole de type "push-up". Un nomogramme est inclus pour respecter les cibles réfractives par défaut de 0 D sur l'œil dominant (à noter qu'un œil dominant préalablement emmétrope ne sera pas opéré) et de -1,5 D sur l'œil controlatéral.

Ce faisant, visions de loin et de près sont partagées entre les deux yeux tandis que la vision intermédiaire bénéficie d'une plage de recouvrement binoculaire (hormis chez l'emmétrope pour lequel la profondeur de focalisation de l'œil dominant n'est pas augmentée).

3. Utilisation de la dynamique pupillaire et personnalisation de l'asphéricité cornéenne

Nous avons donc vu que l'augmentation de la profondeur de focalisation dépendait de l'amplitude de l'aberration sphérique mais n'était que peu influencée par son signe. On va cependant montrer qu'une aberration sphérique négative permet de profiter d'un mécanisme physiologique d'importance : le myosis persistant en conditions de vision de près chez le presbyte. Pour cela, comparons deux yeux présentant d'une part une aberration sphérique négative et d'autre part une aberration sphérique positive, telles que les meilleurs foyers coïncident avec la rétine lorsque la pupille est dilatée. La constriction pupillaire a pour effet de filtrer les rayons les plus périphériques et donc de modifier la position du foyer marginal. Les rayons paraxiaux n'étant pas affectés par le myosis, il en résulte une modification de la position du meilleur foyer, qui va évoluer dans le sens hypermétropique dans le cas de l'œil présentant une aberration sphérique positive, et dans le sens myopique pour l'œil avec aberration sphérique négative (*fig. 24*). Ainsi, introduire une aberration sphérique de

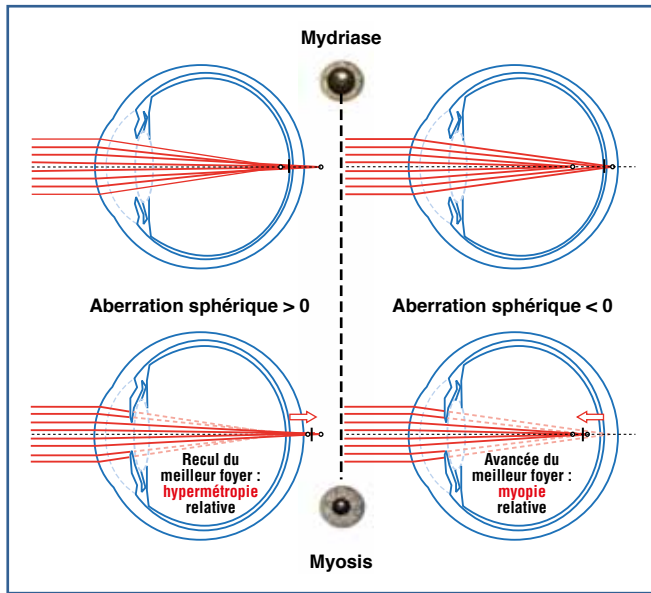


Fig. 24 : Influence du signe de l'aberration sur la position du meilleur foyer (barre verticale noire) en fonction du diamètre pupillaire.

signe négatif permet d'obtenir une myopie concourante avec le myosis persistant en conditions de vision de près, ce qui permettra d'optimiser la qualité visuelle des objets proches.

L'étude d'Amigó *et al.* [5], utilisant un calcul basé sur un œil modélisé dont la taille de pupille était modifiée, a montré qu'une variation de $-0,4 \mu\text{m}$ d'aberration sphérique (pour un diamètre pupillaire de 6 mm) permet de couvrir la course réfractive maximale accessible lorsqu'intervient le myosis persistant en conditions de vision de près. Le modèle mathématique utilisé pour relier la variation d'aberration sphérique induite avec celle du facteur d'asphéricité Q du dioptre cornéen correspondant donnait une valeur de $-1,25$ de changement du facteur Q chez l'emmetrope. Une autre étude [6] trouvait quant à elle qu'une variation du facteur Q comprise entre $-0,5$ et $-0,7$ suffisait pour induire ces $-0,4 \mu\text{m}$ d'aberration sphérique quel que soit le traitement hypermétropique appliqué. Nous n'entrerons pas ici dans les détails des modélisations mathématiques permettant d'établir de telles relations, mais l'on retiendra qu'il est possible, une fois décidée la quantité d'aberration sphérique que l'on veut introduire, de calculer la variation d'asphéricité à imposer lors de l'établissement d'un traitement asphérique. À noter aussi qu'en fonction de l'amétropie à corriger conjointement à l'augmentation de la profondeur de focalisation de l'œil considéré, atteindre une valeur plus négative d'aberration sphérique n'implique pas forcément de prolatiser la cornée (i.e. obtenir une valeur plus négative du facteur Q).

Modifier la valeur du facteur Q n'est cependant pas suffisante, même si l'on cherche à augmenter la profondeur de focalisation d'un œil emmetrope. En effet, modifier le facteur d'asphéricité va jouer sur la convergence des rayons périphériques sans impacter le trajet des rayons paraxiaux.

Si l'on considère l'exemple d'un œil dont le meilleur foyer est placé sur la rétine avant prolatisation, la variation de Q ne

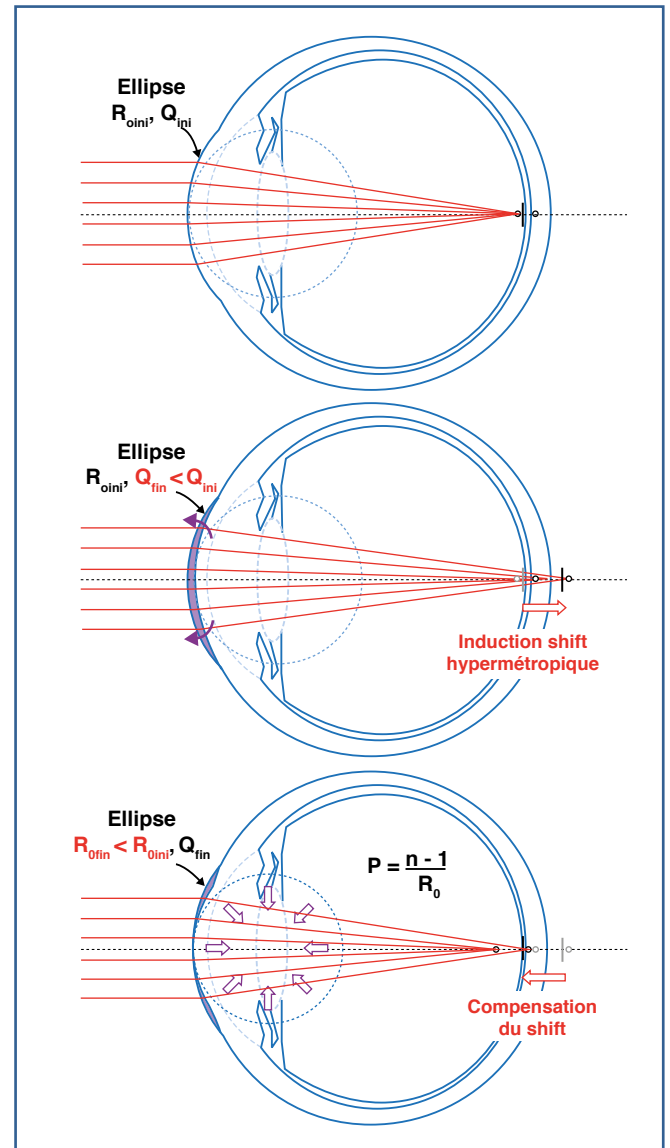


Fig. 25 : Évolution de la convergence des rayons avec les modifications du dioptre antérieur cornéen. **En haut** : situation initiale d'un œil emmetrope avec aberration sphérique tel que le meilleur foyer soit localisé sur la rétine. **Au milieu** : après modification du facteur d'asphéricité Q (ici dans le sens d'une prolatisation) pour induire une aberration sphérique négative, le foyer marginal recule et le meilleur foyer avec lui induisant une hypermétropie. **En bas** : l'hypermétropie est compensée par réduction du rayon de courbure cornéen R_0 pour diminuer la puissance de l'œil et ramener le meilleur foyer sur la rétine tout en conservant l'aberration sphérique précédemment induite.

modifiera pas la position du foyer paraxial mais rejettera en arrière le foyer marginal et avec lui le meilleur foyer : dans ce cas, la modification de l'asphéricité a induit une hypermétropie. Ce *shift* hypermétropique devra donc être compensé par une modification adéquate du rayon de courbure apical R_0 pour ramener le meilleur foyer sur la rétine (*fig. 25*).

Tenant compte de tout cela, on pourra alors établir des traitements asphériques personnalisés qui, par un choix adéquat des variations de rayon de courbure apical et de facteur d'asphéricité, permettront de corriger une amétropie tout en induisant une quantité prédéterminée d'aberration sphérique en tenant compte de la dynamique pupillaire, de la cible réfractive intentée et de l'asphéricité préopératoire de l'œil à traiter.

N'oublions cependant pas que bien que les paramètres optimaux de l'ablation puissent être déterminés par des calculs théoriques, ces derniers ne tiennent généralement pas compte de l'évolution biomécanique postopératoire. Des ajustements basés sur des observations cliniques devront certainement être envisagés pour optimiser les résultats visuels.

>>> Exemple du CustomQ (Alcon Wavelight)

Le traitement CustomQ est disponible sur les lasers Allegretto Wave Eye-Q et EX500 de la société Alcon Wavelight. Cet algorithme est un traitement asphérique personnalisable,

l'opérateur ayant la main sur la kératométrie et l'asphéricité préopératoires, le degré d'amétropie à traiter, la cible réfractive et le facteur d'asphéricité postopératoire visé. De plus, les incréments des différents paramètres sont plus fins que sur le traitement standard, nommé Wavefront Optimized (WFO), offert par la plateforme Excimer. À noter que ce profil d'ablation n'a pas été introduit dans un but de correction presbyte, mais pour une amélioration des traitements réfractifs de façon à respecter l'asphéricité de la cornée et contrôler l'induction d'aberration par le traitement. Le nomogramme du profil CustomQ a ainsi été optimisé par le constructeur en supposant que l'asphéricité postopératoire visée est égale à sa valeur préopératoire.

Il a toutefois été montré que cet algorithme peut être utilisé pour le traitement de la presbytie, et pour cela deux stratégies opératoires majeures peuvent être distinguées.

La première consiste à imposer une variation d'asphéricité puis à compenser le *shift* réfractif observé. Dans le cas d'un traitement appliqué à un œil emmétrope, changer la valeur du facteur Q cible modifiera le coefficient $C_{4,0}$ du profil d'ablation traduisant la variation d'aberration sphérique induite. On remarquera cependant aussi une variation du coefficient $C_{2,0}$, assimilable à la modification de position du meilleur foyer. On agira alors sur la cible réfractive du traitement pour revenir à une valeur nulle de ce coefficient $C_{2,0}$, de façon à ne

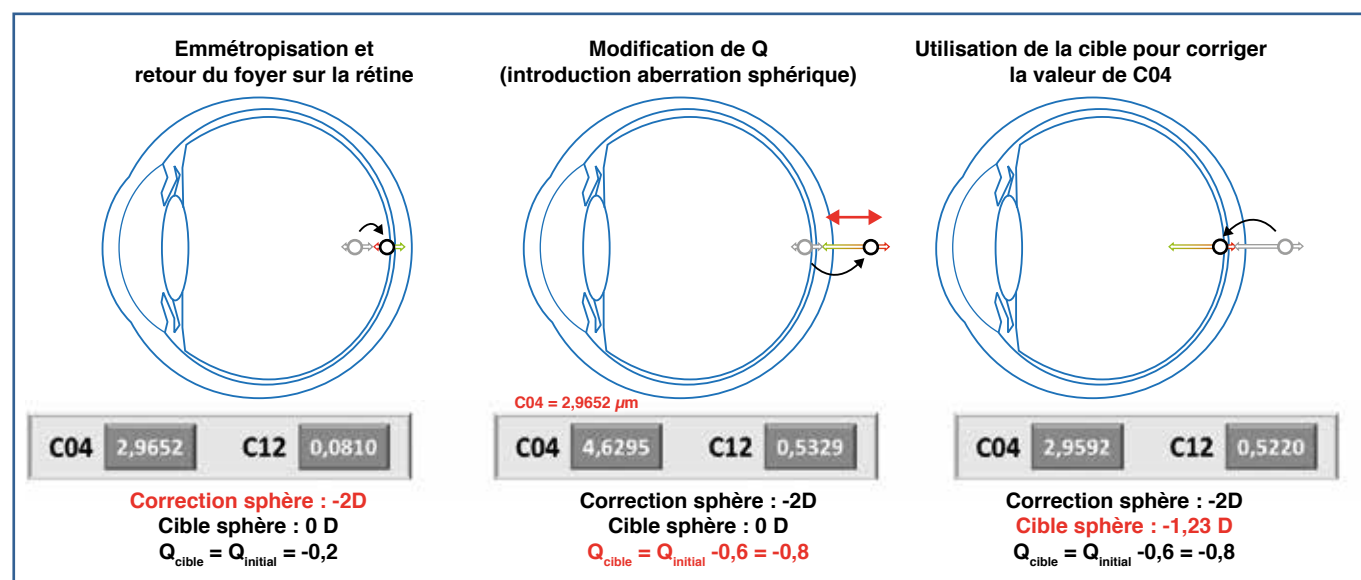


Fig. 26 : Exemple d'une programmation de type " C_4 constant", où C_4 désigne le coefficient $C_{2,0}$ selon la notation utilisée par les lasers Alcon Wavelight. La correction d'amétropie modifie la valeur du coefficient de défocus C_4 du profil d'ablation que l'on retiendra. Lorsque l'on ajuste le facteur d'asphéricité (ici une prolatisation de -0,6), les valeurs du coefficient C_{12} d'aberration sphérique mais aussi le coefficient C_4 sont modifiées. On ajustera alors la cible du traitement pour ramener la valeur de C_4 à sa valeur avant modification de l'asphéricité. Le cercle noir représente la position du meilleur foyer, et la double-flèche l'étendue de l'aberration sphérique longitudinale, l'extrémité verte correspondant au foyer paraxial et l'extrémité rouge au foyer marginal.

pas modifier la position du foyer à l'issue du traitement. On pourra coupler cette procédure à un traitement amétrope soit en réalisant une correction séparée préalable (par exemple un traitement WFO suivi du traitement CustomQ emmétrope précédemment décrit), soit par combinaison en un seul traitement CustomQ : on ajustera alors la cible réfractive de façon à ce que le coefficient $C_{2,0}$ après modification de l'asphéricité coïncide avec la valeur de $C_{2,0}$ lorsque seule l'amétropie à corriger est entrée dans le logiciel (*fig. 26*). Cette méthode est aussi connue sous le nom de C_4 constant, où C_4 désigne le coefficient $C_{2,0}$ selon la notation utilisée par le logiciel du

laser Wavelight. La compensation pourra aussi s'effectuer en utilisant l'épaisseur centrale du traitement comme point de repère en lieu et place du coefficient $C_{2,0}$.

La seconde stratégie consiste à se souvenir que le foyer paraxial, lorsque l'on est en présence d'une aberration sphérique négative, est le plus myope. Sa position est contrôlée par le rayon de courbure apical R_0 qui est lui-même modifié lorsque l'on change la puissance paraxiale du dioptre antérieur cornéen (puissance correspondant au défaut amétrope sphérique de l'œil). On pourra ainsi choisir de myopiser volontairement l'œil de la quantité d'addition nécessaire à l'obtention d'une bonne vision de près, avant de modifier l'asphéricité cornéenne en fonction de l'aberration sphérique que l'on cherche à introduire [7]. Il n'est alors pas nécessaire de se préoccuper du shift hypermétrope accompagnant la prolatisation, puisque le foyer paraxial n'est pas impacté et conserve la myopie qui lui a été conférée volontairement (*fig. 27*).

On remarquera que la première méthode permet d'optimiser la position du meilleur foyer lorsque la pupille est dilatée (i.e. la configuration préférentielle pour la vision de loin), tandis que la seconde méthode optimise la position du foyer paraxial qui va préférentiellement impacter la qualité visuelle lorsque la pupille est en myosis (i.e. la configuration préférentielle pour la vision de près). On pourra donc les utiliser respectivement pour le traitement de l'œil dominant et de l'œil dominé.

■ Profils multizones

Antérieurement à l'essor de l'aberrométrie, qui a permis de mettre en évidence l'aberration sphérique induite par les traitements de chirurgie réfractive par laser, la topographie était déjà à la disposition du chirurgien ophtalmologiste pour analyser la topologie des traitements chirurgicaux. Il fut ainsi observé, chez les patients traités d'amétropies classiques par laser Excimer ou kératotomie et bénéficiant d'un retard dans l'apparition des symptômes de la presbytie, la présence de zones de puissances réfractives distinctes sur la cornée : la cornée était devenue multifocale. Les premiers traitements de la presbytie au laser Excimer recherchaient ainsi à induire de façon délibérée et contrôlable ces effets topographiques.

1. Motifs d'ablation multifocale

Les premières tentatives de traitements conçus spécifiquement pour la correction de la presbytie sont reportées dans la littérature dès 1992, soit quelques années seulement après l'introduction

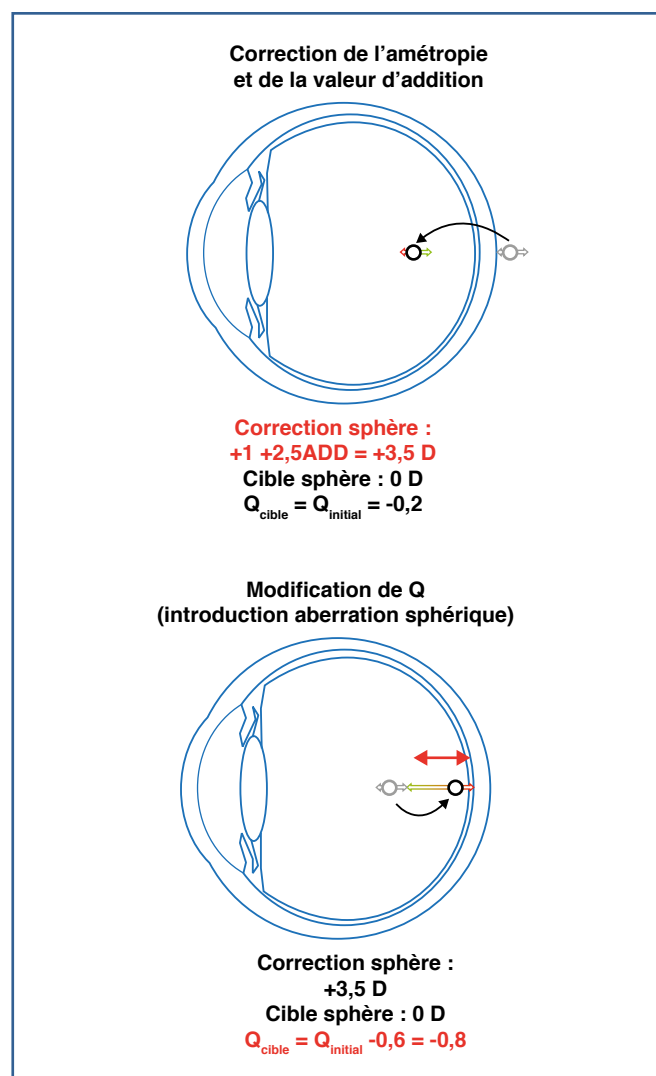


Fig. 27 : Exemple d'une programmation où le foyer paraxial est myopisé de la valeur d'addition nécessaire à une bonne vision de près. Le facteur d'asphéricité est ensuite modifié de la valeur adéquate pour induire l'aberration sphérique désirée sans que la position du foyer paraxial ne change. Le cercle noir représente la position du meilleur foyer, et la double-flèche l'étendue de l'aberration sphérique longitudinale, l'extrémité verte correspondant au foyer paraxial et l'extrémité rouge au foyer marginal.

sur le marché de l'ophtalmologie du laser Excimer. L'histoire du développement des ablations multifocales est ainsi étroitement liée à l'évolution de la technologie des lasers.

Les différents traitements multifocaux présentés dans la littérature sont classés dans le **tableau I** selon les trois types de motifs qui peuvent être rencontrés :

>>> Profils avec zone d'addition centrale

Le centre du traitement est consacré à la restauration de la vision de près tandis que la périphérie est corrigée en vision de loin. Pour y parvenir, un traitement hypermétropique de la valeur d'addition à corriger est superposé au traitement initial de l'amétropie, ou bien, dans le cas de patients myopes presbytes, le traitement emmétropisant est interrompu pour laisser la zone centrale sous-corrigée et préserver une myopie résiduelle.

>>> Profils avec zone d'addition décentrée

Ces profils visent à créer une zone sectorielle d'addition décalée par rapport au centre du traitement. De façon analogue, des traitements hypermétropes sur-corrigés et décentrés ainsi que des traitements aberro-guidés, corrigeant l'ensemble des aberrations à l'exception de la coma verticale, ont aussi été proposés.

>>> Profils avec zone d'addition périphérique

La zone centrale est ici réservée à la vision de loin, tandis qu'un anneau périphérique myope est utilisé pour assurer la vision de près. Ces traitements s'obtiennent par combinaison de traitements hypermétropiques et myopiques superposés avec des zones optiques différentes de façon à compenser l'addition et ramener l'emmétropie au centre.

2. Performances relatives et profils avancés

Les profils décentrés ont souffert de leur manque de reproductibilité, causé par la difficulté du repérage précis du décentrement sur les premières générations de laser. Par ailleurs, une induction de coma mal maîtrisée entraînait des effets délétères pour la vision, conduisant à leur abandon progressif.

Les profils à additions centrée et périphérique reposent sur deux partis pris opposés et amènent ainsi des résultats concurrents. Les profils centrés utilisent la persistance chez le presbyte du myosis en conditions de vision de près et maximisent cette dernière. De plus les résultats postopératoires en vision de près sont immédiats, tandis que la vision de loin nécessite

Date	AC	AD	AP	Commentaire	Réf.
1992	x	x		Étude sur PMMA et cornées animales de 3 profils : 2 ablations concentriques, 2 ablations avec décentrement de 2 mm, 1 ablation tronquée avec centre non-corrigé	[8]
1994	x	x		Traitements presbytes myopes : zones concentriques avec vision de près centrée et addition sectorielle en inférieur. Traitement presbytes hypermétropes : addition sur zone semi-lunaire en inférieur	[9]
1998		x		Zone d'addition en inférieur immédiat du centre pupillaire	[10]
1999		x		Traitement hypermétropique surcorrigé de 10 % et décentrement d'1 millimètre	[11]
2004			x	PAC (Pseudo-Accommodative Cornea, zone centrale de 3,5 mm)	[12]
2006	x			PresbyOne (addition d'1,5D sur 3 mm centraux)	[13]
2007			x	PML (Peripheral Multifocal LASIK, zone centrale de 5 mm)	[14]
2008	x			CustomVue presbytie (VisX)	[15]
2008		x		Tirs additionnels en périphérie inférieure	[16]
2009			x	Ablation myopique centrale associée à un traitement complémentaire plus large emmétropisant le centre	[17]
2011		x		Traitement aberro-guidé préservant la coma verticale	[18]
2012	x			PresbyMAX (Schwind)	[19]
2013	x			Supracor (B + L Technolas)	[20]

Tableau I : Chronologie des premières études publiées pour différents profils d'ablations multizones à addition centrée (AC), décentrée (AD) et périphérique (AP).

quelques semaines ou mois pour se stabiliser. Les profils périphériques cherchent quant à eux à maximiser la vision de loin, et c'est alors la vision de près qui requiert un temps d'adaptation plus long pour obtenir des résultats acceptables.

Des études théoriques, comparant les performances des profils sur la base d'yeux modélisés, donnent l'avantage aux profils à addition centrée quant à la qualité globale de vision, avec de surcroît une maximisation des résultats en vision de près, tandis qu'un avantage en vision de loin sera crédité à la faveur des profils à addition périphérique [21, 22]. Ceci a pu conduire à choisir l'un ou l'autre de ces profils pour optimiser la vision des patients en fonction de leur amétropie. Par exemple, l'ancien logiciel PresbyCAM de traitement de la presbytie de la société Schwind traitait l'œil dominant avec un profil à addition périphérique tandis que l'ablation de l'œil dominé utilisait un profil à addition centrée. La société Excelsius Medical, qui commercialise le laser Excimer M7, préconise quant à elle un traitement bilatéral à addition centrée pour les sujets presbytes hypermétropes, et un traitement bilatéral à addition périphérique pour les sujets presbytes myopes.

Les profils à addition périphérique tendent cependant à perdre de la vitesse en raison de la non-utilisation du mécanisme de myosis persistant en vision de près chez le presbyte, ainsi que pour leur consommation supérieure en tissu à défaut réfractif égal en comparaison avec un profil à addition centrée. Par ailleurs, il a été reporté que l'étude topographique de certains traitements à addition périphérique montrent des allures ressemblant à celles obtenues à la suite de traitements à addition centrée, questionnant ainsi l'efficacité ablative selon la taille des zones programmées [23].

Initialement résultants de la superposition de traitements myopiques ou hypermétropiques, les profils multizones ont connu une nette amélioration avec l'essor des lasers Excimer à balayage de spots, permettant de parvenir à l'effet multifocal en un seul et unique traitement. Pour des raisons biomécaniques, les profils multizones se restreignent généralement à deux zones de vision séparées par une zone de transition interne, et il a été montré que les dimensions de ces différentes zones ont un impact critique sur la qualité de vision attendue après traitement [24].

>>> Exemple du Supracor (Bausch + Lomb Technolas)

Le Supracor est le logiciel de traitement presbyte développé par la société Bausch + Lomb Technolas. Il a obtenu l'agrément CE en 2011 pour le traitement des presbytes hypermétropes et en 2014 pour les presbytes myopes. Il est disponible sur les plateformes Excimer Technolas 217P et TENEO 317. Le profil d'ablation du Supracor repose à la fois sur les travaux

exploratoires de Jean-Jacques Chaubard, à l'origine d'un premier traitement à vision de près centrée nommé PresbyONE, ainsi que sur le retour d'expérience de la procédure IntraCOR, qui consistait à créer une protrusion de 2 mm au centre de la cornée par réalisation d'incisions concentriques au sein du stroma cornéen grâce à un laser femtoseconde.

Le profil final se décompose en deux zones principales : une zone centrale d'addition de 3 millimètres de diamètre rejoignant une zone périphérique de profondeur d'ablation constante sous la forme d'un anneau de 1,75 millimètres de largeur. Cette zone périphérique a un pouvoir optique neutre, permettant de préserver la vision de loin, tandis que la zone centrale fait le lien entre vision de près et vision de loin au moyen d'une évolution progressive de la puissance réfractive : le profil est ainsi qualifié de varifocal (*fig. 28*). Par ailleurs, cette transition interne entre visions de près et de loin a été optimisée pour induire un minimum d'aberrations délétères. Deux valeurs d'addition sont disponibles : un traitement varifocal REGULAR permettra de restituer 2,5 dioptries de pseudo-accommodation (correspondant à une ablation maximale de 11 μm) et un profil varifocal MILD restituera 1,7 dioptrie de pseudo-accommodation (ablation maximale de 7 μm).

Le traitement des amétropies s'effectue par combinaison du traitement varifocal précédemment décrit avec un traitement PROSCAN (resp. ASPHERIC) du laser TENEO 317 (resp. 217P) qui repose sur un profil asphérique pour minimiser l'induction d'aberration sphérique lors de la réalisation de traitements myopiques. En raison de l'effet légèrement

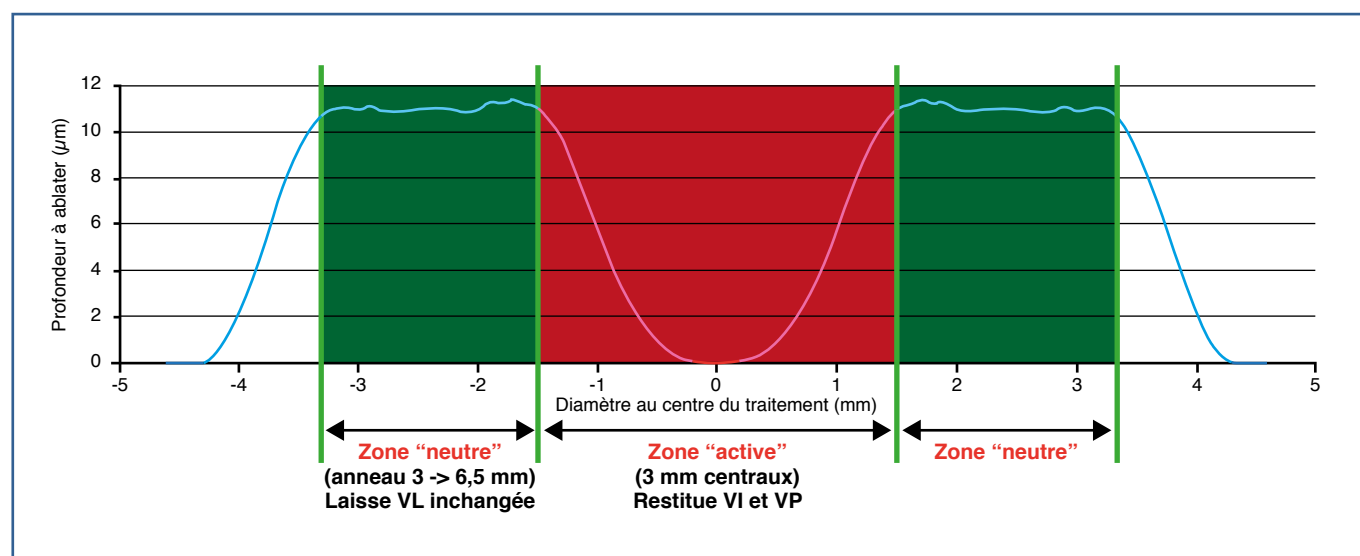


Fig. 28 : Profil varifocal REGULAR. La zone centrale de 3 millimètres de diamètre est la zone optiquement active du profil, assurant la vision de près et la transition jusqu'à la vision de loin qui est préservée par la zone neutre périphérique.

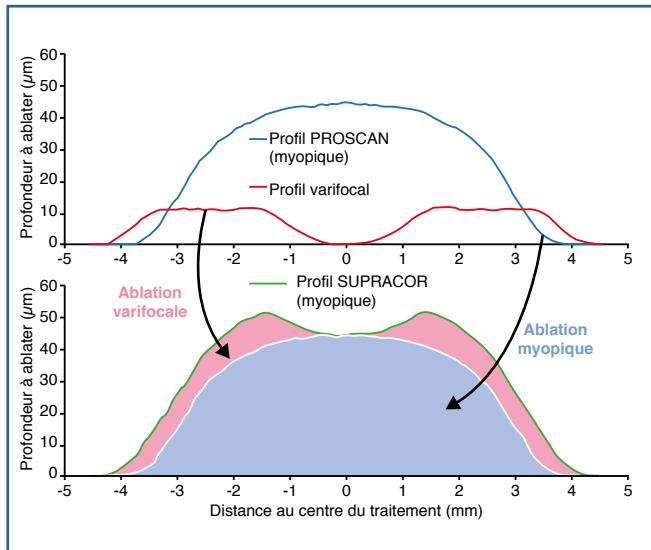


Fig. 29 : Obtention du profil SUPRACOR myopique par superposition d'un profil asphérique PROSCAN pour la correction de la myopie suivi du profil varifocal. Pour une amétropie de -3D, le nomogramme induira une surcorrection de 0,91D du traitement PROSCAN qui sera ensuite compensée par l'effet myopisant du profil varifocal.

myopisant de l'addition centrale du profil varifocal, un nomogramme est appliqué au profil emmétropisant de façon à laisser une hypermétropie résiduelle qui sera compensée par le profil varifocal. Les deux traitements, PROSCAN puis varifocal, sont réalisés séquentiellement et automatiquement en conservant un centrage unique (**fig. 29**).

Une stratégie de micro-monovision pourra être utilisée pour couvrir les 3 dioptries de plage de distances fonctionnelle, en induisant une légère myopie sur l'œil dominé. Par ailleurs, selon les amétropies à traiter, on pourra choisir d'appliquer un profil MILD sur l'œil dominant si l'on cherche à maximiser la vision de loin sur cet œil.

>>> Exemple du PresbyMAX (Schwind eye-tech-solutions)

Introduit par Schwind en 2009, le traitement PresbyMAX est disponible sur ses plateformes AMARIS 500E, 750S et 1050RS. Il résulte de développements théoriques internes et des travaux cliniques de Jorge Alió. Ce traitement à addition centrée est qualifié de **bi-asphérique** car il est construit par combinaison de deux profils asphériques, l'un, central, étant optimisé pour la vision de près et le second, périphérique, pour la vision de loin (**fig. 30**).

Il peut être combiné avec un traitement amétrope aberro-optimisé, aberro-guidé ou topo-guidé. Les dimensions de

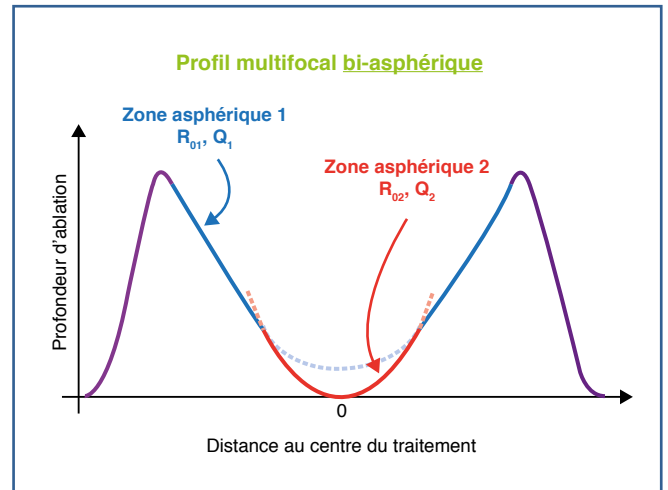


Fig. 30 : Principe d'un profil bi-asphérique dont les différentes zones de vision sont des portions asphériques optimisées chacune en R_0 (rayon de courbure apical) et Q (facteur d'asphéricité).

la zone centrale sont automatiquement ajustées en fonction de la taille de zone optique totale choisie pour le traitement. La plage de pseudo-accommodation restituée est paramétrable, en fonction de la valeur d'addition à corriger, celle-ci ne pouvant toutefois excéder 2,5D.

Plusieurs stratégies binoculaires sont proposées à l'utilisateur sur la version actuelle du logiciel :

- *micro-monovision totale* : les deux yeux bénéficient d'une correction multifocale complète, l'œil dominant étant emmétropisé et une myopie de -0,9 D étant ciblée pour l'œil dominé.
- *micro-monovision hybride* : l'œil dominant est emmétropisé et bénéficie d'une correction multifocale réduite, tandis que l'œil dominé est myopisé de -0,9 D et obtient une correction multifocale complète.
- *traitement monoculaire* : l'œil dominant est corrigé avec un traitement emmétropisant classique, tandis que l'œil dominé bénéficie d'une correction multifocale complète avec une cible fixée à -0,9 D.

■ Récapitulatif et conclusion : vers le PresbyLASIK du futur ?

Après avoir passé en revue les principes des deux grandes familles de profils presbyLASIK existantes, les profils asphériques et les profils multizones, nous concluons cet article en donnant quelques clés de comparaison entre ces différents traitements, mais aussi en discutant des voies de développement qui pourraient s'ouvrir à la correction de la presbytie par laser Excimer dans les années à venir.

1. Récapitulatif et comparaison des principaux PresbyLASIK du marché

Nous avons jusqu'à maintenant présenté séparément les caractéristiques des profils d'ablation asphériques et multizones, mais il est intéressant de les confronter pour mettre en évidence leurs atouts et leurs faiblesses.

Le premier point de comparaison sur lequel nous nous arrêtons est la plage pseudo-accommodative qu'il est possible de restaurer avec l'un ou l'autre de ces profils. Il a été montré, sur la base de calculs théoriques déterminant la qualité optique de l'image rétinienne attendue après réalisation de l'un ou l'autre de ces traitements, que les profils multizones sont capables de maintenir un compromis acceptable de qualité entre visions de loin et de près pour des valeurs d'addition supérieures à celles tolérées par les profils asphériques. Ainsi, tandis que des profils multizones pourront être conçus pour restaurer des plages pseudo-accommodatives de plus de 2,5 dioptries, un profil asphérique, même optimisé, sera susceptible de dégrader significativement la qualité d'image rétinienne à partir de 1,5 ou 2 dioptries de profondeur de focalisation compensée [21, 24].

Nous aborderons ensuite la question du centrage des traitements PresbyLASIK. La détermination de l'axe d'alignement idéal des procédures réfractives est encore sujette à discussion, et nous ne prendrons pas parti pour un point de centrage en particulier. Rappelons toutefois que les deux axes en compétition sont d'une part la ligne de mire (*line of sight*) et l'axe visuel (*visual axis*).

Le premier correspond à l'axe reliant le point de fixation à la fovéa passant par le centre pupillaire, et représente le trajet du rayon lumineux central de la lumière pénétrant dans l'œil. Cependant, en fonction des conditions lumineuses, le diamètre de la pupille varie et avec lui la position de son centre car la pupille ne se dilate pas concentriquement. Certains lui préfèrent alors un repère plus statique, comme pourrait l'être l'intersection de l'axe visuel avec la cornée. Ce point est nommé le pôle ophtalmométrique. L'axe visuel se définit comme l'axe reliant le point de fixation à la fovéa passant par les points nodaux de l'œil. Ces points n'ont cependant pas de signification physique, car ils répondent en toute rigueur à une définition propre aux systèmes optiques centrés (ce que n'est pas l'œil) : un rayon passant par le premier point nodal avec un certain angle d'inclinaison passera par le second point en conservant cette même inclinaison. L'axe visuel représente alors le trajet idéal d'un rayon non dévié lors de

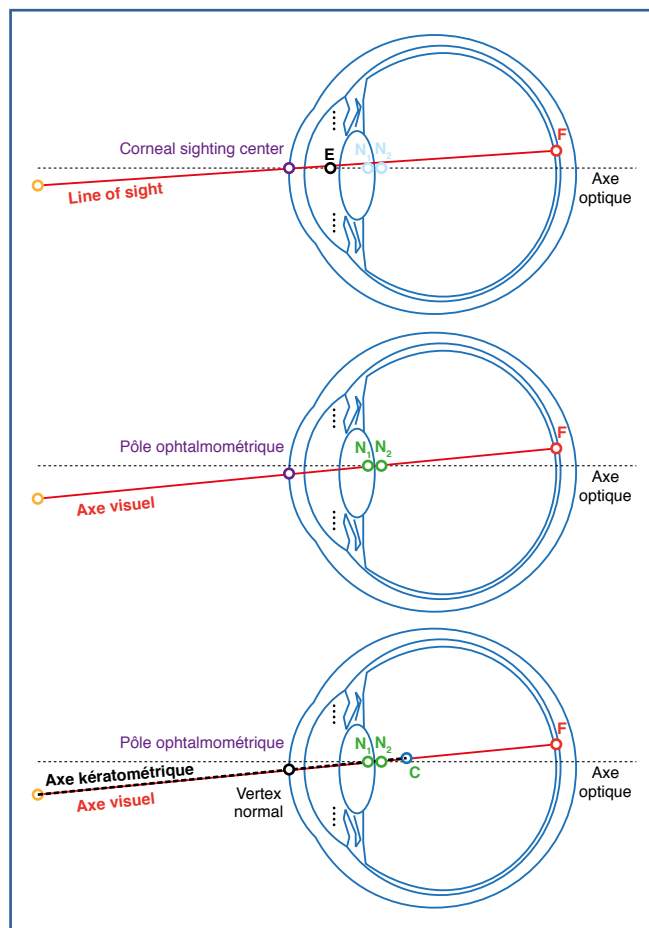


Fig. 31 : Illustrations des principaux axes de référence en chirurgie réfractive. La ligne de mire (*line of sight*) relie le point de fixation à la fovéa en passant par le centre de la pupille (E). L'axe visuel relie quant à lui le point de fixation à la fovéa en passant par les points nodaux N_1 et N_2 . Enfin, lorsque point de fixation et source d'illumination sont confondus, l'axe kératométrique qui relie la source au centre de courbure de la cornée antérieure est très proche de l'axe visuel et le premier reflet de Purkinje (vertex normal) se rapproche du pôle ophtalmométrique qui désigne le point d'intersection de l'axe visuel avec la cornée.

sa traversée de l'œil. On peut toutefois approcher la localisation de cet axe en utilisant un œil modèle, et les points nodaux sont alors généralement situés de part et d'autre du dioptre postérieur cristallinien. Le pôle ophtalmométrique n'en reste pas moins un point virtuel, mais il est possible de l'approcher en utilisant comme point de repère le premier reflet de Purkinje lorsque points de fixation et d'illumination de la cornée sont confondus. En effet, dans cette configuration particulière, l'axe visuel est proche de l'axe kératométrique, qui est l'axe qui relie le point d'illumination au centre de courbure de la cornée. Point ophtalmométrique et vertex (normal) cornéen se confondent alors (*fig. 31*). On situe traditionnellement le pôle ophtalmométrique à 75 % de la droite reliant le centre pupillaire au premier reflet de Purkinje. Chaque constructeur utilise généralement l'un ou l'autre de ces points

pour le centrage de ses procédures⁴, mais certains laissent le choix du positionnement à l'utilisateur.

Quel que soit l'axe choisi pour le centrage du traitement PresbyLASIK notons que les profils asphériques présentent l'avantage d'être beaucoup moins sensibles au décentrement que ne le sont les profils multizones.

Enfin, nous adresserons la question des retraitements. Les profils asphériques présentent l'avantage de conserver la forme "naturelle" et continue du profil cornéen après traitement, contrairement aux profils multizones qui induisent des protrusions localisées. Le retraitement d'un profil asphérique pourra se faire à l'aide d'un nouveau profil asphérique, et le centrage sera encore une fois peu critique (dans une limite raisonnable).

Il n'en est pas de même pour les traitements multizones, et plusieurs stratégies de retraitement pourront être envisagées. Dans le cas de profils à addition centrée, et dans l'hypothèse d'un retraitement pour optimiser la vision de loin tout en conservant l'effet multifocal, un retraitement asphérique standard pourra être appliqué. Dans le cas d'une annulation de l'effet multifocal, un traitement aberro-guidé pourra être

⁴ Notons que certaines procédures ne laissent pas le choix du centrage : ainsi un traitement aberro-guidé reposant sur la mesure d'un aberromètre, dont la mesure est généralement alignée sur l'axe visuel, devra être centré sur le centre pupillaire pour assurer la cohérence du traitement. De même, les cartes topographiques étant centrées sur le vertex cornéen, les profils topo-guidés le seront aussi.

employé, ne nécessitant alors pas de préoccupation majeure quant au centrage du retraitement si ce n'est d'être aligné avec l'axe de référence de la mesure aberrométrique. On pourra aussi employer un profil spécifique inversant l'addition centrale, mais celui-ci devra être aligné précisément sur le traitement d'origine. Le traitement Presby Reversal est directement disponible avec le logiciel PresbyMAX de Schwind, tandis qu'une demande spécifique devra être adressée à Bausch + Lomb Technolas pour que ce profil soit spécialement calculé et mis à disposition de l'utilisateur. Enfin, un retraitement à but d'augmentation de l'effet multifocal devra répondre aux mêmes contraintes de centrage.

En conclusion de cette partie, nous récapitulons les caractéristiques principales des différents traitements Presbyond, CustomQ, Supracor et PresbyMAX dans le **tableau II**.

2. Éléments de discussion supplémentaires

Les traitements PresbyLASIK actuels sont issus d'un processus de développement et de sélection de près de trente ans, c'est-à-dire presque autant que la technologie Excimer elle-même. Les principes sous-jacents aux différents profils actuels de traitement de la presbytie sont cependant très proches de ceux identifiés et proposés dans les jeunes années de la chirurgie réfractive par laser Excimer, mais plusieurs raffinements permettent désormais d'obtenir des résultats visuels honorables tant en vision de près qu'en vision de loin.

	Presbyond (Zeiss Meditec)	CustomQ (Alcon Wavelight)	Supracor (B+L Technolas)	PresbyMAX (Schwind)
Type de profil	Asphérique à asphéricité non-linéaire	Asphérique à paramétrage libre	Multizone varifocal	Multizone bi-asphérique
Nombre de zones de vision	1	1	2	2
Plage pseudo-accommodative restaurée	1,5 D	Dépendante de l'aberration sphérique induite	1,7 D (MILD) ou 2,5 D (REGULAR)	De 0,75 D à 2,5 D
Centrage par défaut	Vertex	Centre pupillaire	Centre pupillaire	Vertex
Guidage par le logiciel	Traitement préparamétré	Aucun	Aucun	Traitement préparamétré selon choix multifocal (micromonovision totale, micromonovision hybride ou monoculaire)
Degrés de liberté disponibles	Zone optique Anisométrie AS _{préop} Age fonctionnel	Zone optique Cible réfractive Q _{préop} /Q _{postop}	Zone optique (totale) Cible réfractive Q _{préop} (tt myope) Degré de varifocalité (MILD ou REGULAR)	Zone optique (totale) Anisométrie Degré de multifocalité (0, ½ ou totale) Traitement de l'amétropie (aberro-optimisé, aberro-guidé ou topo-guidé)
Retraitement	Asphérique	Asphérique	Asphérique, aberro-guidé ou sur demande	Option Presby Reversal

Tableau II : Récapitulatif des caractéristiques des traitements presbyLASIK majeurs du marché.

Il faut garder à l'esprit que ces traitements reposent sur une stratégie de compromis et que leur emploi vise avant tout à retrouver une vision fonctionnelle et assurer une indépendance au port de lunettes, sans toutefois être en mesure de promettre l'excellence réfractive des corrections amétropiques classiques.

Les PresbyLASIK souffrent par ailleurs de deux inconvénients majeurs qui sont étroitement liés :

- la difficulté (voire l'impossibilité) de tester au préalable l'effet du traitement sur le patient pour évaluer son acceptation et le confort visuel apporté ;
- le manque patent de personnalisation des procédures PresbyLASIK qui sont généralement des solutions de type *"one size fits all"*.

Or nous savons bien que le PresbyLASIK n'est pas une solution convenant à tout un chacun et que le niveau d'exigence et les habitudes du patient demandent une adaptation du traitement toute particulière, de façon à ne pas créer de déception et de frustration à l'issue du traitement. L'impossibilité de montrer au patient l'effet de la chirurgie représente un frein majeur dans la popularisation du PresbyLASIK. Les raisons à cela sont le surcroît de temps et d'informations qu'il est nécessaire de donner afin de bien expliquer les bénéfices et compromis attendus, ainsi qu'une approche certainement plus conservatrice du praticien qui écartera d'emblée un profil de patient lui apparaissant trop exigeant mais auquel la chirurgie aurait pu finalement convenir.

De nouvelles technologies commencent cependant à faire leur apparition sur le marché ophtalmologique et semblent porteuses de promesses laissant entrevoir un renouveau de la chirurgie PresbyLASIK [25].

Basés sur l'optique adaptative, les membranes déformables ou le multiplexage temporel, ces nouveaux instruments nécessitent encore plusieurs améliorations pour être utilisables en pratique routinière lors d'une consultation préopératoire. Cependant, ils se sont d'ores et déjà révélés être de précieux outils de recherche clinique, capables de tester la vision multifocale par voie de simulation. Ces instruments ont en effet le potentiel de non seulement pouvoir montrer au patient comment serait sa vision après chirurgie, mais aussi permettre de lui présenter plusieurs motifs multifocaux et de les paramétrer finement en fonction de son ressenti subjectif. Ceci laisse présager non seulement l'optimisation des traitements PresbyLASIK actuels mais aussi l'essor de nouveaux profils.

À titre d'exemple, l'optique adaptative a permis de tester l'influence de l'aberration sphérique sur la profondeur de focalisation restituable chez des sujets presbytes. La valeur d'aberration sphérique à introduire pourrait ainsi être personnalisée pour chaque sujet. Cependant, ces études ont aussi montré qu'une combinaison adéquate d'aberration sphérique $Z_{4,0}$ et d'aberration sphérique secondaire $Z_{6,0}$ avait le potentiel d'augmenter la profondeur de focalisation accessible [26, 27]. Pour cela, les coefficients $C_{4,0}$ et $C_{6,0}$ doivent être de signes opposés, ce qu'il est impossible d'obtenir avec un profil asphérique car ce dernier engendre des aberrations $Z_{4,0}$ et $Z_{6,0}$ de même signe. Paramétrer l'ablation à l'aide des coefficients $C_{4,0}$ et $C_{6,0}$ pourrait ainsi conduire à des résultats plus intéressants que ce que le contrôle de l'asphéricité permet d'obtenir à l'heure actuelle.

Il a aussi été démontré que des profils bi- ou trizones procuraient des résultats optiques supérieurs à des motifs multifocaux incluant plus de zones réfractives, confortant le choix des profils multizones actuels n'utilisant qu'un nombre limité de zones réfractives [28]. Toutefois, ces mêmes études semblent indiquer qu'une sectorisation angulaire des zones de vision est capable de bons résultats en vision de loin et de près, ce qui pourrait laisser envisager la réapparition de profils à configuration décentrée, bénéficiant d'une conception plus rigoureuse que ce qui avait été proposé aux débuts des traitements PresbyLASIK et profitant des dernières avancées de la technologie Excimer pour en systématiser la réalisation.

Enfin, nous ne pouvons que souhaiter que la dynamique pupillaire, qui est l'un des piliers de la plupart des traitements PresbyLASIK, soit mieux prise en compte, avec une meilleure personnalisation des zones de traitements en fonction des tailles de pupille accessibles selon les conditions d'illumination et les distances de regard du patient à traiter.

25 ans après leur apparition, peut-être ne sommes-nous finalement qu'au début des profils PresbyLASIK ?

Bibliographie

1. REINSTEIN DZ, COUCH DG, ARCHER TJ. LASIK for hyperopic astigmatism and presbyopia using micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL80 platform. *J Refract Surg*, 2009;25:37-58.
2. REINSTEIN DZ, ARCHER TJ, GOBBE M. LASIK for Myopic Astigmatism and Presbyopia Using Non-Linear Aspheric Micro-Monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 Platform. *J Refract Surg*, 2011;27:23-37.
3. REINSTEIN DZ, CARP GL, ARCHER TJ *et al*. LASIK for presbyopia correction in emmetropic patients using aspheric ablation profiles and a micro-monovision protocol with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 and VisuMax. *J Refract Surg*, 2012;28:531-541.

4. REINSTEIN DZ, ARCHER TJ, COUCH D *et al.* A new night vision disturbances parameter and contrast sensitivity as indicators of success in wavefront-guided enhancement. *J Refract Surg*, 2005;21:535-540.
5. AMIGÓ A, BONAQUE S, LOPEZ-GIL N *et al.* Simulated effect of corneal asphericity increase (Q-factor) as a refractive therapy for presbyopia. *J Refract Surg*, 2012;28:413-418.
6. GATINEL D, AZAR DT, DUMAS L *et al.* Effect of anterior corneal surface asphericity modification on fourth-order zernike spherical aberrations. *J Refract Surg*, 2014;30:708-715.
7. COURTIN R, SAAD A, GRISE-DULAC A *et al.* Changes to Corneal Aberrations and Vision After Monovision in Patients With Hyperopia After Using a Customized Aspheric Ablation Profile to Increase Corneal Asphericity (Q-factor). *J Refract Surg*, 2016;32:734-741.
8. MOREIRA H, GARBUS JJ, FASANO A *et al.* Multifocal corneal topographic changes with excimer laser photorefractive keratectomy. *Arch Ophthalmol*, 1992;110:994-999.
9. ANSCHÜTZ T. Laser correction of hyperopia and presbyopia. *Int Ophthalmol Clin*, 1994; 34:107-137.
10. VINCIGUERRA P, NIZZOLA GM, BAILO G *et al.* Excimer laser photorefractive keratectomy for presbyopia: 24-month follow-up in three eyes. *J Refract Surg*, 1998;14:31-37.
11. BAUERBERG JM. Centered vs. inferior off-center ablation to correct hyperopia and presbyopia. *J Refract Surg*, 1999;15:66-69.
12. TELANDRO A. Pseudo-accommodative cornea: a new concept for correction of presbyopia. *J Refract Surg*, 2004; 20:714-717.
13. ALÍO JL, CHAUBARD JJ, CALIZ A *et al.* Correction of presbyopia by technovision central multifocal LASIK (presbyLASIK). *J Refract Surg*, 2006;22:453-460.
14. PINELLI R, ORTIZ D, SIMONETTO A *et al.* Correction of presbyopia in hyperopia with a center-distance, paracentral-near technique using the Technolas 217z platform. *J Refract Surg*, 2008;24:494-500.
15. JUNG SW, KIM MJ, PARK SH *et al.* Multifocal corneal ablation for hyperopic presbyopes. *J Refract Surg*, 2008;24:903-910.
16. GOBIN L, TRAU R, TASSIGNON MJ. Traitement combiné de l'hypermétropie et de la presbytie par un laser excimer à faisceau large gaussien. *Bull. Soc belge ophthalmol*, 2008;27-36.
17. EPSTEIN RL, GURGOS MA. Presbyopia treatment by monocular peripheral presbyLASIK. *J Refract Surg*, 2009;25:516-523.
18. KHALIFA MA, ALLAM WA, KHALIFA AM. Improving near vision in presbyopic eyes by selective treatment of high-order aberrations. *Clin Ophthalmol*, 2011;5:1525-1530.
19. UTHOFF D, PÖLZL M, HEPPER D *et al.* A new method of cornea modulation with excimer laser for simultaneous correction of presbyopia and ametropia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2012;250:1649-1661.
20. SOLER TOMÁS JR, FUENTES-PÁEZ G, BURILLO S. Asymmetrical Supracor for hyperopic presbyopes: short term results. *J Emmetropia*, 2013;4:79-85.
21. KOLLER T, SEILER T. Four corneal presbyopia corrections: simulations of optical consequences on retinal image quality. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:2118-2123.
22. ALARCÓN A, ANERA RG, SOLER M *et al.* Visual evaluation of different multifocal corneal models for the correction of presbyopia by laser ablation. *J Refract Surg*, 2011;27:833-836.
23. DE ORTUETA D. Is peripheral presbyLASIK a center-distance technique? *J Refract Surg*, 2008;24:561.
24. ALARCÓN A, ANERA RG, DEL BARCO LJ *et al.* Designing multifocal corneal models to correct presbyopia by laser ablation. *J Biomed Opt*, 2012;17(1):018001.
25. HAGÈGE A, CASADESSUS O. Montrer la multifocalité: les nouvelles technologies au service de la simulation préopératoire. *Vysia édition spéciale – supplément Réalités Ophthalmol*, 2017;241:92-97.
26. BENARD Y, LOPEZ-GIL N, LEGRAS R. Optimizing the subjective depth-of-focus with combinations of fourth- and sixth-order spherical aberration. *Vision Res*, 2001;51: 2471-2477.
27. YI F, ISKANDER DR, COLLINS M. Depth of focus and visual acuity with primary and secondary spherical aberration. *Vision Research*, 2011;51:1648-1658.
28. DE GRACIA P, DORRONSORO C, MARCOS S. Multiple zone multifocal phase designs. *Opt Lett*, 2013;38:3526-3529

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



L. LAROCHE
Service d'Ophtalmologie,
CHNO des Quinze-Vingts, PARIS.
laurent@larocheoph.fr

Une nouvelle opération pour la chirurgie des très forts astigmatismes : le DIAKIK

La correction des très forts astigmatismes (supérieurs à 5D) reste une limite à la chirurgie kératoréfractive classique (en pratique le LASIK).

Ces cas, certes rares dans la population, peuvent être réguliers et congénitaux, volontiers associés à une forte amétropie sphérique, les rendant classiquement inopérables.

Le plus souvent, ils sont irréguliers et acquis, habituellement après une kératoplastie transfixiante (KT) ou une kératoplastie lamellaire antérieure profonde (KLAP), parfois après un traumatisme cornéen transfixiant. L'astigmatisme géant post-kératoplastie reste le principal facteur limitant la récupération visuelle, alors que le greffon est par ailleurs transparent. Les facteurs étiologiques en sont multiples mais aboutissent en pratique à une distribution des contraintes biomécaniques bien plus aléatoire (anisotrope) qu'en cas d'astigmatisme congénital, rendant compte du caractère incertain de la correction chirurgicale en un temps. De multiples techniques ont été proposées : kératotomies arciformes [1], LASIK, PKR, associations de deux d'entre elles, voire résections cunéiformes. Leur reproductibilité est imparfaite, les complications potentiellement sévères non exceptionnelles, et leur stabilité dans le temps très variable.

La correction de l'astigmatisme géant nécessite, dans tous les cas, un diagnostic précis et une compréhension physiopathologique exacte. L'examen de la cornée par topographie en mode Placido et en OCT à haute définition est un préalable indispensable à cette chirurgie.

■ Une chirurgie cornéenne séquentielle combinant incisions et photoablation : la technique du DIAKIK

L'association séquentielle (et donc en deux étapes) des incisions arciformes (IA) intrastromales pures et d'une kératotomie

lamellaire plane, suivie dans un second temps par une photoablation intrastromale permet de proposer une nouvelle chirurgie ajustable alliant la puissance de la chirurgie incisionnelle pour la correction de l'astigmatisme à la précision du Lasik pour celle de la sphère et du cylindre résiduel [2]. Le nouvel acronyme DIAKIK (*Deep Intrastromal Arcuate Keratotomy and In situ Keratomileusis*), que nous avons proposé est parfaitement descriptif de la technique. Elle permet de corriger de fortes amétropies sphéro-cylindriques congénitales ou postopératoires, au-delà des possibilités de traitement par le LASIK seul. Des patients récusés pour la chirurgie réfractive deviennent éligibles dans de bonnes conditions de sécurité et dans tous les cas, cette chirurgie séquentielle offre un gain de prédictibilité par rapport aux chirurgies en un temps.

■ La technique chirurgicale

La première étape est entièrement pratiquée au laser femto-seconde. Elle consiste à effectuer des incisions arciformes intrastromales profondes affleurant en surface au niveau de la face profonde du capot, qui est délimité par une kératotomie lamellaire superficielle (*fig. 1 et 2*). Le capot est soulevé, les incisions intrastromales sont ouvertes manuellement, puis le capot est reposé.

1. En cas d'astigmatisme post-kératoplastie

En cas d'astigmatisme post-kératoplastie, le capot est programmé à une profondeur de 130 μ m pour faciliter sa dissection, car la fibrose au niveau de l'anneau limitant nécessite parfois une gestuelle énergique. Nous avons initialement programmé la profondeur maximale des IA à 75 % de la pachymétrie minimale du greffon en nous basant sur le nomogramme d'Hanna [3] prévu pour les incisions à l'arcitome mécanique. Actuellement, avec la pachymétrie topographique de

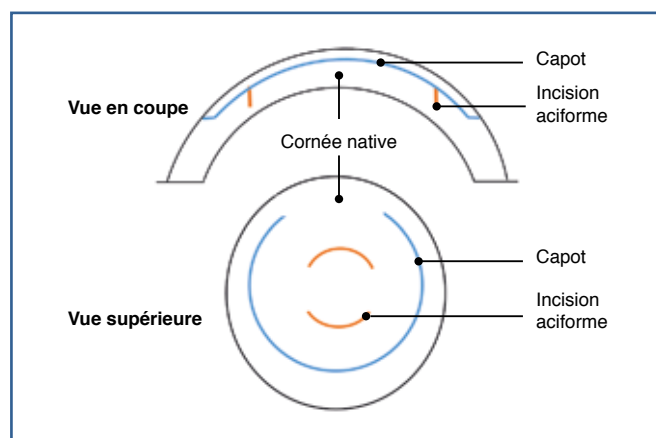


Fig. 1 : Schématisation du traitement réalisé au laser femtoseconde lors de la première phase de la technique de DIAKIK (méridien le plus bombé : 90°- 270°).

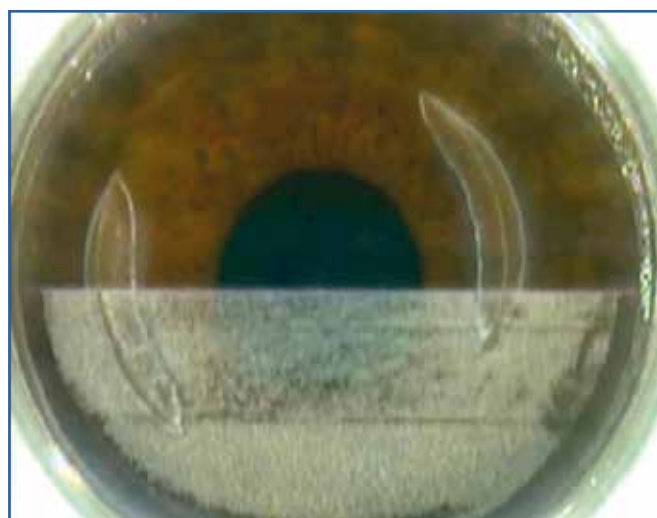


Fig. 2 : Photo en cours de réalisation du capot par le laser femtoseconde lors de la première phase de la technique de DIAKIK dans un cas d'astigmatisme congénital. Le laser femtoseconde découpe le capot, au-dessus des incisions arciformes intrastromales.

l'OCT-HD, la précision de la mesure est telle que nous utilisons de plus grandes profondeurs (85 à 90 % de la pachymétrie minimale).

La deuxième étape est effectuée environ 1 mois après la première, après stabilisation réfractive et topographique. Il importe de ne pas trop attendre, car la cicatrisation est rapide au niveau de l'anneau limitant. Le capot cornéen est à nouveau soulevé et une photoablation stromale par laser Excimer est pratiquée pour corriger l'amétropie sphéro-cylindrique résiduelle.

Cette réduction d'amétropie sphéro-cylindrique, suite à la première étape est un point essentiel, car le plus souvent l'astigmatisme est mixte, et les composantes myopique et hypermétropique se neutralisent au moins partiellement, rendant l'amétropie résiduelle accessible au traitement par LASIK.

La simulation du traitement maximal réalisable par LASIK seul (et insuffisant pour corriger toute l'amétropie) montre que les DIAKIK permettent une épargne tissulaire significative. De plus, la réalisation des incisions sous capot cornéen permet d'éviter les complications des IA superficielles (béance des incisions, et surtout infection).

Dans une série de 15 yeux greffés [4], la correction par DIAKIK a permis une diminution significative du cylindre (index de correction moyen de l'astigmatisme de 0,98 + 0,19) et de l'équivalent sphérique (**fig. 3**) avec une bonne stabilité réfractive à un an, associée à une amélioration significative de l'acuité visuelle non corrigée (index d'efficacité : 0,7), et une très bonne sécurité (index de sécurité : 1,2). Le rejet de greffe doit toujours être systématiquement prévenu.

	Préopératoire	Après 1 ^{ère} phase	Après 2 ^e phase
Topographie cornéenne			
Réfraction subjective	+1.25 (-8; 125°)	-2.50 (-4,50; 125°)	-2 (-0,75; 135°)
UDVA	0.5/10 – 20/400	1/10 – 20/200	5/10 – 20/40
CDVA	4/10 – 20/50	4/10 – 20/50	6/10 – 20/32

Fig. 3 : Exemple d'un patient traité par DIAKIK sur KT : évolution réfractive et topographique.

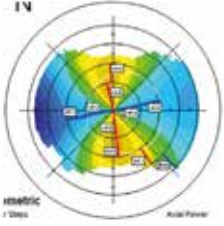
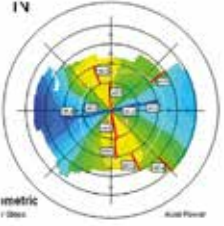
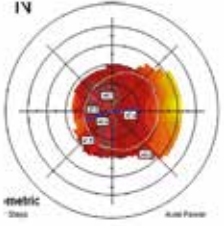
Topographie cornéenne			
Réfraction subjective	+8.25 (-4.75; 125°)	+6.75 (-2.50; 15°)	+0.50 (-0.50; 115°)
UDVA	0.4/10 – 20/500	2.5/10 – 20/80	10/10 – 20/20

Fig. 4 : Exemple d'un patient traité par DIAKIK sur astigmatisme congénital : évolution réfractive et topographique.

2. En cas d'astigmatisme congénital

Dans un contexte d'astigmatisme congénital, le capot est réalisé à une profondeur de 100 μm dans un but d'épargne tissulaire et les IA ont pour profondeur maximale 90 % de la pachymétrie minimale de la cornée. Le nomogramme de Hanna, utilisé pour programmer la profondeur, la longueur et le diamètre de la zone optique des IA est en cours de modification, pour ce qui concerne ces deux derniers paramètres.

Dans une série de 15 astigmatismes congénitaux [5], les DIAKIK ont permis une diminution significative du cylindre et de l'équivalent sphérique (**fig. 4**) avec une stabilité réfractive à un an, associée à une amélioration significative de l'acuité visuelle. L'index de correction moyen de l'astigmatisme était de $1,06 \pm 0,17$, avec un index de sécurité de 1,02.

Nous n'avons observé aucune complication dans le groupe des astigmatismes congénitaux.

Comparativement à la simulation du traitement maximal réalisable en LASIK, les DIAKIK permettent aussi, en cas d'astigmatisme congénital, une épargne tissulaire significative.

■ Conclusion

La technique du DIAKIK est efficace et sûre pour la gestion des très forts astigmatismes. Elle permet une épargne tissulaire, évite les complications de surface des incisions arciformes, et par son côté séquentiel, elle permet d'améliorer la précision du traitement. Elle autorise une extension des indications thérapeutiques.

Bibliographie

1. LORIAUT P, TUMAHAI P, HOFFART L *et al.* Long-term outcomes after mechanized arcuate keratotomy for the correction of astigmatism after keratoplasty. *J Refract Surg*, 2015;31:71-72.
2. LORIAUT P, SANDALI O, EL SANHARAWI M *et al.* New combined technique of deep intrastromal arcuate keratotomy overlaid by LASIK flap for the treatment of high astigmatism. *Cornea*, 2014;33:1123-1128.
3. HANNA KD, HAYWARD JM, HAGEN KB *et al.* Keratotomy for astigmatism using an arcuate keratome. *Arch Ophthalmol*, 1993;111:998-1004.
4. LAROCHE L, LEVY O, LORIAUT P *et al.* Kératotomie arciforme intrastromale avec LASIK (DIAKIK) : une nouvelle technique chirurgicale pour la correction des forts astigmatismes post-kératoplastie. *Congrès de la SAFIR*, 2016.
5. LEVY O, LORIAUT P, SANDALI O *et al.* Kératotomie arciforme intrastromale sous capot de LASIK : description d'une nouvelle technique chirurgicale pour la correction des forts astigmatismes congénitaux. *Congrès de la SAFIR*, 2016.

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



J.-L. FEBBRARO
Fondation Rothschild, PARIS.
jl_febbraro@hotmail.com

Suite réfractive Wavelight Alcon : spécificités technologiques et cliniques

Si les principes de la chirurgie réfractive cornéenne restent toujours fidèles aux concepts introduits par Marguerite McDonnald en 1987 pour la PKR et par Ioannis Pallikaris en 1989 pour le LASIK, les progrès technologiques réalisés dans le domaine des plateformes lasers et des instruments diagnostics ont permis une optimisation de la précision et de la sécurité de l'acte chirurgical.

Ces dix dernières années, les lasers Excimer sont devenus de plus en plus performants, offrant des modes de délivrance sophistiqués avec des faisceaux punctiformes de diamètre inférieur à 1 mm et des taux de répétition multipliés par 10. Au niveau de la préparation du capot, le laser femtoseconde a progressivement supplanté les microkératomes [1]. Les mesures tomographiques ont prouvé la supériorité du laser femtoseconde sur les microkératomes en termes de prédictibilité de l'épaisseur et de la régularité de découpe [2]. Ce nouveau scalpel est désormais considéré comme l'instrument de référence pour la réalisation du volet en LASIK [3]. Les lasers récents offrent un taux de répétition élevé, des énergies moindres et des bulles de cavitation de taille réduite, permettant une découpe lamellaire plus rapide et un clivage plus aisé.

Sur le plan pratique, ces avancées technologiques ont permis d'élargir les indications à la plupart des amétropies sphéro-cylindriques, de proposer des options de traitement pour compenser la presbytie, et pour les cornées plus irrégulières, de calquer la photoablation sur la topographie cornéenne. De plus, les temps de découpe lamellaire et de photoablation, autrefois calculés respectivement en minute et en dizaines de secondes ont été réduits à +/- 10 secondes pour la découpe et moins de 2 secondes de photoablation par dioptrie myopique traitée.

Plus récemment, certaines plateformes lasers de dernière génération ont proposé un concept de suite réfractive qui intègre laser Excimer et laser femtoseconde dans la même

unité, avec une programmation assurée par un logiciel commun. C'est le cas de la suite réfractive WaveLight Alcon, composée d'un laser femtoseconde FS200 et d'un laser Excimer EX500. Cette plateforme laser est utilisée depuis plusieurs années à la Fondation Rothschild, et nous vous présentons, dans cet article, ses particularités techniques et intérêts cliniques.

■ Spécificités techniques

1. Outils de diagnostic

Plusieurs types de topographe cornéen peuvent être utilisés en couple avec les plateformes laser lors du bilan préopératoire. Chaque instrument répond à des besoins bien précis et des exigences thérapeutiques spécifiques.



Fig. 1 : Topolyzer Vario, de type Placido, pour ablation WFO ou calquée sur topographie, bénéficiant de la reconnaissance irienne et mesure de la distance entre le centre de la pupille et l'axe de visée.



Fig. 2 : Oculyzer II, de type Scheimpflug, pour traitements calqués sur la topographie.

Le Topolyzer Vario, topographe de type Placido, permet des ablations guidées par topographie (TOPO-G). Il mesure la kératométrie, pupillométrie, limbe et capture de l'iris pour la compensation de la cyclotorsion et le décalage du traitement vers la ligne de visée. (*fig. 1*) Ces informations sont transférables au laser Excimer, également pour un traitement



Fig. 3 : Analyzer II, de type Tscherning, pour traitements guidés par aberrométrie.

wavefront optimized (WFO), notamment chez les hypermétropes et les astigmates.

L'Oculyzer II est un topographe de type Scheimpflug, il permet des traitements guidés par la topographie (OCU-G), notamment pour le traitement de cornées irrégulières (*fig. 2*). Il mesure la kératométrie, la pupillométrie, la pachymétrie cornéenne, et analyse bien sûr, les surfaces antérieure et postérieure de la cornée.

L'Analyzer II est un aberromètre de type Tscherning, utilisé lors traitements personnalisés guidés par aberrométrie, basés sur la mesure de la réfraction totale de l'œil (*fig. 3*). Cet outil peut être indiqué en présence d'aberrations de haut degré préopératoire élevées.

2. Laser femtoseconde FS 200

Le laser femtoseconde FS200 (*fig. 4*), dédié à la découpe lamellaire est l'une des deux unités laser de la suite réfractive. Son taux de répétition de 200 kHz permet une découpe de capot en moins de 10 secondes. Le diamètre et la géométrie des capots peuvent être modifiés et ajustés sur mesure pour épouser au mieux le profil d'ablation. Le capot peut ainsi être ovalaire pour un traitement astigmatique myopique. Un système de détection pupillaire et de reconnaissance du limbe, ainsi qu'une compensation de cyclotorsion sont également intégrés dans la plateforme laser. Le diamètre de capot est non seulement ajustable en fonction de l'amétropie à traiter mais ne diminue pas en cas de recentrage manuel effectué par le chirurgien. Les paramètres du laser

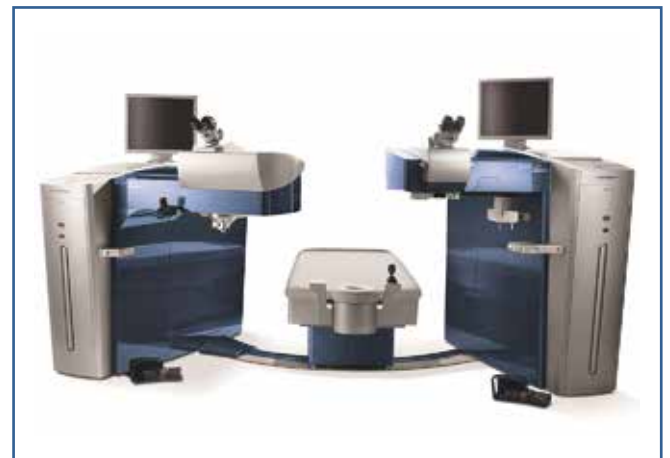


Fig. 4 : Suite réfractive Wavelight Alcon. Elle comprend une unité laser femtoseconde FS200 (à gauche) et un laser Excimer EX500 (à droite). Le lit du patient pivote entre les deux lasers au cours du LASIK. Affichage des données en vision haute dans l'oculaire.



Fig. 5 : Anneau de succion dans lequel est guidé le cône d'aplanation.

sont vérifiés avant chaque session, et l'analyse de chaque PI est réalisée avant chaque traitement afin d'optimiser la reproductibilité de la découpe lamellaire. L'interface laser/œil du patient (PI) comprend un anneau de succion et un cône d'aplanation à surface plane, de 13,4 mm de diamètre (**fig. 5**). La procédure de *docking* comprend deux étapes : la mise place de l'anneau de succion avec activation d'une première aspiration, effectuée par une pompe, permettant d'avoir une réserve de vide constante, suivie de l'amarrage du cône d'aplanation dans l'anneau de succion, avec une aspiration additionnelle automatique. L'optimisation des niveaux d'aspiration est visualisée sur écran par des curseurs verts (**fig. 6**). Le centrage du capot et les dimensions du canal d'évacuation des bulles de cavitation sont ajustés avant l'activation de la découpe. La création du tunnel d'échappement permet d'éviter la stagnation de bulles de gaz opaques dans l'aire pupillaire et d'optimiser le *tracking* de la photoablation.

Le *docking* de la plateforme FS 200 peut paraître plus "soft" que celui obtenu avec l'Intralase, et offre moins de sensations directes, en termes de niveaux d'aspiration. La



Fig. 6 : Écran du laser FS200. L'affichage comprend les valeurs d'énergie, le diamètre et l'épaisseur du capot. Les curseurs verts valident les niveaux d'aspiration des deux phases du *docking*. Le contrôle visuel en temps réel de la découpe de la lamelle est également affiché.

principale différence réside dans le concept d'automatisation des contrôles de vides de l'anneau de succion et du cône d'aplanation. La pression estimée lors de la mise en place de l'anneau de succion est de 60 mmHg environ, alors qu'elle atteint 150 mmHg après l'amarrage du cône d'aplanation [4].

3. Laser Excimer EX500

Le laser Excimer EX500 complète la suite réfractive pour la photoablation (**fig. 7**). Son taux de répétition particulièrement élevé (500 Hz) lui permet des traitements rapides. L'*eye-tracker* fonctionne à 1050 Hz, avec un temps de latence de 2 ms. Un système de compensation de la cyclo-torsion, le NeuroTrack, permet la prévention des mouvements de rotation oculaires. La programmation du traitement est couplée à celle du laser femtoseconde FS200 et intégrée dans le WaveNet.

La fonction HUD (*head up display*) permet l'affichage de l'identité du patient, de l'œil traité, des paramètres et de la progression de la photoablation en temps réel dans l'oculaire du microscope (**fig. 8**).

Les programmes de photoablation comprennent en premier lieu un traitement Wavefront Optimized adapté à la plupart de amétropies sphéro-cylindriques. La photoablation repose sur une zone d'ablation large par défaut (6,5 mm) avec peu de zone de transition, et un profil asphérique pour optimiser la qualité de vision postopératoire [5]. Ce mode d'ablation cible notamment l'ablation en périphérie cornéenne et n'augmenterait pas la profondeur d'ablation centrale, qui est proche de 15 µm par dioptrie pour une zone optique de



Fig. 7 : Plateforme laser Excimer EX500.



Fig. 8 : Visualisation tête haute (HUD).

6,5 mm. Des menus plus personnalisés sont également disponibles : le traitement A-CAT, basé sur l'aberrométrie, le programme Topography-Guided calqué sur la topographie cornéenne et le traitement Custom-Q permettant de moduler l'asphéricité cornéenne (facteur Q) pour optimiser la profondeur de champs chez les patients presbytes. Les différents programmes disponibles ne nécessitent pas de carte spécifique à surcoût.

L'épaisseur cornéenne centrale est mesurable en peropératoire grâce à l'intégration de la pachymétrie à cohérence optique (OCP) dans la plateforme Excimer. L'acquisition des mesures est quasi instantanée et peut s'effectuer à tout moment avant, pendant et après la photoablation. Elle fournit des informations peropératoires notamment pour calculer l'épaisseur de capot et du lit résiduel. Cependant, la consommation tissulaire mesurée par OCP par calcul différentiel tend à être surestimée, en particulier pour les amétropies plus élevées. Cette surestimation pourrait être liée à la déshydratation stromale lors de la photoablation.

Le centrage de la photoablation peut être modifié à la demande du chirurgien, lorsque le centre pupillaire diffère de la ligne de visée. La plateforme diagnostique Topolyzer Vario peut mesurer précisément l'angle kappa et permet ainsi de décaler le centrage de la photoablation au plus proche de l'axe visuel. Cette option de traitement pourrait limiter l'induction d'astigmatisme et de HOA asymétriques de type Coma ou Trefoil.

■ Programmation des traitements

La programmation du LASIK comprend la rentrée des données de la découpe lamellaire au laser femtoseconde et de la

photoablation au laser Excimer sur le même poste de programmation, située en dehors du bloc. Le transfert des données dans les plateformes laser est assuré par réseau *via* le WaveNet. Cette station de planification permet notamment vérifier la profondeur d'ablation et l'épaisseur du mur résiduel pour l'amétropie programmée, de simuler la congruence entre les diamètres de découpe du capot et la zone de photoablation.

■ Vitesse de traitement

Les deux lasers de la suite réfractive WaveLight Alcon ont des taux de répétition très élevés ce qui leur permet des temps de découpe lamellaire et de photoablation rapides. Le laser FS200 crée des volets cornéens de 9 mm en 6 secondes, avec une énergie de 0,8 uJ/spot, et un espacement des spots de 8 mm. Le laser EX500 traite une myopie en 1,4 s par dioptrie pour une zone optique de 6 mm et 1,7 s pour une zone optique de 6,5 mm. Une dioptrie d'hypermétropie est traitée en 3,2 s pour une zone optique de 6,0 mm.

■ Résultats cliniques

En termes d'efficacité et de prédictibilité, les résultats publiés aux États-Unis par la FDA montrent que 93 % des patients opérés de myopie en WFO atteignent une acuité visuelle non corrigée de 10/10 et plus de 95 % sont à ± 0.50 D de l'emmétropie. Les résultats réfractifs pour les traitements hypermétropiques WFO annoncent 10/10 dans 67 % des patients et un équivalent sphérique ± 0.50 D de l'emmétropie dans 72 % des cas.

Une étude rétrospective personnelle portant sur 88 yeux myopes et astigmates (myopie moyenne -3.95 ± 1.10 D, min -1.00 - max -8.00 D ; cylindre moyen 0.98 ± 0.65 D, min -0.75 - max 2.75 D) a retrouvé une acuité visuelle non corrigée de 10/10 ou plus dans 80 % des patients, un équivalent sphérique compris entre ± 0.50 D de l'emmétropie dans 85 % des cas, et un astigmatisme résiduel inférieur ou égal à 0.50D dans 90 % des cas.

Par ailleurs, une autre étude personnelle portant sur des patients hypermétropes astigmates (hypermétropie moyenne -2.59 ± 0.97 D, min $+1.00$ — max $+4.00$ D ; cylindre moyen 0.98 ± 0.65 D, min $+0.50$ — max 2.50 D), a montré que 70 % des patients atteignent 10/10 sans correction, et à ± 0.50 D de l'emmétropie dans 80 % des cas [6].

Cas clinique I

Astigmatisme myopique composé avec reconnaissance de l'iris pour compensation de la cyclotorsion (fig. 9 à 11).

Patient myope astigmat, de 30 ans, opéré par femtoLASIK :

Réfraction préopératoire :

OD : -2.50 (-3.50 à 95°)

OG : -3.50 (-2.25 à 80°)

Profil d'ablation

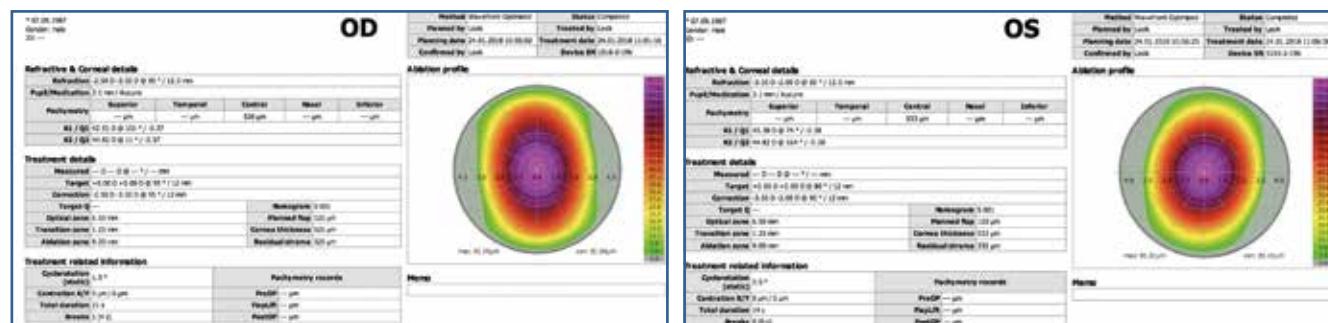


Fig. 9 : Compte rendu opératoire OD, incluant notamment profil d'ablation, amétropie traitée, profondeur d'ablation, lit postérieur et cyclotorsion.

Fig. 10 : Compte rendu opératoire OG.

Topographie différentielle pré- et postopératoire.

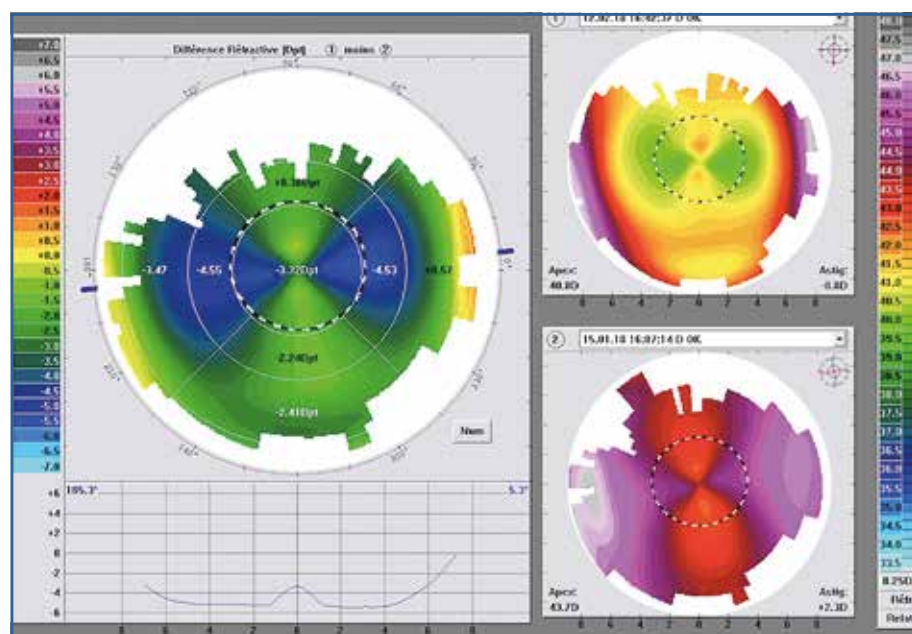


Fig. 11 : Topographie différentielle OD, affichant les cartes pré et postopératoires, ainsi que les dioptries traitées sélectivement sur les principaux axes. La carte de profil montre une ablation totale de -5.50 D correspondant à la somme de la sphère (-2.50 D) et du cylindre (-3.00 D).

Réfraction 2 mois postopératoires :

OD : +0.25 (-0.50 à 180°)

OG : +0.50 (-0.50 à 125°)

L'acuité visuelle sans correction atteint 10/10 ODG, avec une correction torique de 3.50 D pour l'œil droit et de 2.25 D pour l'œil gauche. La topographie différentielle de l'œil droit montre un aplatissement sélectif d'environ 5.00 D sur le méridien horizontal et de 2.25 D sur l'axe vertical. La cyclotorsion chez ce patient était limitée à 1.5° à droite, et atteignait 5.5° à gauche. L'absence de compensation de ses valeurs aurait été négligeable à droite, mais aurait pu induire une sous-correction théorique de 0.37 D à gauche.

Cas clinique II

Astigmatisme hypermétropique simple avec compensation de la cyclotorsion et recentrage vers l'axe visuel (fig. 12 et 13).

Patient hypermétrope astigmat, de 26 ans, opéré par femtoLASIK OD :

Réfraction préopératoire :

OD: 0 (+2.50 à 110°) 10/10

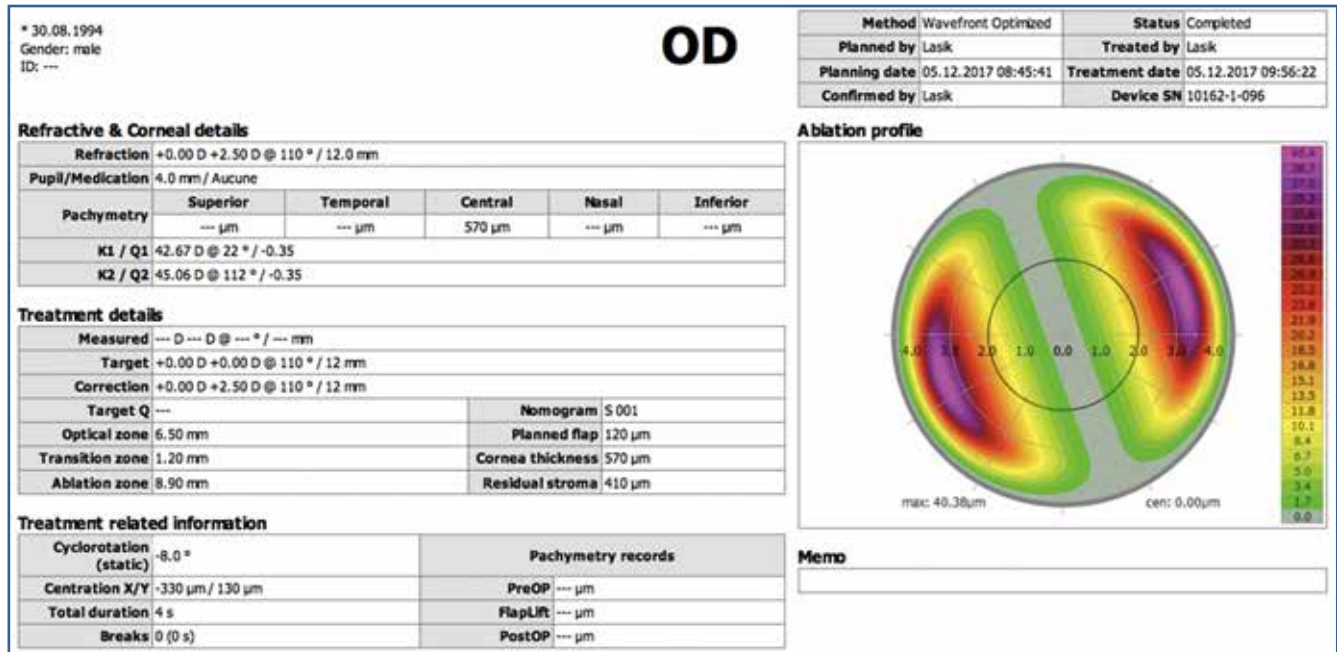


Fig. 12: Compte rendu opératoire OD, incluant notamment une compensation de cyclotorsion de 8°, et un recentrage vers l'axe visuel de 330 µm en x et 130 µm en y.

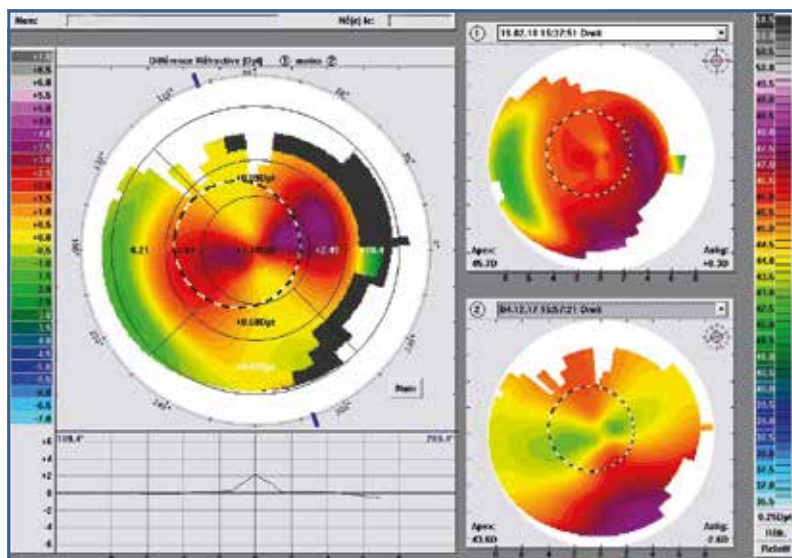


Fig. 13: Topographie différentielle OD, affichant les cartes pré- et postopératoire, ainsi que les dioptries traitées sélectivement sur les principaux axes. La carte de profil montre une ablation sélective uniquement sur l'axe le plus plat correspondant au traitement de l'astigmatisme hypermétropique simple (2.50 D à 20°), sans effet sur l'axe à 110°.

Réfraction 2 mois postopératoires :

OD: +0.25 (-0.50 à 80°)

L'acuité visuelle sans correction atteint 10/10, avec une correction torique de 2.50 D. La topographie différentielle de l'œil droit montre un aplatissement sélectif de 2.50 D à 20°, axe le plus plat sans correction en revanche sur l'axe le plus cambré. La cyclotorsion était de 8°. L'absence de compensation de cette valeur aurait pu induire une sous-correction théorique de 0.60 D. Décalage de l'ablation vers l'axe visuel de 50 % a été appliqué en raison de l'angle kappa important entre la ligne de visée et le centre pupillaire.

Cas clinique III

Patient presbyte. Astigmatisme hypermétropique composé et compensation de la presbytie par facteur Q (fig. 14 à 16).

Patient hypermétrope, de 54 ans, OG dominant, opéré par femtoLASIK :

Acuité visuelle sans correction en binoculaire : 6/10, P10

Réfraction préopératoire :

OD : +1.00 (-0.50 à 85°) 10/10 P2 Add +2.25

OG : +1.25 (-0.50 à 105°) 10/10 P2 Add +2.25

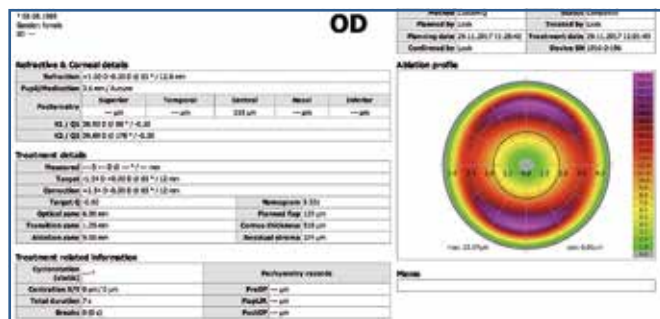


Fig. 14 : Compte rendu opératoire OD, incluant notamment la cible du Facteur Q (-0.8), la corrective effective (-2.54 (-0.50 à 85°)), et la cible réfractive (-1.54 D) incluant la compensation de la modification du Facteur Q.



Fig. 15 : Compte rendu opératoire OG, montrant une ablation classique WFO.

Topographie différentielle pré- et postopératoire OD.

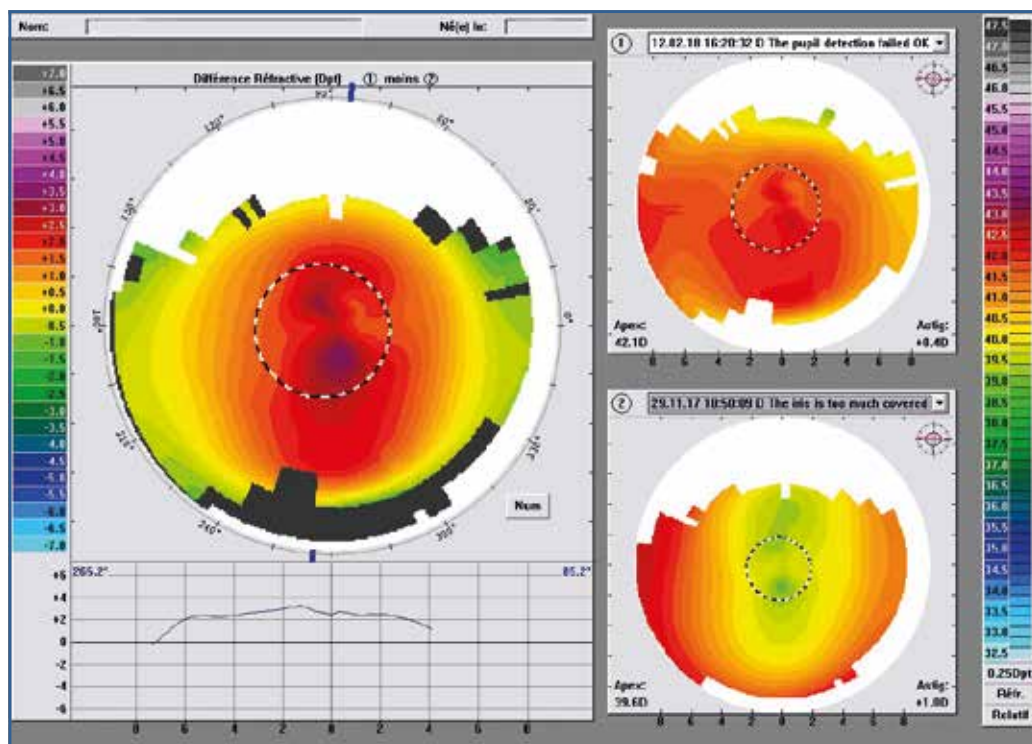


Fig. 16 : Topographie différentielle OD, soulignant une modification kératométrique d'environ 2.50D, pour une consommation tissulaire limitée à 24 µm, comme le montre le compte rendu opératoire.

Réfraction 3 mois postop :

OD : -1.50 (-0.50 à 5°)

OG : -0.25 (-0.25 à 15°)

L'acuité visuelle sans correction atteint 10/10, P2. La correction de l'œil droit a été faite en ciblant un delta Q de -0.6 (Target Q -0.8 soustrait au facteur Q Préop -0.2), avec une valeur cible à 2.50 D et une myopie postopératoire visée de -1.50 D.

■ Conclusion

La suite réfractive WaveLight Alcon offre un arsenal diagnostique et thérapeutique varié et complet. Elle associe, avec une ergonomie optimisée, laser femtoseconde et laser Excimer, en une seule unité thérapeutique. Le programme Wavefront optimized est utilisé pour la grande majorité des traitements réfractifs, et permet un accès à des fortes amétropies grâce à une consommation tissulaire raisonnable. Il s'appuie sur un système de reconnaissance irienne performant pour la compensation des mouvements rotatoires, et une compensation du centrage du traitement en cas d'angle kappa important. Il se distingue par un programme de modification de facteur Q, alternative à la monovision, notamment chez les patients presbytes hypermétropes.

Bibliographie

1. NORDAN LT, SLADE SG, BAKER RN *et al.* Femtosecond laser flap création for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial US clinical series. *J Refract Surg*, 2003;19:8-14.
2. ZHOU Y, TIAN L, WANG N *et al.* Anterior segment optical coherence tomography measurement of LASIK flaps: femtosecond laser versus microkeratome. *J Refract Surg*, 2011; 27:408-416.
3. KIM P, SUTTON GL, ROOTMAN DS. Applications of femtosecond laser in corneal refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2011;22:238-244.
4. MROCHEN M, WÜLLNER C, KRAUSE J *et al.* Technical Aspects of the WaveLight FS200 Femtosecond Laser. *J Refract Surg*, 2010;26:833-840.
5. GEORGE MR, SHAH RA, HOOD C *et al.* Transitioning to optimized correction with the Wavelight Allegretto Wave: case distribution, visual outcomes, and wavefront aberrations. *J Refract Surg*, 2010; 26:S806-813.
6. FEBBRARO JL, PRAT B, KHAN H. Excimer laser correction of astigmatism: Principles and clinical results. Febbraro JL, Khan H, Koch D (eds.) *Surgical correction of astigmatism*. Springer International Publishing AG, 2018:125-141.

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



D. CHONG-SIT
Clinique de la Vision et CHNO des 15-20, PARIS.
<http://chongsit.typepad.fr>

Laser Excimer WaveLight: un nomogramme parfois incompris...

■ Procédures

Faut-il faire :

- une procédure photoablatrice classique ou un SMILE ?
- un PresbyLASIK par Supracor-Technolas, un Presbyond Laser Blend Vision avec le Zeiss ou un facteur Q sur l'Alcon ?
- une procédure aberrométrique sur telle ou telle plateforme pour un astigmatisme irrégulier ?

La plupart des chirurgiens ne disposent le plus souvent que d'un seul type de laser dans leurs établissements de référence et ne se posent donc pas souvent la question du choix du laser à utiliser en fonction de la procédure à réaliser !

Pour ceux qui ont la chance (ou pas !) d'avoir le choix (nous avons 3 ou 4 plateformes différentes selon les périodes à la Clinique de la Vision de Paris), il se fait en fonction des habitudes (et il n'est pas facile d'en changer en matière de laser

Excimer!) et/ou des expériences de chacun; certains papillonnent d'un laser à l'autre en fonction des nécessités réfractives et d'autre restent fidèles à un laser à quelques exceptions près.

Toutefois, une conviction est intuitivement ressentie par beaucoup: pour les myopies les plus fortes le WaveLight (on ne dit plus Allegretto, depuis la version EX 500 (*fig. 1*)) est le meilleur...

Cette convergence ne repose sur rien de scientifiquement prouvé, mais c'est ainsi !

La vitesse des procédures (environ 1,4 sec/dioptrie), la taille de la zone optique (6,5 mm par défaut) et une consommation tissulaire optimisée (15 μ /D environ pour une ZO de 6,5) ont fait les lettres de noblesse de la gamme "Allegretto" et justifie que souvent on fasse particulièrement appel à ces lasers pour corriger des myopies fortes ou très fortes (-10/-12 dioptries) [1]. Le profil Wavefront Optimized (WFO) est alors le plus souvent utilisé dans ces cas (environ 90 % des procédures) et particulièrement apprécié pour la qualité de l'ablation, avec

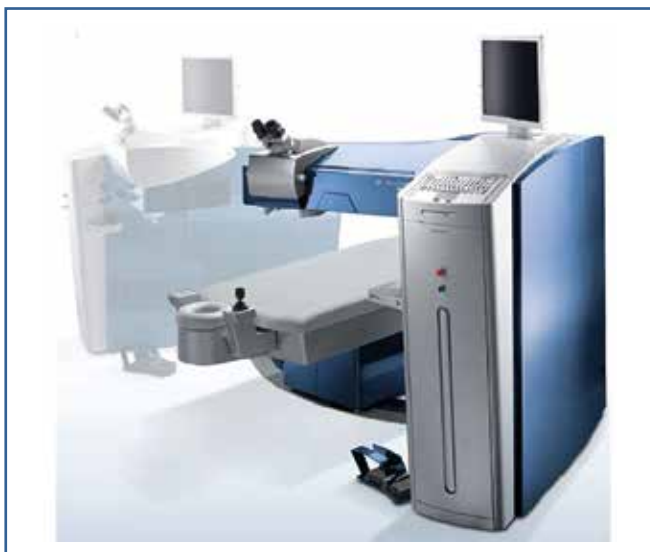


Fig. 1 : WaveLight EX 500, présenté à l'ESCRS 2010.

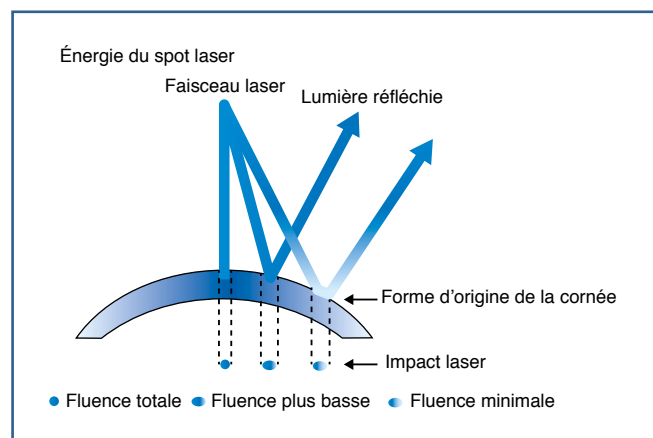


Fig. 2 : Profil WFO et gestion optimisée des spots périphériques.

limitation des aberrations sphériques par la prise en compte de la perte d'efficacité des spots périphériques (*fig. 2*).

■ Laser WaveLight et le "Wellington nomogramme"

Si en France, probablement plus d'un laser sur 2 est de marque Alcon ou Technolas, les lasers Wavelight EX 500 et Allegretto Wave Eye-Q 400 Hz permettent à eux seuls la réalisation d'environ 1/3 des procédures réfractives laser (il n'y a pas moins de 7 lasers Excimer Alcon à Paris).

L'utilisation du nomogramme (inspiré de celui dit de "Wellington") (*fig. 3*) à appliquer lors de la programmation du laser est donc très classique et probablement transparente pour beaucoup.

Ce petit exercice d'application du nomogramme est un peu fastidieux et on se demanderait d'ailleurs volontiers pourquoi celui-ci n'est pas directement intégré d'une génération de laser à l'autre dans le logiciel du laser !

La réponse est, semble-t-il, réglementaire ; l'intégration du nomogramme et toute modification sur celui-ci nécessiterait un nouveau marquage CE et surtout un nouveau dossier FDA !

Les utilisateurs des WaveLight garderont donc longtemps un nomogramme accroché au mur de leur bloc opératoire...

Proposé à titre indicatif, Alcon recommande bien entendu à chaque praticien de l'optimiser en fonction de son expérience et de l'environnement son propre laser.

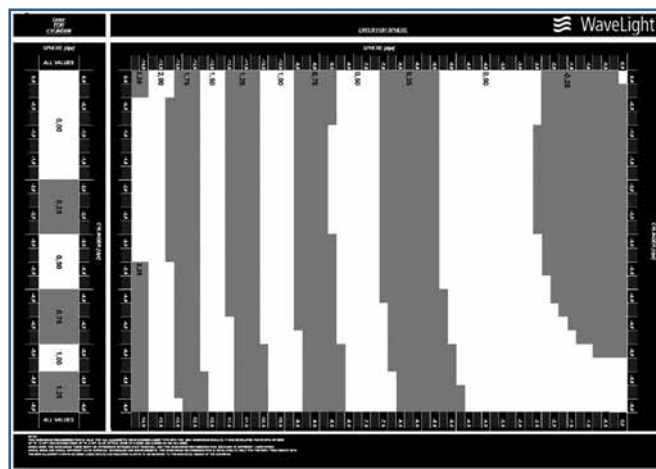


Fig. 3 : Nomogramme (fourni par Alcon).

Il n'a que peu changé au cours du temps, car le profil d'ablation est resté identique d'une génération à l'autre. De petites modifications ont pu être observées pour tenir compte des variations d'hydratation du lit stromal liées au gain de vitesse des traitements ou à la généralisation des découps au laser femtoseconde.

Concernant les corrections myopiques, le nomogramme indique classiquement une addition de :

- -0.25 D pour les corrections inférieurs à 2.25 D (**on programme -1.25 pour corriger -1.0**) ;
- 0.00 D entre -2.50 et -5.25 D ;
- +0.25 D entre -5.50 et -7.0 D ;
- +0.50 D entre -7.25 et -8.25 D ;
- +0.75 D entre -8.50 et -9.50 D ;
- +1.00 D entre -9.75 et -10.5 D ;
- +1.25 D entre -10.75 et -11.50 D ;
- +1.50 D entre -11.75 et -12.25 D (**il faut programmer -10.5 pour corriger -12.0**).

Dans le même esprit, le nomogramme propose également une addition pour des astigmatismes moyens et forts (on programme -3.0 pour -3.5 D à corriger et -4.0 pour -5.0).

■ Mais finalement, "pourquoi et comment" ce nomogramme ?

Son existence est principalement liée au fait que plus la photablation se prolonge, plus le lit stromal se déshydrate et renforce l'effet du laser. Il est donc nécessaire d'appliquer nettement moins de spot laser pour obtenir, par exemple, la correction d'1 dioptrie entre 7 et 8 dioptries qu'entre 2 et 3 D ; mais bien logiquement l'effet réfractif obtenu (avec moins de spot) a finalement nécessité une ablation tissulaire (environ 13 μ pour une ZO de 6.0 et de 15 μ pour une ZO de 6,5 mm pour un traitement sphérique pure en mode WFO) identique pour la correction d'1 dioptrie que ce soit en début ou en fin de traitement.

Conclusion, pour corriger -12 D, il faut effectivement photablater 12 fois 1 dioptrie, soit environ 12 x 15 μ , mais il ne faut indiquer au laser lors de la programmation que -10.5 D comme le propose le nomogramme pour obtenir la correction voulue.

Une erreur est donc très régulièrement faite par nombre de praticien et consiste à estimer le lit résiduel après traitement, en tenant compte du calcul fait par le logiciel de

programmation dans lequel a été intégré le nomogramme ; il s'en suit bien logiquement une sous-estimation de l'ablation tissulaire effectivement réalisée et une surestimation du lit stromal résiduel.

Cette discordance a déjà été démontrée par des études comparant la profondeur d'ablation effective, avec celle indiquée par le laser lors de la programmation (si l'on se sert effectivement du nomogramme) [2,3].

Ceci pose un réel problème lorsque l'on doit corriger une forte myopie (avec des erreurs pouvant atteindre $20\text{ }\mu$) et en cas de cornée fine puisque la décision d'intervention dépend parfois des simulations préopératoires réalisées (fig. 4).

L'optimisation et la gestion du risque d'ectasie doivent bien entendu prendre particulièrement en compte ce biais d'analyse, tant pour l'estimation du mur postérieur résiduel, que celui du pourcentage de tissus ablatée (PTA) [4,5].

Pour ceux (nombreux ?) qui vont devoir modifier leurs pratiques après cette petite révélation, je propose 2 solutions simples qui ne bouleverseront finalement pas leurs indications chirurgicales.

Lors de la programmation, indiquer strictement la correction souhaitée, bien noter l'estimation du lit résiduel en fonction de la profondeur d'ablation pour la totalité de la correction voulu et n'appliquer le nomogramme pour la sphère (et l'astigmatisme si nécessaire) que secondairement en indiquant dans "target" (phase 4 du *Treatment Design*) une myopie équivalente à la "sous-correction" proposée par le nomogramme (fig. 5). Cela a comme intérêt subsidiaire d'avoir dans le compte rendu d'intervention la correction réellement souhaitée. Cette méthodologie étant la version préconisée par Alcon.

Par ailleurs, si l'ablation est finalement trop importante avec une ZO de 6,5 mm, ne pas hésiter à réduire la ZO à 6.0 si l'on reste sur le logiciel WFO (fig. 6) ou de personnaliser la ZO

Fig. 4 : Exemple fictif, montrant le "faux" gain de $20\text{ }\mu$ lors de la lecture avec nomogramme $292\text{ }\mu/272\text{ }\mu$.

Fig. 5 : Exemple fictif, réalisation de la programmation en 2 temps et prise en compte de $295\text{ }\mu$ (/ $313\text{ }\mu$).

-10.00 D -4.00 D @ 0° / 12.0 mm		
6.00 mm	Planned Flap	100 µm
8.50 mm	Cornea	560 µm
160 µm	Res. Stroma	300 µm

Fig. 6 : Reprise de l'exemple fictif de la figure 4 : gain de 28 µ en ZO 6.0 (300 µ) / ZO 6.5 (272 µ).

au dixième de mm dans le logiciel Custom-Q, pour ajuster le diamètre de zone en fonction de la profondeur d'ablation disponible.

■ En résumé

S'il n'était pas illogique de prendre en compte l'indication de la profondeur d'ablation donnée après application du nomogramme, il est finalement plus légitime encore d'accepter la simple idée que cette profondeur est strictement liée à la correction voulue, même si la programmation est modifiée car le laser gagne en "performance" (jusqu'à 30 % plus efficace vers -10D) au cours du traitement [3].

J'avoue humblement m'être fait abuser à de nombreuses reprises, pendant les 10 ans où j'ai principalement utilisé et affectionné les traitements aberrométriques du VisX S4R [6] !

Les lasers Wavelight sont reconnus comme de remarquables lasers, tant pour leurs efficacités que pour la qualité des traitements, lors des corrections myopiques et hypermétropiques [1, 7, 8] mais on regrettera une nouvelle fois que le nomogramme ne soit pas intégré au process du laser de façon invisible, afin d'éviter de possibles erreurs aux utilisateurs occasionnels comme à certains chirurgiens confirmés.

Bibliographie

1. KANELLOPOULOS AJ, ASIMELLIS G. Refractive and keratometric stability in high myopic LASIK with high-frequency femtosecond and excimer lasers. *J Refract Surg*, 2013;29:832-837.
2. LABIRIS G, SIDEROU DI H, GIARMOUKAKIS A *et al*. Evaluation of the difference between intended and measured ablation and its impact on refractive outcomes of the wavefront optimize profile and the S001 Wellington nomogram in myopic spherocylindrical corrections. *Clin Exp Ophthalmol*, 2012;40:127-133.
3. SAVINI G, CUMMINGS AB, BALDUCCI N *et al*. Agreement Between Predicted and Measured Ablation Depth After Femtosecond Laser-Assisted LASIK for Myopia. *J Refract Surg*, 2016;32:164-170.
4. SANTIAGO MR, SMADIA D, GOMES BF *et al*. Association between the percent tissue altered and post-laser in situ keratomileusis ectasia in eyes with normal preoperative topography. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:87-95.
5. DJODEYRE MR, BELTRAN J, ORTEGA-USOBIAGA J *et al*. Long-term evaluation of eyes with central corneal thickness < 400 µm following laser in situ keratomileusis. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:535-540.
6. CHONG-SIT D. Correction bitorique des astigmatismes mixtes, par la plateforme VISX Star S4 IR™ - CustomVue™. *Réalités Ophtalmologiques*, Avril 2010 ; Édition spéciale CLV N°4.
7. KHALIFA MA, GHONEIM A, SHAFIK SHAHEEN M *et al*. Comparative Analysis of the Clinical Outcomes of SMILE and Wavefront-Guided LASIK in Low and Moderate Myopia. *J Refract Surg*, 2017;33:298-304.
8. MOTWANI M, PEI R. Treatment of moderate-to-high hyperopia with the WaveLight Allegretto 400 and EX500 excimer laser systems. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:999-1007.

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



M. TIMSIT
Clinique de la Vision, PARIS.
mt@ophthalmologie.fr

Monovision mal tolérée : une solution, le PresbyLASIK

La monovision a été depuis longtemps la solution pour compenser la presbytie lors de l'opération d'un sujet myope. En effet, si la myopie est complètement corrigée sur les deux yeux, ces patients ressentiront au-delà de 45 ans le besoin de lunettes pour lire.

La monovision consiste à corriger parfaitement un œil pour la vision de loin (cet œil ne pourra alors plus lire) et à laisser l'autre œil plus ou moins myope pour compenser la presbytie (cet œil aura donc une vision de loin réduite). Le décalage entre les deux yeux peut faire que la monovision n'est ni souhaitée ni tolérée par un certain nombre de patients.

Les inconvénients d'une monovision mal tolérée peuvent être améliorés par une technique récente, le PresbyLASIK qui permet de corriger à la fois la myopie et la presbytie sur le même œil. Avec cette technique, la différence de vision entre les deux yeux n'est plus gênante.

■ Observation

Retrouver une "nouvelle jeunesse", rester actif et dynamique, passer du temps devant un écran d'ordinateur, un smartphone... les opérés de la cataracte ont actuellement des motivations nouvelles et des exigences grandissantes. La chirurgie de la cataracte peut, dès lors, être considérée comme une véritable chirurgie réfractive, supprimant les lunettes de loin et de près.

Avec les techniques de laser actuelles, un sujet déjà opéré de la cataracte et qui regrette de devoir encore porter des lunettes peut se voir offrir une deuxième chance.

Cette patiente de 67 ans, myope et astigmatique a été opérée par nos soins d'une cataracte de l'œil droit quatre ans auparavant avec une correction totale de sa myopie et de son

astigmatisme pour une bonne vision de loin. L'autre œil est ensuite opéré ailleurs de la cataracte avec une monovision laissant une myopie importante pour compenser sa presbytie. Il existe alors un inconfort important du fait de la trop grande différence de correction entre les deux yeux et une vision du deuxième œil opéré faible de loin, de l'ordre de 1/10^e. Cette gêne l'incite à nous reconsulter. Une ré-opération de son œil gauche par PresbyLASIK a permis de régler son problème.

■ Les options pour corriger la myopie en compensant la presbytie

1. La monovision

C'est l'option habituelle et il s'agit de la technique la plus ancienne, appliquée depuis très longtemps aux lentilles de contact, à la chirurgie de la cataracte et à la chirurgie cornéenne au laser. Elle est acceptable chez un sujet jeune, pendant quelques années après le début de la presbytie à 45 ans, mais, chez un sujet plus âgé, elle va se heurter soit à un problème d'insuffisance de vision de loin ou de vision de près soit d'inconfort, ce qui est le cas chez cette patiente. Pour donner satisfaction, la monovision impose de bien déterminer l'œil qui sera choisi pour la vision de loin et celui qui sera choisi pour la vision de près. On choisit en général pour la vision de près l'œil pour lequel une sous-correction est la mieux supportée en vision binoculaire.

>>> Pour l'œil dominant, la vision de loin ne reposant que cet œil, il faut une correction parfaite, en particulier de l'astigmatisme. Le patient ne sera satisfait que s'il obtient une vision optimale de loin.

>>> Pour l'œil dominé, le dosage de la correction doit être très précis :

- si la sous-correction est insuffisante, le résultat sur la presbytie sera décevant et le sujet devra reporter des lunettes pour lire. Cette limitation peut rendre la monovision insuffisante pour compenser une presbytie complètement installée chez un myope plus âgé ou chez un opéré de la cataracte ;
- si la sous-correction est trop importante comme dans le cas décrit, il y aura 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.

2. L'implant multifocal progressif

C'est l'alternative à la monovision lorsqu'on doit opérer une cataracte. Il restaure une gamme étendue de distances de vision et permet de mener de nombreuses activités de la vie quotidienne sans avoir recours aux lunettes dans la majorité des cas. Il permet une vision à toutes les distances : vision de loin, vision intermédiaire (ordinateur, miroir, conversation) et lecture.

Cet implant nécessite un œil sans pathologie en particulier de la rétine par OCT. Il faut opérer les deux yeux, les performances visuelles de chaque œil se complétant et se potentialisant. L'acte chirurgical doit être parfait, très précis, obéissant à un certain nombre d'impératifs techniques obligatoires pour être efficace (calcul d'implant précis, absence d'astigmatisme résiduel, implant bien centré). Le choix de l'implant est important et doit être déterminé en fonction

des désirs du sujet. L'implant progressif génère à des degrés divers des halos nocturnes, une diminution des contrastes et de la qualité de vision.

3. Le PresbyLASIK

Son effet est de créer une multifocalité cornéenne par application du laser sur la cornée. Le cerveau reçoit plusieurs images en vision de loin, intermédiaire et de près et fait le tri selon la distance. Le PresbyLASIK exige un laser femtoseconde pour la découpe d'un volet cornéen large et bien centré suivie d'une optimisation précise pour le traitement par le laser Excimer, asphérique pour une meilleure qualité de vision.

Chaque constructeur a ses propres algorithmes de correction de la presbytie, de spécificités et des résultats différents. Le chirurgien doit savoir choisir et maîtriser le logiciel approprié car la précision réfractive est fondamentale, beaucoup plus que pour un traitement conventionnel. Les résultats et leur durabilité dans le temps dépendent beaucoup de l'expérience du chirurgien, un retraitement ultérieur en cas de besoin étant possible mais difficile.

Ces nouveaux programmes de laser multifocaux, accentuant l'asphéricité cornéenne, permettent d'obtenir une vision correcte de loin et de près sur le même œil.

La modification de l'asphéricité cornéenne est génératrice d'aberrations de sphéricité négatives (Z400) augmentant la profondeur de champ (*fig. 1 et 2*).

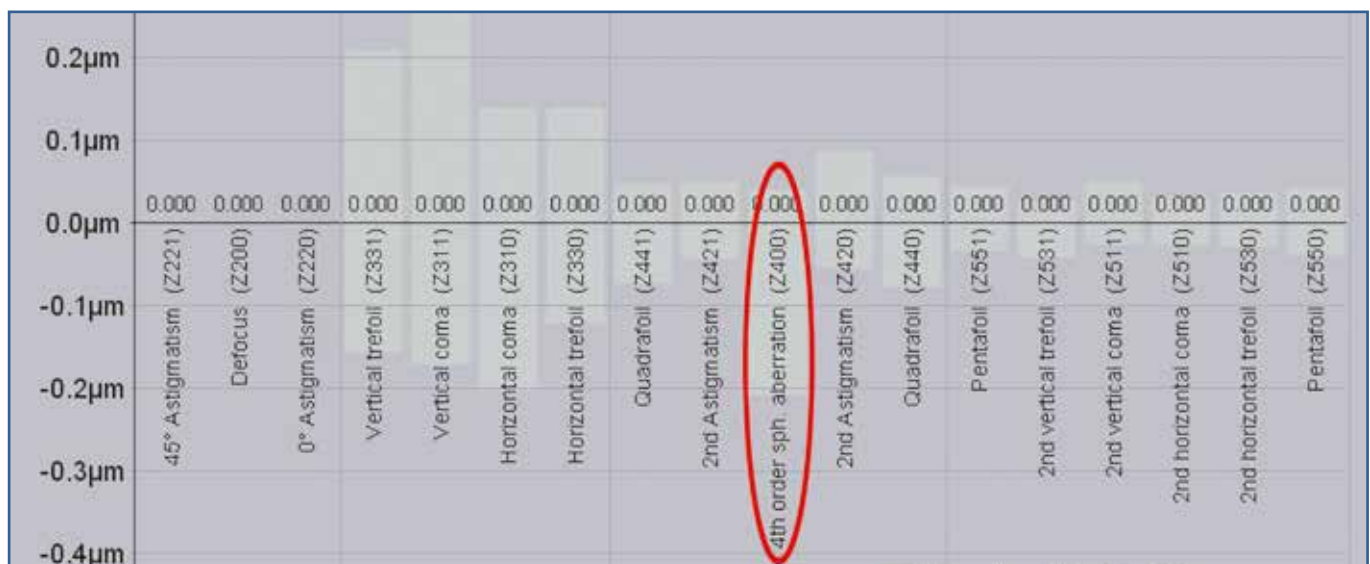


Fig. 1.

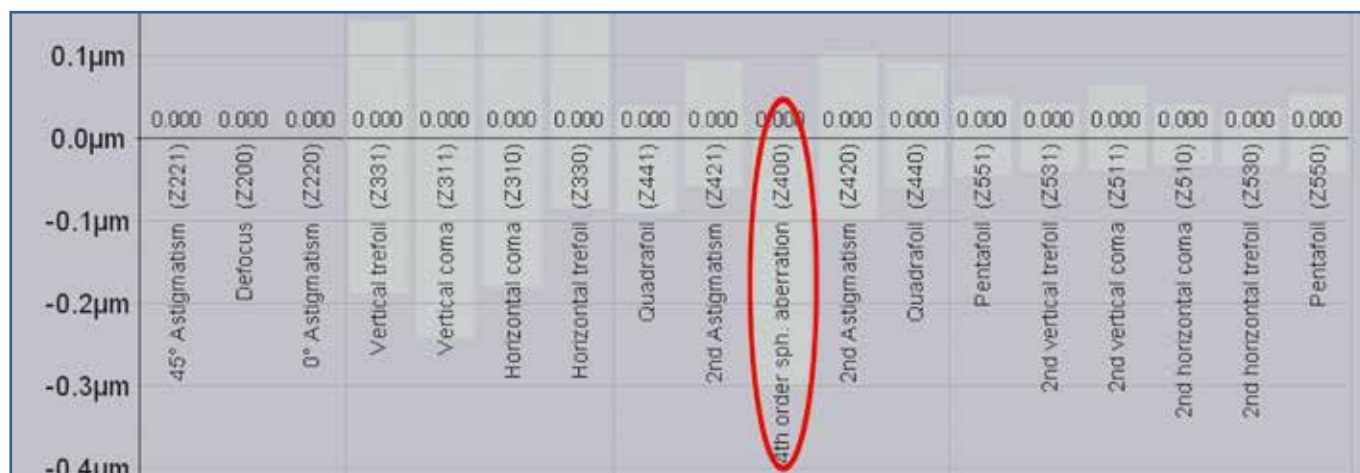


Fig. 2.

Le challenge est d'obtenir l'asphéricité optimale, compromis entre l'amélioration de la vision de près sans dégradation de la vision de loin.

C'est pourquoi chez cette patiente nous avons planifié :

- pour l'œil dominant, un implant monofocal pour préserver la qualité de vision de loin. Il faut que l'œil dominant soit très bien corrigé en particulier pour l'astigmatisme afin que

le patient soit satisfait. Nous avons ici opté à l'œil droit pour un implant monofocal torique corrigeant la myopie et l'astigmatisme chez cette patiente désireux de la meilleure vision possible de loin (fig. 3) ;

- pour l'œil dominé, un PresbyLASIK myopique à multifocalité importante corrigeant la myopie de -2.50D et l'astigmatisme oblique de 0.50D accompagné d'une monovision modérée (fig. 4 et 5).

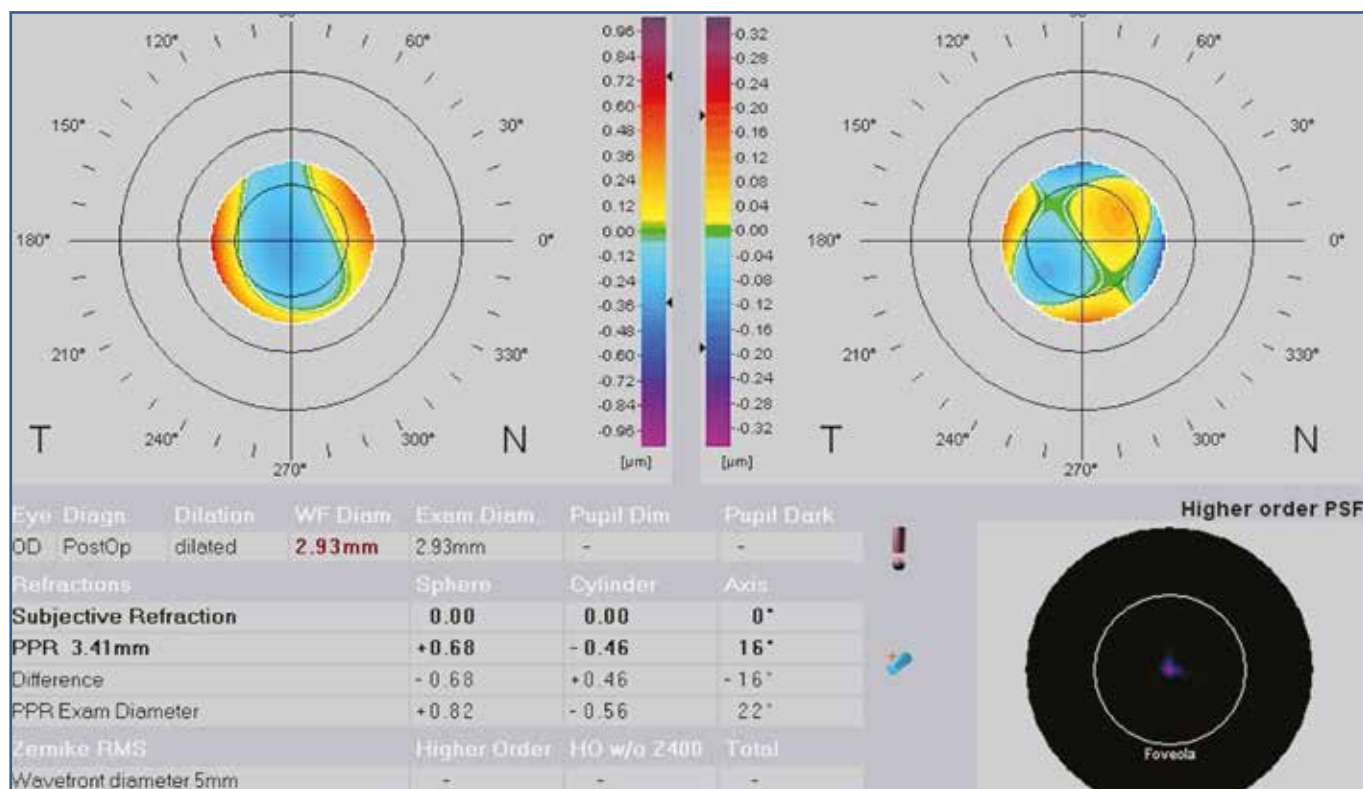


Fig. 3 : Œil droit aberrométrie Zywave postopératoire.



Fig. 4 : Œil gauche aberrométrie Zywave préopératoire.

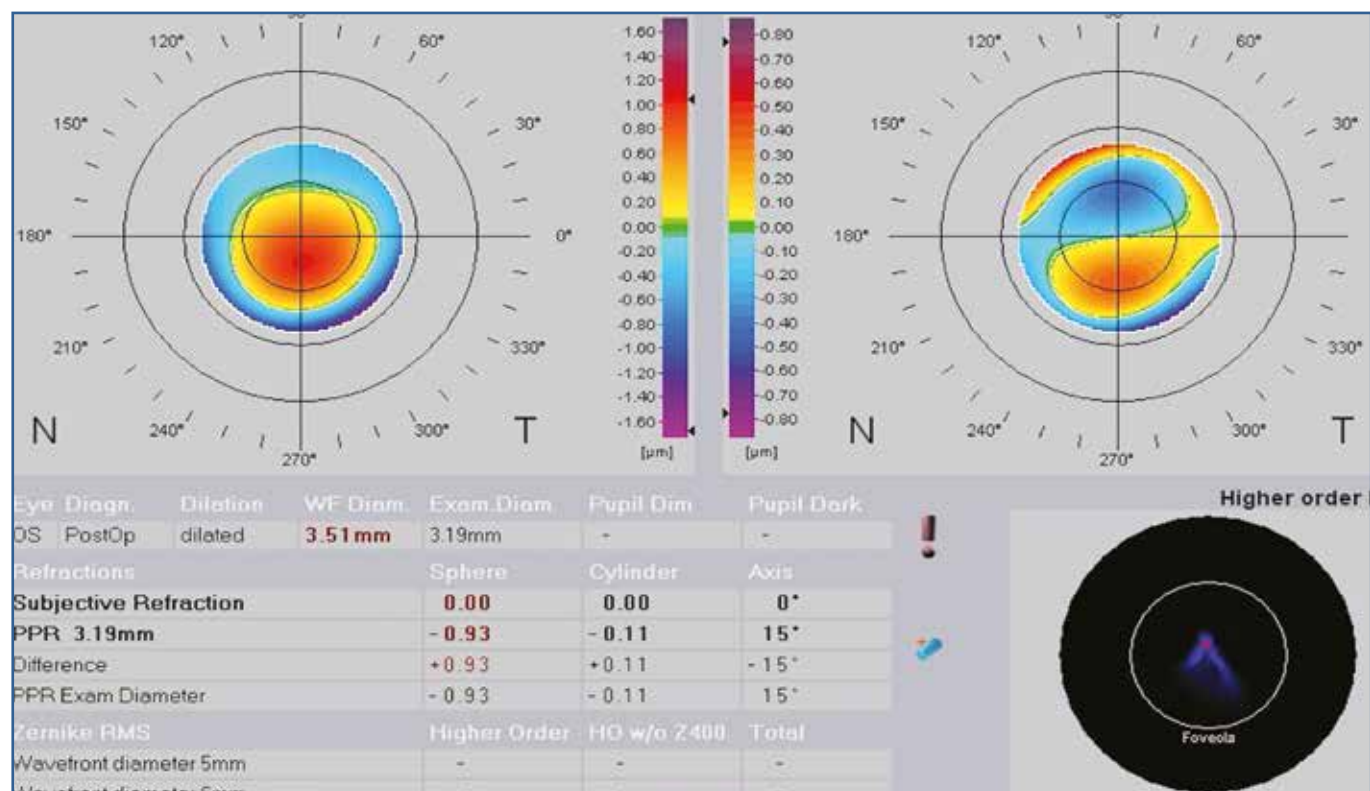


Fig. 5 : Œil gauche aberrométrie Zywave postopératoire.

Cette association permet de ne maintenir qu'une faible monovision laissant une myopie de 1D environ pour obtenir une bonne profondeur de champ et une bonne vision de près. Dès lors, la différence entre les deux yeux est mieux tolérée, étant beaucoup plus faible que dans une monovision pure et la vision de près est meilleure.

■ Avantages du PresbyLASIK sur la monovision

- l'œil est corrigé de la myopie, de l'astigmatisme et de la presbytie. L'indépendance vis-à-vis des lunettes et des lentilles est visée sur le même œil à la fois pour la vision de loin, la vision à mi-distance et la lecture ;
- la vision à mi-distance et la vision de loin est meilleure ;
- la vision binoculaire et le confort sont meilleurs. La faible différence entre les deux yeux est bien tolérée, étant beaucoup plus faible que dans une monovision pure ;
- sur un œil traité par PresbyLASIK, l'amélioration de la vision de près a généralement pour corollaire une réduction de la qualité de vision de loin. Cet effet secondaire, mis en évidence par l'étude de la courbe d'étalement du point PSF (*fig. 3 et 5*) et de l'indice OSI de diffusion lumineuse à l'OQAS, est d'autant plus présent que l'on recherche une meilleure vision de près donc une plus grande multifocalité. Le PresbyLASIK est effectué au prix d'un compromis entre efficacité et altération inévitable de la qualité de vision en règle modérée et acceptable. Chez un patient bien informé, les effets éventuels indésirables sont habituellement peu gênants s'atténuant avec le temps (halos nocturnes, vision

parfois un peu moins contrastée notamment en faible intensité lumineuse).

■ L'opération

Le but était d'obtenir une autonomie sans l'aide de lunettes à toutes les distances : pour la vision de loin, la vision intermédiaire éloignée (télévision), la vision intermédiaire rapprochée (ordinateur), et la lecture. Cette chirurgie, délicate, nécessite une soigneuse étude préalable. Elle ne peut être qu'une chirurgie personnalisée adaptée à chaque cas, modulée en fonction des besoins visuels du sujet, éminemment différents selon chacun. Le patient sera satisfait s'il obtient un résultat personnalisé, en fonction de son mode de vie (sédentaire ou active, profession, conduite, loisirs, sports...) et de ses distances de vision prioritaires. Les réponses à un questionnaire détaillé permettent de déterminer la meilleure solution, le patient étant placé au centre d'un processus décisionnel éclairé. Sur l'œil gauche dominé de ce patient, nous avons effectué un PresbyLASIK à multifocalité importante. Découpe d'un volet large et bien centré au laser femtoseconde suivi d'un traitement par laser Excimer avec correction de la myopie pour la vision de loin et en plus un traitement hyperprolate au centre de la cornée pour la vision de près. Cette zone, très étroite (3 millimètres), impose un centrage parfait. On cherche à obtenir une transition progressive entre la zone de correction de loin et la zone de correction de près. Le changement de courbure de la cornée entraîne une augmentation de la profondeur de champ (*fig. 6 à 9*).

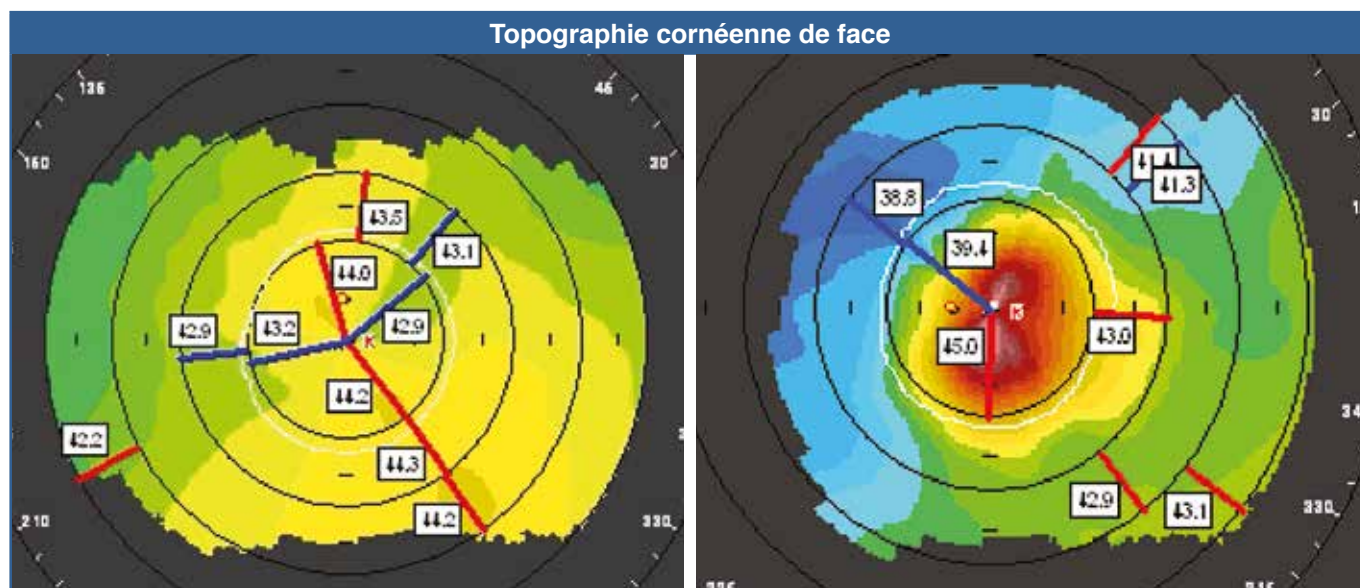


Fig. 6 : Topographie cornéenne de face préopératoire.

Fig. 7 : PresbyLASIK postopératoire : bombement central de la cornée.

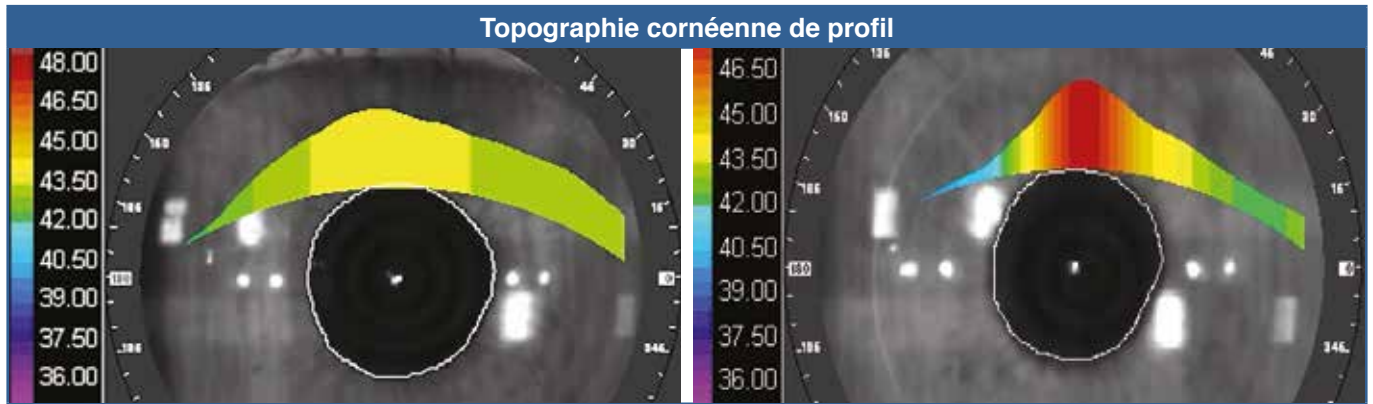


Fig. 8 : Préopératoire.

Fig. 9 : PresbyLASIK postopératoire : bombement central de la cornée.

■ Résultats

Dès les premiers jours postopératoires, les objectifs sont réalisés. L'œil droit anciennement opéré de cataracte avec un implant torique corrigeant sa myopie et son astigmatisme a une vision de 10/10 P6 permettant une bonne vision de loin sans lunettes. L'œil gauche réopéré par un PresbyLASIK corrigeant sa myopie, son astigmatisme et sa presbytie a une vision de 6/10 P1,5 permettant une vision de loin assez bonne, une vision intermédiaire sur écran et pour la lecture excellentes. Du fait de l'indépendance vis-à-vis des lunettes pour la vision de loin, la vision mi-distance et la lecture, le confort en vision binoculaire, la satisfaction de cette patiente est totale. L'OQAS montre la différence de parcours d'accommodation en vision de près entre l'œil droit ayant bénéficié d'un implant monofocal (fig. 10) et l'œil gauche ayant bénéficié en plus d'un PresbyLASIK (fig. 11).

■ Qui peut actuellement bénéficier d'un Presby LASIK?

Tous les sujets myopes après 40 ans désirant une opération de la myopie mais ne voulant pas mettre de lunettes pour lire. Ces sujets lisent sans lunettes et désirent, bien entendu, conserver cet avantage. Or, si la myopie est complètement corrigée chirurgicalement sur les deux yeux, ils auront besoin de lunettes pour lire. Il est donc important, lors de la chirurgie de la myopie, d'empêcher cette nécessité.

Il peut s'agir :

- d'un myope de la quarantaine ne voulant pas mettre de lunettes pour lire dans un avenir proche ;
- d'un myope plus âgé, presbyte devant passer aux verres progressifs ;

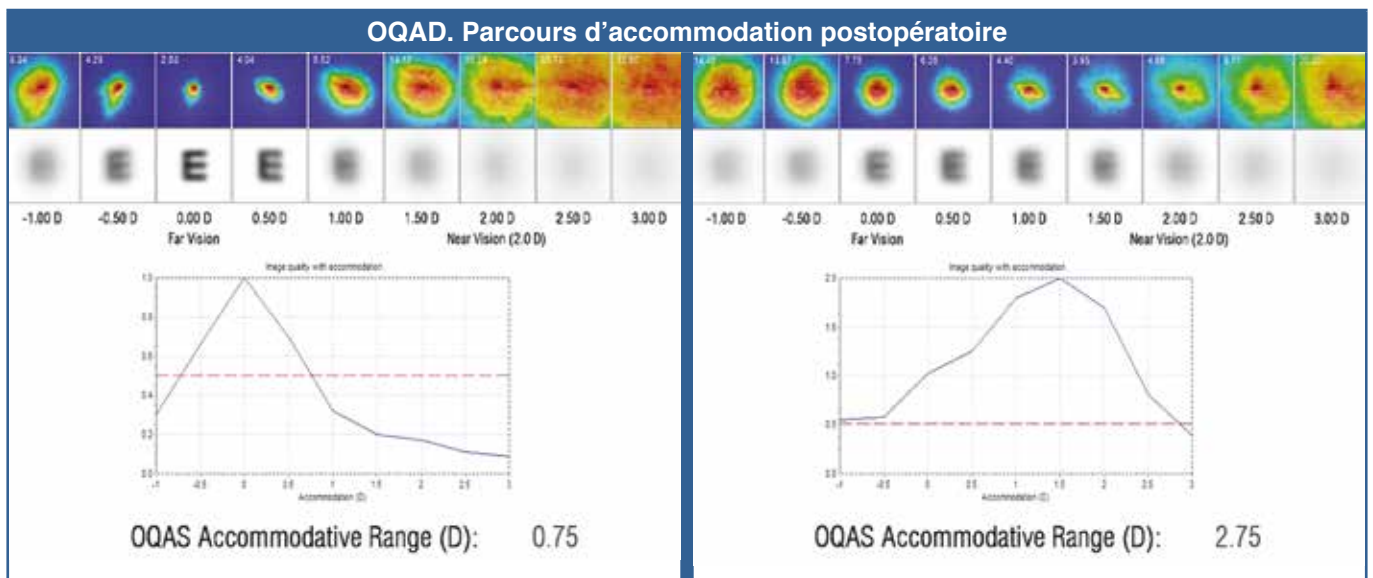


Fig. 10 : Œil droit 0.75 D.

Fig. 11 : Œil gauche 2.75 D.

– 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.

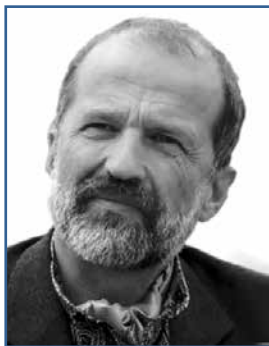
L'hypermétrope-presbyte est, quant à lui, un très bon candidat au PresbyLASIK.

L'emmétrope, voyant bien de loin. Ce cas reste toujours le plus difficile à opérer, contrairement à ce que pense ce sujet qui n'a de défaut qu'en vision de près. Il s'agit alors de lui permettre de lire sans lunettes mais surtout sans nuire à sa bonne vision de loin.

■ Conclusion

Une monovision mal tolérée que ce soit après une opération de cataracte ou après une opération de myopie chez un sujet presbyte peut bénéficier d'une reprise par un PresbyLASIK sur l'œil laissé myope. Cette réintervention permet d'améliorer la vision de loin et l'équilibre entre les deux en conservant la vision de près permettant de satisfaire le désir des patients de lire confortablement sans lunettes.

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



J.-P. COLLIOT
Centre médical d'Ophtalmologie, CHANTILLY,
Unité de Contactologie des 15-20, PARIS.
jphcolliot@sfr.fr

Adapter une lentille de contact après une chirurgie cornéenne

La contactologie peut venir au secours de la chirurgie cornéenne de plusieurs manières : soit il s'agit d'une cornée pathologique avec une complémentarité prévue entre l'acte chirurgical et le port de lentilles, par exemple une kératoplastie ; soit, circonstance heureusement rare, c'est une chirurgie réfractive pour une amétropie sur une cornée *a priori* saine mais dont les suites se compliquent.

Dans tous les cas, il existe une possibilité contactologique de réhabilitation de la vision mais son acceptation est parfois difficile.

Depuis une décennie, les progrès considérables des matériaux et des géométries des lentilles, la résurgence des lentilles hybrides [1] et sclérales [2] avec une amélioration de la performance de leur composition, ont reculé les limites de la possibilité d'un rééquipement après une chirurgie cornéenne réhabilitante fonctionnellement insuffisante ou insatisfaisante.

Il est difficile de systématiser la stratégie d'adaptation [3], dépendant de la nouvelle topographie cornéenne, de l'équipement antérieur du patient et de son acceptation, des possibilités et de l'innocuité d'une retouche chirurgicale, de la volonté du patient après ce qui peut être ressenti comme un échec dans le cas d'une chirurgie réfractive.

■ Adaptation en lentilles de contact des cornées greffées

Défi au contactologue, l'adaptation des cornées greffées, du fait de la diversité des profils générés par la cicatrisation, est la plus technique, d'autant que les greffons sont fragiles et sensibles à l'hypoxie ou au frottement d'une lentille mal adaptée pouvant favoriser un rejet.

Plusieurs pistes seront développées, et en l'absence de modélisation, c'est le comportement de la lentille sur la cornée du patient qui orientera l'adaptateur.

La résurgence des lentilles sclérales a permis d'équiper un plus grand nombre de patients, au prix d'un apprentissage spécifique.

Les indications de greffe de cornée évoluent dans le temps [4]

En voici les principales en France (entre 2008 et 2013) :

>>> les dystrophies (type Fuchs) sont les premières indications (passées de 12 à 18 %).

>>> les dystrophies du pseudophaque sont de moins en moins nombreuses (passées de 21 à 16 %). De plus certaines justifient une greffe lamellaire postérieure, sans que la géométrie de la face antérieure cornéenne ne soit modifiée. Il n'y a alors pas d'indication contactologique, d'autant que l'âge est souvent avancé.

>>> les kératocônes : cette indication de kératoplastie est passée de 20 % à 15 %. Les progrès dans les matériaux et les géométries de lentilles, le *cross-linking*, les anneaux cornéens ont limité l'indication opératoire et ce malgré une demande récurrente des patients en quête d'une solution plus immédiate et définitive. Quelle n'est pas leur déception ensuite de se revoir proposer le port de lentilles parfois beaucoup plus "lourdes" à adapter et à manipuler, sans compter un coût supérieur.

>>> herpès et autres infections (7 %) : si l'herpès est traditionnellement une contre-indication absolue au port des lentilles, celle-ci est à mettre en balance avec la réhabilitation de la vision du patient après la greffe.

■ Quelques remarques sur l'indication d'un équipement en lentille de contact après kératoplastie

L'adaptation d'une cornée greffée n'est pas systématisable, l'astigmatisme souvent irrégulier et parfois important, la forme générale oblate ou prolata rendant chaque patient unique.

Plusieurs types de lentilles peuvent être essayées, à défaut de toute modélisation informatique, c'est le comportement de celles-ci sur l'œil qui déterminera le choix définitif.

À part les indications thérapeutiques, rares et temporaires (problèmes d'étanchéité ou de surface) dont l'indication peut être celle d'une lentille souple, l'adaptation à privilégier est celle d'une lentille rigide.

Le patient motivé et l'impossibilité d'équipement en lunettes (anisométrie, astigmatisme irrégulier ou important) justifient l'adaptation. L'enjeu est l'adaptation de la zone de jonction entre greffon (plat et oblate) et cornée receveuse (prolate et relativement serrée, souvent asymétrique).

Les sutures ne sont une contre indication que lorsqu'elles sont désenfouies ou que la cornée est mal épithélialisée. Ainsi, sans qu'existe un consensus réel, plusieurs mois sont nécessaires avant l'adaptation.

L'adaptation bien conduite n'augmente pas le risque de rejet, *a contrario* toute altération locale (hypoxique, inflammatoire, mécanique) l'accroît. L'examen à la fluorescéine avant toute pose de lentille va renseigner sur l'état de surface, l'état lacrymal, une éventuelle accroche sur l'anneau limitant ou sur un fil.

Une kératométrie centrale seule est insuffisante à la détermination de la 1^{re} lentille d'essai. La topographie est indispensable pour donner une idée de la forme de la cornée centrale (greffon), des tensions exercées par les sutures ou la cicatrisation, du décentrement et de la taille du greffon, de l'anneau limitant et de la cornée receveuse (zone de jonction ou "genou"). La topographie spéculaire reste la plus utilisée, mais l'analyse de la cornée receveuse est souvent impossible (trop périphérique).

La topographie d'élévation peut dans certains cas pondérer le rayon de la 1^{re} lentille (selon la valeur du rayon de la best fit sphère antérieure en mode *float*), et permet parfois de mieux analyser la périphérie [5].

■ En lentilles rigides gaz-perméables (LRPG)

Autrefois, les **petits diamètres**, inférieurs à celui du greffon (environ 8 mm), permettaient d'éviter le conflit avec la jonction greffon-cornée receveuse en s'alignant sur le rayon central plat du greffon. Mono ou tri-courbes voire asphériques.

Un tore interne pouvait améliorer la stabilité en cas d'astigmatisme supérieur à 2 ou 3 Δ .

Mais, ces petites lentilles ont un risque de perte fréquent et ne sont plus d'actualité, détrônées par de plus grandes lentilles depuis l'avènement des hyper-Dk, soit cornéennes, soit sclérales ou mini-sclérales.

Les lentilles les plus couramment utilisées vont de **9,5 à 11,5 mm de diamètre**. Suivant l'excentricité de la cornée (rappelons ici que l'excentricité moyenne est inférieure à 0,5), une cornée fortement prolata ($> 0,7$) va s'adapter comme un kératocône, une cornée oblate ($< 0,3$) voire à excentricité négative va demander une périphérie plus serrée (dégagements inverses).

L'importance de l'astigmatisme cornéen, s'il est symétrique, va faire opter pour une lentille torique interne, ce qui permettra de jouer sur chacun des 2 méridiens indépendamment si besoin.

Il est fréquent de rencontrer une asymétrie avec dégagement inférieur de la lentille trop marqué, la pression palpébrale supérieure l'accentuant par effet de bascule, c'est l'indication d'une lentille à dégagements asymétriques (technologie d'asymétrie cornéenne ACT) qui permet de ne resserrer qu'un quadrant inférieur, avec plusieurs niveaux (*fig. 1*).

La première lentille à essayer sera basée sur la kératométrie moyenne à laquelle, suivant les indications du laboratoire fabricant, on va retirer quelques dixièmes de mm (par exemple pour une Rose K Post Graft, la première lentille sera calculée avec $K_m - 0,3$ mm) afin de laisser une épaisseur de larmes entre 300 μ pour un greffon récent et 100 μ pour une greffe plus ancienne.

L'analyse de l'image fluo commencera par le centre, qui doit effleurer la zone la plus surélevée (bien souvent la zone de jonction entre le greffon et l'hôte). Trop serrée, une bulle d'air ou une vision "d'aquarium" viendra rendre la lentille inconfortable rapidement après la pose. Trop plate, le frottement entraînera une kératite ponctuée ou, pire, une ulcération.

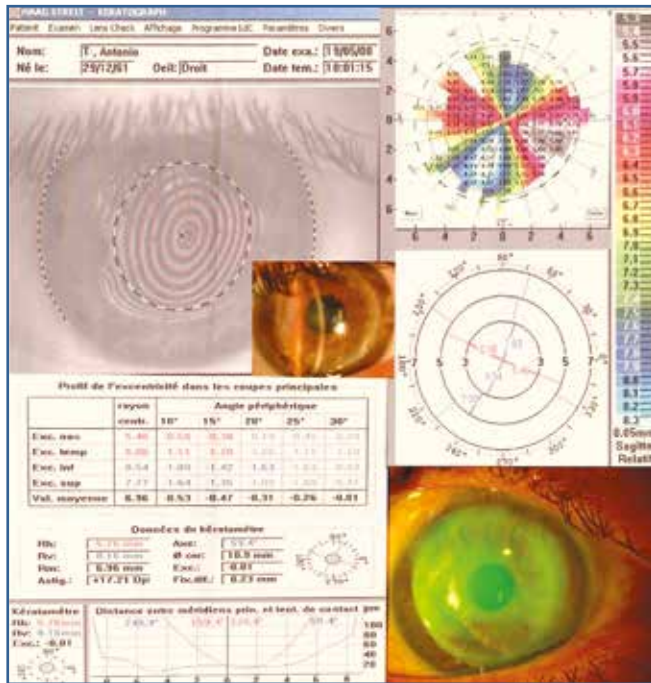


Fig. 1 : Astigmatisme de 17 dioptries. Lentille torique interne à dégagements inverses. Appui inférieur sur le genou de la greffe. Antonio, 54 ans, kératoplastie bilatérale pour kératocône en 1984, équipé alors en SP Ø 9,6 R°7,8 Plan à chaque œil avec acuité de 10/10. Il devient peu à peu intolérant à la lentille gauche. En 1999, premier épisode de rejet de greffe traité à droite, plusieurs rechutes conduisant à une cicatrice marquée en temporal inférieur laissant un astigmatisme de 17 Δ et à l'arrêt du port de la lentille. La survenue en 2008 d'un traumatisme de l'œil adelphe avec désinsertion partielle du greffon et expulsion du cristallin fait reconsidérer l'adaptation de l'œil droit en lentille. Il est choisi une lentille torique interne à dégagements inverses (LCS – SM DI TI en Boston XO2 Ø: 10,5 rayons 7,5/6,5 Dégagement 7,35/6,35 puissance +2) qui lui redonne 10/10.

L'analyse de la périphérie suivra, avec au mieux des dégagements réguliers et une bande fluo de 0,5 à 0,7 mm de large au bord. Une modification de l'*edge lift* est parfois prévue d'emblée par le fabricant (pour la Rose K Post Graft – PG – et Irregular Cornea – IC –, le dégagement est d'emblée inverse pour une courbure centrale supérieure à 7,2) afin d'éviter un lac central de fluo trop épais. Certains fabricants proposent une gestion asymétrique des dégagements, par quadrants ou sur un méridien (dégagement torique).

La mobilité de la lentille est bien souvent la pierre d'achoppement, elle peut être modifiée par le diamètre, l'*edge lift* ou le rayon. La lentille doit être suffisamment mobile pour permettre le renouvellement lacrymal mais suffisamment stable pour être confortable. Trop mobile, on peut l'agrandir, la resserrer (en totalité ou seulement l'*edge lift*), et à l'inverse, trop figée, on joue dans l'autre sens sur ces 3 paramètres (**fig. 2**).

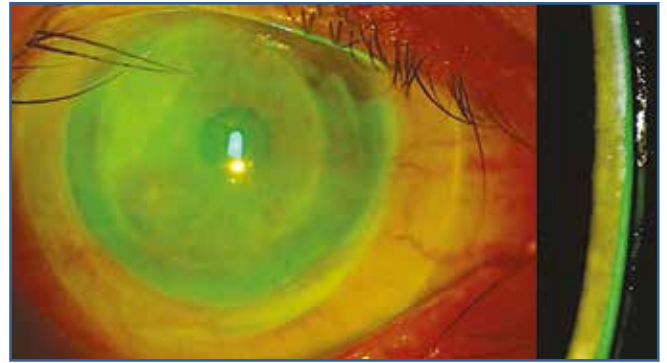


Fig. 2 : Lentille ICD, pas de contact cornéen, film lacrymal évalué en fente fine latérale par rapport à l'épaisseur centrale de la lentille d'environ 300 μ (épaisseur constante sur l'ICD quelque soit la puissance négative). Antonio, (suite) La répétition d'épisodes d'intolérance nous conduit à essayer une lentille sclérale ICD (image 2). Après plusieurs essais (frottement limbique et jupe sclérale trop serrée) la prescription optimale est obtenue avec une flèche de 4500 μ, puissance -4,5, zone de clairance limbique (LCZ): +7, zone d'atterrissage sclérale (SLZ): -8. Notons que nous n'avons pas eu recours au profil torique interne qui sur l'ICD est uniquement un dégagement torique, l'astigmatisme étant ici lié à la zone de jonction et n'intéressant pas le limbe ni la sclère.

La sur-réfraction sera faite sur la lentille d'essai posée. Rappelons ici que toute modification de la courbure centrale agit sur le ménisque de larmes avec un changement de puissance, en serrant on crée un ménisque convexe que l'on compensera avec une puissance négative, dans les rayons courants à raison de 0,25 Δ par 5/100 de mm, et dans les rayons extrêmes en appliquant la formule: $(337,5/\text{rayon d'origine}) - (337,5/\text{rayon final}) = \text{différence de puissance (en dioptries)}$. Et à l'inverse pour l'aplatissement.

■ Les autres lentilles

Malheureusement, chez certains patients, les lentilles cornéennes sont instables, ou mal tolérées (l'une des indications de la greffe reste l'intolérance aux lentilles). Plusieurs solutions peuvent sauver la situation.

1. Le piggy-back

C'est l'interposition d'une lentille souple sous la rigide, en prenant soin de choisir une perméabilité élevée (silicone hydrogel de Dk/e supérieur à 100) car une hypoxie serait délétère pour le greffon, et une puissance légèrement positive pour réduire l'aplatissement central.

Une lentille jetable journalière limite le double entretien (mais augmente le coût), la lentille rigide ayant à peu près les mêmes caractéristiques que celle adaptée auparavant, voire 0,1 mm plus plate. Si l'on opte pour une lentille à renouvellement

fréquent (plus de paramètres en particulier plusieurs rayons disponibles), un entretien par peroxyde peut intéresser à la fois la rigide et la souple. Reste le problème de la tenue d'une lentille souple "standard" sur une cornée irrégulière.

2. Les lentilles hybrides

L'avènement des lentilles rigides à périphérie souple en silicone hydrogel (Eyebrid, Eyebrid Airkone ou Synergies Ultra Health) est une alternative au *piggy-back*. On peut commencer par adapter une lentille rigide, dont on transposera les paramètres. Pour Eyebrid, le logiciel iAdapt aide à l'adaptation et à l'optimisation. L'adaptation se fera en utilisant des bandelettes imprégnées de fluorescéine à grosses molécules pour éviter de teinter la jupe souple.

Différence avec une lentille rigide, il est difficile de visualiser la fluo centrale malgré le filtre jaune, on se base sur l'épaisseur de l'anneau de jonction souple-rigide (optimal à 1 mm, moins épais si la lentille est serrée, plus épais dans le cas contraire) et l'absence de souffrance épithéliale au retrait de la lentille.

Plusieurs diamètres totaux (14,9 et 15,5) et de partie rigide (8,5 et 10 mm), resserrage possible ou aplatissement de la périphérie à la fois rigide (on joue sur l'excentricité) et souple. Si la pose n'est pas très différente de celle d'une lentille souple, le retrait peut être plus difficile, l'usage d'une ventouse est alors recommandé.

Pour l'UltraHealth, une stratégie d'adaptation est imposée : débiter avec une flèche de 250 μm et évaluer en fluo (la fluo standard ne colore pas la jupe pour cette lentille) l'épaisseur de larme sous la partie rigide : si on n'a pas de zone sombre, on aplatit de 50 μm . Si au contraire une zone sombre apparaît, on augmente la flèche (on serre) de 50 μm , jusqu'à avoir la première clairance apicale, c'est à dire la 1^{re} flèche sans apparition de zone sombre après quelques minutes. La lentille prescrite sera 50 μ plus cambrée.

En cas de mauvais centrage, on jouera sur la jupe en fonction de l'image fluo de la zone de jonction au limbe. En cas de greffon particulièrement plat, on aura recours à l'UltraHealth Flat Curve dont la zone optique est plus importante.

3. Les lentilles sclérales et cornéo-sclérales

Premières lentilles essayées à la fin du XIX^e siècle, un moment quasiment tombées dans l'oubli, elles reviennent sous différentes formes grâce à l'augmentation de perméabilité des matériaux :

Une classification selon le diamètre et la présence ou non d'appuis cornéens tolérés :

- cornéo-sclérales avec la SL (LCS), la Rose K XL (Menicon et 2M) ;
- sclérales ;
- mini-sclérales avec l'ICD (LCS) et la OneFit (Ocellus) ;
- grandes sclérales avec la SPOT (LAO) et l'iFlex SC (Novacel).

L'adaptation va étudier principalement les appuis conjonctivaux, quelque soit le type, ainsi que l'épaisseur de film lacrymal sous lentille. Elles permettent un meilleur confort en évitant tout appui cornéen (pour les sclérales) tout en permettant un bon passage d'oxygène.

La clairance étant faible, l'essai se fera avec la lentille posée pré-remplie de sérum physiologique sans conservateur additionné d'une goutte de fluorescéine.

Une grosse ventouse (à prothèse) est nécessaire à la pose.

L'adaptateur fera lever le patient, lui demandera de tenir la paupière inférieure et de baisser la tête à l'horizontale, le regard constamment droit devant, il tiendra la paupière supérieure et approchera très rapidement la lentille pour éviter la fuite du liquide et l'insertion de bulles d'air (sous peine d'avoir à recommencer toute la manœuvre).

Attention à ne pas laisser cependant trop d'épaisseur de film lacrymal sous la lentille, car la perméabilité de celui-ci (Dk de 80) vient diminuer les performances de l'adaptation au delà de 300-350 μ [6].

L'épaisseur se juge avec la fente fine la plus centrale possible et l'optique du biomicroscope décalée en temporal, en lumière blanche : le film lacrymal peut n'être que partiellement coloré par la fluo (surface cornéenne hydrophobe). On mesure l'épaisseur du film sur la coupe en fente par comparaison avec l'épaisseur centrale (connue) de la lentille, ou en cas de puissance extrême, avec celui de la cornée si elle a été mesurée.

L'analyse de la lentille se fera immédiatement (le centre doit être correct, sinon les paramètres seront modifiés dès ce stade) puis après une à 3 heures suivant le type de lentille, le temps que celle-ci s'enfonce dans la conjonctive, ce qui modifiera également le rapport de la zone centrale à la cornée.

Si nécessaire, et afin d'éviter l'entrée de bulles d'air, on peut rajouter une goutte de fluo sur la conjonctive supérieure, puis

déprimer la sclère par pression palpébrale supérieure, ce qui va faire passer un peu de fluo sous la lentille, que l'on pourra ensuite tourner manuellement pour la répartir si le clignement du patient est insuffisant.

Les lentilles sclérales sont d'adaptation complexe car celle-ci prend en compte non seulement l'élévation cornéenne mais également la forme de la sclère, souvent torique et difficilement mesurable préalablement : c'est donc à partir d'une boîte d'essais que l'on pourra adapter en premier le centre, puis la périphérie cornéenne, le limbe, la zone d'atterrissage sclérale, seule à accepter le contact.

De plus, le coût unitaire varie entre 400 € (remboursé 23 €) et 800 € (prise en charge pour la seule SPOT).

>>> La Rose K2 XL

La première lentille est choisie 0,7 mm plus serrée que le K moyen. Elle s'adapte avec la flèche la plus plate possible, un contact cornéen minime sur la zone la plus en relief est toléré (il doit rester 20 μ d'épaisseur de larmes au minimum). S'il est trop important, notamment à la jonction greffon-hôte, on doit resserrer le rayon central.

Il n'y a pas de réservoir de larmes, un léger renouvellement du film lacrymal est possible.

La périphérie doit laisser moins d'1 mm de fluo, en dessous, aplatir l'*edge lift* ou augmenter le diamètre, et agir en sens contraire s'il y a trop de fluo.

Le passage de fluo sous la lentille au *push up* test est garant d'une lentille pas trop serrée. Le diamètre total peut être ajusté à celui de la cornée, en moyenne on rajoute 2,6 mm, les changements n'affectent pas le rayon central.

>>> La Sclero Lens (SL)

Elle nécessite une observation du profil cornéen (biomicroscope en temporal) et la comparaison aux abaques fournies. Le diamètre standard est de 15 mm (si besoin il peut être diminué jusqu'à 13 mm). Sur une cornée greffée oblate, le premier rayon central choisi sera le K plat et la périphérie aura un profil lent (SL 4 ou 5).

Plus anciennes, moins utilisées actuellement du fait d'une épaisseur de 340 μ qui limite la perméabilité en XO (mais possibilité de matériau Boston XO2), elles existent

depuis peu en toriques internes, externes et dégagements toriques.

>>> L'Irregular cornea design (ICD)

Deux diamètres 16,5 et 14,5 dont le plus petit est rarement adapté. Un profil standard (qui n'est plus utilisé) et un profil HD, plus reproductible. Un tableau donne le choix de la première flèche : pour une kératoplastie, cela va de 4500 μ à 5300 μ . Une fois celle-ci trouvée, on adapte la périphérie cornéenne (PCCZ : *peripheral central clearance zone*), le limbe (LCZ : *limbal scleral zone*) et l'appui scléral (SLZ : *scleral landing zone*), seul à être en contact avec l'œil.

En cas d'appui cornéen ou limbique, on resserre le PCCZ et/ou le LCZ en fonction de la localisation, car aucun contact n'est tolérable. En cas d'appui scléral trop marqué, les vaisseaux conjonctivaux seront écrasés et une zone de blanchiment sera observée, et en cas de manque d'appui, des bulles d'air pénétreront dans la zone optique.

Pour une adaptation après kératoplastie, il est important d'obtenir une épaisseur de film lacrymal (moyenne de clairance) d'environ 200 μ après une à 3 heures de pose : flèche trop haute, le risque est, outre probablement l'hypoxie, l'accumulation de déchets métaboliques et un effet de succion, flèche insuffisante, risque de frottement (*fig. 3*).

>>> L'iFlex SC (Novacel)

Fabriquée en Suisse, tout est modulable : le diamètre de 15 à 24 mm, la possibilité d'une multifocalité, d'une toricité antérieure, de dégagements toriques, de canaux en cas de ventousage, de coloration ou de dessin d'un iris. Le rayon central s'appelle X0, limbique X1 et scléral X2. Comme l'ICD, la zone optique centrale (BOZD) doit avoir une clairance d'environ 200 à 350 μ m, la zone limbique (BPZD 1) sans contact et la zone périphérique (BPZ2) ni trop serrée (blanchiment conjonctival) ni trop plat (entrée de bulles d'air, instabilité). Le 1° rayon à choisir dépend de la pathologie : pour une cornée irrégulière, le rayon 7,2 (medium) voire 6,60 (serré), pour un syndrome sec sur cornée régulière, rayon de 7,8 (plat) 100 μ de flèche correspondent à 10/100 de modification de rayon.

Chaque modification du limbe retentit sur la zone centrale : un resserrage limbique augmente la flèche centrale et un aplatissement limbique effondre la partie centrale. Ainsi la hauteur centrale est modifiée de 50 μ pour 50 μ de LCZ.

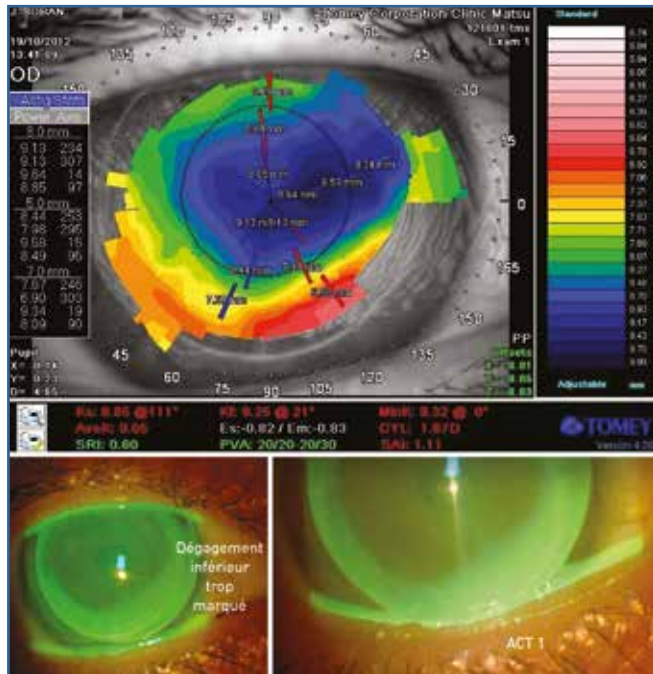


Fig. 3 : Aplatissement majeur du greffon. Boban, 52 ans, greffé pour dystrophie grillagée, une fois à droite et 3 fois à gauche (sous immuno suppresseur topique). Devant un important aplatissement du greffon, on déroge à la règle (K moyen -0,3) car pour un K moyen de 9,05, la lentille optimale est à 8,2 (soit Km-0,8). Seul l'œil droit est amélioré par le port de lentille, un discret soulèvement du bord inférieur malgré des bords très resserrés sera amélioré par un resserrement asymétrique (ACT 1) (**image 3**). La formule définitive avec 10/10 et un bon confort sera Rose K2 post graft Ø:10,4, rayon 8,2, dégagement très lent (edge lift -1), ACT 1, puissance +3,5.

La lentille s'enfonce de 100 à 150 μ m en 8 heures de port.

Un relief limbique impose un plus grand diamètre.

>>> La lentille OneFit (Ocellus)

Proposée depuis 2017, elle s'adapte en fonction de la kératométrie plate: le contrôle s'effectue à 30 mn, et permet de

modifier de 10/100 le rayon central en fonction de la clairance apicale si elle s'éloigne des 200 μ m idéaux. Le diamètre doit dépasser le limbe d'environ 1,25 mm, modulable (on agrandit) en fonction de la clairance limbique (d'environ 30 μ m). La périphérie sclérale est appelée *edge lift* (EL): s'il est trop serré, la lentille bénéficiera d'un aplatissement central si c'est possible, ou d'une ouverture de l'*edge lift* dans le cas contraire. Et inversement un dégagement trop important, laissant entrer des bulles d'air, fera resserrer le centre ou modifier l'EL.

>>> La SPOT (LAO) s'adapte en 3 étapes :

- **le diamètre :** 3 diamètres standard 16, 17 et 18 mm mais pouvant aller sur mesure de 15 à 25 mm à la demande.

- **la flèche :** des flèches de 1 à 20 sont disponibles (200 μ de hauteur supplémentaire entre chaque numéro de flèche; un œil "normal" correspond à une flèche 3). La flèche est choisie pour qu'il n'y ait aucun contact de la lentille avec la cornée. La particularité de l'adaptation des greffes est qu'il faut souvent choisir une flèche assez haute. En effet il ne doit pas y avoir d'appui ni même de contact à la jonction greffon-lit du greffon (genou) qui est source d'irritation. La flèche optimale laisse un espace entre la cornée et la lentille d'environ $\frac{1}{2}$ épaisseur cornéenne dans la zone la plus mince qui est donc rarement la zone centrale, mais le plus souvent la zone du genou. Ainsi l'espace liquidien pré-cornéen est particulièrement irrégulier dans les adaptations des cornées greffées. Cet aspect est bien visible en OCT Visante (**fig. 4**) ou en lumière blanche et fente fine orientée à 45°.

- **les appuis conjonctivo-scléaux :** ils sont modifiés sur mesure en fonction des zones d'appui qui se manifestent de différentes manières: blanchiment conjonctival, interruption



Fig 4 : Profil de la cornée greffée avec genou, Irrégularité de l'interface liquidienne entre la lentille sclérale et la cornée greffée (Dr Delcampe). Il ne doit pas y avoir d'appui ni même de contact à la jonction greffon-lit du greffon (genou) qui est source d'irritation.

vasculaire des petits vaisseaux, des gros vaisseaux, hyperhémie conjonctivale, bourrelet de refoulement conjonctival. À chacune de ces situations, qui altèrent le confort, la périphérie est modifiée dans la zone désirée de manière circonférentielle ou localisée (toricité, quadrant, collerette).

Le matériau de la lentille est choisi le plus perméable possible, en XO2 (Dk 161), et la puissance optique déterminée sur une lentille d'essai de même flèche ; des corrections sphériques (+40 à -40) et toriques avec systèmes de stabilisation sont possibles.

4. La lentille souple de forte épaisseur

Proposée en dernier recours chez les patients intolérants, sa durée quotidienne de port devra être strictement limitée car, même à base de silicone-hydrogel, la perméabilité à l'oxygène sera réduite du fait de l'épaisseur (majorée en cas de géométrie torique) avec risque de néovascularisation, œdème et rejet de greffe. Elles sont trimestrielles, avec un Dk/e de 15.

Ainsi, la Kerasoft (CVE) propose plusieurs rayons centraux (7,4 à 9,4, les plus utilisés étant de 8,2 à 8,60 en privilégiant ce dernier en première intention dans l'indication post-greffe) Plusieurs diamètres, le standard de 14,5 (13,5 à 16).

Une périphérie pouvant être aplatie ou resserrée, soit en totalité, soit par quadrants.

Possibilité de tore jusqu'à 15.

La RoseK2 Soft (Menicon) est nouvellement commercialisée, avec dégagements variables et possibilité de variation dans un quadrant (ACT).

Pour une cornée greffée, la première lentille sera choisie en s'alignant sur le K moyen, le diamètre standard sera de 14,80.

■ Prise en charge contactologique des complications de la chirurgie réfractive

Les principes : la relation avec le patient sera essentielle. S'il est venu à la chirurgie pour intolérance ou lassitude de lentilles parfois mal adaptées, il devra accepter un retour à un équipement souvent bien plus coûteux et de manipulation difficile.

D'autant qu'une cornée irrégulière, source d'aberrations de haut ordre, rend la correction inconfortable en lunettes [7] et la retouche chirurgicale parfois contre-indiquée.

Il est indispensable d'analyser la cornée avec un topographe (spéculaire et si possible d'élévation), et un OCT de segment antérieur en cas d'ectasie.

On recommande une économie de moyens : il faut absolument commencer par le plus simple (lentilles souples ou rigides de géométrie standard) pour tenter d'éviter l'adaptation du plus compliqué (*piggy back*, lentilles sclérales...).

>>> **Les anneaux intrastromaux** sont le cauchemar du contactologue, surtout s'ils sont trop superficiels (**fig. 5 à 17**) : leur indication est l'échec d'une adaptation d'un kératocône bien conduite (par un ophtalmologiste spécialisé – le réseau kératocône est accessible sur le site de la SFOALC ou de l'Association de patients : keratocone.net), et non la première intention, la freination de l'évolution par l'implantation des anneaux reste controversée [9-10].

L'intérêt théorique est la possibilité d'équipement en lunettes ou en lentilles souples "standard" mais nombreux sont les patients insuffisamment corrigés et pour qui il faut un nouvel équipement. Les anneaux cornéens rendent l'adaptation beaucoup plus difficile que celle d'un kératocône classique car la lentille cornéenne n'est plus stable sur une cornée dont

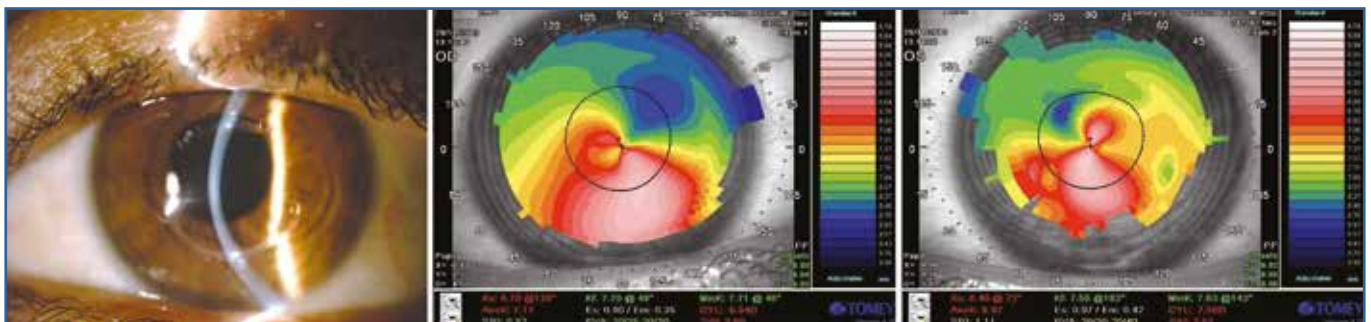


Fig. 5 : Lina, 33 ans, ingénieur, opérée de lasik pour astigmatisme en 2004, puis mise en place d'anneaux intra-stromaux à gauche (Juin 2013) pour tenter d'enrayer l'évolutivité de l'irrégularité cornéenne : Pas de nette amélioration. Elle n'a jamais porté de lentilles. 1^{re} consultation de contactologie : Novembre 2013 avec OD -0,75 (-6,50 à 50°) 5/10 P3, OG -2,00 (-7,00 à 155°) 5/10 P4, 7 Δ d'astigmatisme (et diplopie monoculaire) et une pachymétrie centrale à plus de 500μ.

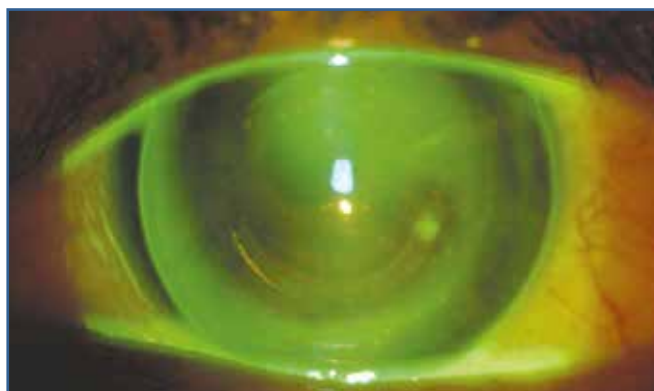


Fig. 6 : Une adaptation en lentilles Rose K avec dégagements toriques (TP) et serrage périphérique inférieur (ACT) permet un bon centrage des lentilles et une remontée à 9/10,

la pente est modifiée. De plus, bien souvent, le contact de la lentille est douloureux.

Certains tentent une lentille souple torique, celles-ci pouvant corriger des cylindres importants de l'ordre de 8 dioptries, au détriment de la perméabilité qui diminue proportionnellement à l'épaisseur de la lentille (prisme de stabilisation, bords de la zone optique), d'autant que le plus souvent il s'agit de lentilles taillées, nécessairement plus épaisses que les lentilles moulées et au mieux dans un silicone à perméabilité moyenne (DK de 60).

Les lentilles sclérales sont une solution ultime, mais bien moins simple qu'une lentille cornéenne sur un œil non

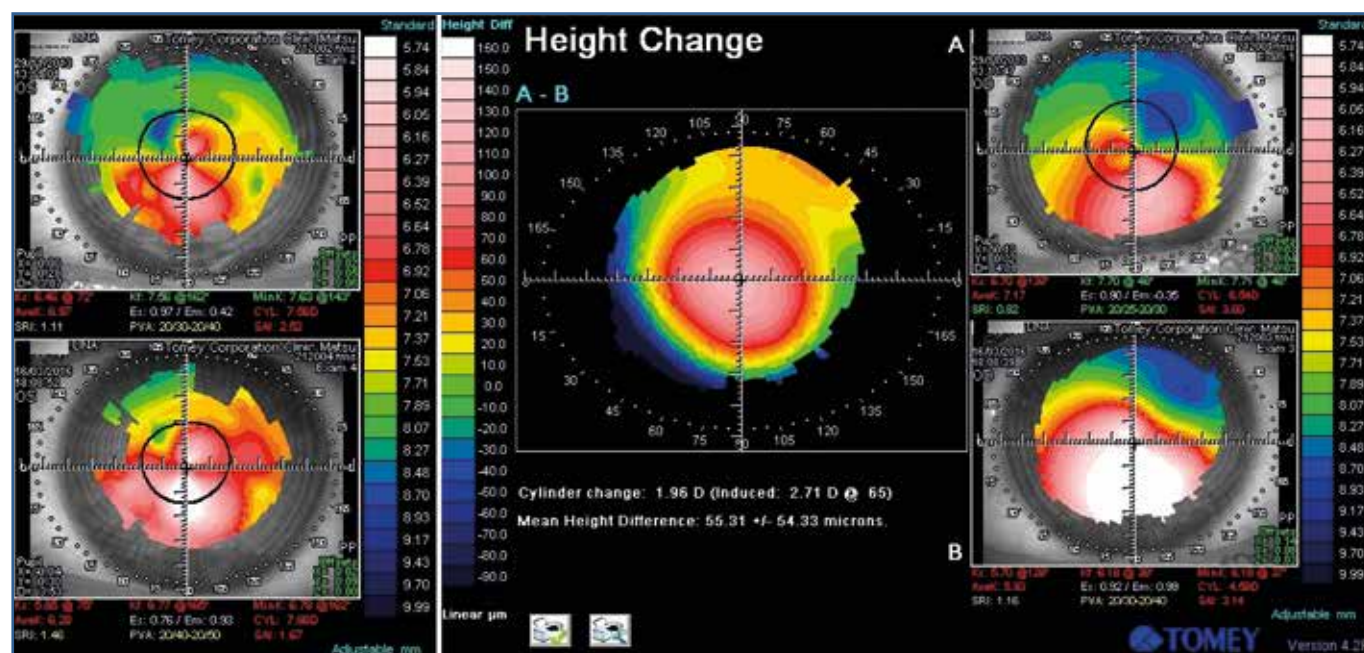


Fig. 7 : Impression de voile sur OD et douloureux OG non douloureux. Ne revient que 2 ans après en mars 2016 : le patient ne met plus ses lentilles devenues inconfortables du fait de l'évolution du cône avec appui à l'apex trop marqué et petit à petit aggravation d'une blépharite et d'un syndrome sec. Topographies : le cône a nettement évolué.

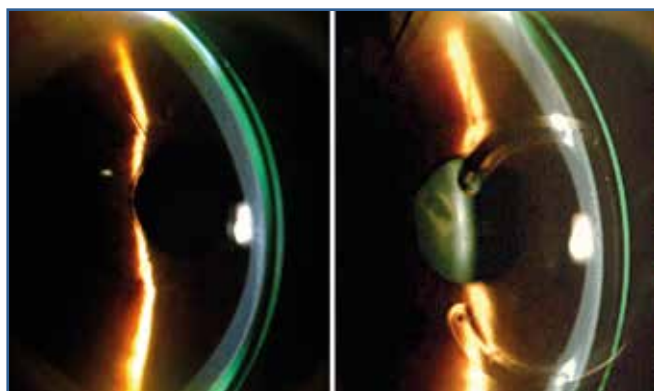


Fig. 8 : Essai de Sclérales. Une nouvelle adaptation en lentilles sclérales iFlex Ø 18. Améliore à la fois le confort et l'acuité qui est à 10/10.

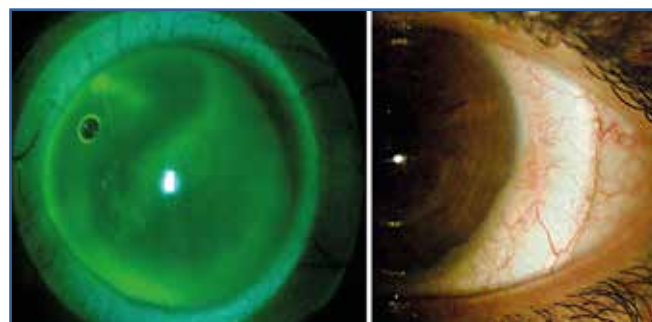


Fig. 9 : Mais après 1 an, et 3 modifications successives du dernier dégagement (X2), elles ne sont plus tolérées toute la journée avec nécessité d'intervalles libres et repose des lentilles. iFlex Sclérales Optimum 100.

OD: Ø 17,5 R° 7,4 dégagement X2 augmenté de 300 µ (plus plat) P -3,25.
OG: Ø 18 R° 7,5 dégagement X2 augmenté de 300 µ (plus plat) P -4,5.

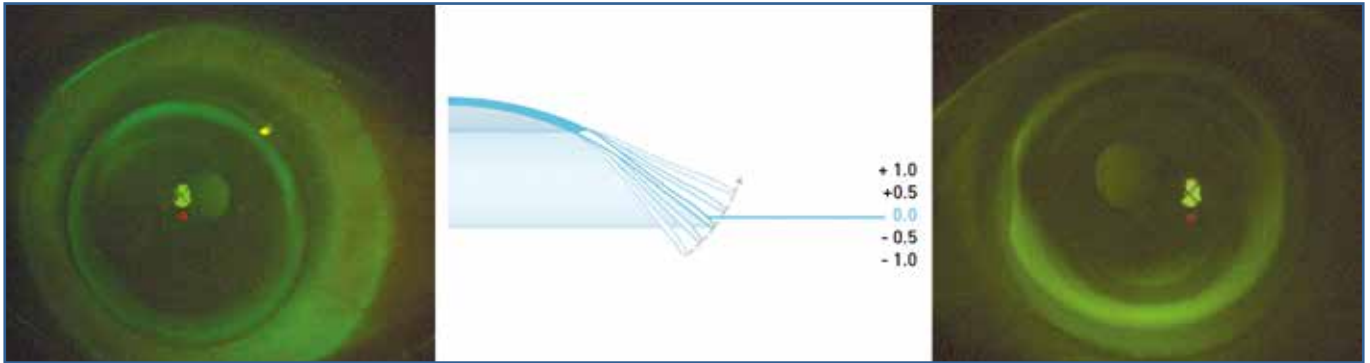


Fig. 10 : On tente alors les lentilles hybrides Eyebrid, dont la jupe doit être aplatie pour une bonne mobilité. L'acuité est à 10/10 OD et 7/10 OG, le confort moindre qu'avec les sclérales au début, mais s'améliorant au cours des mois.

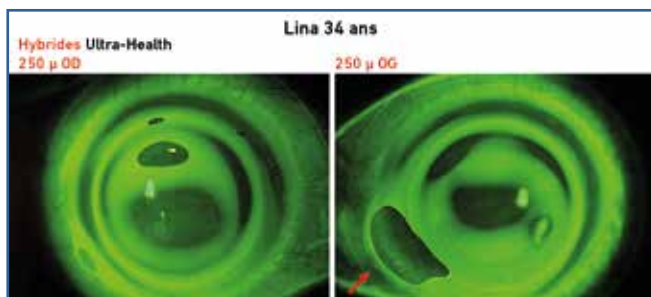


Fig. 11 : Septembre 2017. Les lentilles sont toujours douloureuses. La patiente préférerait les sclérales malgré l'obligation de les enlever plusieurs fois par jour. Essai d'Hybrides Synergieyes Ultra-Health. Lentilles à DK/e plus élevé, adaptation avec fluo classique. Le centre s'adapte en fonction du contact, par flèches croissantes de 50µ. On débute toujours 250 µm.

– En l'absence de contact, on aplatit à 200 µm etc. et on prescrit 50 µm de plus pour anticiper l'enfoncement de la périphérie dans la conjonctive (comme pour une lentille sclérale).

– En présence de contact, on cambré à 300 µm...

Ici, (250 µ OD et OG) non seulement l'appui central est trop important, mais à gauche la jupe est trop plate (flèche).

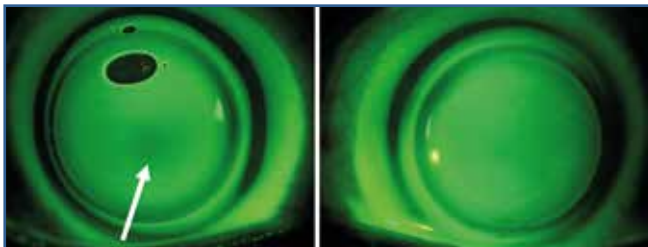


Fig. 12 : Hybrides Ultra-Health (300 µ OD 300 µ OG R° 7,9). À droite, un touché discret à la pose (flèche). À gauche bon aspect initial.

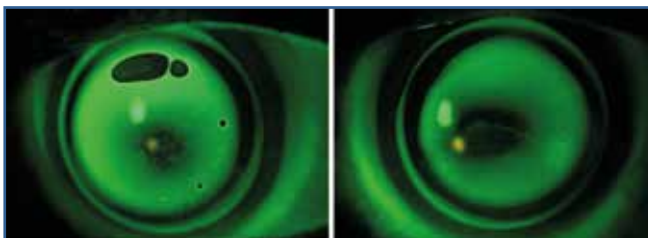


Fig. 13 : Hybrides Ultra-Health 15 minutes plus tard (300 µ OD 300 µ OG R° 7,9). Le contact central est inacceptable, il faut cambrer.

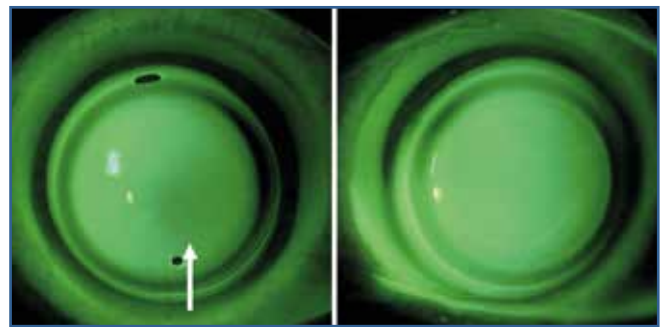


Fig. 14 : 350 µm OD et OG, ébauche de touché OD (flèche).

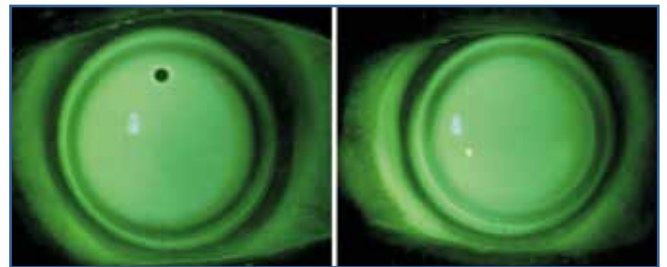


Fig. 15 : 15 minutes plus tard : Synergieyes Ultra Health Ø 14,5.

OD = SC 8,4 Flèche 350 µm Puissance -7 : 10/10.

OG = SC 7,9 Flèche 350 µm Puissance -7,75 : 10/10.

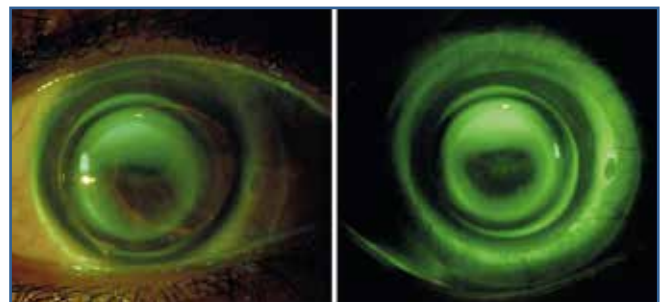


Fig. 16 : Alors qu'on les pensait bien adaptées, et la patiente les trouvant confortables, on s'aperçoit que la périphérie s'est enfoncée dans la conjonctive (l'appui à l'apex n'est pas tolérable). On cambré à nouveau.

OD = SC 8,4 ; Flèche 400 µm ; Puissance -8.

La lentille gauche donne à la patiente l'impression de serrer, on aplatit la jupe. SC 8,4 ; Flèche 400 µm ; Puissance -8,75.

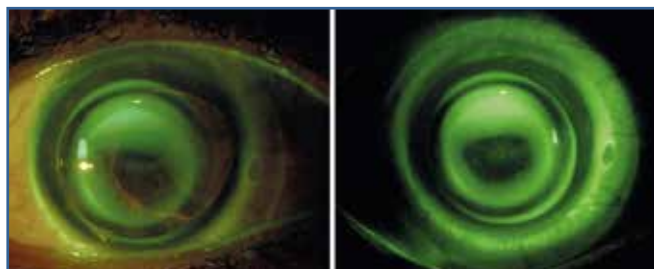


Fig. 17 : Les lentilles après encore 2 mois sont à nouveau trop plates malgré un bon confort et une acuité à 10/10. Synergie Ultra Health Ø 14,5. Pour l'œil droit = SC = 8,4 ; Flèche 550 ; Puissance -12,5. Pour l'œil gauche = SC = 8,4 ; Flèche 500 ; Puissance -11,5.

implanté. En cas d'astigmatisme interne résiduel, circons-
tance assez fréquente, nous nous heurtons à la difficulté de
stabilisation si l'appui scléral n'est pas torique : il persiste
alors une correction cylindrique résiduelle.

>>> **L'orthokératologie** sur une cornée oblate peut faire
l'objet de nombreux essais avec un taux de succès final
mitigé [11] (*fig. 18 et 19*).

>>> **La lentille sclérale** peut être une solution en cas de syn-
drome sec induit par la découpe du capot [12]. Leur mani-
pulation n'est pas facile, des ventouses différentes pour la
pose et la dépose sont nécessaires, et il arrive fréquemment
qu'elles doivent être retirées et reposées au cours de la jour-
née (*fig. 20 et 21*).

>>> **La gestion de la presbytie** quelques années après la
chirurgie réfractive doit avoir été envisagée avant la chirurgie
en sous corrigeant l'œil non dominant. Sinon, tout peut être
tenté (lentilles souples, rigides, hybrides...) en fonction de
l'aspect topographique de la cornée.

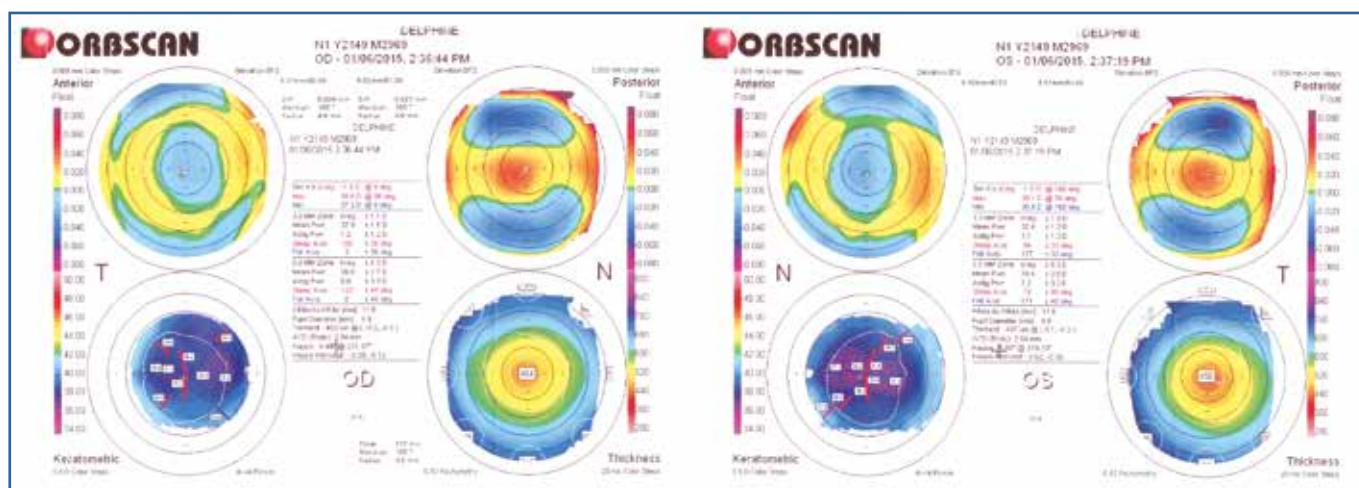


Fig. 18 : Delphine, 42 ans, ingénieur chimiste. Opérée de LASIK en octobre 2013 pour une myopie de -8,5. À noter une hypertension traitée par brimonidine. Résultat fonctionnel excellent 10/10 sans correction.

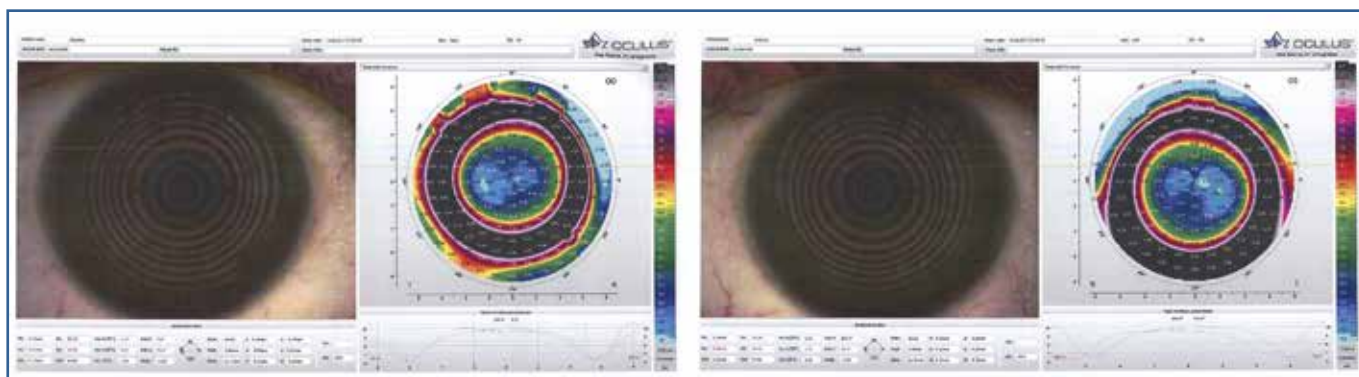


Fig. 19 : Mais régression en janvier 2016 avec -1 (0°-1) de chaque œil. La pachymétrie postop est à 460 µ, une retouche n'est pas envisagée d'autant que l'âge de la presbytie approche. Un essai de lentilles jetables journalières, puis de mensuelles toriques se heurte à une intolérance après quelques heures du fait d'une sécheresse. La patiente sera équipée en orthokératologie mais il faudra 2 modifications de paramètres à droite et 5 à gauche en diminuant la hauteur sagittale et le diamètre et en aplatissant à la fois le rayon central et la périphérie des lentilles à double réservoir pour arriver à un 10/10 franc et prolongé pendant plus de 24 heures, sans aberrations ressenties : DRL OD Ø 10,4 K 8,55 M 5,75 P 7,85/OG Ø 10,4 K 8,35 M 6 P 7,85. L'orthokératologie est donc une indication de dernière intention sur une cornée opérée !

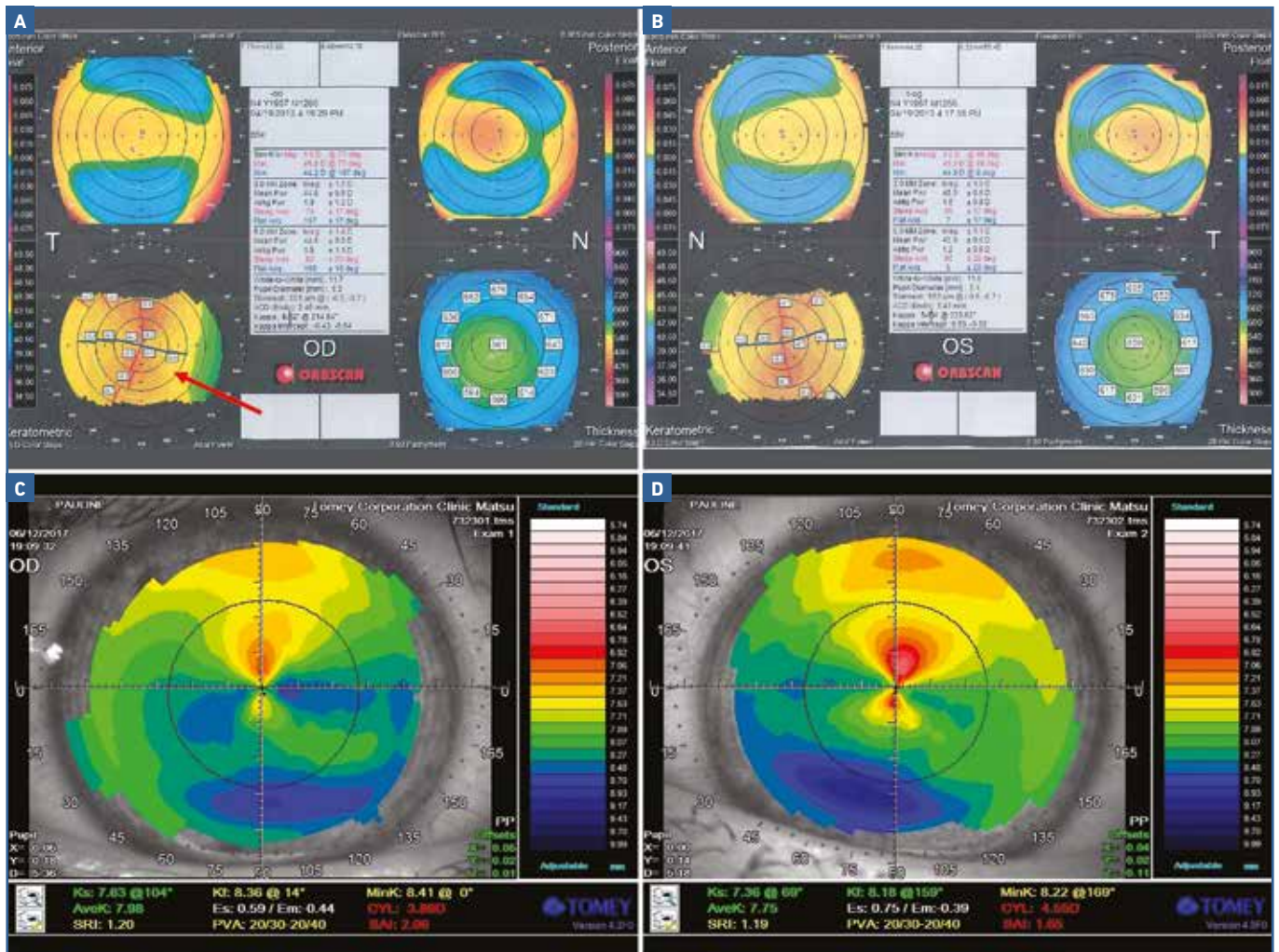


Fig. 20 : Pauline, 30 ans. Opérée de LASIK pour myopie de -3,5 en 2013 à 26 ans. **A et B :** topographie d'élévation pré-opératoire. Antécédents : conjonctivite papillaire (frottements). Depuis grossesse et développement d'une ectasie... ou décompensation d'un cône (SRAX douteux – flèche) ? **C-D :** topographie spéculaire postopératoire 2017 : AV 7/10 (-2.75 à 6°) OD 6/10 (-2.25 à 163°). OG Catastrophée, elle a essayé également des bouchons méatiques (mais exacerbation de la sécheresse).



Fig. 21 : Pauline Type : ICD HD O : 16,5 OD : flèche 4200 μm P -4,25 ; LCZ = 0 SLZ = 0 : 10/10 sans correction OG : flèche 4100 μm P -1,75 ; LCZ = 0 SLZ = 0 : 10/10 sans correction, Pas de compression des vaisseaux conjonctivaux, 1/2 épaisseur cornéenne de film lacrymal sous la lentille Fluo bien répartie sans appui cornéen. Mais Pauline n'a pas encore fait son deuil de l'échec de la réfractive. Elle cherche encore d'autres solutions chirurgicales. Dans ce cas, l'accompagnement psychologique reste primordial.

>>> Adapter une ectasie après LASIK revient à prendre un charge un cône, le plus souvent en lentilles rigides plus à même d'améliorer les aberrations. Une géométrie spécifique n'est pas toujours nécessaire.

>>> Les lentilles hybrides [12] sont un recours de deuxième intention, leur tolérance étant intermédiaire entre les rigides et les souples, il convient d'essayer si possible une autre solution au préalable (fig. 22 à 24).

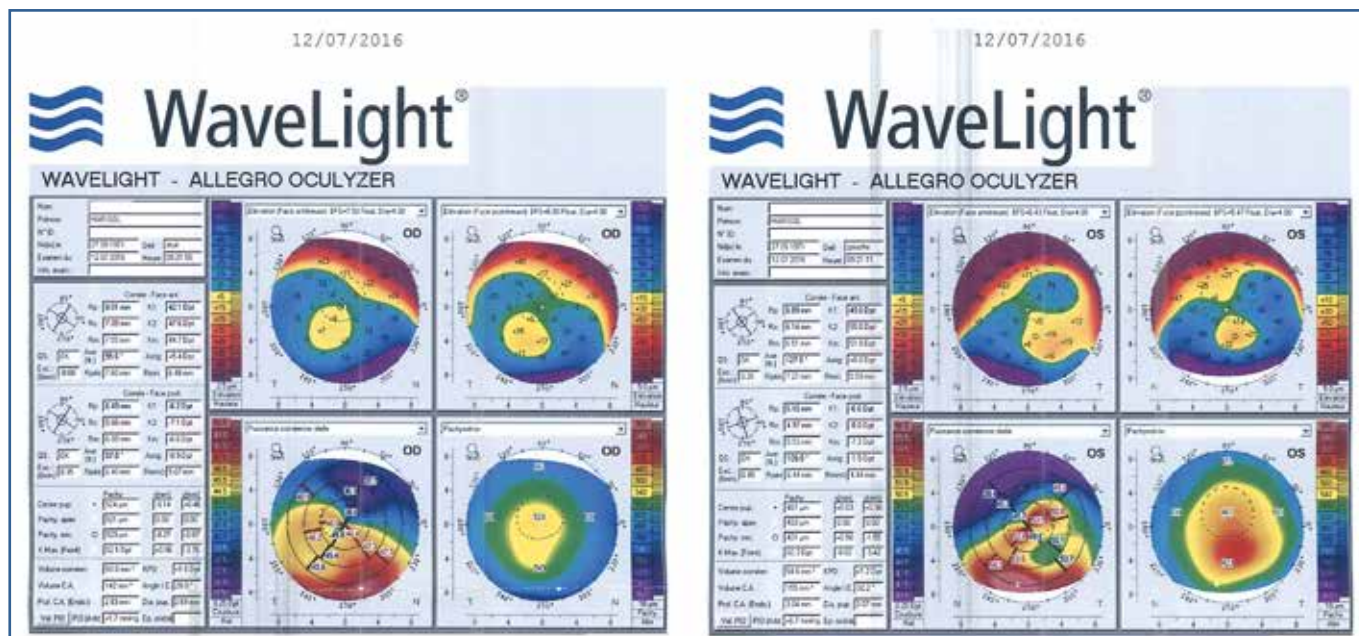


Fig. 22 : Marisol, 45 ans, opérée avec implantation d'anneaux (1-2).

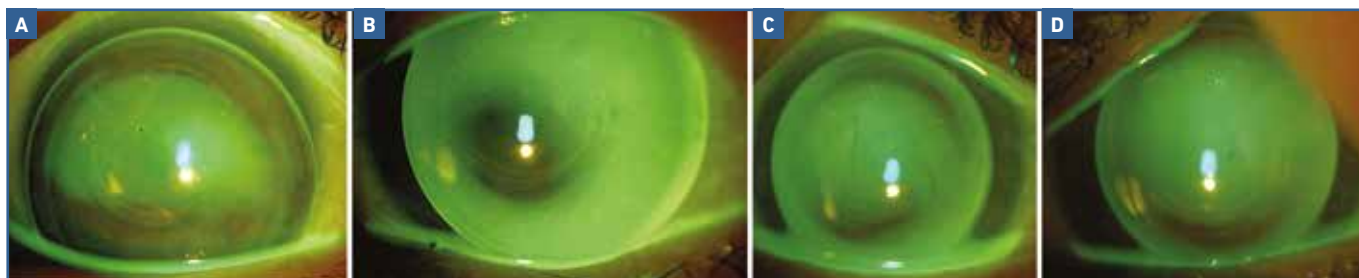


Fig. 23 : Marisol arrive au cabinet équipée en lentilles pour cornée irrégulière (Rose K IC) qu'elle ne supporte pas. Celles-ci sont en effet trop serrée et basse (A) à droite (R° 8,2), trop plate (B) à gauche (R° 7,1). Un essai de Rose K standard, OD R° 7,6 (C), OG R° 6,1 (qui montre un serrage de 20/100) (D).

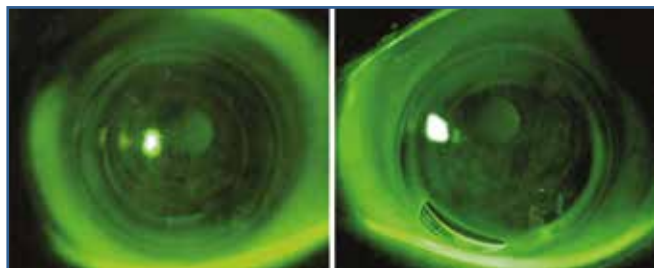


Fig. 24 : (Marisol) Une adaptation en lentilles hybrides OD R° 7,6 (7) et OG R° 6,3 (8) est bien tolérée mais la presbytie est gênante. Ce sont finalement des lentilles hybrides progressives asymétriques (correction de loin centrale pour l'œil préféré et de près centrale pour l'autre) qui lui redonnent une acuité à 10/10 P2 et un confort acceptable.

>>> Sur une chirurgie incisionnelle (kératotomie radiaire), il est nécessaire en outre de prévenir une néovascularisation (avec des lentilles à haute perméabilité, de DK/E de plus que 125).

En cas d'équipement en lentilles rigides classiques, la puissance est celle d'avant la chirurgie car on recrée le dôme cornéen d'origine et un ménisque de larmes central très convexe. En cas de lentilles à dégagement inverse, la puissance est proche de la réfraction actuelle [8] (fig. 25 à 27).

En résumé, équiper un patient après chirurgie réfractive est une circonstance heureusement rare du fait des indications

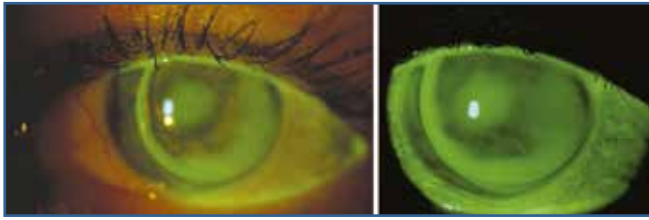


Fig. 25 : Patricia, née en 1963, a bénéficié d'une kératotomie radiaire en 1996. Venue consulter en 2009 (46 ans), on constate un astigmatisme de : à droite +2,50 (-2,25 à 60°) et à gauche +3,00 (-2,00 à 130°). L'équipement de l'œil droit sera avec une géométrie classique. EX-Z® Ø10er°7,6 P -2,5 alors que pour l'œil gauche, on devra avoir recours à une géométrie à dégagements inverses (Z plateau®) : Ø 10er° 39 ∂ reverse 3∂ P +3 (fig 2). Travaillant à l'écran, elle réclame ensuite une correction de presbytie, mais si un léger décentrement est acceptable sur une lentille unifocale, il n'en est pas de même pour une multifocale !

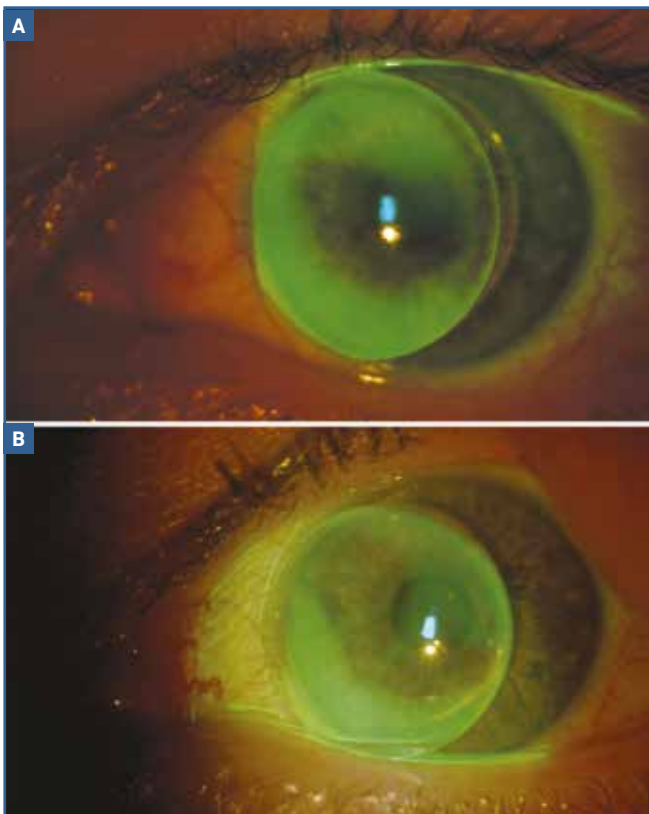


Fig. 26 : Cas de Patricia On essaye successivement une lentille progressive à droite et un resserrement du dégagement (5 ∂) à gauche (A), des lentilles progressives à segment à dégagement inverse (B).

mieux posées. Chaque cas nécessite une réflexion pour déterminer la lentille non seulement la plus appropriée mais celle qui sera acceptée par un patient en situation d'échec. On veillera à éviter de poser une indication d'anneaux avant un essai bien mené de lentilles car l'adaptation est beaucoup plus aléatoire ensuite. Le contactologue a une solution pour la plupart des cas, avec des lentilles classiques ou spéciales (à excentricité modulable, hybrides ou sclérales).

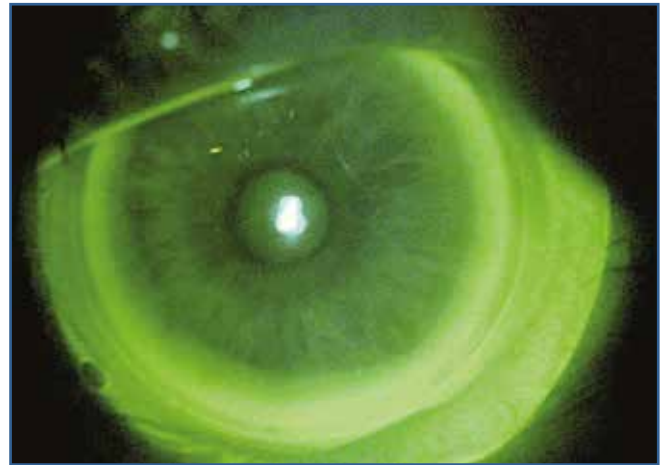


Fig. 27 : (Patricia) La perte d'une lentille nous fait chercher une solution plus stable : c'est la lentille hybride progressive qui sera à la fois bien centrée, bien tolérée et fonctionnellement parfaite 12/10 P2, avec un diamètre rigide de 10 mm et total de 14,9. Pour l'œil droit : jupe ressermée -0,5 ; R° 7,5 ; puissance -1,5 ; distance addition 2. Pour l'œil gauche : jupe ressermée -0,25 ; R° 8,5 ; puissance +0,75 Near Addition 2.

Bibliographie

1. MAGUEN EE, MARTINEZ MROSNER IR *et al.* The use of Saturn II lenses in keratoconus. *CLAO J*, 1991;17:41-43.
2. LI- PORCAR E, ESPAÑA E, MONTALT JC *et al.* Post-LASIK Visual Quality With a Corneal Scleral Contact Lens to Treat Irregular Corneas. *Eye Contact Lens*, 2017;43:46-50.
3. GRUENAUER-KLOEVEKORN C, FISCHER U, KLOEVEKORN-NORGALL K *et al.* Varieties of contact lens fittings after complicated hyperopic and myopic laser in situ keratomileusis. *Eye Contact Lens*, 2006;32:233-239.
4. agence-biomedecine.fr/annexes/bilan2013/donnees/prelevement/02-cornee/synthese.htm
5. Adaptations après kératoplastie . Les Lentilles de Contact – Florence Malet. Rapport SFO Frédéric Vayr:631-650.
6. LANGIS MICHAUD, EEF VAN DER WOP, DANIEL BRAZEAU *et al.* Predicting estimates of oxygen transmissibility for scleral lenses. *Contact Lens & Anterior Eye*, 2012;35:266-271.
7. ANERA RG, VILLA C, JIMÉNEZ JR, GUTIERREZ R. Effect of LASIK and contact lens corneal refractive therapy on higher order aberrations and contrast sensitivity function. *J Refract Surg*, 2009;25:277-284.
8. LEE AM, KASTL PR. Rigid gas permeable contact lens fitting after radial keratotomy. *CLAO J*, 1998;24:33-35.
9. EL-HUSSEINY M, DAAS L, LANGENBUCHER A *et al.* Intracorneal Ring Segments to Treat Keratectasia - Interim Results and Potential Complications. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2016;233:722-726.
10. VEGA-ESTRADA A, ALÍO JL, PLAZA-PUCHE AB. Keratoconus progression after intrastromal corneal ring segment implantation in young patients: Five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:1145-1152.
11. PARK YM, PARK YK, LEE JE *et al.* Effect of orthokeratology in patients with myopic regression after refractive surgery. *Cont Lens Anterior Eye*, 2016;39:167-171.
12. KRAMER EG, BOSHNICK EL. Scleral lenses in the treatment of post-LASIK ectasia and superficial neovascularization of intrastromal corneal ring segments. *Cont Lens Anterior Eye*, 2015;38:298-303.
13. PIÑERO DP, PÉREZ-CAMBRODÍ RJ, RUIZ-FORTES P *et al.* New-generation hybrid contact lens for the management of extreme irregularity in a thin cornea after unsuccessful excimer laser refractive surgery. *Eye Contact Lens*, 2014;40:16-20.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article. Il déclare en revanche exercer des fonctions de consultant pour les marques citées dans cet article (notamment Précilens, Ménicon, LCS).



J.-L. BOURGES
Université Paris Descartes, OphtalmoPôle, PARIS.
prbourges@gmail.com

Réparations cornéennes post-traumatiques

Le traumatisme cornéen est extrêmement fréquent, souvent insignifiant et auto-réparé : qui n'a jamais reçu un "doigt dans l'œil" et expérimenté un blépharospasme pendant quelques minutes ? Pourtant, un traumatisme cornéen est toujours à prendre au sérieux en raison de la douleur qu'il peut entraîner, du risque infectieux et du risque optique cicatriciel.

■ Facteurs de gravité

La réparation des traumatismes cornéens tient compte des facteurs de gravités observés ou prévisible initiaux.

1. La règle de 3

Un traumatisme cornéen est sévère s'il implique :

- les 3 mm de l'aire centro-cornéenne ;
- si la lésion excède 3 mm ;
- une profondeur stromale > 1/3.

2. Les caractéristiques péjoratives du traumatisme

- Traumatisme avec lésion pénétrante.
- Perte de substance cornéenne stromale ou endothéliale

3. Association à des facteurs aggravants

Ils sont :

- un polytraumatisme local : plaie de la marge palpébrale, plaie du globe (refend scléral plaie en zone II), contusion du globe ;
- l'infection associée, l'hygiène locale dégradée ;
- un corps étranger superficiel lamellaire ou pénétrant ;
- un mécanisme aggravant : brûlure thermique ou chimique, contusion associées, agent septique impliqué ;

- le terrain : survenue sur une cornée fragilisée, antécédent de chirurgie cornéenne (capot de LASIK, matériel intrastromal, greffe, cornée neuroparalytique ou à sensibilité diminuée, rosacée oculaire ;
- le délai de prise en charge : plus il est long après le traumatisme, plus la réparation est aléatoire.

■ Réparations initiales selon le type de lésions traumatiques

Elles visent à restaurer la biomécanique et l'étanchéité de la cornée, en obérant le moins possible les qualités optiques ou leur réparation secondaire (*fig. 1*).

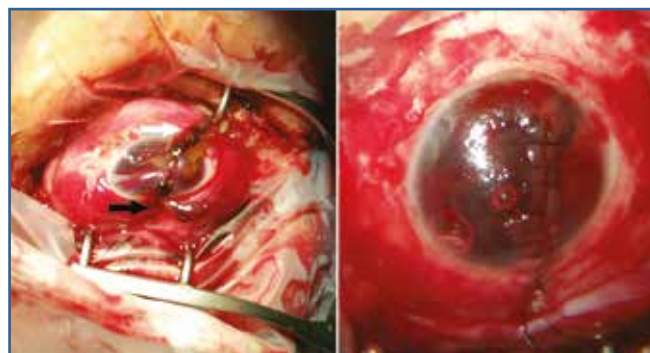


Fig. 1.

1. Superficielles

Elles n'impliquent pas les 2/3 profonds du stroma cornéen. Ce sont les plus fréquentes.

>>> Abrasion

Elle concerne seulement l'épithélium cornéen. L'abrasion peut être mécanique (coup d'ongle, corps étranger (CE) sous-palpébral,

branche d'arbre, feuille de Youka, etc.) ou chimique (gaz lacrymogène, alcool, brûlure, etc.). L'attitude est stéréotypée.

En cas d'abrasion mécanique sur une cornée normale, l'épithélium cicatrisera tout seul en 1 à 3 jours, selon l'importance de l'aire impliquée.

Il faut :

- accompagner la cicatrisation en étant le moins toxique possible : lubrifiants sans conservateur en pommade +/- gouttes. (Noter que le pansement -patch occlusif, LSH- n'a pas fait la preuve de sa supériorité sur la cicatrisation plutôt que sans);
- soulager la douleur très vive : antalgiques généraux de classe 2 ou 3 (ex : tramadol chlorhydrate + paracétamol); pansements antalgiques, cycloplégiques (de manière optionnelle car potentiellement invalidants et modérément efficaces dans cette indication).

En cas de brûlure :

- vérification de la sensibilité cornéenne puis anesthésie topique par chlorhydrate d'oxybuprocaine;
- rinçage immédiat et prolongé de la surface oculaire, des culs-de-sacs conjonctivaux et des voies lacrymales;
- cicatrisants locaux lubrifiants, et traitement additionnel selon le score pronostic (de Dua ou de Ropper-Hall) et l'agent vulnérant : administration de vitamine C par voie générale +/- locale, greffe de membrane amniotique, débridement chirurgical, conformateur local, etc ;
- antibioprophylaxie locale à large spectre peu toxique en cure courte (3 à 5 jours) : rifampicine, fluoroquinolone ;
- pas d'AINS locaux à la phase aigüe.

>>> Plaie lamellaire non pénétrantes superficielles

Auto-étanche par définition (Seidel -), si elle est bien coaptée et sans perte de substance, il est habituellement possible de surveiller ou d'appliquer une lentille de contact pansement souple. On adjoint une antiseptie locale sans conservateurs. Dans les autres cas, la réparation est identique à celle d'une plaie plus profonde.

>>> Corps étranger (CE) superficiel

Il faut le rechercher systématiquement sur la surface oculaire, dans les tissus oculaires, sous les paupières, même si le mécanisme ne serait *a priori* pas spécialement évocateur.

On l'enlève à la pointe mousse à CE, à l'aiguille ou à la pique à CE (attention, risque de blessure en cas de faux mouvement du patient notamment), à la fraise (si le CE est en métal oxydable).

2. Profondes

>>> Plaies lamellaires non pénétrantes superficielles

Il faut assurer la coaptation parfaite de berges de la plaie, sous peine d'astigmatisme irrégulier secondaire significatif, ou de cicatrisation de mauvaise qualité donc plus obturante. Là aussi, l'application d'une lentille pansement et antiseptique local peut aider. Il n'y a pas d'attitude tranchée entre la prescription d'antibioprophylaxie locale plutôt qu'une antiseptie locale. Si les berges sont mobilisables, il est préférable de pratiquer une suture sous anesthésie locale.

>>> Plaies lamellaires pénétrantes ou perforantes

Elles sont objectivées par la présence d'un signe de Seidel spontané ou provoqué (doucement !). L'absence de Seidel n'exclue pas le caractère pénétrant, surtout initialement (œdème des berges de la plaie). Elles doivent être cohaptées par suture ou colle biologique en urgence, optimalement sans délai et dans les 36 heures au plus tard. En l'absence de suture, les risques sont l'incompétence optique, l'envahissement épithélial de chambre antérieure, l'infection jusqu'à l'endophtalmie, la sympathisation controlatérale.

>>> CE profonds

Rechercher un CE est une obsession pour les plaies de cornée et du globe. On s'aidera au besoin de l'imagerie OCT ou du scanner, s'il est possiblement radio-opaque. La réparation d'une plaie de cornée tâche autant que possible d'enlever un CE intracornéen ou intraoculaire dans le même temps.

3. Coaptation des berges par colle biologique

Il s'agit d'une solution toujours transitoire. Elle permet d'attendre que la biomécanique de la cicatrisation puisse se passer de support ou d'attendre l'organisation technique d'une suture. Il faut déterger les berges de la plaie, gratter l'épithélium en regard et bien sécher afin que la colle adhère. On peut s'aider au besoin d'une petite quantité de produit viscoélastique dispersif pour assurer localement et transitoirement l'étanchéité, le temps d'appliquer la colle. Il faut interposer une lentille thérapeutique entre la zone collée et la conjonctive palpébrale afin de ne pas irriter violemment cette dernière. On peut pour cela "coller la lentille" au niveau de la plaie. La colle finit toujours par se désolidariser de la zone de plaie, dans un délai variable allant de quelques heures (si les berges étaient mouillées ou épithélialisées) à plusieurs mois.

4. Suture d'une plaie linéaire

Le refend cornéen est unique. La suture se fait par un point de rapprochement au milieu du refend. Il permet d'affronter correctement les berges de la plaie. Il sert au bâti de la suture et permet de rétablir une étanchéité de fortune pour réintégrer au besoin les tissus intraoculaires extériorisés. Pour cela, on peut s'aider d'une contre-incision au limbe par laquelle on peut introduire du produit visco-élastique ou une canule droite sans solliciter l'étanchéité du refend. La suture proprement dite utilise du nylon ou du polypropylène 10.0. Elle doit être légèrement plus serrée que ne le serait un point incisionnel habituel, pour tenir compte de l'œdème transitoire des berges qui se résorbera. Aucun point ne doit être piqué dans l'axe visuel même si le refend l'intéresse. Il faut alors pratiquer des points obliques ou à plusieurs passages. Une suture doit rester en place sur la cornée de 1 à 6 mois, selon la fibrose qui s'organise autour des fils et leur disposition par rapport à l'axe visuel.

5. Suture d'une plaie complexe

La technique de suture est basiquement la même que pour une plaie lamellaire. Il peut exister une plaie à plusieurs refends, parfois en Y. Le problème est alors d'assurer l'étanchéité à la jonction des refends. On utilise alors la technique du point en trèfle.

En cas de perte de substance, la suture peut être complétée par de la colle histologique. Si la perte de substance est à proximité du limbe, on peut réaliser un volet lamellaire de sclère que l'on inverse sur la zone de défaut cornéen.

Si la plaie cornéenne implique la sclère (zone II), les étapes de réparation enchaînent :

- désinsertion conjonctivale limbique sur 360° pour explorer de la sclère dans tous ses quadrants, y compris derrière les muscles droits au besoin ;
- détersion des tissus nécrosés, ablation des CE au besoin ;
- pose de quelques points de bâti scléaux d'abord PUIS cornéens pour rapprocher les berges et réintégrer les tissus extériorisés ;
- sutures scléales puis sutures cornéennes ;
- reformation d'un tonus oculaire qui doit être obtenue si les plaies sont correctement suturées.

■ Réparation secondaire

Elle vise à restaurer autant que possible les propriétés optiques de la cornée.

Les options pour restaurer la transparence sont :

- la photokératectomie thérapeutique (PKT) : elle abrase une cicatrice superficielle ($<100\ \mu\text{m}$), au prix fréquent d'un *shift* hypermétrope ;
- la kératectomie lamellaire superficielle : elle enlève mécaniquement une cicatrice ou une chéloïde cicatricielle opaque (ex : nodule de Saltzman) qui ne serait pas accessible à la PKT ;
- la kératoplastie lamellaire : elle remplace un stroma opaque lorsque l'ablation de l'opacité seule nuirait à la biomécanique cornéenne ou à la réfraction ;
- la kératoplastie transfixiante : elle peut se faire par autogreffe de rotation pour exclure une opacité cicatricielle de l'axe visuel sans risque de rejet, par transposition de cornée si l'autre œil n'est pas fonctionnel mais possède une cornée normale, ou par allogreffe si possible de petit diamètre pour limiter les risques de rejet.

Les options pour restaurer un stigmatisme fonctionnel sont :

- l'adaptation en lentilles de contact, en général rigides voire verres scléaux ;
- la PKT protégée, topo ou aberroguidées ;
- les incisions arciformes, possibles au laser femtoseconde, même à travers une cicatrice ;
- les sutures réfractives compressives.

■ Conclusion

La réparation d'une plaie de cornée se fait généralement en deux temps complémentaires et dépendants l'un de l'autre : la restauration anatomique initiale gère d'emblée ou prépare la restauration des propriétés optiques cornéennes. L'urgence de la prise en charge ne doit pas faire oublier de rechercher les lésions associées au traumatisme, de rechercher un corps étranger ou la nécessaire préservation de l'axe visuel.

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



D. GUINDOLET, E. GABISON
Fondation Ophtalmologique Rothschild, PARIS.
dguindolet@for.paris

Méthodologies modernes des greffes lamellaires de cornée

Les techniques de kératoplastie lamellaire ont connu un extraordinaire développement. Que ce soit pour les greffes postérieures (DMEK, DSEAK) ou les greffes antérieures (KLAP/DALK), des dizaines d'articles décrivent de nouvelles techniques chirurgicales, utilisent les dernières innovations technologiques mises au service du chirurgien (OCT, laser femtoseconde...). Que faut-il vraiment retenir ?

Les kératoplasties lamellaires, antérieure (KLA) ou postérieure (KLP), s'imposent désormais pour le traitement chirurgical des pathologies stromale ou endothéliale pures, respectivement, faisant réserver la kératoplastie transfixiante (KT) aux cas avec une atteinte mixte. Les nombreuses descriptions de techniques chirurgicales dans la littérature et les aides techniques (*wet lab*, OCT peropératoire, greffons prédécoupés, laser femtoseconde...) permettent une diffusion et un recours de plus en plus large aux techniques dites "lamellaires".

Les avantages communs de la KLA et KLP par rapport à la KT sont :

- un risque de rejet immunologique réduit ;
- une réduction des complications per- (chirurgie à globe fermé) et postopératoires (hypertonie/glaucome, rupture de globe...).

L'une des préoccupations majeures des greffes lamellaires est le retentissement optique de l'interface créée entre le greffon et le tissu receveur. Les irrégularités et la mauvaise congruence des surfaces étant à l'origine d'aberrations optiques ou de processus cicatriciels impactant le résultat visuel. La recherche clinique a été centrée sur l'optimisation de cette interface ; pour le cas des KLP, en travaillant sur la régularité du stroma résiduel et en réduisant son épaisseur ; pour les KLA, le raisonnement a été identique mais en miroir, en tentant d'avoir une découpe régulière pour les KLA non profondes et une absence de stroma résiduel pour les KLA profonde.

Les nouvelles technologies telles que le laser femtoseconde et l'OCT intégré au microscope opératoire figurent parmi les instruments permettant de moderniser et de perfectionner les techniques opératoires.

Nous passons en revue dans ce dossier les dernières avancées des techniques de greffe lamellaire.

■ Kératoplastie lamellaire antérieure (KLA)

1. Kératoplastie lamellaire antérieure

Le traitement des opacités stromales superficielles/antérieures fait généralement appel à la photokératectomie thérapeutique (PTK) par laser Excimer. Cependant, au-delà d'une certaine profondeur (à titre indicatif, au-delà de 150 μ m), la PTK peut être inadaptée en raison des aberrations optiques induites et du risque de complications postopératoires (hypermétropie, haze, ectasie...). On peut considérer la réalisation d'une KLA avec un lenticule de 100-250 μ m d'épaisseur réalisé au microkératome (*Automated Lamellar Therapeutic Keratoplasty* – ALTK) ou à l'aide d'un laser femtoseconde (LFS). La régularité de l'interface hôte-greffon, et par conséquent la régularité de la découpe du lenticule sur le patient et sur le greffon sont une des clés du résultat. La régularité et l'efficacité de découpe par LFS s'altèrent avec la profondeur de découpe ; des ponts résiduels peuvent mettre en défaut la découpe. L'interface LFS-patient (plane ou courbe) peut également influencer la régularité de la découpe. Les études comparant les deux techniques ont été réalisées pour des LASIK, à des profondeurs généralement moindres que lors de la réalisation d'une KLA. Il n'existe pas de données suffisantes dans la littérature pour recommander l'une ou l'autre des techniques pour des découpes au-delà de celles utilisées pour un capot de LASIK (100-120 μ m). Considérant le

potentiel échec de découpe au LFS, le microkératome pourrait être plus avantageux.

2. Kératoplastie lamellaire antérieure profonde (KLAP)

Le but de la KLAP est d'éliminer le stroma cornéen pour ne préserver que l'endothélio-Descemet du patient, puis d'implanter un greffon sans endothélium. La KLAP est indiquée pour le traitement des opacités cornéennes profondes ou des irrégularités stromales à endothélium sain.

>>> Techniques de séparation du stroma de l'endothélio-Descemet

La technique dite de la "Big-Bubble" (BB) s'est imposée par rapport à la technique de dissection manuelle initialement décrite pour la réalisation des KLAP. Une bulle d'air est injectée dans le stroma, à l'aide d'une aiguille ou d'une canule, pour induire une pneumo-dissection du stroma et de l'endothélio-Descemet. La profondeur d'injection de l'air est un facteur pronostic de la réussite de cette technique ; la probabilité de succès de la BB est accrue lorsque l'air est injecté à une profondeur inférieure à 100 μ m de la surface postérieure de la cornée ; une telle proximité fait courir le risque de perforation, ce qui a poussé différents auteurs à utiliser le LFS ou encore l'OCT pour "sécuriser" et faciliter cette étape clé de la procédure. La dissection utilisant une substance viscoélastique est proposée comme alternative à la dissection manuelle après échec de la pneumo-dissection.

>>> Utilisation du laser femtoseconde

Le laser femtoseconde (LFS) a été utilisé pour la réalisation des KLAP avec pour objectifs de :

- découper les berges du greffon et de la cornée réceptrice selon un motif particulier dans le but d'augmenter la congruence, faciliter la suture et limiter l'astigmatisme postopératoire ;
- découper une lamelle antérieure ou réaliser un tunnel pour permettre une injection profonde de l'air et potentialiser les chances de réussite de la BB ;
- ouvrir le toit de la BB.

Le LFS a été utilisé pour remplacer la découpe au trépan mécanique et ainsi donner une forme particulière des berges de la cornée réceptrice et du greffon. Différents types de découpe ont été proposés : en zig-zag, en champignon, en haut-de-forme (*top-hat*) ou encore décagonale. Cependant, la supériorité en termes d'acuité visuelle ou d'amétropie résiduelle de ces découpes par rapport à une découpe réalisée au trépan

n'est pas démontrée à long terme. En revanche, un avantage du LFS pourrait résider dans la sécurité et le contrôle de la découpe, notamment quand le système est couplé à un OCT intégré, permettant de réaliser une découpe à une profondeur programmée et adaptée à l'épaisseur ; la trépanation mécanique "classique" est réalisée généralement sur la base d'une pachymétrie obtenue en préopératoire (OCT, topographie) ou par une mesure ultrasonore, cependant sur une cornée irrégulière cette mesure peut être surévaluée et mener à une perforation liée à une trépanation trop profonde.

La profondeur à laquelle est injecté l'air est un facteur pronostic de réussite de la BB. Ainsi, des équipes ont proposé de réaliser un tunnel allant jusqu'à une profondeur définie au plus proche de la Descemet et qui servira de guide pour la canule utilisée pour injecter l'air. D'autres proposent de retirer une première lamelle de stroma découpée au LFS pour faciliter secondairement le positionnement de l'aiguille en profondeur.

Enfin, le LFS a été utilisé pour ouvrir le toit de la BB à la place de l'ouverture au couteau réalisée classiquement.

Un facteur limitant reste néanmoins son accessibilité limitée dans les blocs opératoires et le potentiel surcote lié à son utilisation.

>>> Optical Coherence Tomography (OCT)

L'OCT peropératoire (embarqué dans le microscope opératoire) permet de visualiser et de contrôler en direct la réalisation des différentes étapes de la KLAP. Ainsi grâce à l'OCT, le positionnement de l'aiguille ou de la canule utilisées pour la pneumo- ou viscodissection peut être contrôlé, permettant d'aller au plus près de l'endothélio-Descemet, tout en limitant le risque de perforation ; il s'agit d'un atout quand la cornée est d'épaisseur irrégulière ou que la transparence est altérée. L'OCT aide à guider la réalisation d'une dissection manuelle ou au viscoélastique en cas d'échec de la pneumo-dissection. L'OCT peropératoire permet également de contrôler la formation de la BB et d'en préciser les limites, très utile en cas de blanchiment important du stroma lors de la pneumo-dissection (*fig. 1*).

>>> Gestion de l'amétropie résiduelle

Considérant la survie prolongée d'une KLAP, de nombreuses techniques ont émergé pour prendre en charge les amétropies résiduelles post-greffe. Ces techniques sont analogues à

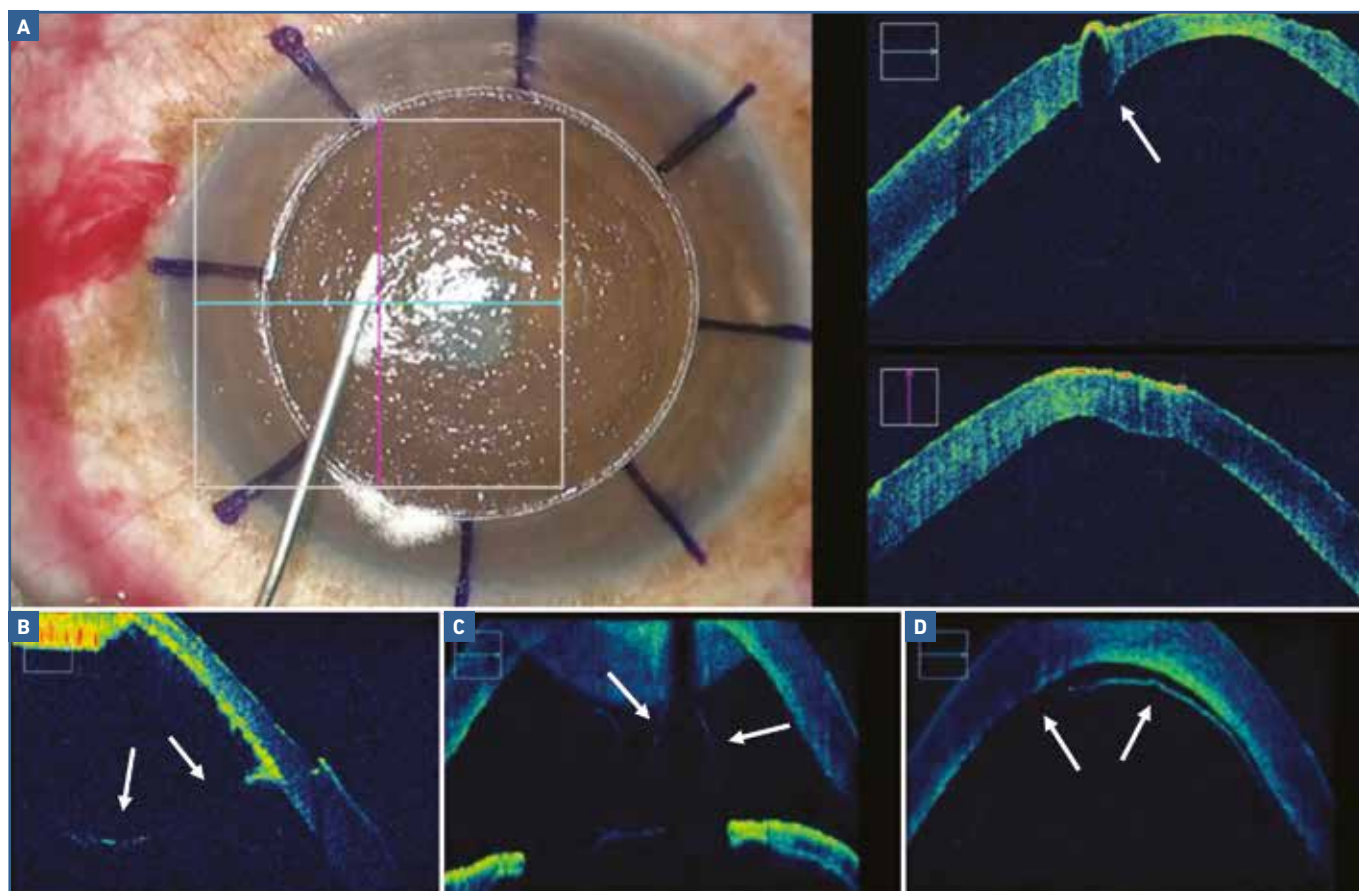


Fig. 1 : Utilisation de l'OCT au cours des kératoplasties lamellaires. **A :** au cours d'une K LAP (technique dite du "double docking"), la canule permettant l'injection d'air est insérée dans le stroma (image de gauche). Sur la coupe OCT (image de droite – **flèche blanche**), la profondeur d'insertion de la canule peut être contrôlée. L'OCT permet d'apprécier le stroma résiduel. **B :** au cours d'une K LAP, après formation de la *Big-Bubble*, le décollement de la Descemet est contrôlable sur l'image OCT (**flèches blanches**). **C :** au cours d'une KLP (DMEK), l'OCT permet de contrôler l'orientation du greffon endothélio-descemetique (greffon désigné par les **flèches blanches**). **D :** après positionnement du greffon de DMEK, l'OCT permet de contrôler l'interface entre le greffon et la cornée réceptrice.

celles décrites dans le cadre des kératoplasties transfixiantes. Il a ainsi été proposé de réaliser les procédures de correction suivantes :

- incisions arciformes ;
- LASIK/SMILE/PKT ;
- anneaux intracornéens ;
- implant intraoculaire torique.

Ces différentes techniques ont été réalisées sur de petites séries et étudient le résultat visuel à court terme. On ne peut donc distinguer si une technique est supérieure. Les lentilles de contact rigides perméables au gaz "conventionnelles" ou à appui scléral sont également une option valable.

3. Kératoplastie intrastromale pure

Les amincissements du stroma périphérique, comme observé dans la dégénérescence marginale pellucide, peuvent induire

un astigmatisme majeur et une baisse d'acuité visuelle significative sans que la cornée centrale ne soit pathologique. Deux équipes ont proposé de greffer une lamelle de stroma dans une poche stromale en périphérie de la cornée pour compenser l'amincissement stromal et ainsi corriger l'astigmatisme. Après dissection du stroma par un abord scléral, dans le cas de la SILK (*Sclerocorneal Intrastromal Lamellar Keratoplasty*), une lamelle de stroma (en forme de croissant, découpée au microkératome et au ciseau) est insérée dans la poche stromale. Cette technique bénéficiera des avancées du LFS pour la découpe.

■ Kératoplastie lamellaire postérieure (KLP)

Depuis la première description de KLP, la tendance est allée vers la réduction du stroma résiduel postérieur greffé avec l'endothélio-Descemet. L'ultime évolution du concept de

la KLP étant la DMEK (*Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty*) où seule l'endothélio-Descemet est greffée; l'idée sous-jacente est que le stroma du greffon peut créer une interface irrégulière avec la cornée réceptrice et limiterait la récupération visuelle. Les patients opérés de DMEK semblent avoir une meilleure récupération visuelle, une moindre erreur réfractive induite, un compte de cellules endothéliales comparable mais au prix d'un nombre de détachement et de rebulage (*re-bubbling*) supérieur; le taux de rejet est réduit pour les patients opérés de DMEK. La DSEAK (*Descemet's Stripping Endothelial Automated Keratoplasty*) qui permet de découper un greffon endothélio-Descemetique avec une fine couche de stroma, est une technique à considérer notamment pour les cas difficiles.

1. La préparation du greffon

La technique de dissection du greffon endothélial doit minimiser la perte de cellules endothéliales liée à la préparation du greffon et limiter le risque d'échec de préparation (perte d'un greffon viable).

Que ce soit pour la DMEK ou la DSAEK, pour le respect de ces objectifs et dans le but de potentialiser l'efficacité des chirurgiens, la préparation des greffons tend à être déléguée aux banques de cornées; le chirurgien reçoit ainsi un greffon prédécoupé, de qualité contrôlée, épargnant le temps de préparation et tout échec de préparation le jour de l'opération (échec de découpe, déchirure du greffon lié à des adhérences). La qualité des greffons semble préservée dans ces conditions.

>>> Greffon pour DMEK

Différentes techniques de préparation avec de multiples variantes ont été décrites dans la littérature. Elles font appel à la dissection manuelle, pneumatique ou à l'hydrodissection. En revanche, peu d'études comparent les techniques entre elles, ne permettant pas d'affirmer la supériorité d'une technique par rapport à une autre.

Dissection manuelle : la technique dite '*no-touch*' est l'une des plus décrites. Le principe général est de détacher l'endothélio-Descemet en avant du trabéculum sur 360° (*scoring*), de la décoller avec une pince en ne touchant que l'extrémité du greffon et en laissant une zone centrale adhérente (*stripping & méthode du couloir* ("*corridor*")), pour finir par trépaner l'endothélio-Descemet et détacher la partie centrale, permettant d'obtenir un greffon enroulé.

Dissection pneumatique : de l'air (filtré) est injecté avec une seringue dans le stroma profond pour induire un décollement de l'endothélio-Descemet, puis le greffon est découpé en périphérie.

Hydrodissection : le plan endothélio-Descémétique est atteint soit à l'aide d'une aiguille, soit à l'aide d'une trépanation partielle sur 330° (Technique Muraine), puis le milieu de culture ou du BSS est utilisé pour décoller de proche en proche l'endothélio-Descemet.

Un avantage pourrait être donné à la dissection manuelle au regard du nombre d'échec de préparation possiblement inférieur avec cette technique. Les greffons sont ensuite chargés dans des cartouches en verre afin d'être injectés.

>>> Greffon pour DSEAK

La découpe des greffons a été étudiée en utilisant le microkératome (description initiale) et le laser femtoseconde (LFS). À l'instar de la découpe par LFS pour les KLA non profondes, la découpe du greffon par LFS est irrégulière et les résultats visuels sont inférieurs par rapport aux patients greffés avec un greffon préparé au microkératome. La potentielle toxicité du LFS sur les cellules endothéliales est rapportée de manière inconstante.

La tendance est à la réduction du stroma résiduel (*ultrathin* (<100 µm) / *nanothin* (<50 µm) DSEAK) pour améliorer le résultat visuel, en utilisant des microkératomes automatisés pour la préparation des greffons. Cependant, cette quête est à mettre en balance avec la possible perte en cellules endothéliales induites lors de la préparation et de la mise en place du greffon.

2. La chirurgie

Le greffon est injecté, déployé, puis tamponné par un gaz à la face postérieure de la cornée. L'ensemble des manœuvres doivent être réalisées en minimisant tout contact avec le greffon. La durée de déploiement (jusqu'à 20 minutes) ne semble pas influencer les résultats postopératoires en termes d'acuité visuelle ou de densité endothéliale.

3. Tamponnade du greffon

Plusieurs séries de DMEK ont été réalisées en utilisant du gaz SF6 (sulfur hexafluoride – 5 à 20 %) à la place de l'air pour maintenir le greffon, avec un taux réduit de décollement du

greffon postopératoire. Le risque de bloc pupillaire est cependant à considérer. Un nombre plus important de publication est nécessaire avant de conclure sur le réel intérêt et l'innocuité de l'utilisation de ce gaz dans cette indication.

4. Optical Coherence Tomography (OCT)

L'utilisation de l'OCT peropératoire a notamment été décrit au cours de la réalisation des DMEK. La visualisation de l'orientation du greffon nécessite un entraînement particulier, qui peut par ailleurs être mis en défaut si la chirurgie est réalisée sur une cornée particulièrement opaque dans les cas d'insuffisance endothéliale avancée. L'OCT intégré au microscope opératoire permet également de contrôler l'orientation du greffon, son bon déploiement et enfin l'absence de matériel viscoélastique dans l'interface (*fig. 1*).

5. Autres indications de KLP?

Lorsqu'une insuffisance endothéliale du greffon, que ce soit après une KT ou une KLP, la KLP peut être répétée et permettre une résolution de l'œdème et une récupération visuelle satisfaisante.

6. Wet lab

La préparation du greffon ainsi que les manœuvres permettant de manipuler et de déployer le greffon nécessitent un apprentissage. Un entraînement *ex vivo* sur des cornées non viables pour la greffe est souhaitable pour éviter les échecs de préparation de greffon, faciliter et accélérer la procédure, limiter les complications per- et postopératoires. À ce titre, des modèles d'entraînement sur chambre antérieure artificielle ont été décrits. Les supports décrivant les manœuvres sont désormais nombreux.

7. Perspectives d'avenir?

La DMEK ne nécessitant qu'un greffon se limitant à l'endothélio-Descemet, il devient possible de réaliser 2 greffes avec un même greffon, à savoir une DMEK avec l'endothélio-Descemet et une KLP avec le stroma. Une telle procédure nécessite cependant une organisation toute particulière, un échec de la préservation de l'endothélio-Descemet lors de la KLP devant être envisagé, requérant alors un greffon "standard".

Enfin, l'équipe du Dr Melles propose de diviser les greffons de DMEK en 2 voir 4 parties, permettant de greffer 4 patients avec un seul greffon endothélio-descémétique. Il s'agit cependant de travaux incluant peu de patients et avec un suivi limité. Cette technique n'est pas recommandable actuellement.

Pour en savoir plus

- KEANE M *et al.* Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for treating keratoconus. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014;22:CD009700.PMID:25055058.
- SCORCIA V *et al.* Anterior segment optical coherence tomography-guided big-bubble technique. *Ophthalmology*, 2013;120:471-476.PMID:23177365.
- GUINDOLET D *et al.* Double-Docking Technique for Femtosecond Laser-Assisted Deep Anterior Lamellar Keratoplasty. *Cornea*, 2018;37:123-126. PMID:29095752.
- LI S *et al.* Efficacy and safety of Descemet's membrane endothelial keratoplasty versus Descemet's stripping endothelial keratoplasty: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2017;12:e0182275.PMID:29252983.
- BIRBAL RS *et al.* Donor Tissue Preparation for Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty: An Updated Review. *Cornea*, 2018;37:128-135. PMID:28990995.

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



P. FOURNIÉ
CHU de TOULOUSE
pierrefournie@yahoo.com

Protocoles thérapeutiques des greffes de cornée

■ Tendances en greffes de cornée

La tendance en greffes de cornée est de remplacer sélectivement les couches cornéennes pathologiques : greffes lamellaires antérieures en cas de maladies stromales à endothélium sain et greffes endothéliales en cas de maladies endothéliales à stroma sain (*fig. 1*). Le tournant dans l'essor des greffes

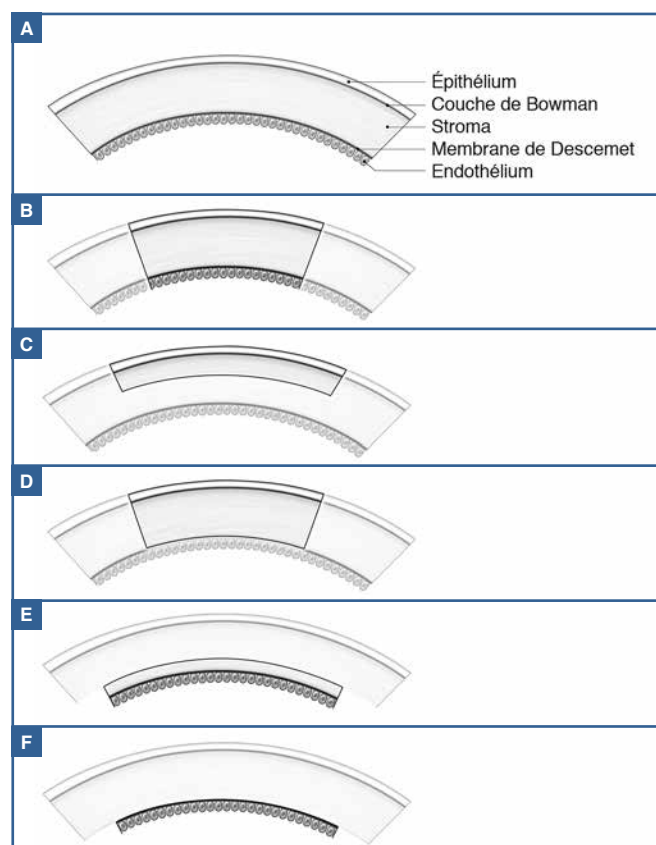


Fig. 1 : A : Couches cornéennes. B : Greffe transfixiante. C : Greffe lamellaire antérieure superficielle. D : Greffe lamellaire antérieure profonde. E : DSAEK (Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty). F : DMEK (Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty).

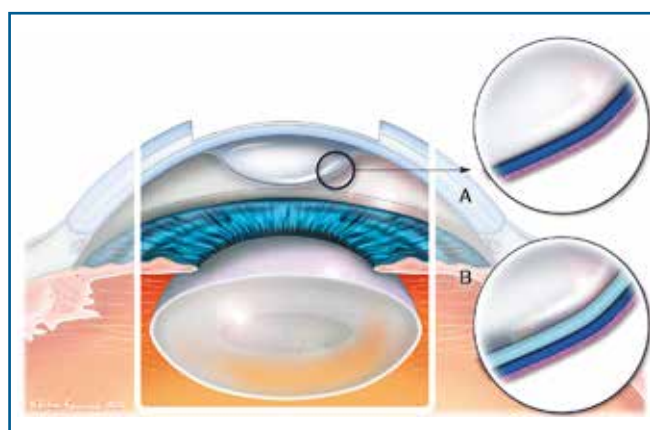


Fig. 2 : *Big-bubble* par injection d'air dans les couches cornéennes profondes permettant de séparer les plans profonds descémétiques (A) et pré-descémétiques (B). Cette couche pré-descémétique a été décrite par Dua et correspond à un plan de clivage situé 8 à 10 microns en avant de la couche de Descemet.

lamellaires antérieures se situent en 2002 avec la description de la technique chirurgicale de la *big-bubble* (*fig. 2*) [1]. En 2013, Dua a mis en évidence un clivage descémétique ou pré-descémétique [2]. Les greffes lamellaires antérieures, en raison de la conservation de la couche endothéliale, ne présentent pas de rejet endothélial et ont une résistance structurale supérieure en cas de traumatisme. Elles ne diminuent cependant pas l'astigmatisme postopératoire et ne préviennent pas le rejet stromal. Le tournant des greffes endothéliales se situe en 2004 et correspond à la description du "descemetorhexis" qui est le pelage de la couche de Descemet, préalable à son remplacement [3].

La DSAEK apporte la couche endothélio-descémétique sur un support stromal, plus ou moins fin. La DMEK n'apporte que l'endothélio-Descemet du greffon (*fig. 1 et 3*). Les greffes endothéliales conservent l'intégrité structurale du globe et récupèrent plus vite avec une meilleure prédictibilité réfractive. Elles ne préviennent pas le rejet endothélial.

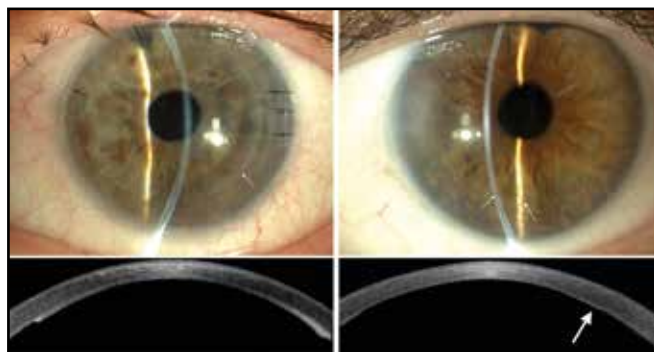


Fig. 3 : DSAEK (à gauche) versus DMEK (à droite). Un greffon DMEK est parfois difficile à individualiser si ce n'est sur son bord discernable à la lampe à fente et sur OCT comme une image hyperréflexive (flèche).

■ Évaluation préopératoire du patient greffé

La sensibilité cornéenne préopératoire doit être évaluée. L'hypoesthésie ou l'anesthésie cornéenne, observées après infections herpétiques, ou chez le diabétique par exemple, peuvent retarder la cicatrisation épithéliale postopératoire. Il est également important de dépister et de traiter les problèmes de surface oculaire comme une sécheresse, une blépharite, une rosacée ou des troubles de la statique ou de la dynamique palpébrale comme un trichiasis, une lagophtalmie, un entropion ou un ectropion.

Chez le patient âgé notamment, il n'est pas rare d'observer une anomalie de la surface, une hypoesthésie cornéenne et une malocclusion palpébrale qui peuvent conduire à un retard de cicatrisation, à des ulcérations épithéliales, à des infections et à des déhiscences de la cicatrice. Une vascularisation cornéenne profonde et des antécédents de rejets de greffe augmentent le risque de rejet. Une kératite active ou une uvéite au moment de la greffe augmentent également le risque de rejet ou d'échec de greffe, mais aussi de glaucome et d'œdème maculaire cystoïde. Idéalement, la greffe doit avoir lieu à distance de plusieurs mois de toute inflammation oculaire. Un glaucome déséquilibré ou un antécédent de chirurgie filtrante augmentent le risque de décompensation glaucomateuse avec perte endothéliale accélérée. Une greffe de cornée interviendra au mieux sur un "œil calme, non inflammatoire, stable". Les greffes lamellaires ont également permis de réduire les risques postopératoires qui rentrent toujours en compte dans l'évaluation de la balance bénéfices-risques et dans le choix de la technique opératoire. Par exemple, une greffe endothéliale diminuera les risques en cas de troubles de la surface oculaire ou de chirurgie glaucomateuse préalable, parfois au détriment de l'acuité visuelle en cas de fibrose stromale préopératoire.

■ Points clés et points communs de la prise en charge postopératoire des greffes de cornée

1. Les anomalies de la surface oculaire

Toutes les greffes sont à risque de complications de la surface qui peuvent aller de la kératite ponctuée superficielle jusqu'à l'ulcère épithélial avec nécrose stromale à risque de cicatrices opacifiantes, de perforation cornéenne, de déhiscence cicatricielle, de surinfection et de rejet de greffe. Les greffes transfixiantes et lamellaires antérieures sont particulièrement exposées en raison de la dénervation cornéenne occasionnée par la trépanation des plexus nerveux cornéens antérieurs.

Il convient de prévenir ce risque en limitant l'exposition aux traitements épithélio-toxiques comme les anti-inflammatoires non stéroïdiens, les conservateurs, les anti-herpétiques locaux et les aminosides locaux au long cours notamment associés en préparation fixe à des corticoïdes. Des lubrifiants sont utilisés en postopératoire, non conservés. Des traitements d'appoint peuvent être utilisés comme des bouchons méatiques, des lentilles thérapeutiques ou des verres scléraux, une occlusion palpébrale, l'utilisation de collyre de sérum autologue, une greffe de membrane amniotique, une blépharo- ou tarsorraphie. Une surveillance des sutures est également importante avec nécessité de retirer des sutures lâches ou vascularisées, portes d'entrée de complications cicatricielles, infectieuses et de rejet.

2. Le rejet de greffe

La corticothérapie locale, parfois au long cours a pour objectif dans tous les types de greffes de prévenir ce risque. Épithélial, il survient classiquement sur la 1^{re} année lorsque peut persister l'épithélium du donneur. Le greffon est ensuite colonisé par l'épithélium du receveur. Sous-épithélial, il ressemble à des infiltrats de kératite à adénovirus. Dans ces deux cas, lors de greffes transfixiantes et lamellaires antérieures, les séquelles sont rares, mais ces rejets peuvent favoriser la survenue de rejets stromaux et endothéliaux.

Les rejets stromaux sont plus souvent observés après greffes lamellaires antérieures profondes. Ils peuvent entraîner des séquelles avec vascularisation et opacification stromale (**fig. 4**). Les rejets endothéliaux sont les plus à risque de décompensation œdémateuse du greffon. Le plus souvent aigus et bruyants en cas de greffe transfixiante (**fig. 5**), ils sont fréquemment chroniques et peu symptomatiques en cas de greffes endothéliales (**fig. 6**).



Fig. 4 : Rejet stromal de greffe lamellaire antérieure profonde en phase aiguë (à gauche) puis à distance avec opacité stromale (à droite).



Fig. 5 : Rejet endothélial d'allogreffe de cornée transfixiante avec ligne de rejet et précipités rétrocornéens diffus.

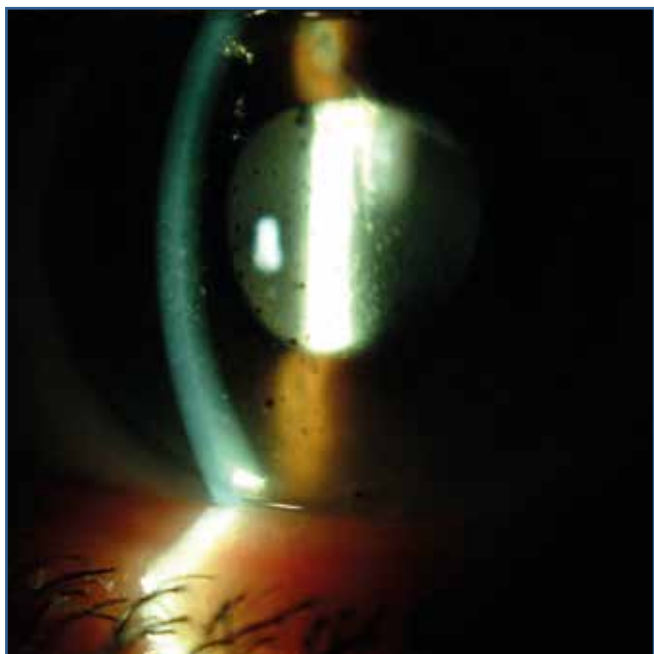


Fig. 6 : Rejet endothélial de DSAEK avec précipités rétro-cornéens.

■ La greffe transfixiante

Les visites postopératoires de routine après greffe transfixiante sont rapprochées, à titre d'exemple : le 1^{er} jour, à 1 puis 2 semaines, 1 puis 2 et 3 mois, puis tous les 2 à 3 mois la première année. Ces visites ont pour objectif de dépister, prévenir et traiter les principales complications.

1. Décompensation endothéliale primaire du greffon

L'absence de résorption postopératoire de l'œdème du greffon sans inflammation signe une décompensation endothéliale d'origine pas toujours reconnue, parfois en rapport avec un défaut de manipulation du greffon. Une origine herpétique doit être évoquée et recherchée. En l'absence de cause, il est de règle d'attendre 2 à 3 mois avant de procéder au remplacement du greffon.

2. Fuite d'humeur aqueuse

Un défaut d'étanchéité de la cicatrice sans hypo- ou athamie, ni incarceration irienne se résout le plus souvent spontanément avec un pansement occlusif ou une lentille thérapeutique. Au-delà de 3 jours de fuite ou dans le cas d'une incarceration irienne, une reprise au bloc est nécessaire pour éviter l'apparition de synéchies qui pourraient augmenter le risque de rejet, de glaucome ou favoriser une déperdition endothéliale.

3. Déficits épithéliaux

Classiques après greffe transfixiante, le retard de cicatrisation épithéliale conditionne le pronostic initial de la greffe. Au-delà de 14 jours, des séquelles cicatricielles sont à prévoir avec un risque accru de rejet. Tous les moyens décrits dans le chapitre 3.1 sont à mettre en œuvre. En l'absence de cicatrisation, une kératite herpétique doit être évoquée si elle n'était pas la cause de la greffe. Des antiviraux *per os* peuvent être utilisés en traitement d'épreuve.

4. Complications infectieuses

L'endophtalmie postopératoire est rare mais grave après greffe. Sa prise en charge est calquée sur celle après chirurgie de la cataracte. L'antibioprophylaxie repose sur l'utilisation d'un antibiotique collyre postopératoire de large spectre jusqu'à cicatrisation épithéliale. Une antibioprophylaxie plus prolongée n'est pas utile et pourrait sélectionner des mutants résistants ou entraîner des troubles de la surface. Les kératites

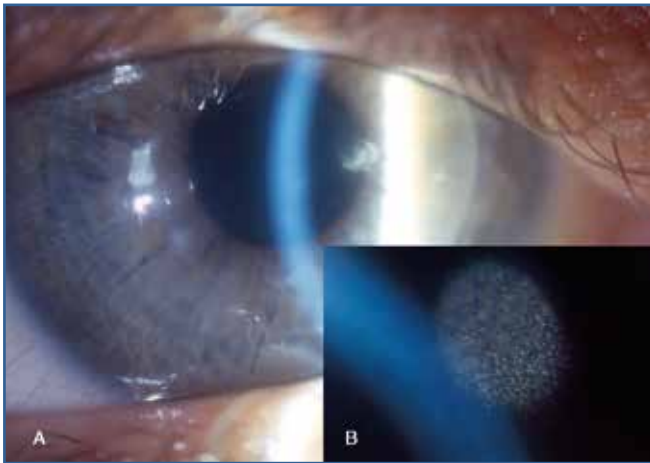


Fig 7. A : Kératopathie cristalline à *Streptococcus viridans* favorisée par la corticothérapie au long cours. **B :** Noter l'aspect de cristaux en fort grossissement.

microbiennes intéressent habituellement le greffon ou la jonction donneur-receveur. Elles sont favorisées par les corticoïdes topiques au long cours, les irrégularités épithéliales, la baisse de sensibilité cornéenne et les sutures lâches. Le diagnostic étiologique doit être réalisé à partir de prélèvements cornéens avec ensemencement de milieux appropriés. Le traitement des kératites infectieuses repose sur des collyres renforcés et souvent associés à des traitements systémiques. Une forme particulière est la kératopathie cristalline qui prend un aspect de cristaux (**fig. 7**). Le germe le plus fréquemment en cause est *Streptococcus viridans*.

5. Hypertonie oculaire

Précoce associée à une hypo- ou athalamie, l'hypertonie oculaire peut signer un glaucome malin et nécessiter une dilatation atropinique, et une prise en charge chirurgicale. Elle peut également être secondaire à un blocage trabéculaire secondaire à une hémorragie ou à une dispersion pigmentaire. Au-delà de 1 mois, l'hypertonie oculaire peut être secondaire à la corticothérapie. La correction de l'hypertonie fait appel à une diminution des collyres corticoïdes (par exemple : remplacement de la dexaméthasone par de la fluorométholone), la prescription de traitements hypotonisants, voire une chirurgie filtrante.

6. Rejet de greffe

La prévention du rejet de greffe repose sur l'utilisation d'une corticothérapie collyre par de la dexaméthasone. En cas de faible risque, un protocole classique est d'utiliser de la dexaméthasone 4 fois par jour pendant 3 mois puis de réduire d'1 goutte tous les 1 à 2 mois jusqu'à 1 goutte par jour [4]. En cas d'hypertonie oculaire, la dexaméthasone peut être

remplacée par de la fluorométholone. Chez le patient phaqué, la corticothérapie peut être interrompue au bout de 18 à 24 mois pour limiter le risque de survenue d'une cataracte. Chez le pseudophaqué, elle peut être maintenue au long cours à 1 goutte par jour sous surveillance tensionnelle. Un collyre à la ciclosporine à 2 % peut être utilisé chez les receveurs à haut risque de rejet. La ciclosporine doit être utilisée dans la phase précoce de la réponse immunitaire cellulaire pour être efficace, ce qui en fait un traitement préventif et non curatif du rejet.

Le traitement curatif du rejet doit être le plus précoce possible afin de minimiser la perte cellulaire endothéliale et ainsi augmenter les chances de récupération de la transparence du greffon après traitement. Ceci implique que le patient soit parfaitement informé des signes fonctionnels et qu'il consulte dès leur apparition. Le traitement repose sur la corticothérapie par voie locale et/ou générale [4]. En cas de rejet, la corticothérapie topique doit être reprise ou intensifiée avec des instillations très fréquentes, horaires, et peut être complétée par des injections sous-conjonctivales. L'adjonction d'une corticothérapie systémique (per os 80 mg/j en décroissance progressive ou méthylprednisolone par voie intraveineuse 125 à 500 mg en 1 fois) est indiquée en cas de signes de gravité : précocité du rejet, sévérité de l'inflammation, importance de l'atteinte endothéliale, absence de réponse à la corticothérapie locale et receveur à haut risque de rejet.

7. Gestion des sutures

La gestion postopératoire des sutures permet de guider la cicatrisation et de diminuer l'astigmatisme post-greffe. Le choix des points à enlever ou celui des zones de surjet à détendre peut être guidé par une topographie cornéenne. L'ablation sélective des points séparés et l'ajustement de la tension du surjet donnent des résultats similaires en termes de réduction de l'astigmatisme post-greffe. Le choix de laisser en place à long terme ou d'enlever la totalité des sutures est parfois difficile à faire. Habituellement, il est souhaitable de laisser en place la plupart des sutures pendant au moins 12 à 18 mois. Une ablation plus précoce de l'ensemble des sutures peut entraîner un décalage de la cicatrice voire son ouverture. Une augmentation transitoire de la corticothérapie est nécessaire sous une courte couverture antibiotique topique lors du retrait des sutures.

8. Greffes pédiatriques

Les greffes de cornée chez l'enfant requièrent d'évaluer de façon réfléchie le rapport bénéfices-risques d'une greffe à

cet âge. Une greffe lamellaire sera préférée si l'indication le permet. En effet, la corticothérapie locale à forte dose et très prolongée est très à risque d'induire chez ces jeunes enfants une cataracte et un glaucome. En pratique, il est classique de greffer aussi vite que nécessaire pour lutter contre l'amblyopie ; mais aussi tard que possible en raison d'une coopération parfois difficile, du risque de rejet et de complications cortisoniques. Des examens sous anesthésie générale répétés et rapprochés sont nécessaires, d'autant plus que l'enfant est jeune, pour retirer même précocement toute suture lâche.

■ Les greffes lamellaires antérieures

L'absence d'ouverture de la chambre antérieure dans les greffes lamellaires antérieures diminue les risques de glaucome, cataracte, décollement de rétine, œdème maculaire cystoïde, hémorragie expulsive et endophtalmie. L'absence de rejet endothélial permet également d'alléger et de raccourcir la corticothérapie postopératoire. Le rejet stromal est par contre pris en charge de la même façon que le rejet endothélial. La gestion des sutures est également proche de celle des greffes transfixiantes, avec pour certains un retrait plus précoce mais un risque cependant de désunion de la cicatrice.

■ Les greffes endothéliales

En raison de la petite taille de l'incision, l'intégrité structurale du globe est préservée avec moins de risques qu'après greffe transfixiante et un suivi postopératoire moins contraignant. La récupération visuelle est plus rapide avec de meilleurs résultats visuels initiaux après DMEK qu'après DSAEK [5]. L'acuité visuelle en cas de DSAEK est meilleure lorsque l'épaisseur stromale résiduelle est fine (*ultra-thin* DSAEK) avec une récupération plus progressive, observée parfois jusqu'à 5 ans. La fréquence du décollement postopératoire du greffon est plus importante après DMEK. La nécessité de

réinjecter de l'air dans les suites opératoires est donc supérieure après DMEK [5]. Il n'y a pas de différence entre les deux techniques dans la densité endothéliale postopératoire. Le risque de rejet est inférieur à celui observé après greffe transfixiante, permettant plus de flexibilité dans la gestion de la corticothérapie. Le rejet est plus fréquent après DSAEK qu'après DMEK mais augmente dans tous les cas si la corticothérapie est interrompue précocement [6]. Elle est conseillée sur au moins 2 ans, dégressive, pour finir à 1 goutte par jour.

■ Conclusion

Si la greffe transfixiante garde des indications primaires de greffe, les greffes lamellaires occupent aujourd'hui une place considérable en raison de leurs avantages qui diminuent les complications et facilitent souvent la prise en charge postopératoire. Il n'en reste pas moins que si la technique chirurgicale est importante, un suivi postopératoire rigoureux conditionne souvent le pronostic et le résultat de la greffe.

Bibliographie

1. ANWAR M, TEICHMANN KD. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2002;28:398-403.
2. DUA HS, FARAJ LA, SAID DG *et al*. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology*, 2013;120:1778-1785.
3. MELLES GR, WIJDH RH, NIEUWENDAAL CP. A technique to excise the descemet membrane from a recipient cornea (descemetorhexis). *Cornea*, 2004;23:286-288.
4. KHAROD-DOLAKIA B, RANDLEMAN JB, BROMLEY JG *et al*. Prevention and treatment of corneal graft rejection: current practice patterns of the Cornea Society (2011). *Cornea*, 2015;34:609-614.
5. SINGH A, ZAREI-GHANAVATI M, AVADHANAM V *et al*. Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Outcomes of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Versus Descemet Stripping Endothelial Keratoplasty/Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty. *Cornea*, 2017;36:1437-1443.
6. PRICE MO, SCANAMEO A, FENG MT *et al*. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: risk of immunologic rejection episodes after discontinuing topical corticosteroids. *Ophthalmology*, 2016;123:1232-1236.

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



M. STREHO
Centre Explore Vision, Paris, RUEIL-MALMAISON,
Hôpital Lariboisière, PARIS.
mstreho@yahoo.fr

Les erreurs de calcul pour les implants intraoculaires cristalliniens et les conseils pour les éviter

La biométrie est une étape clé pour le bon résultat réfractif après chirurgie du cristallin avec implantation d'implant intraoculaire. À l'heure des chirurgies réfractives, des "Prelex" ou chirurgie du cristallin clair à visée réfractive ou plus simplement toute chirurgie de cataracte standard, les exigences réfractives des patients mais également des ophtalmologistes sont au maximum. À juste titre, avec les évolutions des techniques chirurgicales, des implants intraoculaires mais également des techniques de biométrie, nous sommes en droit et en devoir d'exiger le maximum.

Néanmoins, il est important de bien connaître et d'avoir en tête, même en 2018, les sources d'erreur de calcul et les moyens de les limiter le plus possible. Ainsi, la biométrie reste une étape importante qu'il ne faut pas minimiser dans la chirurgie du cristallin. Ce dossier a pour objectif de faire une synthèse de la revue de la littérature et de nos pratiques pour seul but d'améliorer nos pratiques cliniques.

■ Généralités

Il est intéressant de constater que pour améliorer sa précision réfractive, il faut également améliorer ses connaissances. Une étude de Kaplowitz *et al.* a montré que des internes en formation avaient des résultats réfractifs postopératoires de chirurgie de la cataracte meilleurs après avoir eu le module biométrie. Leurs résultats réfractifs deviennent ainsi comparables aux résultats généraux retrouvés dans la littérature. [1] Ainsi, la précision actuelle d'une chirurgie du cristallin et d'une biométrie parfaitement réalisée atteint $\pm 0,25D$ dans 40 % des cas, $\pm 0,5D$ dans 60 % des cas et $\pm 1D$ dans 95 % des cas [2, 3]. À l'ère de la biométrie optique, de l'automatisation des mesures, il est important de garder un sens clinique (et critique) pour déceler les erreurs de mesure, de formules et de choix d'implant.

■ Sources d'erreur

Les travaux d'Olsen ont permis d'individualiser les principales sources d'erreurs réfractives postopératoires [4]. Initialement, la mesure de la longueur axiale était la principale source d'erreur mais avec l'avènement des biomètres optiques, cette mesure est devenue plus précise, fiable et reproductible. La mesure de la longueur axiale reste encore problématique en cas d'absence de fixation ou de coopération (ex : nystagmus), de staphylome myopique prononcé ou de troubles des milieux empêchant la mesure par interférométrie.

C'est dans ces cas que la biométrie optique sera complétée par une biométrie ultrasonore [5]. La mesure de la kératométrie est une source d'erreur modérée mais au premier plan en cas d'antécédent de chirurgie réfractive cornéenne (kératotomy radiaire, LASIK, PKR et autres...). Finalement, la principale source d'erreur est l'estimation de la position effective de l'implant (ELP). La place postopératoire du dioptré implant est déterminée en, préopératoire par des algorithmes appelés formules de calcul avec plus ou moins de précision. On comprend facilement qu'une erreur d'estimation de l'ELP sur un implant de 30D aura des conséquences réfractives majeures.

C'est pour cela que les formules doivent être adaptées à chaque clinique et à chaque biométrie. L'étude de Norrby *et al.* estime l'ELP ou choix de la formule comme source d'erreur dans 35,5 % des cas, la longueur axiale dans 17 % et la kératométrie dans 10,1 % [6]. Lors des mesures de la biométrie, il est important de garder en tête qu'une erreur de mesure de 0,1 mm de longueur axiale aura une conséquence de 0,25D en postopératoire et une erreur de 0,1 mm de kératométrie aura une conséquence réfractive de 0,5D en postopératoire. Ces erreurs sont bien évidemment majorées en cas de globe court ou de kératométrie importante. Drexler *et al.* nous proposent une équation à quatre inconnus pour obtenir le meilleur résultat

réfractif possible après chirurgie du cristallin. Il faut associer de manière conjointe la précision des implants, des mesures, des formules et de la technique chirurgicale [7].

■ Recommandations

Afin de limiter les erreurs réfractives, il convient de respecter quelques points lors de la réalisation de la biométrie. Actuellement, l'examen de référence pour la biométrie est le biomètre optique. Il s'agit d'un appareil formidable basé sur le principe de l'interférométrie (à l'instar de l'OCT) dont les avantages principaux sont l'automatisation, la précision, la fiabilité et la rapidité. Les principaux inconvénients en sont ses avantages, le signal en sera bloqué en partie ou en totalité en cas de troubles importants des milieux transparents. La dernière génération de biomètre optique en "*swept source*" offre de par sa longueur d'onde une meilleure pénétration tissulaire et donc une meilleure mesure en cas de cataracte dense. L'appareil sera bridé en cas de mesures aberrantes ou d'un œil "hors norme" avec une kératométrie ou une longueur axiale excessives. Il convient également de garder son sens clinique car même si l'appareil est d'une précision redoutable le choix de la formule en sera le point déterminant. En effet, même en présence de mesures parfaites une mauvaise formule donnera une puissance d'implant fausse entraînant inéluctablement une erreur réfractive postopératoire.

La biométrie doit commencer par une phase d'interrogatoire à la recherche de facteurs pouvant perturber ou modifier les mesures. Il faudra rechercher des antécédents de chirurgie oculaire et de chirurgie réfractive en premier lieu mais également une vitrectomie ou un tamponnement. La recherche de port de lentilles est importante avec le type de lentilles mais également d'autres antécédents ophtalmologiques comme un syndrome sec oculaire.

La kératométrie est la première étape de la biométrie et nécessite quelques précautions. Les porteurs de lentilles doivent au préalable retirer leurs lentilles minimum 48 heures avant en cas de lentilles souples et 1 semaine en cas de lentilles rigides. En cas de non-respect de cette règle, les lentilles pourraient induire une déformation de la cornée faussant les mesures de la kératométrie sur sa surface antérieure. De plus, la kératométrie se mesure au travers du film lacrymal donc la qualité des mesures dépendra de la qualité des larmes. L'appareil rappelle de faire cligner les patients avant les mesures de kératométrie mais on peut également instiller du sérum physiologique pour améliorer les mesures.

Globalement, pour chaque mesure, il est préférable de répéter les mesures et chercher la moindre variabilité possible. En cas d'écart important, on pourra refaire des mesures pour en limiter l'écart type. En cas de mesures kératométriques aberrantes, une topographie complémentaire permettra de comprendre et d'analyser de manière quantitative et qualitative les causes des mesures aberrantes (ex : kératocône, dégénérescence pellucide, antécédent de chirurgie réfractive...). Certains biomètres intègrent un topographe qui pourra compléter systématiquement la biométrie.

La mesure de la longueur axiale se fait systématiquement en biométrie optique et nécessitera pour cela une bonne fixation ou coopération du patient ainsi qu'un bon signal pour avoir des mesures fiables et précises. L'appareil est rendu "intelligent" en ce sens qu'en cas de signal trop faible ou incohérent l'appareil ne donnera pas de résultat du tout. La biométrie en mode-A est à éviter tout particulièrement en mode contact. Elle risque d'induire une micro-aplaxation et donc un risque d'erreur de mesure de la longueur axiale. De plus, le vecteur de contrôle ne permet pas de vérifier que la mesure a été faite sur le bon axe (apex cornéen – fovéa). La biométrie en mode-B sera une alternative intéressante en cas de biométrie optique non réalisable ou incohérente mais également en cas d'amétropies aberrantes, de chirurgie réfractive ou d'implantation d'implant "*premium*".

La profondeur de chambre antérieure sera mesurée soit par balayage, soit en interférométrie. Il convient d'éviter de mesurer la profondeur de chambre antérieure par balayage si le patient est dilaté [8]. En effet, le plan de repère est l'iris et en cas de dilatation l'appareil pourra se tromper et utiliser la cristalloïde antérieure comme plan de référence. Ainsi, pour les formules nécessitant une mesure de profondeur de chambre antérieure, il faudra réaliser la biométrie sur un patient non dilaté. Toutes les mesures doivent être interprétées selon la qualité du signal et l'écart type. Si le signal est trop faible et/ou l'écart type trop important, il faudra implanter avec précaution ou compléter la biométrie optique par une biométrie ultrasonore en mode-B de préférence. Sur les dernières générations de biomètre optique, nous pouvons visualiser la coupe fovéolaire, très utile pour dépister une éventuelle pathologie maculaire sous-jacente (*fig. 1A, B, C*).

Les formules de calcul sont nombreuses et variées. Elles promettent une emmétropie mais sont basées uniquement sur la théorie (modèle mathématique de l'œil) et/ou sur les statistiques (régression). La formule de référence reste la formule SRK-T, formule théorique de 2^e génération [9]. Il existe

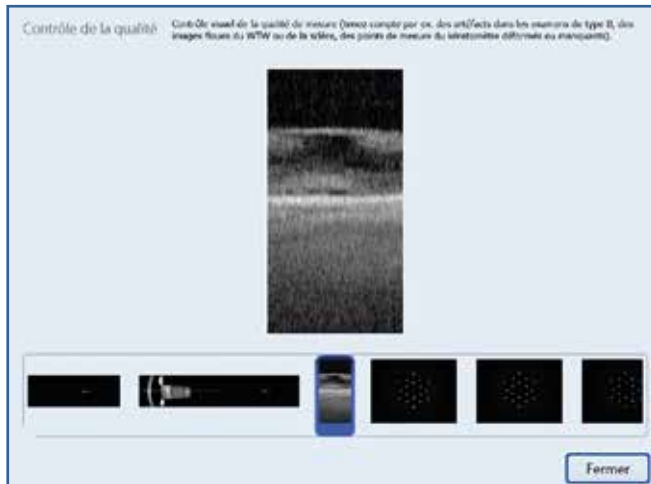


Fig. 1A : Visualisation centrée sur la zone fovéolaire du IOL Master 700 (C. Zeiss) d'une membrane épimaculaire contractile.

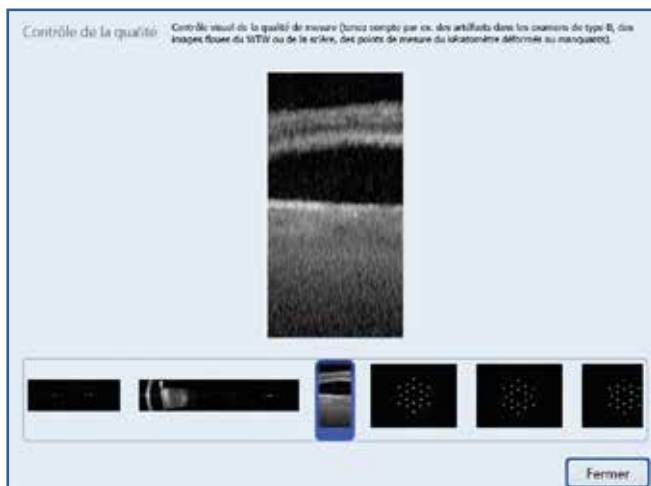


Fig. 1B : Visualisation centrée sur la zone fovéolaire du IOL Master 700 (C. Zeiss) dans le cadre d'un décollement de rétine avec soulèvement de la zone maculaire.



Fig. 1C : Visualisation centrée sur la zone fovéolaire du IOL Master 700 (C. Zeiss) dans le cadre d'un œdème maculaire cystoïde diabétique.

des formules de 3^e et 4^e génération offrant plus de mesures, rendues possibles avec des biomètres de plus en plus performants (**tableau I**). Il faut garder en tête, que ce n'est pas parce que la formule mesure plus de paramètres qu'elle offre une meilleure précision réfractive. Le point crucial est probablement la manière de déterminer la position effective de l'implant par la mesure de la kératométrie et la longueur axiale pour les formules de 2^e génération, par la mesure de la profondeur de chambre antérieure (Haigis) et l'épaisseur du cristallin (Holladay 2) pour les formules de 3^e génération. Les formules de 4^e génération sont essentiellement basées sur des formules théoriques (Barrett Universal II) associées à des formules de régression ultra-puissantes (Hill-RBF). Les biomètres optiques actuels possèdent un très grand nombre de formules (**tableau II**). Il est préférable ainsi de travailler en multi-formules afin de comparer les résultats donnés par les différentes formules. L'inconvénient de travailler en multi-formule et qu'il faut déterminer à l'avance l'implant à implanter. La formule sera adaptée principalement à la

	LA	K	LT	ACD	W/W	Âge	CCT	Réf. pré-op
SRK/T	X	X						
Holladay I	X	X						
Hoffer Q	X	X						
Olsen	X	X	X	X		X	X	
Haigis	X	X		X				
Holladay II	X	X	X	X	X	X		X
Barrett universal II	X	X	X	X	X			

Tableau I : Ce tableau résume les différents paramètres mesurés par les différentes formules.

Biomètre Optique	Formules
ALADDIN - Topcon	Haigis, Hoffer Q, Holladay 1, SRKII & SRKT, Barrett Universal 11, Olsen
LENSTAR LS 900	Hill-RBF Method, Olsen, Barrett Universal 11, Barrett TrueK, Barrett Tarie Calculator*, Haigis, HofferQ, Holladay 1, SRK/T, SRK 1
IOLMaster 700 - Zeiss	Barrett Suite* (includes Barrett Tarie, Barrett True-K & Barrett Universal II), Haigis Suite [includes Haigis, Haigis-L (for eyes following myopic/hyperopic LASIK/PRK/LASEK, Haigis-T (for tarie IOL power)], Hoffer® Q, Holladay 1 & 2, SRK®/T.
AL-Sean - Nidek	SRK, SRK 11, SRK/T, Binkhorst, Hoffer Q, Holladay, Haigis, Camellin-Calossi Camellin-Calossi, Shammas PL
OA 2000 - Tomey	SRK-T, Holladay, Hoffer Q, HAIGIS optimized formula, Showa, HAIGIS standard formula
Pentacam AXL - Oculus	SRK/T, Haigis, HofferQ, Holladay and Barrett Universal II

Tableau II : Ce tableau résume les formules disponibles selon les différents biomètres (informations non exhaustives vouées à évoluer).

- de 22,5 à 24,5 mm, (72 % de la population) : **toutes le formules**
- > 24,5 mm, (20 % de la population) : **SRK-T**
Haigis, Olsen, Barrett (PCI)
Olsen (OLCR)
- < 22,5 mm, (8 % de la population) : **HofferQ, Holladay**
Barrett (PCI)
Olsen (OLCR)

Tableau III : Ce tableau résume les formules à utiliser "de préférence" selon la longueur axiale mais également selon le type de biomètre [2, 10].

longueur axiale. Le **tableau III** résume les formules à utiliser selon la longueur axiale mais également selon le biomètre optique utilisé. [2, 10]

La constante A doit être optimisée au type d'implant mais également au biomètre utilisé et idéalement au chirurgien. Les constantes optimisées sont disponibles sur les sites ULIB (<http://ocusoft.de/ulib/c1.htm>) et IOLCon (<https://iolcon.org>) et Dr Hill (<https://www.doctor-hill.com>). Ainsi, la précision réfractive postopératoire s'améliore en optimisant la constante (passe de 79,7 % à 82,5 % pour une précision de +/- 1D).

Finalement, il convient de garder en tête la précision des implants, déterminée par la norme ISO 11979-2. Elle impose une précision de +/- 0,3D pour les implants de 0 à 15D, +/- 0,4D de 15,5 à 25D et +/- 1D de 25,5 à 30D.

10 règles d'or en biométrie

1. Éviter le mode A contact
2. Biomètre optique est l'examen de référence (si possible mode B)
3. Vérifier la cohérence des mesures (LA, K)
4. Déterminer la LA moyenne du patient
5. Utiliser les valeurs de Ken mm de préférence
6. Attention aux porteurs de lentilles
7. Utiliser des constantes A optimisées
8. Ne plus utiliser la formule SRK II
9. Adapter la formule à la LA (et K)
10. Connaître le degré de précision de la biométrie

Tableau IV : Ce tableau résume les principaux points à respecter lors de la biométrie oculaire.

Conclusion

En conclusion, la biométrie est une étape capitale dans la chirurgie du cristallin. Elle est source d'erreur réfractive. Afin de limiter ces erreurs, il convient de bien respecter le protocole de biométrie. L'appareil de référence est le biomètre optique et chaque mesure doit être rigoureuse. En cas de mesures aberrantes, une biométrie en mode-B viendra compléter la biométrie. Une fois les mesures validées, le choix de la formule devra être adapté à la situation clinique. Malgré toutes ces précautions, la précision absolue n'existe pas pour tous les patients. Il faudra savoir adapter son discours au patient et l'informer de l'état de l'art actuel. Le **tableau IV** résume les 10 règles d'or à respecter lors de la biométrie.

Bibliographie

1. KAPLOWITZ K, HONG BY, CHOU TY *et al.* Improved refractive outcomes of postgraduate year 4 cataract surgery after implementing a stepwise biometry lecture series reinforced by self-assessment at a teaching program. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:524-529.
2. ARISTODEMOU P, KNOX CARTWRIGHT NE *et al.* Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:63-71.
3. SHEARD R. Optimising biometry for best outcomes in cataract surgery. *Eye*, 2014;28:118-125.
4. OLSEN T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*, 1992;18:125-129.
5. BERGÈS O, PUECH M, ASSOULINE M *et al.* B-mode-guided vector-A-mode versus A-mode biometry to determine axial length and intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg*, 1998;24:529-535.
6. NORRBY S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:368-376.
7. DREXLER W, FINDL O, MENAPACE R *et al.* Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol*, 1998;126:524-534.
8. KHAMBHIPHANT B, CHATBUNCHACHAI N, PONGPIRUL K. The effect of pupillary dilatation on IOL power measurement by using the IOLMaster. *Int Ophthalmol*, 2015;35:853-859.
9. RETZLAFF JA, SANDERS DR, KRAFF MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg*, 1990;16:333-340.
10. COOKE DL, COOKE TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1157-1164.

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



L. GAUTHIER
Espace Hélios, Layatz II,
SAINT-JEAN-DE-LUZ.
docteurgauthier@ophtaluz.com

Le calcul d'implant: le nerf de la guerre de la chirurgie de la cataracte

La reproductibilité de notre geste chirurgical ayant considérablement diminué l'aléa interventionnel, l'exactitude de la puissance de la lentille intraoculaire posée devient le paramètre crucial le plus difficile à contrôler. Cela est d'autant plus vrai que les implants Premium, en particulier multifocaux, rendent l'emmétropie nécessaire et ce d'autant plus que l'objectif réfractif est de plus en plus un moteur décisionnel pour le patient et différentiant pour le praticien.

Les examens biométriques sont aujourd'hui d'une reproductibilité très importante avec, en particulier, l'apparition et le raffinement des biomètres optiques utilisant l'interférométrie laser.

La source majeure d'erreur de calcul d'implant n'est donc plus aujourd'hui l'exactitude des données biométriques mais plutôt l'utilisation d'une formule inadaptée.

Les calculs théoriques normalement source d'une excellente prédiction mathématique sont parfois pris en défaut par un déficit de prédiction de la position de l'implant (ELP: *Exact Lens Position*), laquelle est le facteur différentiant des diverses formules.

■ Les formules de calcul de l'équivalent sphérique de l'implant

1. Les formules de régression

Elles ont été établies de manière rétrospective et statistique à partir des éléments biométriques.

La formule SRK développée par Sanders, Retzlaff, Craft ne prenait en compte, pour le calcul de la puissance de l'implant, que la longueur axiale et la kératométrie.

Cette formule était $P = A - 2.5 L - 0.9K$

La constante A le plus souvent située entre 117.5 et 120 était censée représenter l'impact de la position de l'implant dans l'œil, plus cet implant était postérieur, plus la constante de l'implant devait être importante. Cette formule simple pouvant être calculée "à la main" a été utilisée pendant la première décennie de l'implantation intraoculaire mais s'est montrée imprécise dès que l'on s'éloignait d'une certaine norme d'œil.

2. Les formules théoriques

Elles utilisent un modèle d'œil simplifié. Elles diffèrent essentiellement par les moyens utilisés pour extrapoler l'ELP. *Les formules théoriques de première génération* reposant sur les formules de vergence n'utilisaient que la valeur longueur axiale pour prédire la profondeur de chambre antérieure, cela était par exemple les formules de Hoffer et Binkhorst.

Les formules théoriques de troisième génération : leur chef de file est la formule SRKT laquelle utilise, dans le cadre d'une formule très sophistiquée, le couple kératométrie et longueur axiale pour prédire la position de l'implant.

Il existe au sein de cette formule deux sous-groupes pour des longueurs axiales supérieures ou inférieures à 24,4 millimètres. Cette formule est intégralement publiée mais ne peut se résumer à une équation simple et elle nécessite un logiciel pour la mettre en œuvre (*fig. 1*).

Emmetropia IOL power, D (IOL_{emme}) :

$$IOL_{emme} = \frac{1000 \times n_a \times (n_a \times r - n_c ml \times LOPT)}{(LOPT - ACD) \times (n_a \times r - n_c ml \times ACD)}$$

Fig. 1 :

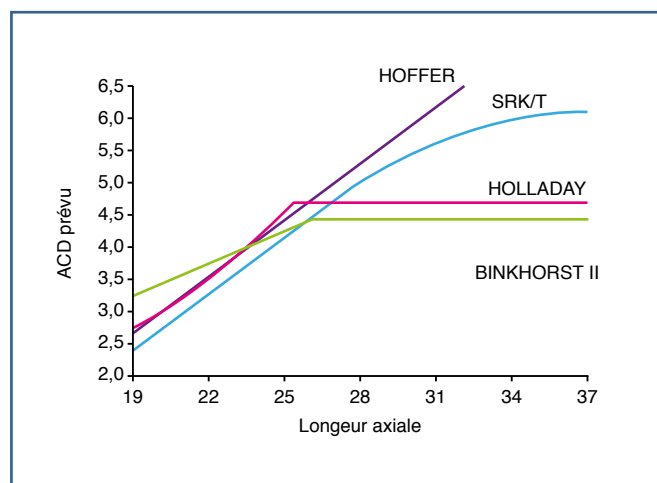


Fig. 2 : Graphique représentant les différentes formules de calcul pour estimer l'ELP.

Il s'agit toujours aujourd'hui de l'une des formules leader en raison de la transparence des calculs effectués et de la bonne reproductibilité de ses résultats.

La formule de Hoffer Q intègre un mode de prédiction différent de l'ELP et serait adaptée selon la plupart des auteurs pour des globes oculaires courts (fig. 2).

La formule de Haigis introduit un paramètre supplémentaire pour estimer l'ELP : c'est la profondeur de chambre antérieure mesurée. La kératométrie n'est ici plus utilisée pour extrapoler la profondeur de chambre antérieure, laquelle étant directement mesurée par le Iol Master. Cette formule incomplètement publiée est intimement liée à ce dispositif. Elle serait plus adaptée à des kératométries s'éloignant des valeurs moyennes. Cependant, elle ne donne pas, sur l'ensemble du spectre biométrique, des résultats significativement supérieurs à la SRKT qui utilise pourtant une donnée biométrique de moins.

La formule de Olsen intègre un quatrième paramètre, à savoir, l'épaisseur du cristallin et ce en présupposant que l'implant vient se positionner au niveau de l'équateur du cristallin. Seuls les biomètres optiques de dernière génération sont capables de mesurer cette épaisseur, cette formule n'a pour l'instant été utilisée que sur le Lenstar.

L'intelligence artificielle et les raffinements statistiques liés au *big data* vont très rapidement venir bousculer ces classifications et formules établies depuis de nombreuses années. En effet, les retours d'expérience en utilisant ces formules vont permettre d'améliorer leurs résultats par des biais purement

statistiques. On comprend, qu'en ophtalmologie comme ailleurs, la maîtrise des données constitue "l'or noir" de demain.

En pratique, on recommande aujourd'hui d'utiliser systématiquement des quadri-formules où, pour une biométrie donnée, le résultat des quatre formules principales (par exemple SRKT, Haigis, Hoffer Q et Holladay voir SRK II) est affiché (fig. 3).

Sur des yeux standards, la différence de résultats est en général très faible mais, en dehors de ces valeurs habituelles, une comparaison du résultat des différentes formules peut être intéressante, le praticien pouvant pondérer l'une par rapport à l'autre.

Dans tous les cas, la constante de l'implant devra être secondairement optimisée. Cette procédure consiste à introduire dans le logiciel du biomètre les résultats réfractifs quelques semaines après la pose. Ce dernier va alors recalculer la constante afin que la moyenne des résultats obtenus soit emmétropisante. Cette procédure parfois présentée comme l'introduction d'une constante personnalisée pourrait au contraire représenter une manière d'étalonner son biomètre *a posteriori*.

En attendant d'utiliser une constante personnelle optimisée et en l'absence de confiance en la constante fournie par le laboratoire, on pourra utiliser une constante issue de la consultation du site ULIB où divers utilisateurs publient leur propre constante.

3. Les formules après chirurgie réfractive cornéenne

Tout le monde le sait, les résultats post-chirurgie réfractive cornéenne sont très mauvais si on n'utilise pas de formules particulières.

Diverses raisons concourent à ces erreurs réfractives :

- la mauvaise appréciation de la puissance cornéenne centrale laquelle est en général mesurée sur un cercle entre 2,2 et 3,2 mm du centre sous estimant ainsi, la plupart du temps, la variation kératométrique induite par la chirurgie cornéenne ;
- l'extrapolation, à partir de la kératométrie et de la profondeur de chambre antérieure, est prise en défaut. En effet, cette dernière est basée sur le principe de la flèche cornéenne, laquelle présuppose qu'une cornée plus plate est associée à une profondeur de chambre antérieure plus faible. Après chirurgie réfractive myopique, la kératométrie est abaissée sans que cette flèche cornéenne soit modifiée ;

Nom: Numéro ID: Né(e) le: 15/01/1961 Date d'examen: 15/03/2017 Chirurgien: DR GAUTHIER Lentille: TECNIS ZKB APRES OPTI		Réfraction cible: 0 D n: 1.3375																																																																																																																																																																													
OD AL: 24.14 mm (SNR = 99.5) K1: 40.18 D / 8.40 mm @ 9° K2: 42.19 D / 8.00 mm @ 99° R / ES: 8.20 mm (SD = 41.19 mm) Cyl.: -2.01 D @ 9° Prof. chambre ant.: 3.08 mm Statut de l'oeil: Phaque		OS AL: 24.13 mm (SNR = 117.3) K1: 40.66 D / 8.30 mm @ 15° K2: 41.46 D / 8.14 mm @ 105° R / ES: 8.22 mm (SD = 41.06 mm) Cyl.: -0.80 D @ 15° Prof. chambre ant.: 3.18 mm Statut de l'oeil: Phaque		OS AL: 24.13 mm (SNR = 117.3) K1: 40.66 D / 8.30 mm @ 15° K2: 41.46 D / 8.14 mm @ 105° R / ES: 8.22 mm (SD = 41.06 mm) Cyl.: -0.80 D @ 15° Prof. chambre ant.: 3.18 mm Statut de l'oeil: Phaque																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">SRK®/T</th> <th style="width: 20%;">SRK® II</th> </tr> <tr> <td>Const. A: 119.8</td> <td>Const. A: 120.4</td> </tr> <tr> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.45</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.11</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.23</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.57</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.90</td></tr> </table> </td> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.2</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.2</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>IOL émmé.: 22.84</td> <td>IOL émmé.: 23.01</td> </tr> </table>		SRK®/T	SRK® II	Const. A: 119.8	Const. A: 120.4	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.45</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.11</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.23</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.57</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.90</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.15	24.0	-0.80	23.5	-0.45	23.0	-0.11	22.5	0.23	22.0	0.57	21.5	0.90	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.2</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.2</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.2	24.0	-0.8	23.5	-0.4	23.0	0.0	22.5	0.4	22.0	0.8	21.5	1.2	IOL émmé.: 22.84	IOL émmé.: 23.01	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">SRK®/T</th> <th style="width: 20%;">SRK® II</th> </tr> <tr> <td>Const. A: 119.8</td> <td>Const. A: 120.4</td> </tr> <tr> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.05</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.70</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.01</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.33</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.66</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.99</td></tr> </table> </td> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.7</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.3</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.3</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>IOL émmé.: 22.98</td> <td>IOL émmé.: 23.12</td> </tr> </table>		SRK®/T	SRK® II	Const. A: 119.8	Const. A: 120.4	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.05</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.70</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.01</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.33</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.66</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.99</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.05	24.0	-0.70	23.5	-0.35	23.0	-0.01	22.5	0.33	22.0	0.66	21.5	0.99	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.7</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.3</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.3</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.1	24.0	-0.7	23.5	-0.3	23.0	0.1	22.5	0.5	22.0	0.9	21.5	1.3	IOL émmé.: 22.98	IOL émmé.: 23.12	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Haigis</th> <th style="width: 20%;">HofferQ</th> </tr> <tr> <td>A0 Const: -1.117</td> <td>pACD Const: 5.99</td> </tr> <tr> <td>A1 Const: 0.21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A2 Const: 0.251</td> <td></td> </tr> <tr> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.44</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.10</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.93</td></tr> </table> </td> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.9</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.6</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.2</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.1</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>IOL émmé.: 23.36</td> <td>IOL émmé.: 23.17</td> </tr> </table>		Haigis	HofferQ	A0 Const: -1.117	pACD Const: 5.99	A1 Const: 0.21		A2 Const: 0.251		<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.44</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.10</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.93</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-1.15	24.5	-0.80	24.0	-0.44	23.5	-0.10	23.0	0.25	22.5	0.59	22.0	0.93	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.9</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.6</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.2</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.1</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-0.9	24.0	-0.6	23.5	-0.2	23.0	0.1	22.5	0.4	22.0	0.8	21.5	1.1	IOL émmé.: 23.36	IOL émmé.: 23.17	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Haigis</th> <th style="width: 20%;">HofferQ</th> </tr> <tr> <td>A0 Const: -1.117</td> <td>pACD Const: 5.99</td> </tr> <tr> <td>A1 Const: 0.21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A2 Const: 0.251</td> <td></td> </tr> <tr> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-0.99</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.29</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.74</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>1.07</td></tr> </table> </td> <td> <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.1</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>IOL émmé.: 23.58</td> <td>IOL émmé.: 23.34</td> </tr> </table>		Haigis	HofferQ	A0 Const: -1.117	pACD Const: 5.99	A1 Const: 0.21		A2 Const: 0.251		<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-0.99</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.29</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.74</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>1.07</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-0.99	24.5	-0.64	24.0	-0.29	23.5	0.06	23.0	0.40	22.5	0.74	22.0	1.07	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.1</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-1.1	24.5	-0.8	24.0	-0.4	23.5	-0.1	23.0	0.2	22.5	0.6	22.0	0.9	IOL émmé.: 23.58	IOL émmé.: 23.34
SRK®/T	SRK® II																																																																																																																																																																														
Const. A: 119.8	Const. A: 120.4																																																																																																																																																																														
<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.45</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.11</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.23</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.57</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.90</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.15	24.0	-0.80	23.5	-0.45	23.0	-0.11	22.5	0.23	22.0	0.57	21.5	0.90	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.2</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.2</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.2	24.0	-0.8	23.5	-0.4	23.0	0.0	22.5	0.4	22.0	0.8	21.5	1.2																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
24.5	-1.15																																																																																																																																																																														
24.0	-0.80																																																																																																																																																																														
23.5	-0.45																																																																																																																																																																														
23.0	-0.11																																																																																																																																																																														
22.5	0.23																																																																																																																																																																														
22.0	0.57																																																																																																																																																																														
21.5	0.90																																																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
24.5	-1.2																																																																																																																																																																														
24.0	-0.8																																																																																																																																																																														
23.5	-0.4																																																																																																																																																																														
23.0	0.0																																																																																																																																																																														
22.5	0.4																																																																																																																																																																														
22.0	0.8																																																																																																																																																																														
21.5	1.2																																																																																																																																																																														
IOL émmé.: 22.84	IOL émmé.: 23.01																																																																																																																																																																														
SRK®/T	SRK® II																																																																																																																																																																														
Const. A: 119.8	Const. A: 120.4																																																																																																																																																																														
<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.05</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.70</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>-0.01</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.33</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.66</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.99</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.05	24.0	-0.70	23.5	-0.35	23.0	-0.01	22.5	0.33	22.0	0.66	21.5	0.99	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.7</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.3</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.3</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-1.1	24.0	-0.7	23.5	-0.3	23.0	0.1	22.5	0.5	22.0	0.9	21.5	1.3																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
24.5	-1.05																																																																																																																																																																														
24.0	-0.70																																																																																																																																																																														
23.5	-0.35																																																																																																																																																																														
23.0	-0.01																																																																																																																																																																														
22.5	0.33																																																																																																																																																																														
22.0	0.66																																																																																																																																																																														
21.5	0.99																																																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
24.5	-1.1																																																																																																																																																																														
24.0	-0.7																																																																																																																																																																														
23.5	-0.3																																																																																																																																																																														
23.0	0.1																																																																																																																																																																														
22.5	0.5																																																																																																																																																																														
22.0	0.9																																																																																																																																																																														
21.5	1.3																																																																																																																																																																														
IOL émmé.: 22.98	IOL émmé.: 23.12																																																																																																																																																																														
Haigis	HofferQ																																																																																																																																																																														
A0 Const: -1.117	pACD Const: 5.99																																																																																																																																																																														
A1 Const: 0.21																																																																																																																																																																															
A2 Const: 0.251																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.15</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.80</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.44</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.10</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.93</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-1.15	24.5	-0.80	24.0	-0.44	23.5	-0.10	23.0	0.25	22.5	0.59	22.0	0.93	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.9</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.6</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.2</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>1.1</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	24.5	-0.9	24.0	-0.6	23.5	-0.2	23.0	0.1	22.5	0.4	22.0	0.8	21.5	1.1																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
25.0	-1.15																																																																																																																																																																														
24.5	-0.80																																																																																																																																																																														
24.0	-0.44																																																																																																																																																																														
23.5	-0.10																																																																																																																																																																														
23.0	0.25																																																																																																																																																																														
22.5	0.59																																																																																																																																																																														
22.0	0.93																																																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
24.5	-0.9																																																																																																																																																																														
24.0	-0.6																																																																																																																																																																														
23.5	-0.2																																																																																																																																																																														
23.0	0.1																																																																																																																																																																														
22.5	0.4																																																																																																																																																																														
22.0	0.8																																																																																																																																																																														
21.5	1.1																																																																																																																																																																														
IOL émmé.: 23.36	IOL émmé.: 23.17																																																																																																																																																																														
Haigis	HofferQ																																																																																																																																																																														
A0 Const: -1.117	pACD Const: 5.99																																																																																																																																																																														
A1 Const: 0.21																																																																																																																																																																															
A2 Const: 0.251																																																																																																																																																																															
<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-0.99</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.29</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>0.06</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.74</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>1.07</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-0.99	24.5	-0.64	24.0	-0.29	23.5	0.06	23.0	0.40	22.5	0.74	22.0	1.07	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">IOL (D)</th> <th style="width: 50%;">REF (D)</th> </tr> <tr><td>25.0</td><td>-1.1</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>24.0</td><td>-0.4</td></tr> <tr><td>23.5</td><td>-0.1</td></tr> <tr><td>23.0</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>22.5</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>22.0</td><td>0.9</td></tr> </table>	IOL (D)	REF (D)	25.0	-1.1	24.5	-0.8	24.0	-0.4	23.5	-0.1	23.0	0.2	22.5	0.6	22.0	0.9																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
25.0	-0.99																																																																																																																																																																														
24.5	-0.64																																																																																																																																																																														
24.0	-0.29																																																																																																																																																																														
23.5	0.06																																																																																																																																																																														
23.0	0.40																																																																																																																																																																														
22.5	0.74																																																																																																																																																																														
22.0	1.07																																																																																																																																																																														
IOL (D)	REF (D)																																																																																																																																																																														
25.0	-1.1																																																																																																																																																																														
24.5	-0.8																																																																																																																																																																														
24.0	-0.4																																																																																																																																																																														
23.5	-0.1																																																																																																																																																																														
23.0	0.2																																																																																																																																																																														
22.5	0.6																																																																																																																																																																														
22.0	0.9																																																																																																																																																																														
IOL émmé.: 23.58	IOL émmé.: 23.34																																																																																																																																																																														

(* = Changez manuellement, ! = Valeur limite!)

Fig. 3:

la longueur de l'œil est modifiée et en particulier la distance cornée implant est modifiée en raison de l'amincissement de la cornée en cas de chirurgie myopique. Cet élément intervient également dans les calculs.

En pratique, si l'on veut utiliser la SRKT, il faudra utiliser la formule double K de Aramberri qui utilise la kératométrie antérieure à l'intervention cornéenne pour prédire la position

de l'implant et la kératométrie postopératoire pour le calcul de vergence. Il convient, à tout prix, dans ces cas là, de proscrire l'utilisation de la SRKT conventionnelle.

La Haigis L est une formule dérivée de la formule de Haigis conventionnelle où la puissance cornéenne centrale est extrapolée à partir d'une base de données de 40 yeux ayant bénéficié d'une chirurgie myopique et/ou l'affinement cornéen

est "forfaitisé" sur une base de 120 microns. La profondeur de chambre antérieure n'étant plus extrapolée mais mesurée n'est pas impactée par le changement kératométrique.

De nombreuses autres formules moins diffusées existent et sont disponibles en général sur le site des sociétés savantes. Là aussi, l'irruption du *big data* va à très court terme bouleverser nos habitudes.

■ Les formules de calcul du cylindre de l'implant

Initialement, le calcul du Tore de l'implant se résumait à la projection de l'astigmatisme antérieur cornéen à la surface de l'implant intraoculaire rectifié d'un éventuel astigmatisme chirurgicalement induit (calculateurs en ligne des laboratoires).

Les résultats des implants toriques ont certes montré une amélioration considérable des résultats réfractifs cylindriques par rapport aux implants sphériques associés ou non à des incisions cornéennes relaxantes mais ont révélé une certaine irrégularité des résultats qui nous ont conduit à nous interroger sur l'origine de ces derniers.

Les résultats statistiques ont révélé une sur-correction de la compensation des astigmatismes conformes et une sous-correction des astigmatismes inverses. Cela a remis en évidence l'existence d'un astigmatisme cornéen antérieur, conforme physiologiquement venant compenser un astigmatisme interne inverse.

Baylor Toric IOL Nomogram_* (postoperative target : up to 0,40 D WTR astigmatism)

Effective IOL cylinder power at corneal plane (D)	WTR (D)	ATR (D)
0	≤ 1,69 (PCRI if > 1,00)	< 0,39
1,00	1,70-2,19	0,40_*-0,79
1,50	2,20-2,69	0,80-1,29
2,00	2,70-3,19	1,30-1,79
2,50	3,20-3,69	1,80-2,29
3,00	3,70-3,69	1,80-2,29
3,50	4,20-4,69	2,80-3,29
4,00	4,70-5,19	3,30-3,79

WTR = with-the-rule astigmatism ; ATR = against-the-rule astigmatism ; D = diopter, PCRI = peripheral corneal relaxing incision.

Fig. 4 :

Le nomogramme de Baylor intègre pour des astigmatismes inverses et conformes cet astigmatisme interne mais seuls les calculateurs intégrant un calcul vectoriel permettent théoriquement de calculer ces astigmatismes sur des axes obliques (fig. 4). Le plus populaire de ces calculateurs est le calculateur de Barrett.

C'est ainsi que les calculateurs en ligne offrent dorénavant aux médecins la possibilité de calculer le cylindre de leur implant intraoculaire en prenant en compte ou non un astigmatisme interne extrapolé (fig. 5).

Le problème de ces calculateurs est qu'ils appliquent une règle de calcul vectoriel non transparente dont on ne peut valider le bien fondé. Nous sommes typiquement en face du principe de la boîte noire qui a tendance à se répandre dans le domaine des calculs biométriques.

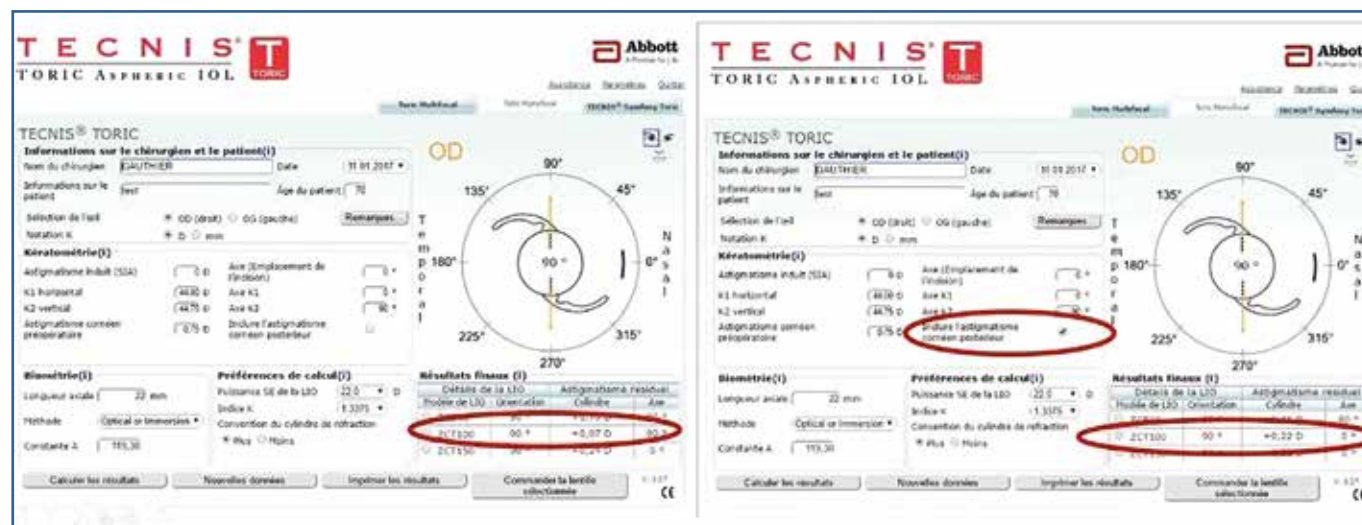


Fig. 5 :

Face antérieure / face postérieure

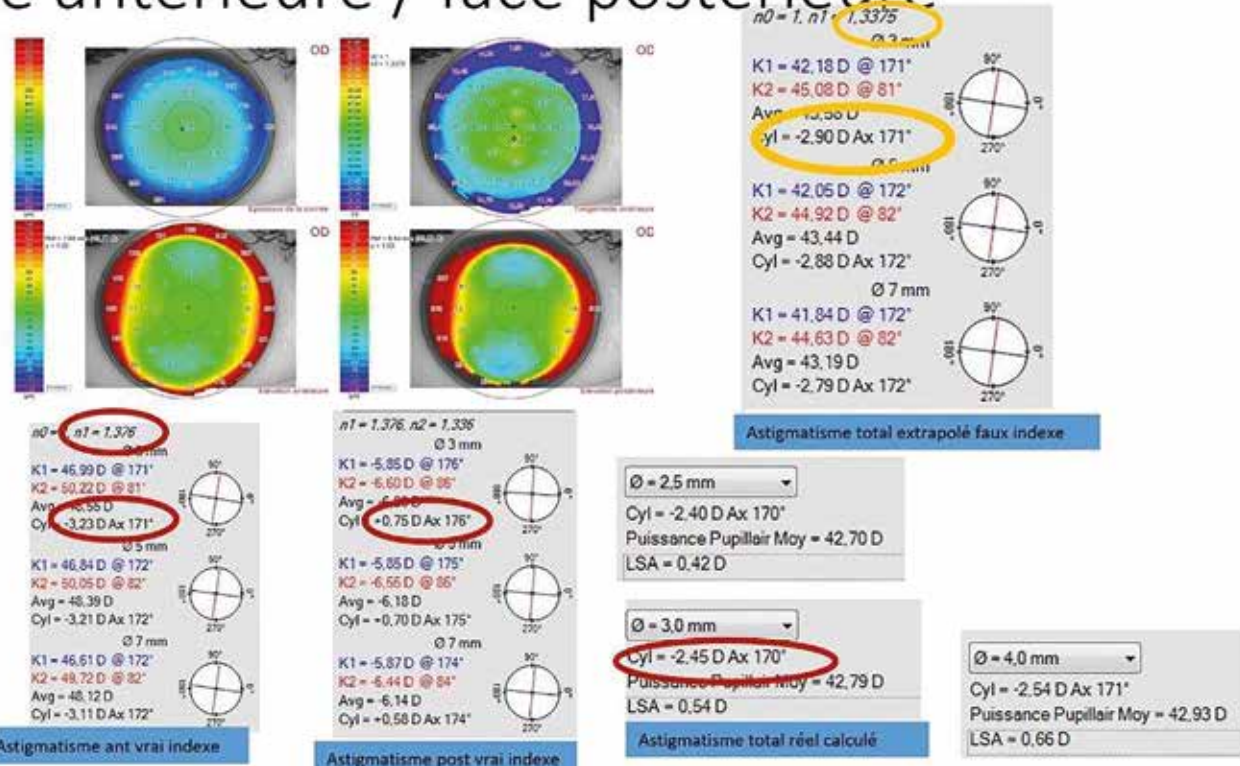


Fig. 6 :

La mesure directe de la face postérieure de la cornée, que ce soit par des moyens tomographiques ou basés sur l'OCT, pourrait logiquement être intégrée à ces calculs et remplacer avantageusement les extrapolations. Les études rétrospectives valident la supériorité de l'extrapolation par rapport à la mesure directe objectivant probablement l'imprécision de la mesure de la face postérieure (fig. 6).

Là aussi, l'irruption du *big data* viendra perturber des habitudes en augmentant notre dépendance à des systèmes plus ou moins opaques.

Conclusion

Le calcul d'implant est aujourd'hui un challenge plus difficile à relever que le simple recueil de données biométriques qui est de plus en plus fiable grâce à des appareillages toujours plus divers et plus reproductibles. La dimension statistique fait irruption dans un champ précédemment occupé par

des raisonnements purement optiques. En cela, il s'intègre dans une évolution tout juste débutante associant richesse des bases de données, *big data* et Intelligence Artificielle.

Pour en savoir plus

- ARAMBERRI J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: double K method. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29:2063-2068.
- HAIGIS W. The Haigis formula. In: Shammas HJ, ed, *Intraocular Lens Power Calculations*, 2004; 41-57.
- HAIGIS W. Intraocular lens calculation after refractive surgery for myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2008; 34:1658-1663.
- SHAMMAS HJ, SHAMMAS MC. No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2007; 33:31-36.

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



N. MESPLIÉ
Espace Hélios Ophtalmologie,
SAINT-JEAN-DE-LUZ.
nicolas.mesplie@gmail.com

Place du *piggy back* chirurgical en 2018

Le *piggy back* chirurgical est la mise en place dans un même temps ou dans un second temps chirurgical d'un implant dans le sulcus chez un patient pseudophaque. Depuis quelques années, des implants dédiés à ce positionnement supra-sacculaire sont apparus sur le marché et permettent dorénavant d'envisager ces techniques en pratique courante...

■ Les implants disponibles

Outre leur grand diamètre total (14 mm pour le Sulcoflex, 13,8 mm pour le Reverso) et une grande zone optique de 6,5 mm, les implants actuellement sur le marché présentent une optique à convexité antérieure avec des bords arrondis et une angulation des haptiques de 10°. Ces spécificités ont pour objectif d'éviter une capture de l'implant par l'iris et des lésions des procès ciliaires ou de la zonule...

Depuis fin 2017, le seul implant en silicone dédié au *piggy back* a été retiré du marché pour des raisons de coût de production (MS 714, Humain Optics). L'avantage non négligeable de cet implant résidait dans le fait qu'il présentait une stabilité remarquable dans le sulcus, toujours utile pour traiter les forts myopes ou encore les forts astigmatiques.

Il est important de noter que des implants non dédiés initialement à l'usage du *piggy back* peuvent être utilisés dans ces indications (par exemple l'implant ICL). Dans ces cas, il conviendra de toujours choisir un implant à convexité antérieure (pour éviter un contact avec l'implant sacculaire) et un design de l'optique évitant toute capture irienne...

1. L'implant Rayner Sulcoflex (fig. 1)

Cet implant acrylique hydrophile hydrophobe monobloc (rayacril) asphérique existe en version monofocale,



Fig. 1 : Implant Sulcoflex.

monofocale torique et multifocale. La version multifocale est réfractive avec une addition + 3.5 dioptries, répartie en 5 zones optique réfractives. Le choix de l'implant se fait à partir d'un calculateur en ligne.

>>> Avantages

L'injection est aisée et peut se faire en micro-incision. Il existe une très grande gamme de puissance dioptrique (jusqu'à +/- 10 dioptries).

>>> Inconvénients

La multifocalité est réfractive et est donc très sensible au décentrement avec des performances en deçà de ce qu'on pourrait attendre d'un implant multifocal d'aujourd'hui. Du fait du matériau et malgré leur grand diamètre, ces implants peuvent se décentrer chez les yeux ayant un très grand blanc à blanc (myopie forte le plus souvent).

2. L'implant Cristallens Reverso (fig. 2)

Il s'agit des derniers implants apparus sur le marché. L'implant est monobloc hydrophile asphérique et existe en



Fig. 2 : Implant Reverso.

version monofocale et multifocale diffractive. La version multifocale est diffractive bifocale avec différentes additions possibles (de +1.5D à + 3.5D). Un calculateur en ligne facilite le choix de la puissance de l'implant.

>>> Avantages

Comme pour le Sulcoflex, l'injection est aisée et en micro-incision. Les différentes additions de la version multifocale permettent de réaliser un "mix and match" afin d'améliorer la courbe de défocus en binoculaire. La version multifocale donne des résultats comparables aux implants multifocaux bifocaux de dernière génération.

>>> Inconvénients

La gamme du Reverso en termes de puissance dioptrique est plus restreinte que la gamme du Sulcoflex (de -6 dioptries à +6 dioptries par pas de 0.5 dioptries, sur mesure uniquement au-delà de 3 dioptries d'amétropie). Comme pour le Sulcoflex, il peut présenter des décentrement sur les très grands yeux. Enfin, il n'existe pas de version torique de l'implant.

■ La technique chirurgicale

Même si elle nécessite une zonule en parfait état et qu'il s'agit d'un geste endoculaire, la technique chirurgicale est simple, et se fait sous anesthésie topique en chirurgie ambulatoire. Après la micro-incision, une injection de visqueux dans la sulcus est préconisée afin d'ouvrir l'espace requis pour

l'injection de l'implant et vérifier l'absence de lésion zonulaire. Les implants dédiés peuvent être tournés dans le sulcus afin de corriger un tore ou d'améliorer le centrage. Un lavage soigneux du visqueux entre les deux implants puis en chambre antérieure est préconisé pour éviter toute hypertension oculaire. Un myotique suivi de céfuroxime conclut l'opération.

■ Les complications

Elles sont rares, moins fréquentes que pour une chirurgie de la cataracte. En peropératoire, il s'agit essentiellement de la désinsertion zonulaire (le plus souvent, elle existe au préalable) pouvant engendrer une issue de vitrée et toutes les complications qui s'en suivent...

En postopératoire, outre l'endophtalmie, il est toujours possible d'induire un œdème maculaire ou une déchirure rétinienne. Les décentrement sont exceptionnels depuis l'utilisation de ces implants dédiés (il faudra néanmoins se méfier des myopes forts). Le blocage pupillaire ainsi que la dispersion pigmentaire apparaissent le plus souvent si le geste chirurgical n'a pas été parfait (mauvais lavage du visqueux et mauvais positionnement de l'implant). La décompensation endothéliale peut survenir si l'opération de la cataracte a été difficile et un comptage cellulaire est requis en préopératoire au moindre doute...

■ Les indications

1. Le droit au remord... ou vivre avec son temps

Il s'agit essentiellement des patients pseudophaques pour lesquels la correction de la presbytie n'a pas été réalisée, soit par choix du patient, soit tout simplement parce que les implants multifocaux n'existaient pas quand l'opération a eu lieu. Le patient regrette son choix de monofocalité et souhaiterait s'affranchir du port de lunettes. On profite de cette opération pour corriger une éventuelle amétropie résiduelle...

2. Le droit à l'erreur

Il s'agit de la pose d'un mauvais implant pour le patient lors de l'opération de la cataracte (erreur réfractive majeure, implant monofocal alors que le patient avait choisi un multifocal).

Dans une moindre mesure, et en l'absence d'erreur médicale, ces implants peuvent être proposés pour une retouche sur

une petite amétropie résiduelle alors qu'il existait "un contrat réfractif" entre le chirurgien et le patient.

L'avantage dans ce contexte est d'une part que ces implants offrent une solution alternative aux chirurgiens "non réfractifs" qui n'ont pas accès à une plateforme laser et d'autre part, qu'il existe une cotation Sécurité sociale qui permet de prendre en charge l'implant.

3. Trop d'incertitude

Ces implants peuvent enfin être proposés lorsque des patients motivés pour un traitement de la presbytie présentent une contre-indication relative à la multifocalité : glaucome débutant équilibré, diabétique sans rétinopathie ni maculopathie, myopie forte, exigeant visuel...

En effet, les deux implants hydrophiles que sont le Sulcoflex et le Reverso sont relativement aisés à planter, sans dépasser une incision de 3,2 mm...

Dans une autre mesure, des chirurgiens "prudents" ou "peu croyants" à la multifocalité pourront proposer ces implants et facilement revenir à une monofocalité si leurs patients ne sont pas satisfaits...

■ Conclusion

Au final, en 2018, le *piggy back* chirurgical a toute sa place dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien réfractif mais aussi du chirurgien de la cataracte. Le développement et la gamme des implants dédiés à un positionnement dans le sulcus permettent dès aujourd'hui de proposer cette technique chirurgicale soit pour se sortir d'une mauvaise passe, soit dans une pratique régulière....

Pour en savoir plus

- COCHENER B. Presbytie. Rapport de la Société Française d'ophtalmologie. 2012.
- MUÑOZ G, ALBARRÁN-DIEGO C, BELDA L *et al.* Add-on sulcus-based versus primary in-the-bag multifocal intraocular lens : intraindividual study. *Journal of Refractive surgery*, 2014;30:320-325.
- LIEKFELD A, EHMER A, SCHRÖTER U. Visual function and reading speed after bilateral implantation of 2 types of diffractive multifocal intraocular lenses: Add-on versus capsular bag design. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2015;41:2107-2114.

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



M. ASSOULINE
Clinique de la Vision, PARIS.
dr.assouline@gmail.com

Correction de la myopie forte par implant myopique ICL Visian Staar V4c : résultats de l'étude multicentrique française

Étude présentée à la SAFIR Paris 2017 par B. Cochener *et al.*, avec le concours du laboratoire Staar

La myopie forte (au-delà de 8 dioptries) est source d'un véritable handicap visuel et social et d'une importante dégradation de la qualité de vie. La chirurgie permet de supprimer ou de réduire la dépendance vis-à-vis d'une correction optique extérieure coûteuse, inesthétique ou inconfortable (lunette épaisses et lourde, lentilles spéciales) et souvent d'apporter une amélioration majeure de la fonction visuelle, liée au grandissement de l'image. En cas de myopie forte unilatérale, l'indication chirurgicale permet de normaliser l'anisométrie de haut degré et souvent de réhabiliter l'utilisation de l'oeil éventuellement amblyope.

La correction chirurgicale de la myopie forte par photoablation au laser excimer (LASIK, PKR) ou par SMILE Relex au laser femto-seconde Visumax est cependant limitée par 5 facteurs principaux :

- profondeur importante de l'ablation requise et insuffisante de l'épaisseur ou de la résistance mécanique de la cornée pré- ou postopératoire favorisant un risque d'ectasie cornéenne statistiquement plus important au delà de 8 dioptries, notamment avant 25 ans ;

- imprécision et régression réfractive liée au remodelage cornéen (hyperplasie épithéliale, haze) du fait de l'importance de la modification de la forme cornéenne ;

- sécheresse oculaire initiale liée à l'importance de la destruction neurale du fait d'une photoablation importante ;

- conséquences optiques habituelles relativement défavorables d'une zone optique effective restreinte (asphéricité cornéenne topographique, aberration sphérique aberrométrique, dégradation de la qualité de vision mésopique). Ces conséquences sont irréversibles et affecteront le résultat optique (prédictibilité et qualité de vision) d'une opération de la cataracte ultérieure ;

- conséquences optiques désastreuses en cas de décentrement d'une ablation myopique significative avec une zone optique étroite (coma et perte de la meilleure acuité visuelle, impossibilité

de pratiquer un traitement correcteur guidé par la topographie ou l'aberrométrie du fait de la faible réserve tissulaire résiduelle).

L'aberration sphérique est la différence de focalisation entre le centre et la périphérie de l'image rétinienne. De ce fait, un point lumineux est perçu comme une tache auréolée de halos concentriques. Cette aberration sphérique positive du front d'onde (mesurée par l'aberrométrie), résulte pour une correction cornéenne de l'asphéricité cornéenne (mesurée par la topographie), la cornée étant devenue moins cambrée au centre qu'en périphérie (cornée "oblate"). La coma résulte du décentrement de la correction. Un point lumineux est perçu comme une "trainée". L'aberration sphérique et la coma sont des aberrations optiques d'ordre supérieur qui pénalisent la qualité de vision, de façon parfois très importante pour les myopies fortes, d'autant plus que la pupille est plus large (vision nocturne, halos, images fantômes, éblouissement). En pratique, une pupille mésopique supérieure à 6 mm (40 % de la population candidate à la chirurgie) semble donc être une contre-indication relative à une technique ablative pour une pachymétrie standard (540 µm) au delà d'une correction de 8 D. En effet, pour une zone ablative nominale (saisie dans le logiciel du laser) de 6 mm compatible avec la préservation d'un mur postérieur stromal de 300 µm en LASIK, ou d'une pachymétrie résiduelle de 400 µm en PKR, la zone optique utile (surface topographique centrale postopératoire au sein de laquelle la variation dioptrique est inférieure à 0.50 D) sera inférieure à 5 mm (responsable de halos nocturne) et l'aberration sphérique induite de plus de 1 µm (responsable de fluctuations visuelles diurnes et d'une perte de qualité de vision mésopique). Ces anomalies optiques exposent également à une difficulté accrue du calcul de l'implant intraoculaire lors de la chirurgie de la cataracte et à une insuffisance visuelle en cas d'implantation d'une lentille standard non asphérique.

La réduction de la taille de la zone optique nominale en LASIK permettant de réduire la profondeur d'ablation afin de laisser un mur stromal postérieur suffisant, notamment en cas de cornée mince ou de myopie élevée, est donc une erreur grave et pourtant fréquente. Il est nettement préférable de renoncer au LASIK et de proposer une correction par implant paques de chambre postérieure (avant 50 ans) ou par chirurgie cristallinienne (après 50 ans ou en cas de cataracte débutante).

Les corrections plus postérieures, rétro-iriennes (implant paque de chambre postérieure, implant pseudophaque), présentent donc de nets avantages optiques sur les corrections antérieures cornéennes ou pré-iriennes pour la forte myopie :

- augmentation de la taille de la zone optique effective et utile (environ 6,80 à 7,4 mm selon la puissance corrigée au lieu de 4,8 à 5,2 mm pour les méthodes ablatives) (**fig. 1**) ;
- réduction de l'aberration sphérique apparente et du risque de coma ;
- effet de grandissement de l'image rétinienne qui avantage les corrections en implant paque de chambre postérieure ou pseudophaque par rapport aux kératochirurgies ablatives, et explique les gains importants de meilleure acuité corrigée observés (plus de 75 % des patients gagnent 1 ou plusieurs lignes).

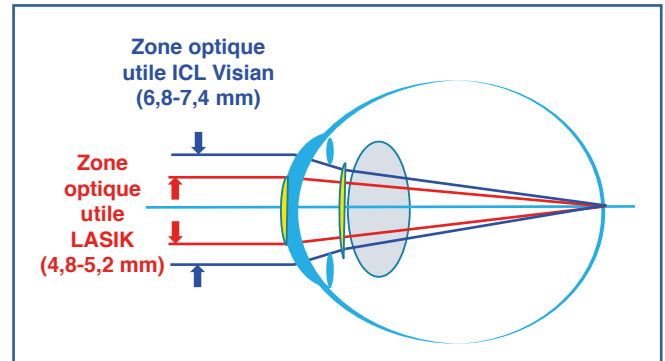


Fig. 1 : Comparaison des zones optiques utiles entre ICL Visian et techniques ablatives.

La chirurgie additive par implant paque de chambre postérieure (ICL Visian Staar) est actuellement la meilleure solution réfractive au delà de -8 D ou en cas de pachymétrie, de topographie ou de pupillométrie défavorables à la chirurgie cornéenne. L'ICL est préféré aux méthodes ablatives en cas de :

- myopie ou méridien le plus myope supérieurs à -8.00 D ;
- pachymétrie inférieure à 500 μm ;
- topographie cornéenne suspecte (signes en faveur d'un kératocône infraclinique: asymétrie inférieure, perte de l'énantiomorphisme, augmentation de l'élévation antérieure

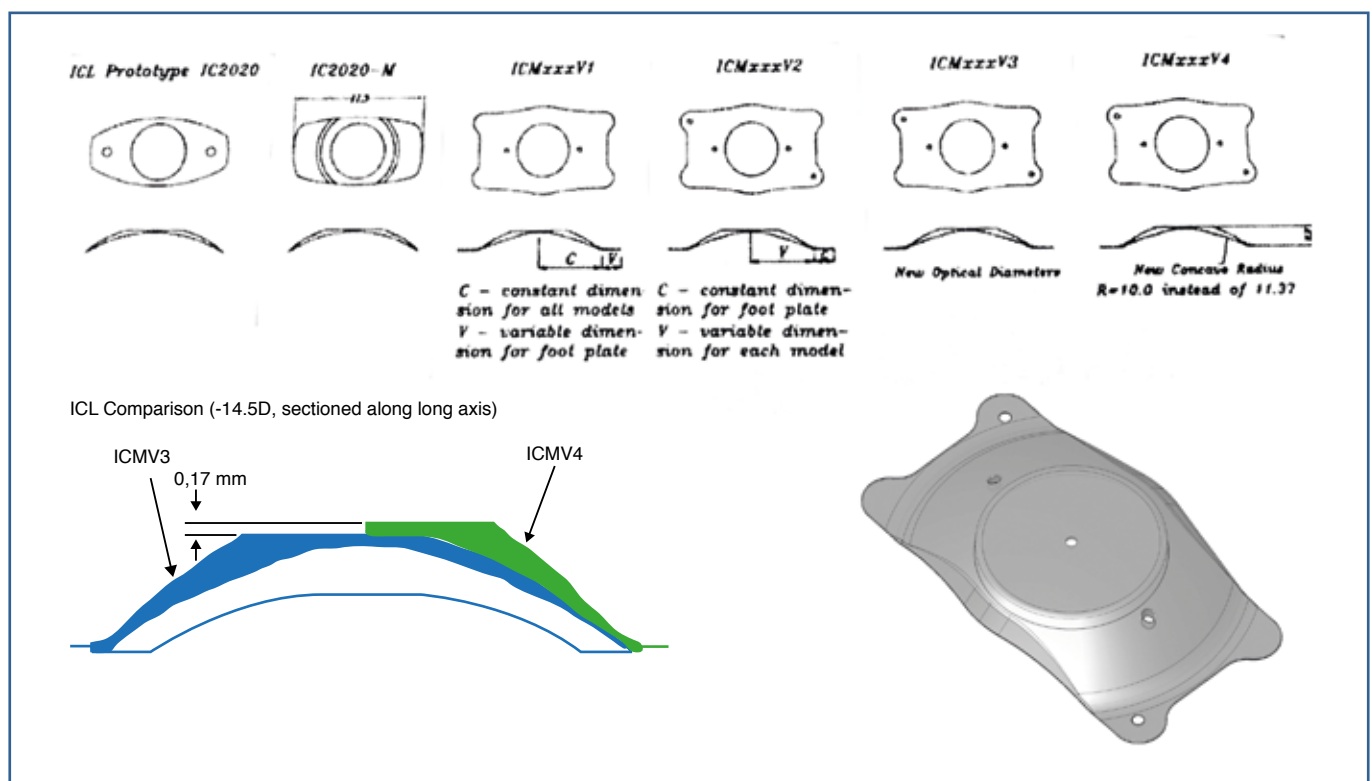


Fig. 2 : Évolution de l'ICL depuis 1999. Version actuelle : torique, centerflow, aquaport V4B V4C.

ou postérieure > 50 μm , décalage des points remarquables, rapport d'Efkarpides > 1.25, évolutivité topographique à 1 an d'intervalle);

– pupille mésopique supérieure à 6,0 mm.

L'indication opératoire nécessite les conditions suivantes :

- profondeur de chambre antérieure (endothélium) supérieure à 2,95 mm ;
- angle iridocornéen ouvert (> 30°);
- absence de syndrome de dispersion pigmentaire ;
- absence de perte endothéliale (densité supérieure à 2000 c/mm²);
- absence de rupture traumatique ou spontanée de la zonule.

L'intervention est rapide (10 minutes) et totalement indolore sous anesthésie topique pure. Aucune iridotomie n'est nécessaire avec la version V4c (*aquaport* + *centerflow*). Le résultat fonctionnel est immédiat (parfois perturbé quelques heures par le myotique utilisé en fin d'intervention).

La sécurité est devenue optimale avec les multiples améliorations de l'implant (**fig. 2**) et de la procédure depuis 20 ans (environ 720 000 implants posés) :

- les chirurgiens sont certifiés pour la procédure ICL Visian par le laboratoire fabricant ;
- l'amélioration des méthodes de dimensionnement de l'implant (*sizing*) basée sur la mesure du blanc à blanc avec l'Orbscan évite les problèmes de *vaulting* excessif (risque de glaucome et de dispersion pigmentaire) ou insuffisant (risque de cataracte corticale) (**fig. 3**) ;
- les perforations *Aquaport/Centerflow* (ICL V4c) évitent la réalisation d'une IP et le risque de blocage pupillaire, ainsi que le risque de cataractogénèse d'origine métabolique. Le *Centerflow* ne modifie pas la performance optique ou visuelle de l'implant (**fig. 4**).

Les techniques bio-optic combinent l'implant plaque ICL Visian avec une technique ablative les méthodes précédentes dans les cas de myopie extrême ou d'astigmatisme résiduel. La combinaison séquentielle de plusieurs méthodes permet d'optimiser les avantages optiques (efficacité pour les

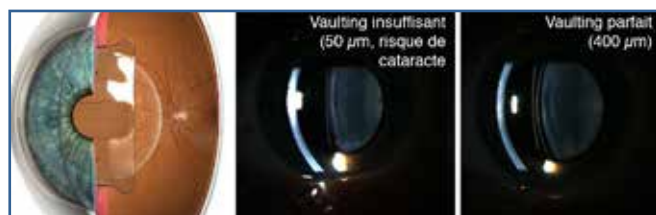


Fig. 3 : ICL Visian version V3 et V4b (sans trou central).



Fig. 4 : Les perforations *Aquaport* et *Centerflow* de la version V4c permettent de supprimer le risque de bloc pupillaire en laissant un passage entre la chambre postérieure et la chambre antérieure pour l'évacuation du viscoélastique piégé par l'implant et la circulation ultérieure de l'humeur aqueuse.

puissance élevées, précision, qualité de vision), en cumulant par ailleurs les risques, de ces méthodes.

Les implants pré-iriens à appui angulaire ne sont plus commercialisés (Icare-Corneal, ZB5M Baikoff, Acrysof-Cachet-Alcon) mais les implants déjà posés antérieurement doivent être surveillés avec rigueur pour dépister les complications cornéennes et angulaires et décider de leur remplacement. Les implants plaques de chambre antérieure à fixation irienne devraient également être abandonnés en raison du risque de perte endothéliale à bas bruit et de défixation spontanée ou post-traumatique responsable de décompensation endothéliale parfois très rapide ou de rupture chronique de la barrière hémato-oculaire à bas bruit (inflammation, réaction à corps étranger, notamment pour les implants flexibles en silicone). Une surveillance bi-annuelle spécialisée, dont le patient doit être informé par écrit, est impérative (prévention du frottement oculaire, microscopie spéculaire, OCT de chambre antérieure, gonioscopie dynamique) afin de décider de leur ablation et remplacement avant la survenue des complications.

Les résultats de l'étude multicentrique française de la version V4c ont été présentés au congrès annuel de la SAFIR en mai 2017.

Il s'agissait d'une série rétrospective de 586 cas (sur une cohorte consécutive de 1555) opérés par les 5 principaux

chirurgiens français de 2011 à 2016 :

- Pr Béatrice Cochener (n = 208) ;
- Dr Pierre Lévy (n = 206) ;
- Dr Michael Assouline (n = 126) ;
- Dr Laurence Lesueur (n = 31) ;
- Pr Pierre Fournié (n = 24).

L'âge moyen était de 37 +/-6,4 ans. L'équivalent sphérique préopératoire moyen était de -9.83 +/-4.11 D.

Les résultats de cette étude sont très positifs :

- l'équivalent sphérique moyen obtenu était de -0.57 D, parfaitement stable à 5 ans ; (**fig. 5**) ;
- l'acuité non corrigée postopératoire était de 0.89 en monoculaire (0.99 en binoculaire) (**fig. 6**) ;

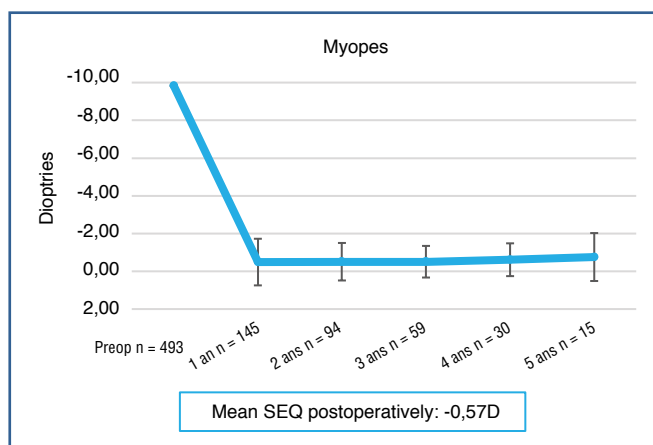


Fig. 5 : Équivalent sphérique moyen postopératoire (Mean Spherical Equivalent).

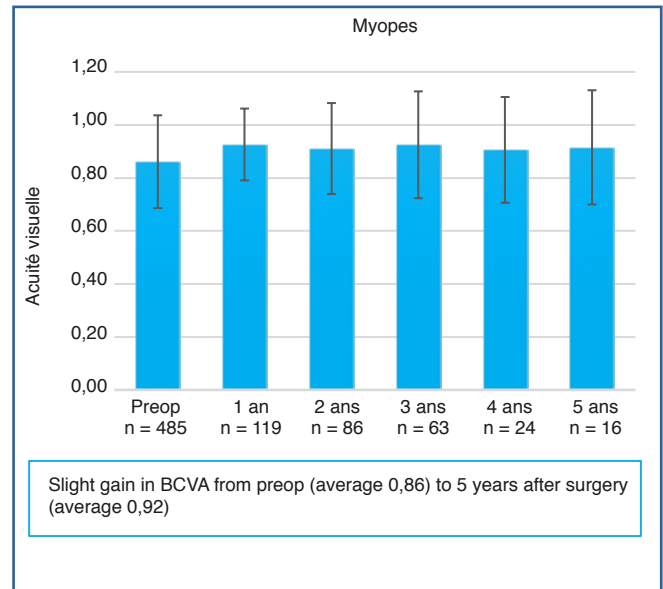


Fig. 7 : Meilleure acuité visuelle corrigée posopératoire (Mean Best Corrected Visual Acuity, BCVA).

- la meilleure acuité corrigée postopératoire moyenne était améliorée de 0.87 (préop) à 0.92 ($p > 0,05$) (**fig. 7**) ;
- sur les 5 années postopératoires, dans l'analyse combinée des implants myopiques et hypermétropiques, 4 % des yeux avaient une perte de 1 ou plusieurs lignes d'acuité, 46 % étaient stables et 50 % avaient gagné 1 ou plusieurs lignes (**fig. 8**) ;
- l'index d'efficacité (acuité non corrigée postop sur acuité corrigée préop) était de 1.17. L'index de sécurité (acuité corrigée postop sur acuité corrigée préop) était de 1.06.

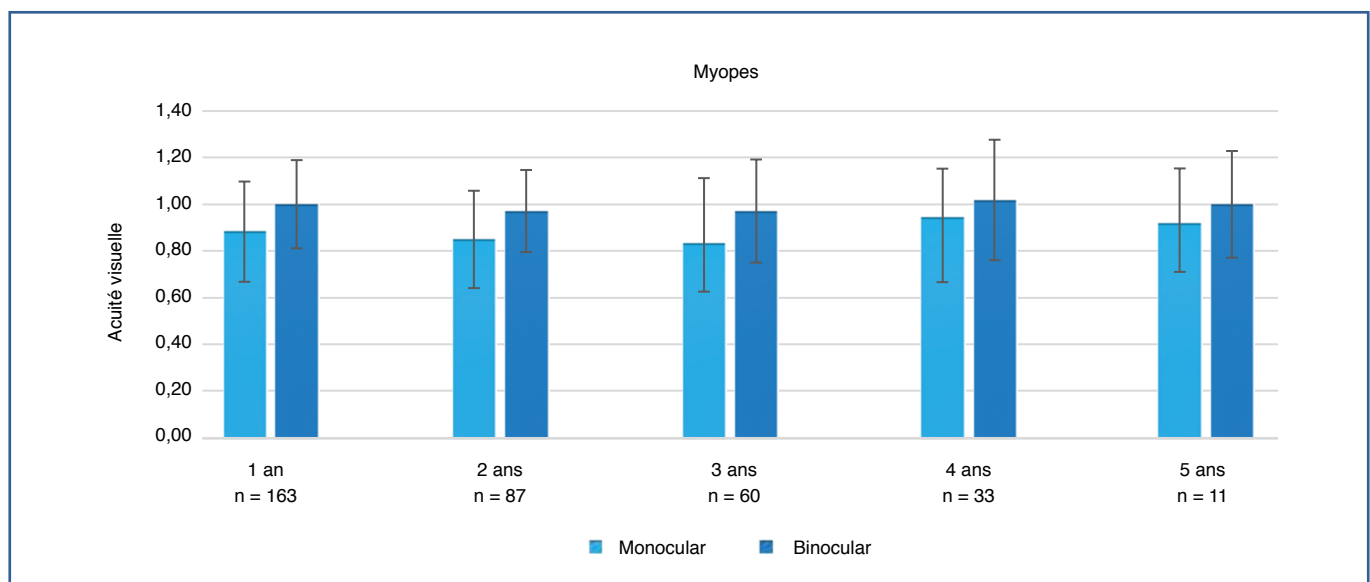


Fig. 6 : Acuité visuelle non corrigée moyenne postopératoire (Mean uncorrected Visual Acuity, UCVA).

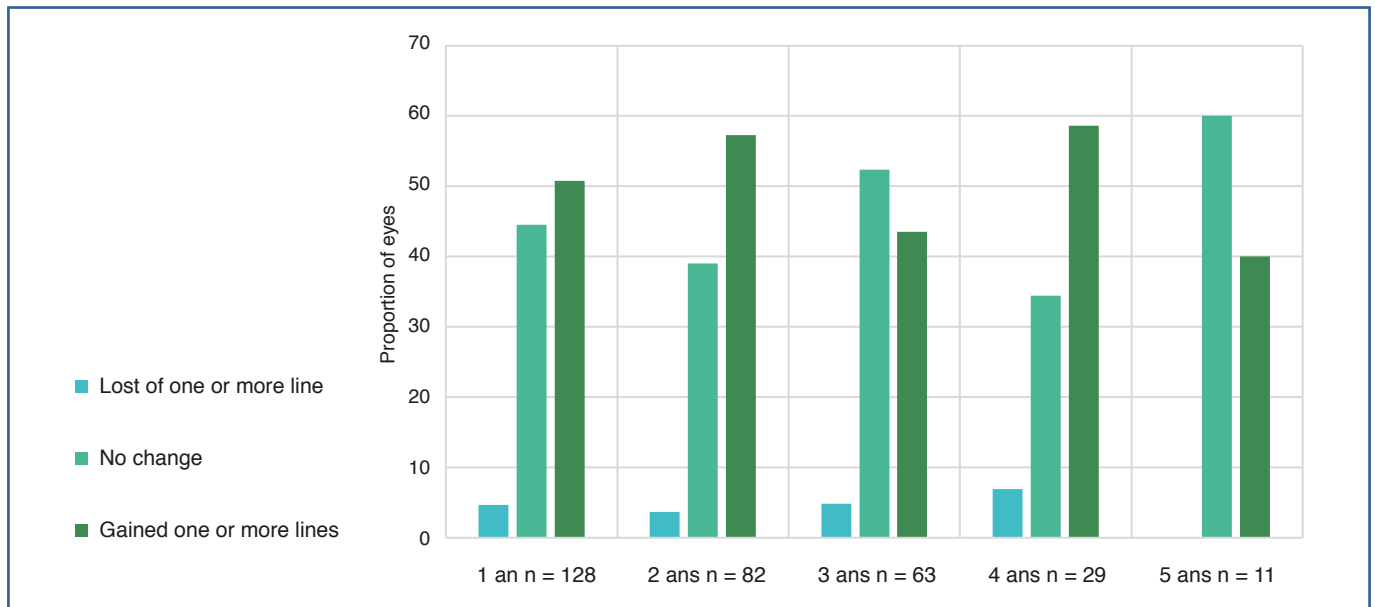


Fig. 8 : Gain ou perte de la meilleure acuité visuelle (implants myopique et hypermétropiques).

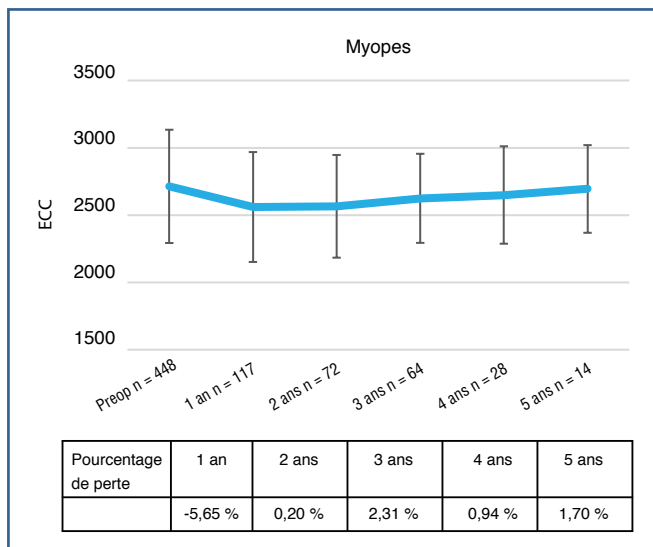


Fig. 9 : Perte endothéliale postopératoire.

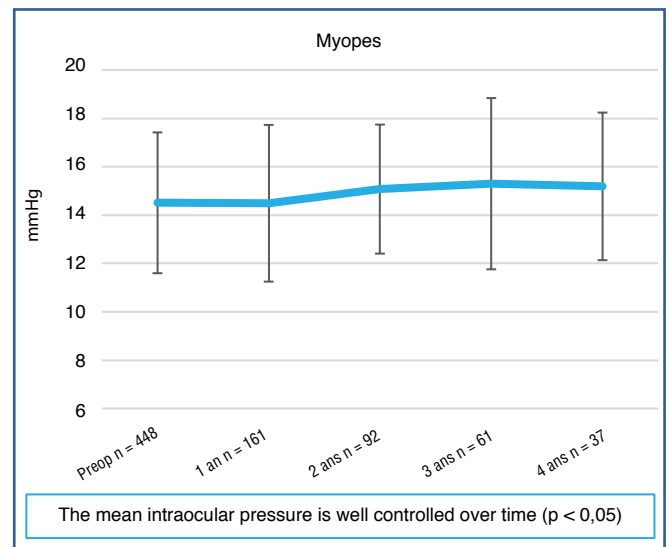


Fig. 10 : Évolution de la pression intraoculaire postopératoire.

– la perte endothéliale moyenne à un an était de -5,98 % ($p < 0,05$), stable au delà (perte moyenne à 5 ans -0,51 %, $p < 0,05$) (fig. 9) ;

– la pression intraoculaire était également stable à 5 ans ($p > 0,05$) (fig. 10) ;

– un seul cas de cataracte a été observé chez un patient de 24 ans porteur d’une myopie préopératoire de -16.75 (-3.00) implanté avec la version V4b sans *centerflow*. 13 patients ont développé des opacifications cristalliniennes asymptomatiques (dont 9 avec la version V4b), en moyenne 1,8 années après l’implantation.

En conclusion, la correction additive par implant ICL Staar Visian version V4c semble plus précise, plus stable dans le temps, et elle offre une meilleure qualité de vision que les chirurgies ablatives au delà de 8 dioptries. Cette approche permet une meilleure sécurité en évitant le risque de complications sévères optiques (liée à un éventuel décentrement) ou anatomique (ectasie cornéenne, notamment si la cornée est inadaptée à une technique ablatif en raison d’un âge jeune, d’une pachymétrie faible, ou d’une topographie suspecte). Dans les études de référence, à 3 ans, 98,5 % des yeux sont à moins de 0.5D de la cible réfractive (82 % en cas de correction torique) et 100 % à moins de 1.0D.

Pour en savoir plus

1. ALFONSO JF1, LISA C, FERNÁNDEZ-VEGA CUETO L *et al.* Clinical outcomes after implantation of a posterior chamber collagen copolymer phakic intraocular lens with a central hole for myopic correction. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:915-921.
2. ARNE JL, LESUEUR LC, HULIN HH. Photorefractive keratectomy or laser in situ keratomileusis for residual refractive error after phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2003;29:1167-1173.
3. ASSOULINE M, DARUGAR A, KOSKAS P *et al.* Dossier "La myopie forte" Pratiques en Ophtalmologie, 2015.
4. ASSOULINE M, FAVARD C, ROZOT P. Dossier "Chirurgie de la myopie forte" Ophtalmologies, 2009.
5. ASSOULINE M. Lasik or not Lasik ? Pratiques en ophtalmologie, 2014.
6. BARSAM A, ALLAN BD. Excimer laser refractive surgery versus phakic intraocular lenses for the correction of moderate to high myopia. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014;6:CD007679.
7. GUELL JL, VAZQUEZ M, GRIS O. Adjustable refractive surgery: 6-mm Artisan lens plus laser in situ keratomileusis for the correction of high myopia. *Ophthalmology*, 2001;108:945-952.
8. HOFMEISTER EM, BISHOP FM, KAUPP SE *et al.* Randomized dose-response analysis of mitomycin-C to prevent haze after photorefractive keratectomy for high myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1358-1365.
9. KANELLOPOULOS AJ, ASIMELLIS G. Epithelial remodeling after femtosecond laser-assisted high myopic LASIK: comparison of stand-alone with LASIK combined with prophylactic high-fluence cross-linking. *Cornea*, 2014;33:463-469.
10. KANTHAN GL, MITCHELL P, ROCHTCHINA E *et al.* Myopia and the long-term incidence of cataract and cataract surgery: the Blue Mountains Eye Study. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2014;42:347-353.
11. LINKE SJ, BAVIERA J, MUNZER G *et al.* Mesopic pupil size in a refractive surgery population (13,959 eyes). *Optom Vis Sci*, 2012;89:1156-1164.
12. MARTIANO D, COCHENER B. Multifocal IOLs in the high myope, 6-year follow-up. *J Fr Ophthalmol*, 2014;37:393-399.
13. PÉREZ-VIVES C, BELDA-SALMERÓN L, GARCÍA-LÁZARO S *et al.* Optical and visual simulation of standard and modified spherical aberration implantable Collamer lens post myopic LASIK surgery. *Eur J Ophthalmol*, 2014;24:330-337.
14. RANDLEMAN JB, TRATTLER WB, STULTING RD. Validation of the Ectasia Risk Score System for preoperative laser in situ keratomileusis screening. *Am J Ophthalmol*, 2008;145:813-818.
15. SANDERS DR. Matched population comparison of the Visian implantable collamer lens and standard LASIK for myopia of -3.00 to -7.88 diopters. *J Refract Surg*, 2007;23:537-553.
16. STONECIPHER KG, KEZIRIAN GM, STONECIPHER M. LASIK for -6.00 to -12.00 D of myopia with up to 3.00 D of cylinder using the ALLEGRETTO WAVE: 3- and 6-month results with the 200- and 400-Hz platforms. *J Refract Surg*, 2010;26:S814-18. doi: 10.3928/1081597X-20100921-08.
17. VESTERGAARD A, IVARSEN A, ASP S *et al.* Femtosecond (FS) laser vision correction procedure for moderate to high myopia: a prospective study of ReLEx[®] flex and comparison with a retrospective study of FS-laser in situ keratomileusis. *Acta Ophthalmol*, 2013;91:355-362.
18. WANG Q, ZHAO G, WANG Q *et al.* Visual quality after AcrySof IQ ReSTOR intraocular lens implantation in eyes with high myopia. *Eur J Ophthalmol*, 2012;22:168-174.

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



C. BONNET, D. MONNET
OphtalmoPôle, Hôpital Cochin,
Université Paris Descartes, PARIS.
clemence.p.bonnet@gmail.com

Chirurgie de la cataracte et petite pupille : les rétracteurs à iris

Une petite pupille est un facteur de risque reconnu de complications per- et postopératoire [1]. En effet, une mauvaise mydriase pré- et peropératoire peut faciliter les traumatismes iriens, les refends capsulaires, les fragments cristalliniens trappés en chambre antérieure et majorer l'inflammation postopératoire. De plus, le risque de rupture capsulaire postérieure est multiplié par deux en cas de mauvaise dilatation [2]. Il n'y a pas de véritable consensus concernant la taille optimale d'une pupille permettant d'opérer dans de bonnes conditions. Il est cependant communément admis qu'une pupille < 6 mm est à risque de complications [3].

Les situations pouvant engendrer une petite pupille sont nombreuses : les synéchies irido- cristalliniennes post-inflammatoires, le syndrome de pseudo-exfoliation capsulaire, les antécédents de chirurgie intraoculaire ou de traumatisme oculaire et la prise de certains médicaments. En 2005, Chang *et al.* ont décrit pour la première fois l'IFIS (*intra-operative floppy iris syndrome*), observé chez des patients traités par antagoniste des récepteurs Alpha-1 adrénergique, indiqué dans l'hypertrophie bénigne de la prostate. La triade peropératoire comprend un stroma irien flasque, ondulant sous l'action des fluides intraoculaires, une tendance au prolapsus irien à travers l'incision cornéenne, un myosis progressif (malgré une dilatation préopératoire efficace). Ce syndrome serait présent dans 2 % des chirurgies de la cataracte, avec un taux de complications opératoires augmenté, évalué à 12,5 % [4].

Pour un chirurgien très expérimenté, le seuil de dilatation est abaissé à 4,5-5 mm. En cas de dilatation modérée, il pourra parvenir à terminer la chirurgie avec de bons résultats visuels. Cependant, le taux de réussite est plus élevé en cas de dilatation optimale, surtout en cas de cataracte compliquée (blanche, pseudo-exfoliation capsulaire, PEC, IFIS...) [3].

Les approches pharmacologiques de dilatation pupillaires peropératoires topiques ou intracaméculaires, bien qu'efficaces dans les cas standard, ne peuvent garantir le maintien de la dilatation pendant toute la chirurgie dans les causes de petite pupille. Récemment, une combinaison de lidocaïne, de tropicamide et de phényléphrine (Mydrane) est à la disposition des chirurgiens avec une AMM obtenue en juillet 2016, et injectable en peropératoire pour l'obtention d'une mydriase. Toutefois, là encore, il n'est pas efficace pour dilater les petites pupilles des causes précitées.

Se pose alors la question de dilater mécaniquement la pupille.

■ Dilatation mécanique de la pupille : stratégies

1. Injection de substance viscoélastique

La première étape consiste à dilater la pupille avec une substance viscoélastique. L'idéal est de combiner un viscoélastique dispersif, de bas poids moléculaire, protégeant l'endothélium et assurant le maintien de la profondeur de la chambre antérieure, puis cohésif, de haut poids moléculaire, pour élargir et stabiliser l'iris. Cependant, cette action sur l'iris est transitoire et n'assure pas une dilatation suffisante sur toute la durée de la chirurgie et l'injection doit souvent être répétée. De plus, l'utilisation d'une grande quantité de substance viscoélastique expose aux risques de pics hypertoniques, et ce malgré les tentatives de retrait complet en fin de chirurgie [5].

2. La levée des synéchies

Les adhésions entre l'iris et la capsule antérieure sont généralement faciles à lever avec le micromanipulateur. Si une membrane cyclitique est adhérente dans l'aire pupillaire, il

faut la retirer délicatement avec la pince à rhexis. La levée des adhérences entre l'iris et la capsule antérieure permet souvent un élargissement spontané de la pupille [6].

3. Le *stretching* pupillaire

Réalisé avec une pince de Beehler, ou bi-manuelle avec deux micromanipulateurs, son objectif est de dilater la pupille verticalement et horizontalement afin de créer des zones de faiblesse dans le sphincter irien. C'est une technique rapide et efficace, cependant, la mydriase peut s'accompagner de saignement irien et/ou être insuffisante en raison d'une atonie irienne sous jacente [7].

4. Les sphinctérotomies

De multiples sphinctérotomies sont réalisées à l'aide de ciseaux de Cornic, avec un effet similaire à celui du *stretching* pupillaire. Il faut toutefois être vigilant afin d'éviter les lésions non volontaires du stroma [8]. Là encore, la principale complication de cette technique est le saignement irien, ainsi qu'une pupille peu réactive en postopératoire.

Toutes ces techniques sont rapides et efficaces, mais elles nécessitent de multiples manipulations intraoculaires pouvant engendrer des complications. Leurs indications doivent être rigoureusement réfléchies [9].

5. Crochets iriens

Une des plus grandes évolutions en matière de dilatation pupillaire a été l'apparition des crochets iriens. Classiquement, 4 crochets sont placés sous le rebord pupillaire, *via* quatre paracentèses régulièrement placées sur le pourtour irien (*fig. 1*). La tension de chaque crochet est ajustée selon la taille de la dilatation désirée. Il s'agit d'une technique simple,

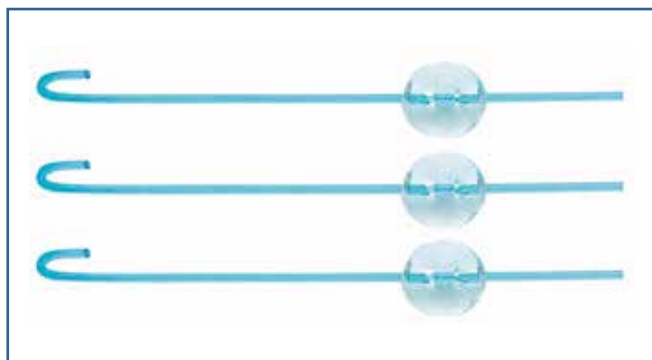


Fig. 1 : Crochets à iris.

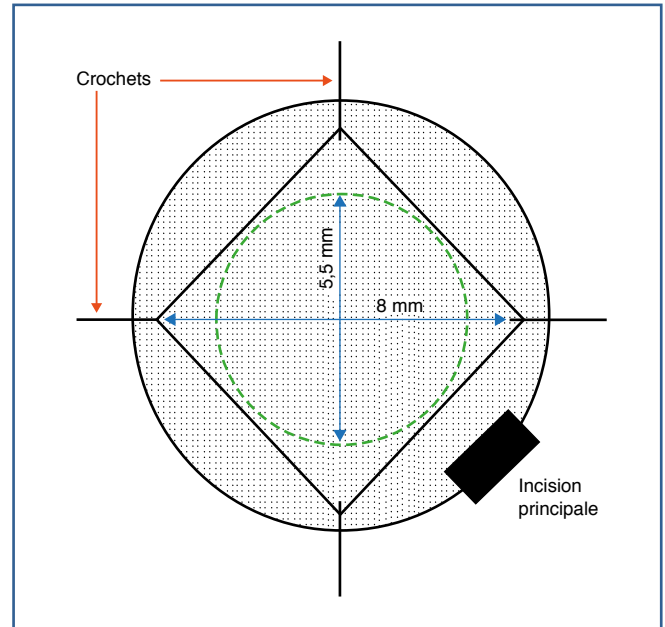


Fig. 2 : Position des crochets à iris "en diamant" pendant l'intervention.

rapide, facilement accessible. Afin d'éviter tout saignement par déchirure du sphincter ou d'atonie irienne postopératoire, il est préférable de ne pas dilater la pupille à plus de 5 mm.

En cas d'IFIS, l'utilisation de crochets est recommandée "en diamant" : un crochet est placé juste sous l'incision principale, afin de rétracter l'iris en regard de l'incision principale et d'éviter tout traumatisme par la pièce à mains de phacémulsification (*fig. 2*) [9].

6. Anneaux d'expansion pupillaire

Ces dernières années, des anneaux de dilatations pupillaires ont été développés par l'industrie. Les premières versions, comme l'anneau de Morcher, en PMMA, le dilatateur irien en silicone de Graether ou de Milvella étaient difficiles d'utilisation, et ne sont plus utilisées [10]. De nouvelles versions, plus maniables et rapides d'utilisation, se sont répandues rapidement.

>>> Asia Pupil Expander : il s'agit d'un rétracteur irien semblable aux crochets iriens, en forme de ciseaux à bout arrondis dont le ressort est externalisé. Ils sont insérés par deux paracentèses de 1,1 mm. À l'ouverture, les branches se placent sur le rebord pupillaire, la pupille dilatée jusqu'à 6 mm et prend une forme carrée par 4 points d'appuis. L'avantage par rapport aux crochets est la nécessité de seulement deux incisions (*fig. 3*).

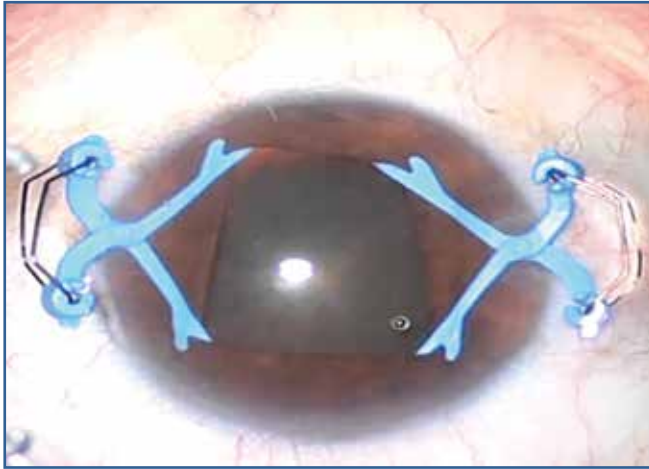


Fig. 3 : Asia Pupil Expander.

>>> **Anneau de Malyugin :** l'anneau de Malyugin (MicroSurgical Technology, Inc.) est un carré de polypropylène 5.0 pré-chargé. Quatre boucles sont localisées aux quatre coins du carré (fig. 4). Il est inséré en chambre antérieure et retiré avec son propre système d'injection, *via* une incision de 2 mm pour la version 2.0 (2,5 mm pour la première version). Sa finesse et sa souplesse permettent une manipulation aisée dans l'œil [11].

Comparés aux crochets iriens, la dilatation est plus régulière et arrondie. En effet, avec ces les anneaux, on passe de 4 à 8 points d'appuis sur l'iris. La dilatation est progressive et il n'y pas de *stretching* excessif possible. Cet anneau est disponible en deux tailles : 6,25 mm et 7 mm. Il est également utile et facilement mis en place en cas d'IFIS.

>>> **I-Ring Pupil Expander et Oasys Iris Expander :** il s'agit de dispositifs pré-chargés en polyurethane monobloc (I-Ring) et polypropylène (Oasys). Les quatre angles de l'anneau sont des canaux triangulaires dans lequel l'iris est placé, à l'aide d'un crochet de Sinskey (fig. 5 et 6). Ce mécanisme permet d'assurer une très bonne stabilité de l'iris pendant la chirurgie, avec une dilatation circulaire évaluée à 6,3 mm. Un

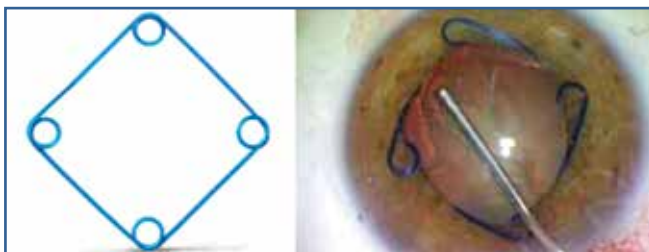


Fig. 4 : Anneau de Malyugin 2.0.



Fig. 5 : I-Ring Pupil Expander.

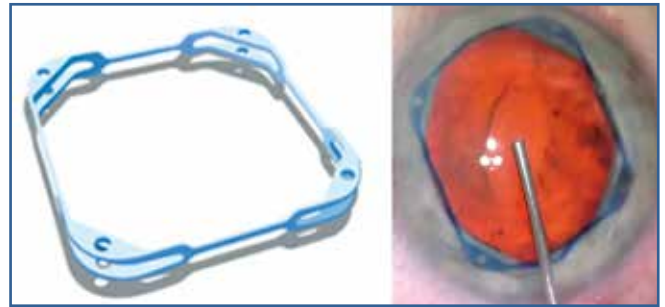


Fig. 6 : Oasys Iris Expander.

case report récent concernant un patient opéré d'un côté avec un anneau de Malyugin et de l'autre avec un I-Ring a montré que la pupille était en postopératoire plus ronde après usage d'un I-ring que d'un anneau de Malyugin, sans retentissement clinique [12].

>>> **B-Hex Pupil Expander :** cet anneau est composé de 5 monofilaments de polyamide, existant en forme hexagonale ou carrée, et de tailles variables (6, 6,5 et 7 mm). Les nœuds présents aux angles se fixent sur le rebord irien. La dilatation obtenue est hexagonale et évaluée à 5,5 mm (fig. 7). Cet anneau est très fin et peut s'injecter par une incision de 0,9 mm. En revanche, son positionnement dans la chambre antérieure reste relativement délicat [13].

>>> **Xpand Iris Speculum :** il s'agit d'un anneau en alliage de titane, préchargé, globalement rond, avec des éléments



Fig. 7 : B-Hex Pupil Expander. À gauche : petite pupille. Au milieu : dispositif avec les nœuds, les brides et les trous. À droite : dispositif en place.

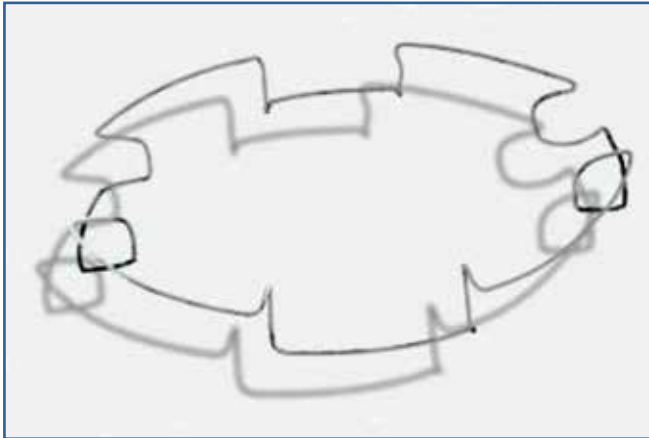


Fig. 8 : X-Pand Iris Speculum.

latéraux connectés par des arches. L'injecteur peut être inséré par une incision de 2,4 mm, procurant une dilatation circulaire de 6,7 mm (fig. 8). L'anneau est placé sur le rebord irien grâce à un manipulateur [14].

■ FLACS et petite pupille

Depuis 2008, la chirurgie de la cataracte assistée par laser (FLACS) s'est répandue en pratique clinique. La supériorité de cette technique comparée à la phacoémulsification manuelle conventionnelle n'est pas encore établie, cependant cette technique présente de nombreux avantages potentiels (sûreté, fiabilité, reproductibilité, centrage du rhéxis, diminution du temps effectif d'ultrasons, etc). Cependant, une des complications peropératoires observées avec cette technique est la survenue d'un myosis induit par le traitement au laser. Durant le traitement, la photodysruption créée entraînerait un

relargage de prostaglandines. Ce taux élevé de prostaglandines en chambre antérieure serait responsable d'un myosis, jusque dans 30 % des cas [15]. L'administration préopératoire (un à trois jours avant) d'anti-inflammatoires non stéroïdiens permet de diminuer significativement la fréquence de cette complication [16] (fig. 9).

Une pupille trop petite avant la procédure de laser femtoseconde, contre-indique son utilisation avec le risque de traumatisme irien, et/ou contraignant à une capsulotomie trop petite. Plusieurs techniques de dilatations pupillaires peropératoires ont été décrites, notamment l'utilisation d'un anneau de Malyugin : sous microscope, une incision de 2 mm est réalisée, la chambre antérieure est remplie de substance viscoélastique, l'anneau est mis en place. Le patient est ensuite placé sous le laser pour la procédure. Cette technique nécessite de vérifier que la chambre antérieure est entièrement remplie de substance viscoélastique, afin d'éviter son affaissement lors de la succion, ainsi que de vérifier l'absence de bulles d'air dans la chambre antérieure, obstacle au trajet optique du laser gênant sont action [17].

■ Conclusion

Une bonne dilatation pupillaire reste une des clés du succès de la chirurgie de la cataracte. Les dilatations topiques et intracaméculaires fonctionnent dans 90 à 95 % des cas. Cependant, la dilatation mécanique de la pupille peut être très utile et permettre de maintenir une dilatation efficace quand toutes les techniques précédentes ont échoué. Les risques de la dilatation mécanique sont le saignement irien, les traumatismes du sphincter irien avec atonie postopératoire ou une

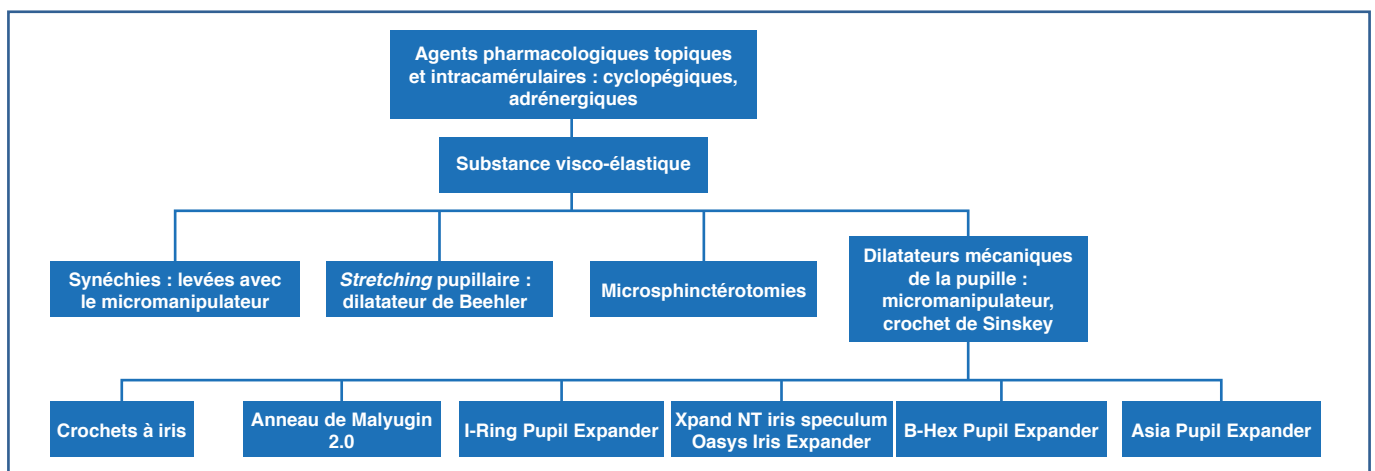


Fig. 9 : Arbre décisionnel devant une petite pupille peropératoire.

Type de dilatation	Taille de l'incision (mm)	Nombre d'incisions ou paracentèses supplémentaires	Diamètre de dilatation (mm)	Forme de la dilatation	Avantages	Inconvénient
Dilatation mécanique bi-manuelle	1	1	Variable	Acceptable	Rapidité	Incision supplémentaire Rupture du sphincter
Crochets à iris	1	4	5-6	Carrée	Stabilité Efficacité	4 incisions supplémentaires Temps additionnel Expérience du chirurgien Rupture du sphincter irien Coût
Anneau de Malyugin 2.0	2	0	6-7	Ronde	Stabilité Efficacité	Temps additionnel Expérience du chirurgien Coût
I-Ring Pupil Expander	2,4	0	6,3	Ronde	Stabilité Efficacité	Temps additionnel Expérience du chirurgien Coût
X-Pand Iris Speculum Oasys Iris Expander	2,4	0	6,75	Ronde	Stabilité Efficacité	Temps additionnel Expérience du chirurgien Coût
B-Hex Pupil Expander	0,9	0	6-7	Ronde	Stabilité Efficacité	Manipulation intraoculaire Expérience du chirurgien Temps additionnel Coût
Asia Pupil Expander	1.1	2	5	Carrée	Stabilité Efficacité	2 incisions Temps additionnel Expérience du chirurgien Rupture du sphincter irien Coût

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des différentes techniques de dilatations pupillaires.

forme anormale de la pupille en postopératoire (notamment dans les cas d'uvéïte). Le rapport facilité d'utilisation/efficacité des dispositifs dilateurs irien est variable (**tableau 1**). Les crochets iriens et l'anneau de Malyugin 2.0 sont les dispositifs les plus répandus, et ce pour une large part en raison de leur facilité d'utilisation. De nombreux autres dispositifs sont disponibles ou en développement. Enfin, la combinaison de l'usage peropératoire d'agents pharmacologiques mydriatiques (type Mydrane) associés aux dilateurs iriens mécaniques permet une chirurgie rapide, efficace tout en étant bien tolérée chez la majorité des cas de patients souffrant de dilatation pupillaire insuffisante.

Bibliographie

1. ZARE M, JAVADI M-A, EINOLLAHI B *et al.* Risk Factors for Posterior Capsule Rupture and Vitreous Loss during Phacoemulsification. *J Ophthalmic Vis Res*, 2009;4:208-212.
2. NARENDRA N, JAYCOCK P, JOHNSTON RL *et al.* The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55,567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss. *Eye Lond Engl*, 2009;23:31-37.
3. DONNENFELD ED, WHITAKER JS, JACKSON MA *et al.* Intracameral ketorolac and phenylephrine effect on intraoperative pupil diameter and postoperative pain in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2017;43:597-605.
4. CHANG DF, CAMPBELL JR. Intraoperative floppy iris syndrome associated with tamsulosin. *J Cataract Refract Surg*, 2005;31:664-673.
5. ARSHINOFF SA. Modified SST-USST for tamsulosin-associated intraoperative [corrected] floppy-iris syndrome. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:559-561.
6. MALYUGIN BE. Recent advances in small pupil cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2018;29:40-47.
7. MILLER KM, KEENER GT. Stretch pupilloplasty for small pupil phacoemulsification. *Am J Ophthalmol*, 1994;117:107-108.
8. DINSMORE SC. Modified stretch technique for small pupil phacoemulsification with topical anesthesia. *J Cataract Refract Surg*, 1996;22:27-30.
9. AKMAN A, YILMAZ G, OTO S *et al.* Comparison of various pupil dilatation methods for phacoemulsification in eyes with a small pupil secondary to pseudoexfoliation. *Ophthalmology*, 2004;111:1693-1698.
10. YUGUCHI T, OSHIKA T, SAWAGUCHI S *et al.* Pupillary functions after cataract surgery using flexible iris retractor in patients with small pupil. *Jpn J Ophthalmol*, 1999;43:20-24.
11. MALYUGIN B. Cataract surgery in small pupils. *Indian J Ophthalmol*, 2017;65:1323-1328.
12. TIAN JJ, GARCIA GA, KARANJI R *et al.* Comparison of 2 pupil expansion devices for small-pupil cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1235-1237.
13. BHATTACHARJEE S. B-HEX pupil expander: Pupil expansion redefined. *Indian J Ophthalmol*, 2017;65:1407-1410.
14. BHATTACHARJEE S. Pupil-expansion ring implantation through a 0.9 mm incision. *J Cataract Refract Surg*, 2014;40:1061-1067.
15. DAY AC, GORE DM, BUNCE C *et al.* Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016;7:CD010735.
16. CERVANTES-COSTE G, SÁNCHEZ-CASTRO YG, OROZCO-CARROLL M *et al.* Inhibition of surgically induced miosis and prevention of postoperative macular edema with nepafenac. *Clin Ophthalmol*, 2009;3:219-226.
17. MALYUGIN B, SOBOLEV N, ARBISSER LB *et al.* Combined use of an iris hook and pupil expansion ring for femtosecond laser-assisted cataract surgery in patients with cataracts complicated by insufficient mydriasis and an ectopic pupil. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1112-1118.

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



V. AMELINE
Médecin conseil MACSF- Sou Médical
valerieameline@orange.fr

Rappel sur l'information réfractive

On peut donc retenir une stabilisation des mises en cause avec une augmentation relative des sinistres liés à la prescription de lunettes, augmentation qui devrait se poursuivre avec la loi Hamon ayant pour but de favoriser l'achat de lunettes sur Internet pour un moindre "reste à charge" du patient, sans intervention physique de l'opticien, intermédiaire pourtant toujours fort utile en cas d'insatisfaction du patient. Il est actuellement décidé de simplifier la gestion des sinistres pour erreurs de verres alléguées.

L'absence d'information et de recueil d'un consentement éclairé est toujours considérée comme fautive et mérite d'être rappelée. Les fiches de la Société Française d'Ophtalmologie semblent encore sous utilisées, notamment en chirurgie réfractive alors que la sévérité des juges ou des CCI est particulièrement marquée lors des chirurgies non indispensables, comme la chirurgie réfractive.

La pose d'**implants multifocaux** pour chirurgie de cataracte chez des jeunes seniors ayant une acuité visuelle normale et souhaitant se séparer de leurs lunettes, aux attentes parfois excessives voire insuffisamment informés, est également à l'origine d'une **augmentation des procédures** amiables, judiciaires ou CCI. L'évolution actuelle est en faveur d'une prise en charge chirurgicale de plus en plus précoce des cataractes dites "débutantes". Ainsi, dans certains dossiers, nous retrouvons une acuité visuelle à 9 ou 10/10^e avec correction, sans que soit notée une gêne fonctionnelle du patient qui est alors opéré de chirurgie de cataracte bilatérale et en

cas d'insatisfaction de ce dernier, l'indication risque d'être reconnue comme étant non justifiée avec un dossier considéré "fautif".

Il est donc nécessaire d'informer très précisément et de documenter les dossiers dans ces formes limites entre chirurgie du cristallin clair et chirurgie de cataracte.

Au total, nous retrouvons une augmentation relative des tous petits dossiers avec réclamations pour des lunettes prescrites et un **faible nombre de dossiers mais avec préjudices très élevés en chirurgie réfractive**, touchant des patients jeunes en pleine activité professionnelle.

Bien sûr, dans l'absolu, la majorité des dossiers concernent toujours la chirurgie de cataracte avec ses aléas (rupture capsulaire postérieure...) dont la gestion doit être rigoureuse afin que l'aléa non fautif n'évolue pas vers une gestion fautive avec réparation de l'entier dommage à la charge de l'assurance du praticien.

Nous remarquons également une augmentation des procédures CCI par rapport aux procédures judiciaires, devenues moins fréquentes mais avec des montants d'indemnisation plus élevés que les CCI.

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



T. AMZALLAG
Institut Ophtalmique Nord de France, SOMAIN.
thierry.amzallag@institut-ophtalmique.fr

Les injecteurs en 2018

L'injection est la technique d'implantation de référence après chirurgie de la cataracte [1]. Elle permet :

- l'absence de contact de l'implant avec la surface oculaire : moins de risque infectieux *a priori* ;
- le passage par une incision plus petite : moins d'astigmatisme induit ;
- la reproductibilité du geste : moins de risque de dommages mécaniques, de marquage des implants.

Ce qui marque l'année 2018 est la quasi généralisation des injecteurs préchargés (en dehors de quelques rares implants). Dans ce domaine, la France est en avance sur un grand nombre de pays occidentaux (*tableau I*). Les injecteurs restérilisables, sur lesquels nous ne reviendrons pas, sont essentiellement destinés aux implants trois pièces à haptiques semi-rigides et aux fortes puissances de certains modèles d'implants. Concernant

la taille des incisions, elle se situe entre 1,6 et 2 mm pour les implants faits d'acrylique hydrophile (plus déformables) et entre 2 et 2,4 mm pour les implants faits d'acrylique hydrophobe. Cependant, les implants faits d'acrylique hydrophobe sont les plus utilisés.

■ Les injecteurs préchargés

La définition du préchargement est en fait assez floue, et se limite en pratique à l'absence de manipulation de la lentille intraoculaire (LIO) par le chirurgien. Les avantages de l'injection préchargée sont :

1. La fiabilité mécanique : le système d'injection se substitue partiellement au chirurgien, réduisant les inévitables approximations sur de grandes séries d'injections ;

Fabricant/Distributeur	Injecteur	Implant	Caractéristiques Implant
Alcon	UltraSert Autnome	AcrySof IQ SN60WF Clareaon	Hydrophobe jaune Hydrophobe jaune (non encore disponible)
Hoya	iSert	Vivinex XY1	Hydrophobe jaune et torique
AMO/J&J	iTec iTec	Tecnis-1 ZCB00 Tecnis-1 Optiblu	Hydrophobe blanc Hydrophobe jaune
B&L	MDJ LoadInject	EyeCee One	Hydrophobe jaune
OphtaFrance	Staar KS-SP Staar KS-XS	Staar KS-SP	Hydrophobe jaune Implant 3 pièces
Zeiss	Medicel Accuject BlueMixs 180 Injector	CT Lucia CT Asphina	Hydrophobe hépariné jaune Hydrophile avec propriétés de surface hydrophobe blanc
B&L	Medicel Accuject	enVista MX60	Hydrophobe blanc
Physiol	Medicel Accuject 2.0, 2.1, 2.2 Physiol 123 Premium Physiol 123 Premoum	PodEye Micro+ AY123 MicroPure 123	Hydrophobe jaune Hydrophile jaune Hydrophile jaune
LCA	Genium	Genium HD Micro	Hydrophile
Cristalens	Medicel Accuject Medicel Accuject	Artis PL Artis Luxiol	Hydrophobe blanc Hydrophobe blanc
Medicontur	Préchargé	Zflex, 6860 PA et PAY	Hydrophile jaune

Tableau I : Principaux injecteurs préchargés commercialisés en France (liste non exhaustive).

2. La sécurité microbiologique : absence de manipulation de la LIO par le chirurgien ou l'aide opératoire. Limitation des manœuvres de chargement et de préparation. L'implant est délivré stérile et intact dans le sac capsulaire ;

3. La reproductibilité : les possibilités d'erreurs de manipulation sont limitées par une automatisation plus ou moins poussée. Les procédures se suivent et se ressemblent ;

4. La rapidité : la plupart des manœuvres sont supprimées et si l'injecteur est préparé par l'assistant, le gain de temps est significatif ;

5. La facilité de mise en œuvre : ils ne nécessitent que peu de pédagogie avant utilisation, même s'il est indispensable de respecter les instructions et de visionner une vidéo avant toute première procédure. Le préchargement a ses règles comme toute technique.

On distingue les injecteurs préchargés pour lesquels le chirurgien effectue le pliage de la LIO par une manœuvre distincte de ceux pour lesquels le pliage est obtenu par la poussée du piston.

Le fait que ces injecteurs soient préchargés n'exclue pas le fait que l'injection puisse échouer ou causer des dommages à l'implant, à la cartouche ou aux tissus environnants.

Tous ces injecteurs nécessitent un nombre variable de manœuvres avant l'injection, le plus souvent de 2 à 5. Le plus souvent, elles comprennent :

- *fill* : remplissage de la chambre de chargement par une substance viscoélastique ;
- *wash* : lavage de la chambre de chargement par du BSS surtout pour les matériaux hydrophiles ;
- *pull* : retrait du système de blocage de l'implant et/ou du piston qui est destiné à maintenir la lentille intraoculaire (LIO) en position d'injection pendant le transport et le stockage ;
- *push* : poussée sur le piston en vue de l'injection.

■ Injecteurs préchargés destinés aux LIO acryliques hydrophobes

Ils sont de plus en plus nombreux et la liste qui suit n'est pas exhaustive. Ces injecteurs sont stérilisés et délivrés avec la cartouche et l'implant directement sur le corps de l'injecteur. La plupart entre eux est compatible avec des incisions $\leq 2,2$ mm.

>>> Automome (Alcon) (référence CNAOTO) (*fig. 1*). Il s'agit d'un concept totalement nouveau qui va être prochainement disponible. L'innovation consiste en un piston auto-propulsé par une cartouche de CO_2 (*fig. 2A*). Il n'est donc plus nécessaire de pousser ou de visser le piston. La vitesse d'avancée du piston dépend du degré de pression sur bouton poussoir (*fig. 2B*). Cette automatisation élimine les anomalies de position de l'implant à l'injection. L'injection peut être interrompue ou reprise à tout instant. C'est un injecteur en trois temps (*fill, pull, push*) (*fig. 3*) comme l'Ultrasert, compatible avec des incisions de 2,2 mm. Le biseau est calé dans l'incision en non introduit dans la chambre antérieure. À noter que la chambre antérieure doit être suffisamment pressurisée et le piston totalement libéré.



Fig. 1 : Automome, (Alcon) Présentation.

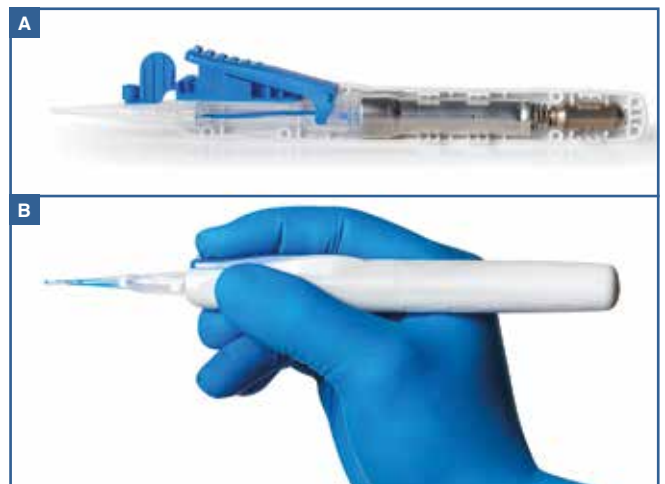


Fig. 2. A : Automome, (Alcon) Autopropulsion par cartouche de CO_2 . B : automome, (Alcon). Bouton poussoir de contrôle de l'avancée du piston.



Fig. 3 : Automome, (Alcon). Étapes de préparation.



Fig. 4 : Ultasert, (Alcon). Présentation.

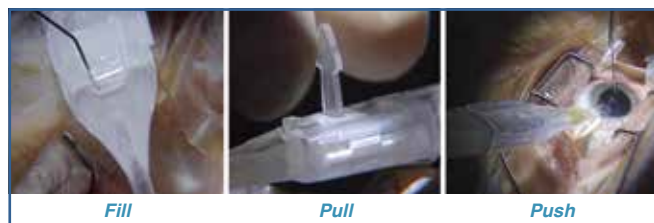


Fig. 5 : Ultasert, (Alcon). Étapes de préparation.

>>> Ultasert (Alcon) (*fig. 4*). L'objectif de cet injecteur est de réduire le nombre de manœuvres nécessaires (*fill*, *pull*, *push*) (*fig. 5*), tout en accroissant la sécurité et la reproductibilité. Il autorise une injection mono manuelle permettant de libérer la seconde main afin de stabiliser le globe et positionner la LIO dans le sac en un seul temps. L'embout de cartouche, original permet une injection assistée à la berge à travers des incisions de 2,2 mm. Le piston doit être complètement sorti pour libérer convenablement la seconde haptique.

>>> Vivinex iSert XC1 et XY1, 351 Torique (Hoya) (*fig. 6*) se présente sur un support et comprend un piston, deux glisseurs, un déblocage de sécurité et une collerette de maintien. L'originalité de cet injecteur est que le chirurgien plie la LIO à l'aide de deux glisseurs (*fig. 7*). L'utilisation d'une substance viscoélastique n'est pas obligatoire. Du fait d'une fente à l'extrémité du tunnel d'injection destiné à mieux contrôler la libération de l'implant, il n'est pas recommandé d'utiliser



Fig. 6 : iSert XY1, (Hoya). Présentation.

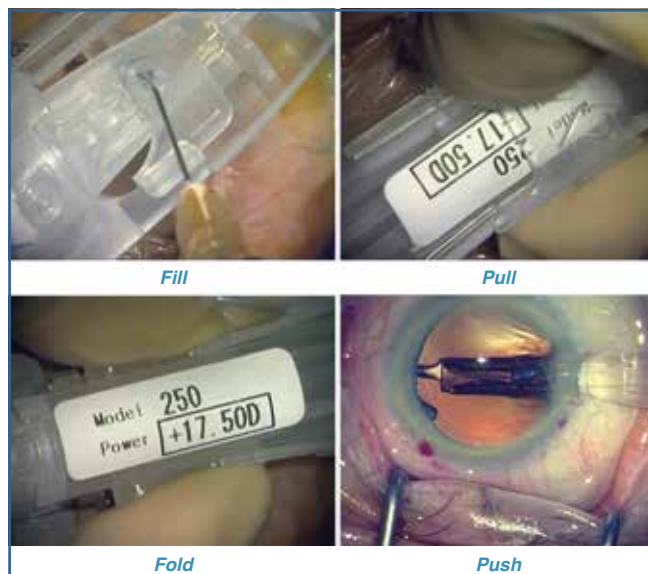


Fig. 7 : iSert 250, (Hoya) (Modèle précédent). Étapes de préparation et d'injection.

cet injecteur à la berge car il existe un risque d'injection hors de l'œil ou de blocage de la LIO dans l'incision. L'injecteur doit être complètement introduit dans la chambre antérieure. À noter que cet injecteur préchargé est un des seuls à pouvoir injecter un implant torique.

>>> Accuject Mediceal (*fig. 8*), Artis PL (Cristalens), CT Lucia (Zeiss), Genesis (Cutting Edge). Plusieurs compagnies disposent sous une forme ou sous une autre de l'injecteur Accuject (Mediceal) qui se compose d'un corps incluant la cartouche à ailettes de type Bartell contenant l'implant et d'un système de blocage de la LIO. Les LIO sont monoblocs à anses en C ou à quatre points d'appui. C'est le chirurgien qui plie l'implant en fermant la cartouche. L'embout de piston déformable permet un visco-injection douce.

>>> ITec (*fig. 9*), (Johnson and Johnson) se distingue par une combinaison de poussée et de vissage destinés à accroître



Fig. 8 : Accuject Pro, Mediceal, Genesis, Cutting Edge.

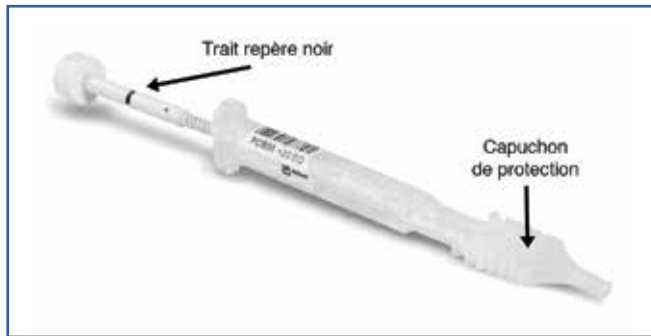


Fig. 9 : I Tec (Johnson and Johnson).

l'efficacité et la précision mécanique. La substance viscoélastique est injectée par le biseau et la procédure doit être suivie de manière très rigoureuse si l'on souhaite éviter les blocages lors de l'injection.

>>> KS-SP (France Lens) et EyeCee one (Bausch + Lomb) (fig. 10A) sont des injecteurs destinés à des implants monoblocs. Ils sont très faciles à utiliser à travers des incisions de 2,2 mm en deux temps : fill, push (fig. 11). Le biseau doit être complètement introduit dans la chambre antérieure si l'on souhaite éviter des échecs.

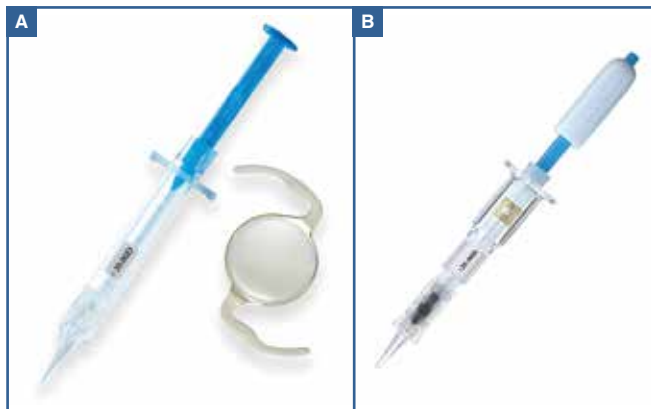


Fig. 10 : A. KS-SP (France Lens) et EyeCee one (Bausch and Lomb). B. KS-XS (France Lens).



Fig. 11 : KS-SP (France Lens). Étapes de préparation.

>>> KS-XS (France Lens) (fig. 10B) est un des rares injecteurs préchargés destinés à une LIO trois pièces à anses rapportées faite d'acrylique hydrophobe. Il se présente en une seule pièce comprenant, l'injecteur, la LIO et un système de stabilisation à l'extrémité du tunnel d'injection

>>> 860 PA et PAY (Medicontur) (fig. 12). Dans cet injecteur, l'implant est plié par le chirurgien en tournant un tambour qui entoure la chambre de chargement dans le sens horaire. La manœuvre est très aisée et l'injecteur compatible avec une incision de 2,2 mm à la berge. Il nécessite 4 temps : fill, rotate, pull, push (fig. 13).

>>> Autre : de nombreux autres injecteurs préchargés destinés au LIO acryliques hydrophobes sont moins (ou pas) utilisés sur le marché Français : Loadinject (MDJ) Iolmatic (IOLUTION), Easyshooter (O & O) (fig. 14), EYEJET IOL lotus (Morcher), Comport (AIVIMED), Optimajet (Excellent Icare), Advanced Preset (KOWA), Eye-Cryl-Sert (Biotech Vision Care), EyeKon- (EYEKON Medical), INJECx Plus (EYE4Vision Int'l), i-strean (md-tech)



Fig. 12 : 860 PA et PAY (Medicontur).

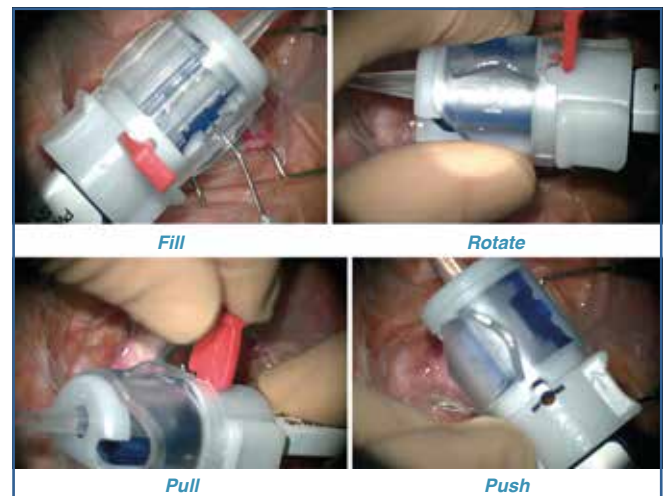


Fig. 13 : 860 PA et PAY (Medicontur). Étapes de préparation.



Fig. 14: EasyShooter (O & O).

■ Injecteurs préchargés destinés aux LIO acrylique hydrophiles

Nous entrons là dans un domaine où il a fallu résoudre les difficultés liées au glissement et au relargage de monomères ou d'agents glissants dans le liquide de conservation. En dehors de l'injecteur Genium, LCA les cartouches et les LIO sont stockées en milieu humide séparément du corps qui demeure sec.

>>> Bluemixs 180, (Zeiss) (*fig. 15*) a été un des premiers injecteurs préchargés ayant pris en charge simultanément les problématiques de sécurité microbiologique et de micro incision. Cet injecteur est porteur d'énormément d'innovations. Matériau de cartouche, revêtement, corps d'injecteur incluant le tunnel d'injection et non la chambre de chargement, chambre de chargement séparée incluant la LIO et le système de stabilisation. La chambre de chargement contenant la LIO en milieu humide est retirée de son conteneur et branchée sur le corps de l'injecteur en regard du tunnel d'injection. Il est recommandé de rincer la LIO au BSS comme pour toutes les LIO faites d'acrylique hydrophile (*fig. 16*). Cet injecteur permet d'utiliser des tailles d'incision de 2,2 mm en introduisant le biseau dans la chambre antérieure et de 1,8 mm en utilisant une technique à la berge.



Fig. 15: Bluemixs 180, (Zeiss).

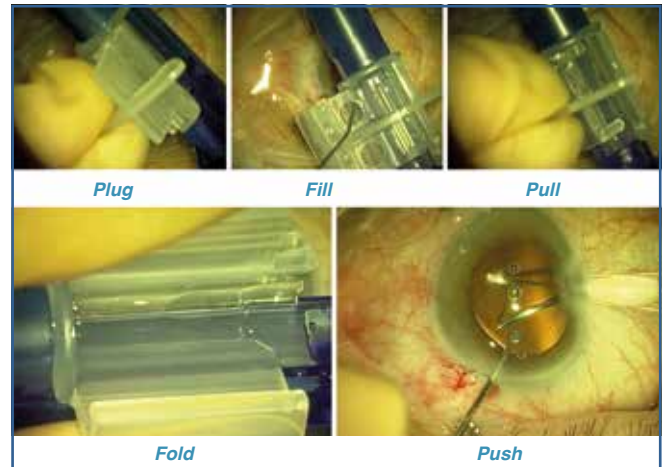


Fig. 16: Bluemixs 180, (Zeiss). Étapes de préparation et d'injection.

>>> Micro 123 Premium (Physiol) (*fig. 17*) utilise également un concept original. La cartouche et la LIO sont maintenues en milieu humide dans un conteneur, alors que le corps de l'injecteur, incluant le piston et l'embout déformable sont maintenus au sec. Le corps sec de l'injecteur est branché sur la cartouche contenue dans le conteneur. Un seul sens est possible. Il ne faut pas toucher l'embout déformable. Cet injecteur peut être utilisé par des incisions de 2,2 mm s'il est introduit dans la chambre antérieure et 1,8 mm s'il est maintenu à la berge (*fig. 18*). Il s'agit d'un injecteur à piston qui ne nécessite qu'une seule main.

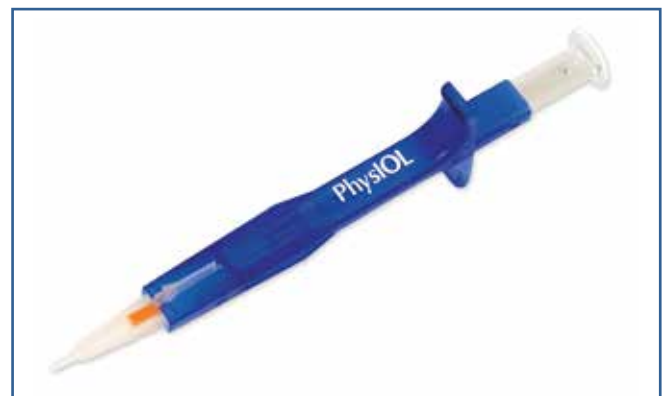


Fig. 17: Micro 123 Premium (Physiol).

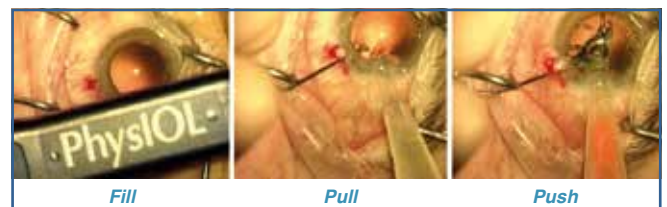


Fig. 18: Micro 123 © Premium (Physiol). Étapes de préparation et d'injection.

>>> Genium et Genium micro, (LCA) (*fig. 19*) est le plus petit injecteur actuellement disponible et ce, grâce à deux idées aussi simples qu'élégantes. D'une part, la cartouche et le corps de l'injecteur ne font qu'un, réduisant ainsi le volume global. D'autre part, le système de poussée et le système de pliage de l'implant ne font également qu'un, contribuant également à la réduction du volume (*fig. 20*). L'injecteur est entièrement fait de polypropylène, qui présente l'avantage d'être transparent, permettant une visualisation de la totalité de la procédure.

>>> D'autres injecteurs préchargés destinés aux LIO faites d'acrylique hydrophiles sont moins (ou pas) utilisés en France :



Fig. 19 : Genium micro, (LCA).



Fig. 20 : Genium micro, (LCA). Étapes d'injection.



Fig. 21 : Safeloader (HumanOptics).



Fig. 22 : Loadinject (MDJ).



Fig. 23 : Easy Shooter (O & O).

Safeloader (HumaOptics) (*fig. 21*), Easyject (Oculentis), Loadinject (MDJ) (*fig. 22*), MEDJET PIL-MA (Medicontour T), IOLMATIC (IOLUTION), Easyshooter (O & O) (*fig. 23*), PLA (Lenstec).

■ Techniques d'injection

Prérequis à toute injection :

- apprendre l'usage de chaque injecteur pour chaque implant ;
- auprès du laboratoire : notice imagée, vidéo ;
- essai du dispositif hors de l'œil ++ ;
- Internet : EyeTube, Youtube ;
- ne préparer l'implant qu'au dernier moment ;
- rincer TOUS les implants présentés en milieu liquide ;
- en cas de résistance anormale ou de doute, ne pas injecter.

Pour toutes les techniques d'injection, la pressurisation de la chambre antérieure par une substance viscoélastique le plus souvent cohésive (fort poids moléculaire, faible concentration) est indispensable. D'autre part, une construction convenable de l'incision est indispensable : structure, longueur adaptée à la cartouche, largeur (communément 2 mm). Une incision trop large rend difficile l'injection qu'elle soit en chambre antérieure (IN) ou à la berge (OUT). Une incision insuffisamment large, longue ou mal structurée peut entraîner une béance et un défaut d'étanchéité des ports d'injection. Visionner une vidéo de démonstration est toujours intéressant et utile ainsi que réaliser les premières injections en présence d'un délégué

compétant après avoir manipulé l'injecteur. Pour la plupart des injecteurs, le chargement et la préparation peuvent être réalisés par l'assistant opératoire après une formation.

On distingue trois grands types d'injections. Dans la chambre antérieure, à travers l'incision, directement dans le sac capsulaire, plus aisée mais nécessitant une plus grande taille. À la berge, plus délicate techniquement mais permettant une plus petite taille d'incision (aux alentours de 0,4 mm de moins pour une même cartouche). Dans l'incision, l'embout spécifique de la cartouche est calé dans l'incision. On distingue par ailleurs deux grands types de techniques d'injections : les injections en rotation des implants 3 pièces à haptiques semi rigides quel que soit le matériau de l'optique, et les injections à plat des implants mono matériaux quel que soit ce matériau et le dessin de l'implant.

1. Injection à travers l'incision

>>> Implants trois pièces à anses rapportées semi rigides : l'injection en rotation

Il faut savoir la pratiquer pour les rares cas résiduels nécessitant ce type d'implant en particulier les implantations dans le sulcus dans le cadre de cas difficiles ou compliqués. La rotation se fait dans le sens anti horaire et accompagne le déploiement de l'implant.

>>> Implants monoblocs mono matériaux à anses en C : l'injection à plat

Il s'agit le plus souvent d'implants faits d'acrylique hydrophobe. La difficulté consiste à ne pas bloquer les haptiques. Que la cartouche soit à chargement supérieur à ailettes ou postérieure, les haptiques sont fréquemment repliées sur l'optique. L'implant est pré engagé dans le tunnel d'injection à l'aide du piston et l'aspect est vérifié. L'implant dans le tunnel, l'injecteur est introduit à travers l'incision. L'injection, très simple avec les implants monoblocs est réalisée à plat, sans rotation, directement dans le sac capsulaire. Certains implants gardent mal leur trajectoire et nécessitent un contrôle directionnel à l'aide du micro manipulateur. La première haptique, très souple, ne peut pas léser le sac capsulaire. La seconde haptique peut par contre être coincée entre l'embout de piston et la paroi du tunnel d'injection est lésée ou arrachée. Dans tous les cas la LIO sera explantée. Une des haptiques peut rester collée à l'optique, particulièrement pour les matériaux acryliques hydrophobes. Attendre est souvent suffisant. Sinon l'haptique est décollée à l'aide d'un ou

parfois deux manipulateurs, type spatule à iris de Barraquer. Dans d'autres cas, ce sont les deux haptiques qui restent collées entre elles parfois très solidement. L'utilisation de deux manipulateurs par l'incision principale et l'incision de service permet de les séparer par des manœuvres de rotations externes simultanées.

>>> Implants monoblocs à 4 points d'appuis ou points d'appuis multiples

Ils sont le plus souvent faits d'acrylique hydrophile et de desins variables parfois complexes. Ces implants doivent être sortis du milieu hydraté à la dernière minute afin de ne pas modifier leur comportement physique. Il faut éviter de les léser durant cette phase de chargement qui est souvent plus délicate que pour les acryliques hydrophobes. Leur chargement est également plus délicat que pour les LIO 3 pièces à anses en C mono matériaux et les nombreuses haptiques sont susceptibles d'être bloquées par l'embout de piston d'autant que ces matériaux sont très déformables. L'injection, très aisée, s'effectue à plat dans le sac capsulaire et à travers l'incision. Ils sont souvent positionnés en deux temps à l'aide d'un manipulateur surtout s'ils sont volumineux et toriques afin d'éviter une rotation délicate même sous SVE. Le principal risque de ces injections est la déchirure de l'optique ou des haptiques liés à un défaut de chargement ou d'avancée de l'embout de piston.

2. Injection à la berge

C'est également une injection à plat. L'injection à la berge ou *Wound Assisted Technique* (WAT) est une technique d'injection permettant la plus petite taille d'incision post injection quel que soit l'injecteur. Le biseau de l'embout de cartouche est apposé contre l'incision et non introduit à travers celle-ci. Cette technique suppose, bien entendu, que les dimensions de la cartouche de l'injecteur et de l'incision coïncident au mieux afin de créer un tunnel d'implantation continu au sein duquel l'implant va progresser. Cette technique est plus aisée avec les injecteurs à piston qu'à vis, qui nécessitent l'utilisation des deux mains. L'implant est poussé vers le tunnel d'injection sous contrôle de la vue. L'injection doit être réalisée dans la foulée sans temps de latence. L'incision se comporte comme un prolongement de l'embout de cartouche. La stabilisation du globe par un second instrument est utile mais indispensable. La position du corps de l'injecteur doit suivre la trajectoire de l'incision et non viser le centre de la pupille comme c'est le cas pour l'injection dans la chambre antérieure. L'injection doit se faire sans discontinuer, en un seul

temps afin d'éviter que la LIO ne reste bloquée dans l'incision. Une fois l'optique en grande partie dans la chambre antérieure, l'injecteur peut être réorienté pour placer la LIO dans le sac capsulaire en un temps à l'aide du manipulateur. L'injection à la berge est plus délicate avec les implants de fortes puissances. Parmi les difficultés, l'implant peut être injecté à l'extérieur de l'œil. Dans d'autres cas, l'implant peut rester bloqué dans l'incision. Il est toujours préférable de le tirer vers l'extérieur à l'aide d'une pince à griffe que de le pousser vers la chambre antérieure.

3. Injection dans l'incision (*wound optimised technique*)

L'injection dans l'incision est un mode plus récent d'injection qui consiste à caler l'extrémité de l'injecteur dans l'incision. Le piston est avancé lentement jusqu'à la position de pré injection. L'extrémité de la cartouche est introduite dans l'incision mais pas dans la chambre antérieure. L'implant est lentement injecté directement dans le sac capsulaire aidé par le manipulateur. Cette technique peut être utilisée avec les injecteurs Acrysert et Autonome (Alcon).

■ Difficultés et complications de l'injection

Les complications de l'injection sont rares, le plus souvent dues au non-respect des instructions d'utilisation et à l'absence d'entraînement préalable ou de visionnage de vidéos pédagogiques.

1. Dommages à l'injecteur : on peut voir des lésions de tous types jusqu'à l'éclatement de cartouches qui peut léser l'implant. Parfois ce sont des blocages complets de l'injecteur obligeant à renoncer à la procédure (*fig. 24A*). Parfois ces lésions sont plus sévères avec des éclatements de cartouches, des arrachements de fragments d'haptiques ou d'optiques ou des injections atypiques menaçant l'intégrité tissulaire du segment antérieur.

2. Dommages à la LIO : on peut parfois observer des marques, des rayures, des fissures sur les faces de l'optique. Les arrachements, les ruptures ou tous dommages aux haptiques obligent à une explantation immédiate suivie d'un changement de la LIO afin d'assurer la stabilité de la LIO dans le sac capsulaire. La seconde haptique peut être simplement bloquée par le piston (*fig. 24B*), position inconfortable qui peut être résolue en fendant la cartouche à l'aide du couteau. Les optiques sont rarement lésées dans les injecteurs préchargés, elles peuvent lors d'éclatement de cartouche.

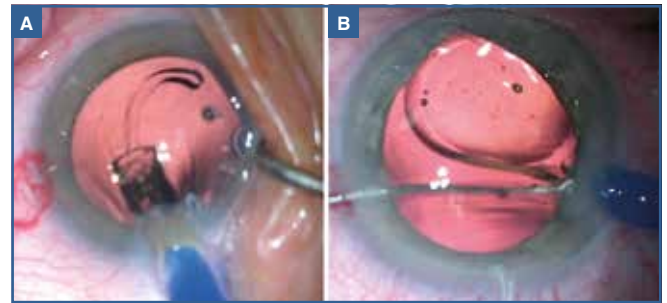


Fig. 24. A : Injecteur bloqué. B : seconde haptique coincée par le piston.

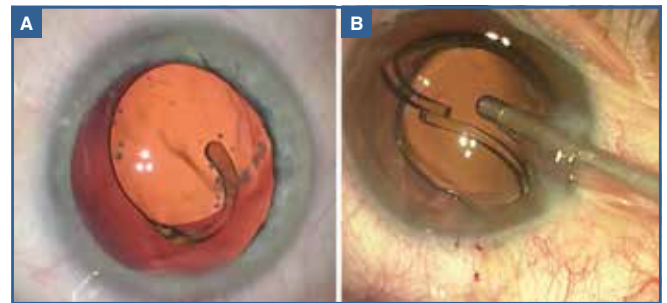


Fig. 25. A : Haptique collé à la face postérieure de l'optique. B : *kissing haptics*. Deux haptiques collées entre elles.

Des haptiques collées entre elles (*fig. 25A*) ou à l'optique (*fig. 25B*) peuvent nécessiter des manœuvres bi-instrumentales de séparation parfois délicate sous SVE.

3. Dommages tissulaires : ils sont très rares et souvent dus à une inadéquation des caractéristiques de l'embout de cartouche avec la taille. Ce peut être des béances incisionnelles (ou *fish mouthing*) ou des défauts d'étanchéité. Des ruptures capsulaires postérieures peuvent être provoquées par une libération trop brutale de la LIO ou par une absence de rotation lors de l'injection d'un implant 3 pièces à haptiques semi-rigides.

Les injecteurs préchargés se sont logiquement imposés en particuliers ceux destinés aux implants faits d'acrylique hydrophobe. Leurs avantages sont nombreux. Cette automatisation partielle ne permet pas de s'affranchir de suivre précisément les instructions du fabricant si l'on souhaite bénéficier de la sécurité et de la reproductibilité de ces systèmes.

Bibliographie

1. AMZALLAG T. Implantation dans le sac capsulaire, in Ebook Chirurgie de la cataracte T. Amzallag and P. Rozot, Editors. 2018, Elsevier Masson Paris. p. 114-122.

L'auteur a déclaré des fonctions de consultant pour les laboratoires Alcon, Cutting Edge et Théa. L'auteur adresse ses remerciements à Alexandra Pasquier et Christophe Cesses.



S. JAULERRY
Ophtalmologiste, TARBES.
sjaulerry@ch-tarbes-vic.fr

Intégration du FLACS Zéro US en milieu hospitalier

En 2015, au CHIC de Tarbes, prévalait l'impression de stagner en chirurgie de la cataracte ! Nous étions arrivés à un plateau d'activité qui n'évolue plus ou peu : entre 1600-1700 cataractes par an sur une seule salle opératoire avec 4 opérateurs réalisant aussi d'autres types de chirurgie. Stagnation en grande partie du fait de la structure hospitalière et de l'organisation chirurgicale. Alors, comment dans ce cadre fixe, faire évoluer nos pratiques et augmenter notre activité ? La nécessité d'une réorganisation passant par l'intégration d'une technologie innovante mais à coût maîtrisé s'est donc imposé.

Intégration d'une nouvelle technologie : acquisition en mai 2016 d'un femto laser VICTUS (*fig. 1*) pour la chirurgie de la cataracte en espérant une robotisation suffisante pour augmenter les débits chirurgicaux tout en améliorant l'efficacité, la rapidité et la reproductibilité du geste afin de pouvoir le déléguer. L'arrivée des sondes zéro US couplé au programme zéro phako du STELLARIS active nous a semblé être le bon moment pour une rupture technologique avec la phako

conventionnelle. La qualité de l'OCT *swept source* en temps réel automatise tous les repérages du cristallin et rend le geste parfaitement reproductible, la rapidité d'exécution, environ 3 minutes, permet de préparer plusieurs patients à l'avance qui peuvent être distribués sur plusieurs salles opératoires pour la phase d'aspiration/implantation.

Intégration d'une nouvelle organisation chirurgicale : le VICTUS a été installé en combo avec l'Excimer en salle réfractive qui est contiguë à la salle de chirurgie de cataracte. Nous avons acquis de nouveaux fauteuils chirurgicaux (*fig. 2*) : UFSK 500 xle pour un transfert plus fluide des patients depuis l'ambulatorio jusqu'au bloc. Nous avons modifié les horaires d'arrivée et les tenues des patients, que l'on ne déshabille plus, ce avec l'accord du CLIN. Au niveau de la consultation, tous les patients sont considérés comme éligibles au FLACS zéro US sauf les petites pupilles, les cristallins de grade 4, et ceux qui ne comprennent rien ! Par ailleurs, le flux des patients a été modifié avec création de vacations chirurgicales uniquement en FLACS zéro US, ce



Fig. 1 : Procédure FLACS VICTUS au CHIC de Tarbes.



Fig. 2 : Nouveau lit chirurgical et patient non déshabillé.

qui a simplifié le travail infirmier en uniformisant la préparation des patients et en diminuant les manipulations de matériel. Enfin, nous avons délégué aux internes la partie femto de la chirurgie qui se fait donc sur les 2 salles : réfractive plus cataracte avec 2 équipes volantes interchangeables. Cela a permis d'augmenter le débit chirurgical. Grâce à la rotation sur 3 fauteuils, nous sommes passés de 3 à 5 patients à l'heure. À ce jour, plus de 1 800 patients ont bénéficié d'un FLACS zéro US.

Intégration financière : une négociation serrée avec Bausch + Lomb a permis une mise à disposition du VICTUS contre consommable : un contrat en volume d'activité et durée a été signé. Une partie du surcoût de cette procédure femto a été absorbé au début par des recettes de la chirurgie réfractive, et par un programme d'économies de fonctionnement : plus de couteaux, modification du visqueux car plus d'ultrasons, cassettes différenciées zéro US à coût réduit. Économies de stérilisation : absence de pièces à main restérilisable, set minimaliste d'instruments à usage unique. Par ailleurs, une communication spécifique liée à cette nouvelle technologie

a eu lieu : presse écrite régionale, radio, télévision (France 3 région), avec un effet extrêmement positif en termes de reconnaissance du service d'ophtalmologie et un effet d'aspiration des patients. La résultante de tous ces efforts est une augmentation d'activité de 23 %, et donc des GHS, en chirurgie de la cataracte compensant largement le surcoût du femto laser.

Aujourd'hui, au CHIC de Tarbes, le FLACS zéro US est devenu le standard en chirurgie de la cataracte grâce à une intégration réussie basée sur une réorganisation complète de la prise en charge des patients rendue possible par cette nouvelle technologie parfaitement robotisée, rapide et fiable. Son surcoût, en attendant un éventuel GHS spécifique, est amorti par des économies de fonctionnement mais surtout par une forte augmentation de l'activité.

En conclusion, n'ayez pas peur de vous y lancer !

L'auteur a déclaré exercer des fonctions de consultant pour les laboratoires Bausch + Lomb.



A.-L. REMOND, P. LEHOANG, B. BODAGHI
Service d'Ophtalmologie, DHU Vision et Handicaps,
Hôpital Pitié-Salpêtrière, PARIS.
bahram.bodaghi@gmail.com

Uvéites postopératoires après chirurgie du cristallin

L'uvéite est un ensemble d'affections inflammatoires intéressant la tunique intermédiaire vascularisée de l'œil : la choroïde, le corps ciliaire et l'iris. Il s'agit d'une pathologie rare, hétérogène mais une cause importante de cécité dans le monde. Son incidence est estimée à près de 17/100 000 en Europe occidentale. Bénigne dans la majorité des cas, elle peut néanmoins poser d'importants problèmes diagnostiques et thérapeutiques mettant ainsi en jeu le pronostic visuel. Il est très important de toujours rechercher des anomalies extraoculaires, en particulier une maladie de système.

L'uvéite peut à la fois être "cause et conséquence" de la cataracte. Elle est responsable d'un développement plus précoce et plus rapide d'une cataracte ; et peut survenir également au décours d'une chirurgie de cataracte. Il est important de distinguer différents cas de figure :

- la réactivation d'une uvéite connue préexistante au geste chirurgical ;
- l'uvéite dite *de novo*, inconnue avant la chirurgie ;
- la pseudo-uvéite, dans le cadre des *syndromes de masquerade*. Il y a une véritable inflammation, non liée à une maladie de système mais à une pathologie tumorale ou à une infection ;
- la fausse uvéite, où des dépôts de substance inerte en suspension, ou bien d'autres cellules non inflammatoires peuvent mimer un effet Tyndall.

Cette discrimination est importante et doit être rapide en postopératoire, pour gérer au mieux les complications.

■ Uvéite présente antérieurement à la chirurgie

La cataracte est une complication très fréquente des uvéites. Elle surviendrait dans 40 à 50 % des cas, toutes causes confondues. Cette fréquence est très variable selon l'étiologie : de

17,9 % à 64,4 %. Son développement dépend de la localisation de l'inflammation (antérieure, intermédiaire, postérieure ou totale), de sa durée, du type d'uvéite, et du traitement par corticoïdes. Elle est plus fréquente dans l'uvéite associée à une arthrite juvénile idiopathique, une cyclite hétérochromique de Fuchs et une pars planite.

Le seul traitement efficace est chirurgical. Mais cet acte peut entraîner une réactivation de l'inflammation. Ces réactions peuvent être observées dans le segment antérieur (*fig. 1*), intermédiaire ou postérieur : en particulier, l'œdème maculaire cystoïde possible même sans complication peropératoire.

Plusieurs précautions sont à prendre pour limiter cet effet :

- l'extraction extracapsulaire par phaco-émulsification est la technique chirurgicale de référence ;
- l'implantation d'une lentille intraoculaire, longtemps controversée en présence d'antécédents inflammatoires, est désormais retenue. Le choix de l'implant se porte plutôt vers

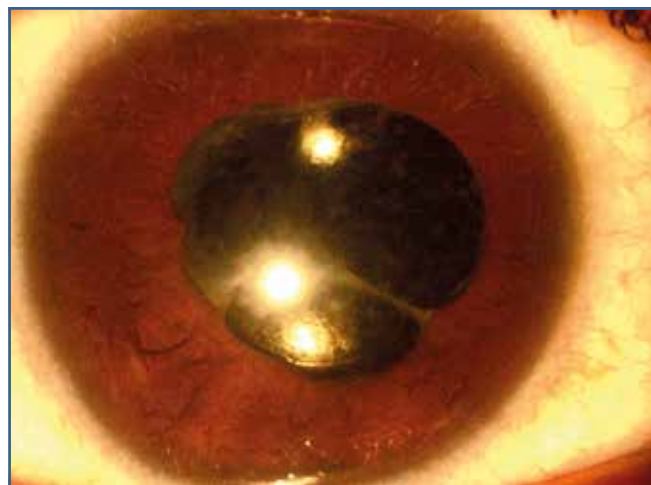


Fig. 1 : Récidive inflammatoire antérieure en postopératoire d'une chirurgie de cataracte chez un patient atteint d'uvéite connue.



Fig. 2 : Masse résiduelle suite à une chirurgie de cataracte compliquée sur hétérochromie irienne de Fuchs.

ceux en matériel hydrophobe (trois pièces ou monoblocs), bien que certains nouveaux implants hydrophiles semblent avoir une meilleure biocompatibilité qu'auparavant ;

- certaines difficultés peropératoires peuvent majorer le rebond : faible degré de visibilité et temps de chirurgie allongé (cicatrices cornéennes ou opacité diffuse liée à une insuffisance endothéliale), synéchies postérieures imposant un geste sur l'iris pourvoyeur d'inflammation (étirement pupillaire bimanuel avec le crochet de Sinsky, paracentèses avec mise en place de crochets iriens ou anneau de Malyugin) ;

- le retrait de tous les fragments du cortex cristallinien est un facteur préventif majeur de la réaction inflammatoire postopératoire (**fig. 2**).

- la difficulté réside dans le contrôle total pré et surtout postopératoire de l'inflammation. L'évaluation préopératoire est capitale. La chirurgie ne doit pas être entreprise avant d'avoir obtenu le contrôle total de l'inflammation intraoculaire, et ce, depuis au moins trois mois. Une grande variété de traitements pour contrôler cette inflammation est présente dans la littérature.

Le risque d'inflammation postopératoire est variable selon le déroulement de l'intervention mais surtout selon l'étiologie de l'uvéite préexistante. Certaines uvéites sont plus à risque de rebond inflammatoire que d'autres. Une rétinohoréïdopathie de type Birdshot est à moindre risque de rebond qu'une uvéite antérieure aiguë synéchiante sur une arthrite juvénile idiopathique (AJI). Quant à la cyclite hétérochromique de Fuchs, elle ne nécessite aucune prise en charge particulière. Cependant, des réactions inflammatoires précoces restent possibles avec présence de cellules géantes sur l'implant

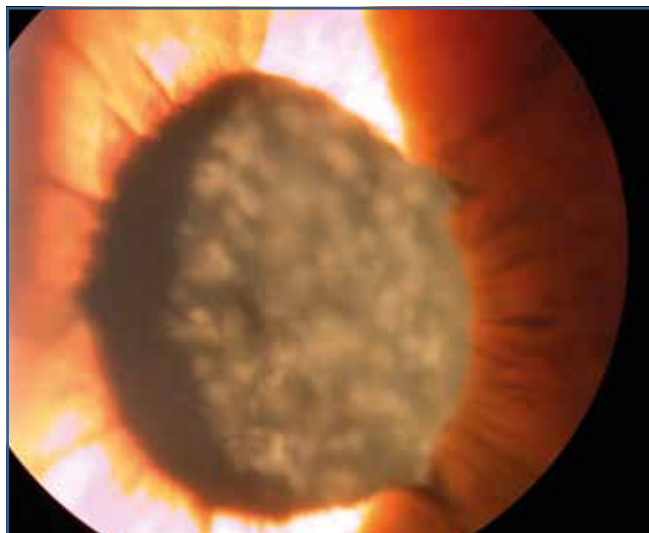


Fig. 3 : Cellules géantes recouvrant la face antérieure de l'implant en postopératoire d'une chirurgie de la cataracte insuffisamment traitée.

(**fig. 3**). En général, l'importance des synéchies postérieures est l'élément pronostique majeur. Les uvéites avec le risque le plus important sont : la maladie de Behçet, l'AJI, les uvéites liées au HLA-B27, la sarcoïdose (**fig. 4**), le Vogt-Koyanagi-Harada et l'ophtalmie sympathique. Le risque est modéré pour la Birdshot RC, la pars planite et l'uvéite idiopathique.

L'intervention doit donc être encadrée d'une corticothérapie selon un protocole précis, dans le but de minimiser l'inflammation postopératoire et ainsi de réduire le risque d'œdème maculaire ou d'opacification capsulaire. Il existe actuellement plusieurs protocoles selon le risque de récurrence :

- le protocole dit "complet" comprend : un traitement préopératoire initié 3 jours avant l'intervention à base de



Fig. 4 : Inflammation postopératoire majeure chez un patient atteint d'uvéite sarcoïdique insuffisamment traitée.

corticoïdes à la dose de 1/2 mg/kg/j (que le patient soit encore ou non sous corticothérapie); un traitement peropératoire avec une perfusion de méthylprednisolone, accompagné d'une antibiothérapie et d'une injection sous conjonctivale de dexaméthasone; un traitement postopératoire avec le maintien de la corticothérapie per os à la même dose pendant une courte période, puis en décroissance relativement rapide sur trois mois selon l'évolution, et un traitement local standard dans ce type de chirurgie: un corticoïde associé à un anti-inflammatoire non stéroïdien et un collyre mydriatique à action courte. Ce protocole est à adapter au risque de rebond;

- le protocole dit "allégé", comprend les mêmes traitements que le complet excepté la corticothérapie par voie orale;
- le protocole dit "intensifié" est un protocole allégé potentialisé par une injection d'un implant intravitréen de dexaméthasone dans les 15 jours avant le geste chirurgical.

Le protocole est poursuivi et adapté en fonction de l'état clinique et aux valeurs du tyndallomètre au laser.

Chez les patients atteints d'une inflammation intraoculaire d'origine virale (HSV, VZV et CMV), une prophylaxie antivirale vient compléter ce traitement. Les antiviraux sont débutés une semaine avant, par voie orale et poursuivis de manière adaptée à chaque cas.

Du fait du risque de rebond inflammatoire, la surveillance postopératoire nécessite des contrôles plus fréquents que dans la pratique standard. Tous les types de complications peuvent se retrouver mais les plus fréquentes sont: les récives inflammatoires, le glaucome, l'œdème maculaire cystoïde, mais aussi les dépôts de cellules géantes sur la surface de l'implant, l'opacification capsulaire postérieure et la contraction de la capsule antérieure. Grâce au contrôle strict de l'inflammation avant et après l'intervention, l'incidence d'un œdème maculaire peut être similaire entre un groupe de patients opérés de cataracte sur uvéite et un autre groupe de patients présentant des cataractes sans uvéite [1].

■ Uvéite de novo

Une intervention de cataracte peut jouer le rôle de catalyseur sur une inflammation intraoculaire et déclencher une uvéite sous-jacente, quiescente, et non connue.

Il est important de réaliser un bilan devant une inflammation persistante ou résistante après un traitement habituel postopératoire.

La prise en charge est alors identique à la première poussée d'uvéite, sans méconnaître la possibilité d'une endophtalmie, nécessitant dans ce cas un prélèvement et un traitement différent.

■ Rebond inflammatoire

Le terme de rebond inflammatoire est également utilisé pour la réactivation d'une uvéite. Nous allons ici limiter son emploi à la présence de signes inflammatoires minimes à l'arrêt du traitement postopératoire par corticoïdes locaux.

Les chirurgiens de segment antérieur voient régulièrement des réactions inflammatoires prolongées après une chirurgie de cataracte non compliquée. Cette inflammation se résout bien souvent avec un traitement anti-inflammatoire prolongé, environ 1 mois et demi ou deux mois; ou avec une injection péri-oculaire de corticoïdes.

L'incidence de l'uvéite primaire chronique est de 5 % parmi les résidents à Washington et semble impliquer plus de patients afro-américains. Elle est également plus importante au Japon.

Plusieurs hypothèses ont été soulevées:

- la persistance de petites particules cristalliniennes piégées au niveau de la zonule;
 - le frottement de l'implant, des parties de la lentille retenue dans l'angle ou à la base du vitré mais les différents examens réalisés (échographie UBM) peuvent ne rien retrouver;
 - un possible gradient d'inflammation associé au pigment.
- L'incidence est plus importante chez les patients africains ou japonais, avec un iris brun, suggérant une implication de la mélanine.

■ Pseudo-uvéite

Le terme de pseudo-uvéite ou *masquerade syndrome* rassemble un groupe d'affections variées mais essentiellement tumorales, mimant une affection intraoculaire infectieuse ou inflammatoire. Ce n'est pas un syndrome à proprement parler mais un groupe d'affections. La caractéristique principale est leur absence de réponse, leur réponse partielle ou leur résistance au traitement par les corticoïdes. Ce type d'uvéite peut survenir au décours d'une intervention chirurgicale de cataracte, celle-ci agissant soit comme un catalyseur de l'inflammation, soit comme une porte d'entrée pour une bactérie.

Une hyalite suspecte, ou des infiltrats rétiens peuvent aussi être mis en évidence de manière fortuite après le retrait d'un cristallin dense empêchant un bon examen du vitré. Il est dans ce cas important de bien examiner le vitré et la rétine en postopératoire lorsque le FO est inaccessible ou difficile avant la chirurgie.

1. Pathologies tumorales

>>> Lymphome vitréorétinien primitif

Il s'agit de localisations endoculaires de lymphomes non hodgkiniens du système nerveux central. Les manifestations extraoculaires peuvent manquer lors des premiers signes fonctionnels ophtalmologiques. La médiane de l'âge de diagnostic est entre 50 et 60 ans. La présentation la plus typique est celle d'une "pseudohyalite" chronique. La présence de cellules dans la chambre antérieure ou d'infiltrats rétiens est également observée. La vitrectomie à visée diagnostique permet de confirmer le lymphome. L'examen cytologique met le plus souvent en évidence un lymphome à grandes cellules de type B.

>>> Manifestations oculaires au cours des leucémies

La présence d'infiltrats cellulaires vitréens ou rétiens est occasionnellement observée au cours d'hémopathies malignes, fréquemment en phase terminale.

>>> Mélanome malin de la choroïde

Une uvéite peut parfois être observée au cours de l'évolution d'un mélanome malin de la choroïde.

2. Endophtalmies

>>> Endophtalmie aiguë

L'endophtalmie est une infection intraoculaire. L'endophtalmie aiguë survient dans les 7 jours après la chirurgie. L'infection à la suite d'une chirurgie de la cataracte est la forme la plus courante d'endophtalmie et elle est communément causée par des staphylocoques à coagulase négative, bien que les infections les plus virulentes impliquent *S. aureus* ou un streptocoque. Les symptômes sont la douleur, l'hyperhémie conjonctivale, l'inflammation du segment antérieur et du vitré antérieur et la baisse d'acuité visuelle qui peut être très importante. L'incidence de l'endophtalmie associée à la chirurgie de la cataracte est inférieure à 0,01 %. Cette incidence est désormais faible en raison de l'utilisation

de la povidone iodée lors de la préparation cutanée et oculaire préopératoire et l'injection intracaméculaire de céfuroxime (réduction supplémentaire d'un facteur 4).

Les traumatismes conduisant à l'endophtalmie peuvent également être causés par des événements non chirurgicaux et ces infections sont souvent causées par *Bacillus cereus* ou *S. aureus*.

Les infections intravitréennes à la suite d'une injection intravitréenne sont le plus souvent causées par des staphylocoques à coagulase négative ou *S. aureus*, alors que *S. aureus* et les streptocoques (surtout les pneumocoques) sont la cause d'endophtalmie résultant de la propagation de bactéries d'une infection d'un site non oculaire.

L'analyse des souches de *S. aureus* isolées à partir de cas d'endophtalmie à plusieurs centres cliniques a montré que cinq types clonaux représentaient 58,9 % des infections. Les lésions tissulaires survenues au cours de l'infection par *S. aureus* du corps vitré ont été analysées par rapport aux facteurs structurels ou sécrétés bactériens responsables de l'inflammation ou de la toxicité directe. Les bactéries mortes, les parois cellulaires bactériennes et les surnageants de culture ont été comparés pour leurs effets sur le vitré du lapin. Les bactéries ou les parois cellulaires mortes causaient une inflammation, mais n'endommageaient pas de façon significative la rétine. Cependant, le surnageant de culture était toxique pour la rétine, suggérant que cette lésion tissulaire était due à des toxines sécrétées, soit directement soit conjointement à l'inflammation qu'elles provoquaient.

La prise en charge de l'endophtalmie aiguë post-opératoire doit être rapide et intensive. Elle se fait en milieu hospitalier, avec la réalisation d'un prélèvement d'humeur aqueuse ou de vitré pour une analyse bactériologique, un traitement antibiotique empirique ; par voie générale (une bi-antibiothérapie par voie intraveineuse), par voie intravitréenne et par voie locale (collyre antibiotique). La corticothérapie peut être initiée dans un second temps, en présence d'une antibiothérapie associée, pour lutter contre les réactions inflammatoires, très délétères sur la fonction visuelle. La symptomatologie peut être moins bruyante et la survenue retardée à l'ère de l'antibioprophylaxie intracaméculaire.

>>> Endophtalmie chronique

Toute uvéite du pseudophaque doit être considérée comme une endophtalmie chronique jusqu'à preuve du contraire. Survenant, par définition, après une période postopératoire

au minimum de 1 mois, la présentation clinique d'une endophtalmie chronique peut parfaitement simuler une uvéite. La présence de précipités rétrocornéens disséminés est fréquente, la réaction inflammatoire en chambre antérieure est d'intensité variable. L'élément sémiologique le plus constant est la plaque blanche au niveau de la capsule postérieure. Habituellement, l'inflammation vitréenne est, dans ce type d'endophtalmie, minime et limitée au vitré antérieur. La corticothérapie locale peut initialement entraîner une diminution partielle de l'inflammation en chambre antérieure, entretenant ainsi la confusion avec une uvéite. Le germe en cause est, dans environ 80 % des cas, un bacille anaérobie : *Propionibacterium acnes*.

3. Traumatisme et corps étranger intraoculaire

Le Tyndall hémétique peut être exceptionnellement confondu avec un Tyndall inflammatoire après un traumatisme non pénétrant du globe. Toutefois, d'authentiques réactions inflammatoires post-traumatiques peuvent être observées. Un corps étranger endoculaire méconnu peut être à l'origine d'une réaction inflammatoire ou infectieuse qui peut simuler une uvéite. En cas de doute, et selon les antécédents, il sera toujours utile de réaliser une échographie oculaire en mode B et/ou UBM pour chercher un corps étranger en périphérie rétinienne, dans les corps ciliaires, voire une imagerie orbitaire.

4. Uvéites médicamenteuses

La liste de médicaments susceptibles de déclencher une uvéite est longue et la responsabilité du médicament est souvent difficile à établir sauf dans certains cas bien établis. Il faut être vigilant vis-à-vis de certains traitements pris en pré- et postopératoire.

>>> Traitement par voie générale

Les traitements généraux les plus connus comme étant pourvoyeurs d'uvéite sont la rifabutine et le cidofovir. D'autres molécules entraînent un décollement séreux rétiens comme les inhibiteurs de la MEK.

>>> Traitement par voie locale : collyre

● Effet du latanoprost [2]

L'utilisation de latanoprost dans la période postopératoire précoce de la chirurgie de cataracte et chez les patients atteints de glaucome uvéitique est controversée car elle peut

aggraver l'inflammation et entraîner un œdème maculaire, par rupture de la barrière hématoaqueuse. Mais les preuves solides manquent quant à la responsabilité du latanoprost. Cet œdème est majoritairement infraclinique, se produit surtout au décours d'une chirurgie compliquée, et se résout souvent avec un traitement anti-inflammatoire non stéroïdiens au bout de quelques semaines. Le latanoprost peut actuellement être utilisé chez les patients atteints d'uvéite assez tôt après l'intervention. Les analogues de prostaglandine sont en général déconseillés en cas de rupture capsulaire.

II "Fausses uvéites"

Ce terme peut également être employé pour parler de pseudo-uvéites. Nous l'emploierons ici pour parler d'entités ou de syndrome présentant des signes pris à tort comme des signes inflammatoires : des précipités rétro-cornéens, des cellules en suspension dans la chambre antérieure, des synéchies, une hyalite, un œdème maculaire, sans pour autant qu'il y ait une véritable uvéite.

Ainsi, il existe des précipités pigmentés dans le syndrome de dispersion pigmentaire (associés ou non à des zones d'atrophie irienne), et dans la dystrophie endothéliale de Fuchs ; des "cellules" et des particules en suspension dans la chambre antérieure pouvant mimer un effet Tyndall en cas de **TASS syndrome** et d'injection de corticoïdes à effet retard ; des globules rouges pouvant être confondus avec un effet Tyndall en segment antérieur en cas d'hyphéma, ou avec une hyalite en cas d'hémorragie intravitréenne.

Un examen préopératoire rigoureux permet déjà d'éliminer un certain nombre de ces affections : dispersion pigmentaire, dystrophie de Fuchs, séquelles de glaucome aigu, évitant ainsi la confusion en postopératoire ; et un œil averti peut discriminer ces éléments en postopératoire.

1. Syndrome toxique du segment antérieur (TASS syndrome)

Il s'agit d'une réaction inflammatoire stérile liée à la pénétration accidentelle de substances toxiques non infectieuses dans le segment antérieur de l'œil lors d'un acte chirurgical. Il est très difficile à différencier d'une endophtalmie aiguë. L'inflammation survient dans les 12 à 72 heures. Elle peut être très sévère avec un hypopion avec un œdème cornéen diffus. Il n'y a pas d'inflammation du segment postérieur et les prélèvements sont négatifs. Les causes sont nombreuses et

difficiles à isoler. Les plus connus sont les conservateurs, les résidus de visqueux, les endotoxines et les implants intraoculaires. La littérature récente rapporte d'autres substances responsables comme un mélange de lidocaïne et de phényléphrine conservé par inadvertance dans du chlorure de benzalkonium [3], ou un générique du bleu trypan [4]. Comme il est impossible de poser le diagnostic avec certitude, ce syndrome doit toujours être pris en charge comme une endophtalmie.

2. Dispersion pigmentaire

Ce syndrome est une entité anatomo-clinique, caractérisée par une libération des constituants de l'épithélium pigmentaire de l'iris. Ces éléments se déposent sur certaines structures du segment antérieur, en particulier dans les mailles du trabéculum, entraînant progressivement une hypertension oculaire puis une neuropathie optique glaucomateuse particulière : le glaucome pigmentaire. La concavité de l'iris entraînerait un frottement entre la face postérieure de l'iris, la face antérieure du cristallin et les fibres zonulaires antérieures.

On recherchera en préopératoire un faisceau de Krukenberg, un aspect concave de l'iris, une hypertension oculaire et un angle irido-cornéen ouvert et très pigmenté.

3. Syndrome d'Irvine Gass

Le syndrome d'Irvine Gass a été initialement décrit par Irvine en 1953. Il s'agit d'un œdème maculaire postopératoire associé à une hyperfluorescence papillaire. Il peut être cliniquement significatif (1-2 % des cas), d'apparition en général dans les 6 semaines après l'intervention, ou infraclinique visible en angiographie (30 % des cas) ou à l'imagerie par cohérence optique (11 à 41 % des cas). Bien qu'il existe certainement un mécanisme inflammatoire participant à la survenue de cet œdème, ce n'est pas une uvéite à proprement parler. Les facteurs de risques sont :

- chirurgicaux : type de chirurgie (EIC > EEC > PKE), rupture capsulaire, issue de vitré, luxation de fragments, type d'implant (clippé > ICA > ICP), traumatisme irien ;
- non chirurgicaux : diabète, uvéite, OVR, syndrome d'Irvine Gass controlatéral, membrane et traction vitréorétinienne.

4. Crise de glaucome aigu par fermeture de l'angle

La crise de glaucome aigu par fermeture de l'angle peut aisément mimer une uvéite antérieure. Cela n'arrive pas chez les patients pseudophaques mais certaines séquelles inflammatoires d'une crise antérieure peuvent être présentes et sont à

rechercher au moment de l'examen préopératoire : précipités, synéchies irido-cristalliniennes et antérieures.

5. Glaucome néovasculaire

Il est possible de confondre un iritis (dilatation des vaisseaux iriens liée à l'inflammation) avec une rubéose irienne (néovaisseaux iriens et angulaires liés à l'ischémie rétinienne périphérique). La rubéose irienne est donc à rechercher minutieusement en préopératoire, en particulier chez les patients à risque : diabète, occlusion veineuse, vascularites périphériques.

6. Suspension médicamenteuse

L'injection intravitréenne (IVT) de triamcinolone était pratiquée hors AMM en cas d'œdème maculaire diabétique (avant l'arrivée de l'implant de dexaméthasone) dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge, ou encore pour réaliser le décollement de la hyaloïde en chirurgie rétinienne. Les particules de triamcinolone en chambre antérieure, surtout en cas d'IVT (car bien lavées en général lors de la chirurgie du segment postérieur), pouvaient parfois être confondues avec un Tyndall voire un hypopion.

7. Hyphéma et hémorragie intravitréenne

Les globules rouges en suspension, les cellules fantômes peuvent mimer un Tyndall de chambre antérieure, en segment postérieur, ainsi qu'une hyalite. L'aspect n'est pas toujours facile à différencier, d'autant plus que dans certains cas, le Tyndall est mixte. En effet, les uvéites sont de grandes pourvoyeuses de glaucome néovasculaire (sur ischémie périphérique étendue sur vascularites périphériques occlusives) responsables d'un hyphéma postopératoire, ainsi que de néovaisseaux prérétiniens ou de déchirures rétinienne responsables d'hémorragie intravitréenne.

Bibliographie

1. BÉLAIR M-L, KIM SJ, THORNE JE *et al.* Incidence of cystoid macular edema after cataract surgery in patients with and without uveitis using optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*, 2009; 148:128-135.
2. RAZEGHINEJAD MR. The Effect of Latanaprost on Intraocular Inflammation and Macular Edema. *Ocul Immunol Inflamm*, 2017;1-8.
3. BIELORY BP, SHARIEF A, HUSSAIN RM *et al.* Toxic Anterior Segment Syndrome: Inadvertent Administration of Intracameral Lidocaine 1% and Phenylephrine 2.5% Preserved With 10% Benzalkonium Chloride During Cataract Surgery. *Cornea*, 2017; 36: 621-624.
4. MATSOU A, TZAMALIS A, CHALVATZIS N *et al.* Generic trypan blue as possible cause of a cluster of toxic anterior segment syndrome cases after uneventful cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2017; 43:848-852.

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



B. AMELINE, A.-C. BAYLE
Clinique de la Vision, PARIS.
ophthalmo@ameline.com

Quelle place pour les implants à profondeur de champ (EDoF)?

L'intérêt pour les implants à profondeur de champ étendue (EDoF pour *Extended Depth of Focus*) est déclaré par 62 % des chirurgiens interrogés en Europe (ESCRS *clinical survey* 2016) (*fig. 1 et 2*). Cette famille comprend essentiellement des implants à addition intermédiaire, qu'ils soient de type réfractif, plus souvent diffractif mais aussi utilisant d'autres principes. Ils représentent actuellement 18 % des implants multifocaux (trifocaux : 40 %, bifocaux : 34 %) qui représentent eux-mêmes 6 % des implants cristalliniens.

Deux raisons principales expliquent cet intérêt. En premier, l'adéquation à nos besoins visuels. Nous utilisons aujourd'hui plus souvent notre vision intermédiaire (écrans divers, environnement proche...) que notre vision de près (lecture, travail

de près...). L'évolution générale des additions proposées par les fabricants a suivi cette prise de conscience. Parties de +4, elles ont tout d'abord diminué, pour s'associer à un réseau spécifique pour la vision intermédiaire (implants trifocaux). La deuxième est l'atténuation des effets optiques secondaires inhérents à la compensation de la presbytie par une optique fixe. Parmi de nombreuses avancées techniques, le rapprochement des focales semble un moyen simple d'y parvenir.

Ces implants sont le plus souvent posés en bilatéral. Il est aussi possible de les combiner avec un implant à addition de près, souvent sur l'œil non fixateur. Enfin, pour certains, une monovision limitée peut être associée à deux implants EDoF mais l'œil myopisé ressentira plus d'effets photiques.

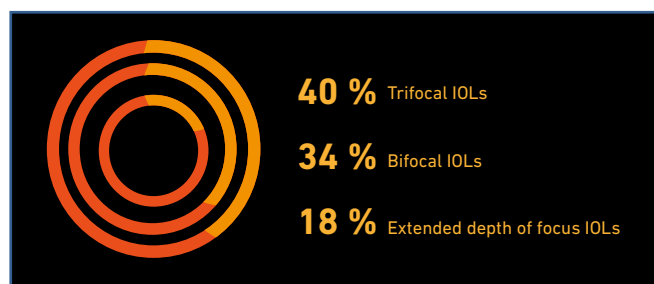


Fig. 1 : ESCRS *clinical Survey* 2016, pourcentage d'implants posés parmi les implantations multifocales.

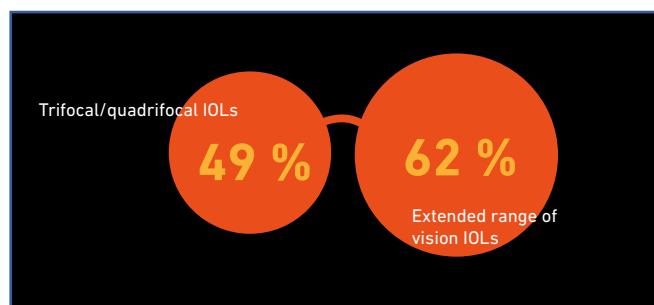


Fig. 2 : ESCRS *clinical Survey* 2016 réponses à la question de l'intérêt porté.

■ L'AT-Lara (Carl Zeiss Meditec) (*fig. 3*)

C'est le premier implant trifocal intermédiaire. Son double réseau diffractif associe :

- +1.9D pour une lecture autour de 70 cm (vision intermédiaire);
- +0.9D pour une vision nette autour de 1 m 40 (vision loin-intermédiaire).



Fig. 3 : Implant AT-Lara.

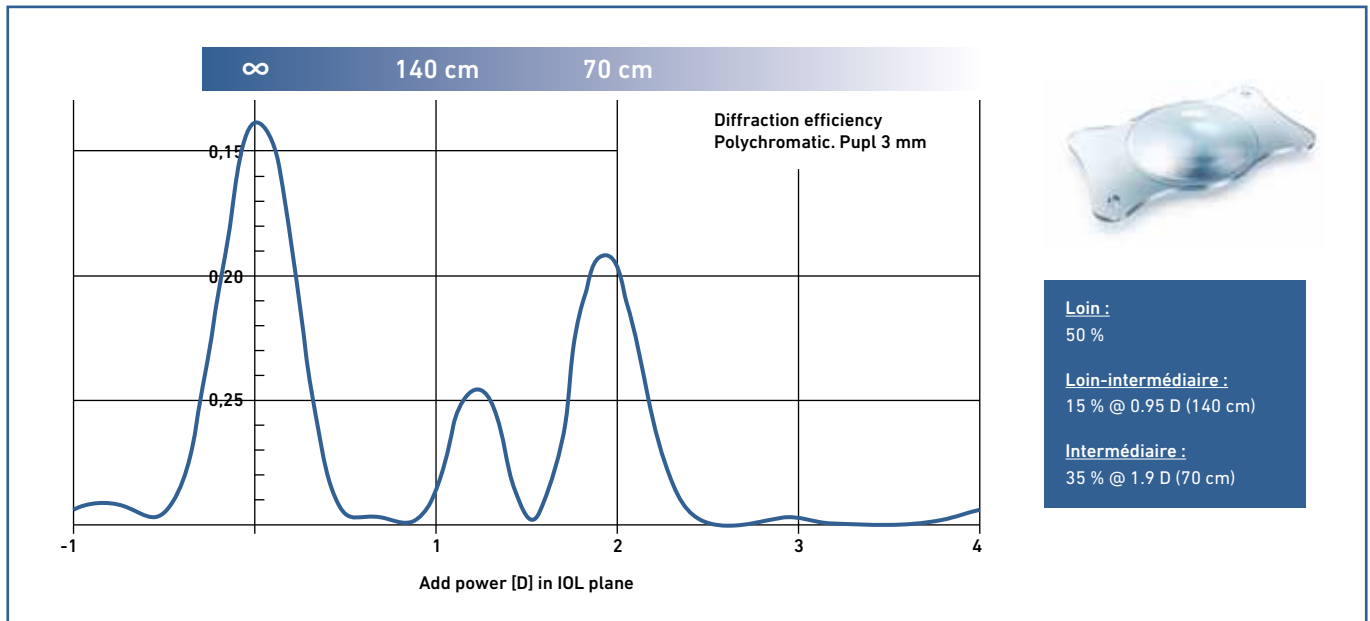


Fig. 4 : AT-Lara, répartition de l'énergie lumineuse.

La répartition lumineuse privilégie la vision de loin : 50 % pour une pupille de 3 mm, 15 % à 1 m 40 et 35 % à 70 cm. Ce type d'optique conduit à une perte l'énergie lumineuse de 14 % (**fig. 4**). Les trois autres originalités optiques sont des angles de marches adoucis et utilisés en tant que zones optiques pour limiter les effets photiques, la neutralisation de l'aberration chromatique du réseau de diffraction par celle du matériau et enfin l'aberration sphérique neutre. Il a par ailleurs les caractéristiques techniques de la famille des implants Asphina, AT-lisa et AT-tri : préchargé, hydrophile à

25 % avec surface hydrophobe, navette à 4 points d'appui. La version torique sera prochainement disponible.

Notre expérience : sa courbe de défocalisation objective une zone de correction à pente douce atteignant +2D d'addition (**fig. 5**). La moyenne des courbes de la MFT confirme la préservation du contraste et la qualité optique annoncée (**fig. 6**). Enfin, les réponses au questionnaire NEI-RQL 42 de qualité de vie (traduction française validée) bien que non spécifiquement orienté pour l'évaluation de la vision intermédiaire

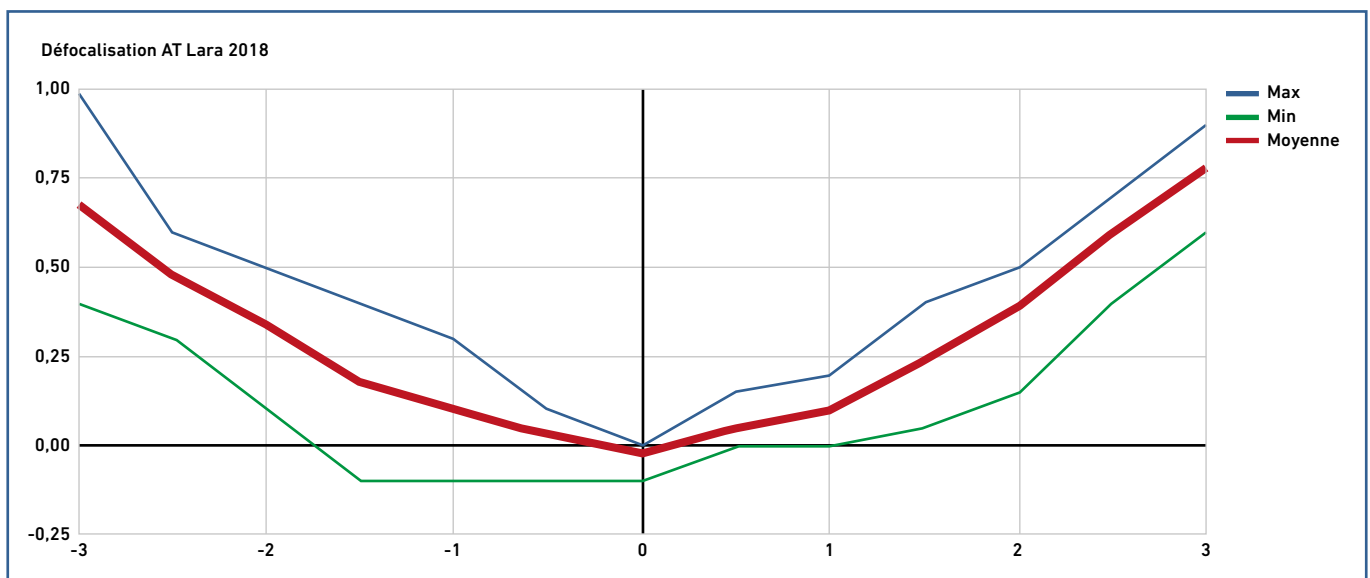


Fig. 5 : AT-Lara : courbe de défocalisation (moyenne).

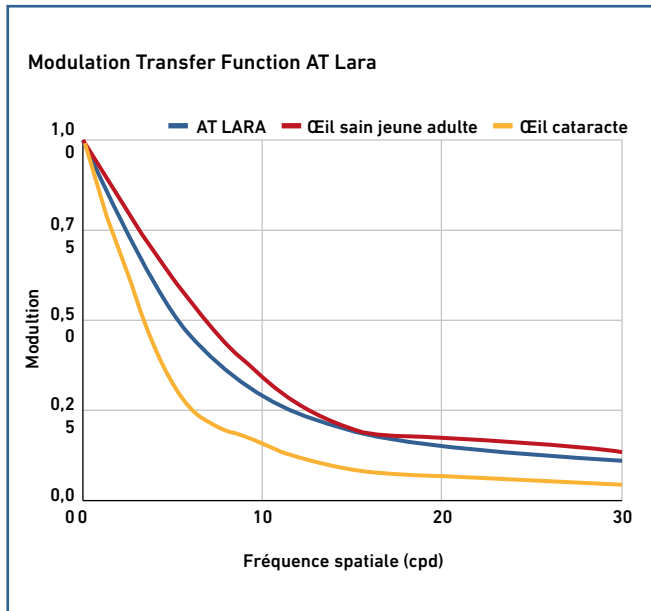


Fig. 6 : Courbe moyenne de la fonction de modulation de transfert (mesure en i-Trace), comparaison avec un sujet atteint de cataracte et avec un sujet jeune sans cataracte.

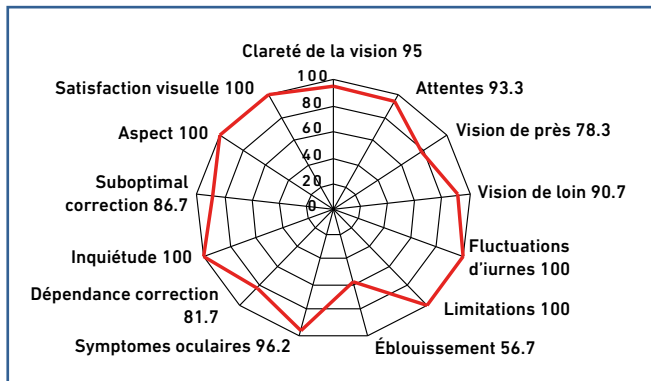


Fig. 7 : AT-Lara et questionnaire de qualité de vie NEI-RQL 42, moyenne des réponses.

montre que l'implant répond aux attentes des patients dans la plupart des champs explorés avec juste un bémol sur les éblouissements (*fig. 7*). Les résultats sont bien ceux annoncés aux patients.

■ Le Comfort et Comfort toric (Société Oculentis, Distributeur français Topcon)

C'est le seul implant à optique réfractive. Il comporte deux plages de réfractions différentes (*fig. 8 et 9*). Préchargé hydrophile à surface hydrophobe, sa face antérieure comporte un secteur asymétrique d'addition +1.5D occupant les 160° inférieurs de l'optique et épargnant une zone centrale

de 1 mm de diamètre dévolue à la vision de loin. Sa face postérieure est asphérique et si besoin torique (6 tores : +1.5/+2.25 / +3 / +3.75 / +4.5 / +5.25D). La propriété des optiques réfractives est de minimiser la perte d'énergie lumineuse (6 % déclarés) et les phénomènes photiques. L'addition en secteur du Comfort lui épargne la dépendance au centrage qui était la faiblesse des précédentes générations d'implants réfractifs. La gamme de ces implants compte par ailleurs des implants customisables, entre autres, en termes de degré d'addition.

Notre expérience : dans ses deux versions sphérique et torique (présentée ici), la courbe de défocalisation confirme



Fig. 8 : Comfort toric.

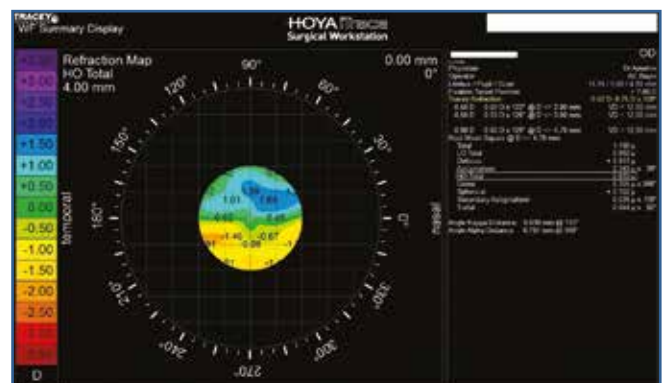


Fig. 9 : Comfort : aberrométrie objectivant la plage d'addition inférieure épargnant la zone centrale.

une addition obtenue d'environ + 2D dépassant celle de la monovision (*fig. 10*). La mesure de la vitesse de lecture de près et intermédiaire objective l'indépendance aux lunettes en vision intermédiaire. L'acuité de près moyenne sans correction est de P4. Les réponses au questionnaire de qualité de vie (NEI-RQL 42 VF) montrent des scores élevés aux différentes rubriques (*fig. 11*).

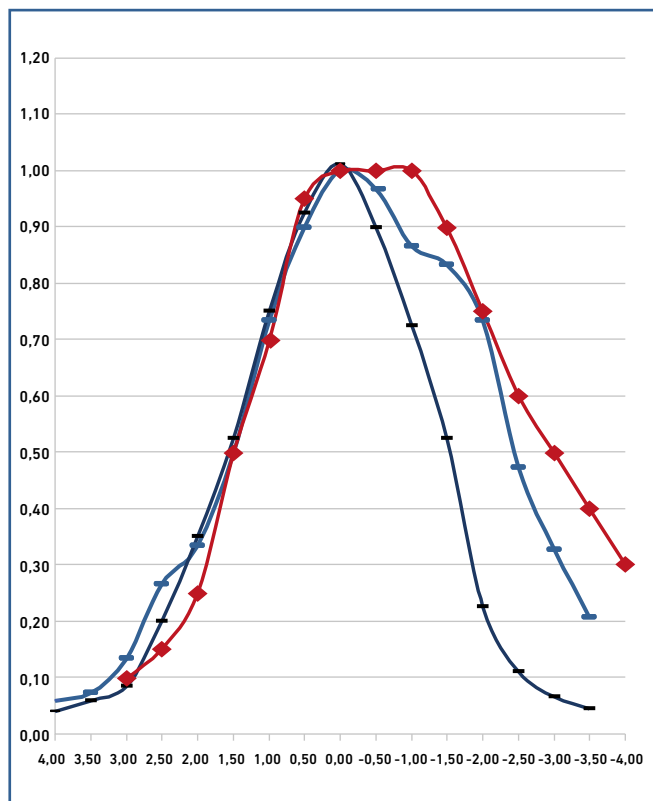


Fig. 10 : Comparaison des courbes de défocalisation du Comfort (rouge), de la monovision (bleue) et de la monofocalité (noire).

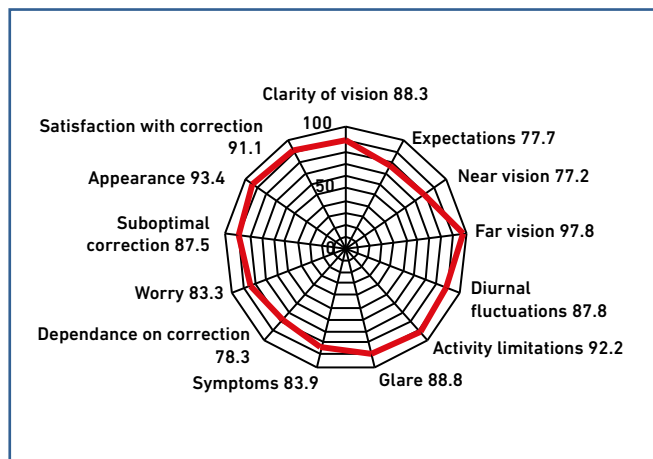


Fig. 11 : Comportement torique, moyenne des réponses au questionnaire NEI-RQL 42.

■ L'InFo-Instant Focus (Société Swiss Advanced Vision, Distributeur Horus) (*fig. 12 et 13*)

Cet implant hydrophile comporte 3 zones concentriques sur sa face antérieure. La zone centrale à aberration sphérique modifiée (masque de phase, brevet Axicon) procure une profondeur de champ continue de la vision intermédiaire à celle de près (1 mm de diamètre). La zone paracentrale est diffractive apodisée pour une vision loin-près (3 mm de diamètre) et enfin une zone périphérique monofocale est asphérique en vision de loin (*fig. 14*).



Fig. 12 : Info-Instantfocus.

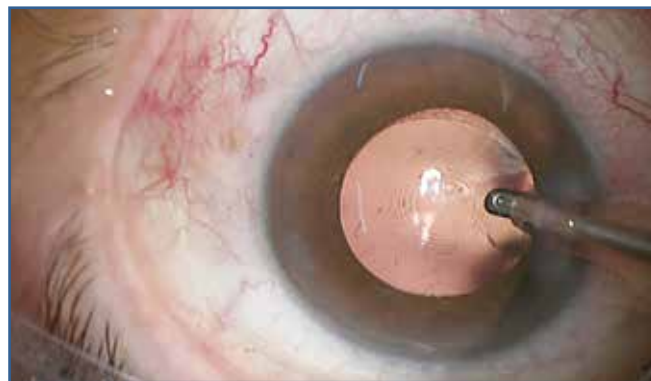


Fig. 13 : Info-Instantfocus.

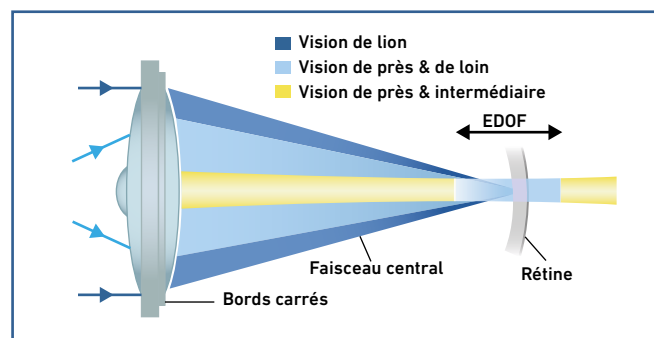


Fig. 14 : Info : principe optique.



Fig. 15 : Symphony torique.

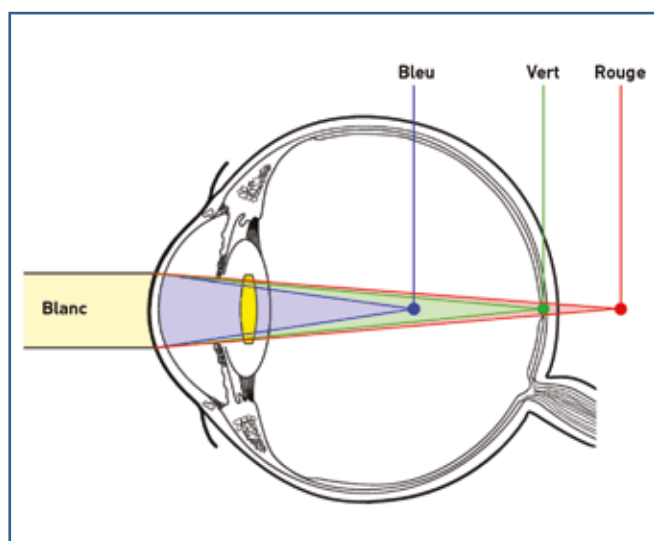


Fig. 16A : Aberrations chromatiques non modifiées.

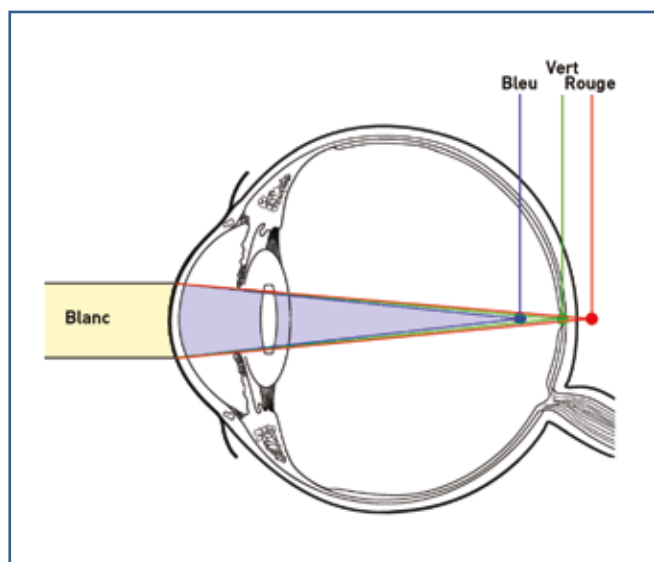


Fig. 16B : Aberrations chromatiques corrigées.

■ Le Symphony (Johnson-Johnson Vision)

Cet implant diffractif à addition intermédiaire porte en face postérieure un réseau d'addition breveté appelé “échelettes”, conçu pour générer des interférences constructives et une focalisation étendue (fig. 15). Il optimise par ailleurs les contrastes en compensant les aberrations chromatiques longitudinales et les aberrations sphériques naturelles de l'œil (fig. 16). Il a été comparé à un implant monofocal et si les contrastes sont équivalents (donc préservés) la courbe de défocalisation confirme le bénéfice attendu en termes de vision intermédiaire. Il existe aussi en version torique.

Il existe enfin d'autres implants reposant sur des principes variés comme le trou sténopéique de l'IC-8 posé sur l'œil dominé, l'implant accommodatif Accosmart, l'implant Miniwell majorant les aberrations positives et négatives de son optique, qui témoignent tous de l'intérêt apporté à cette famille d'implant.

■ Conclusion

Les implants à profondeur de champ, dits EDoF, s'imposent progressivement dans le paysage des implants multifocaux. Ils obéissent au principe de compromis visuel tout autant que les autres multifocaux et demandent autant d'explications et un bilan préopératoire identique en particulier en termes d'évaluation rétinienne et de l'état de la surface oculaire. Ils répondent toutefois à des besoins quotidiens qui sont de plus en plus importants en vision intermédiaire et des exigences légitimes en qualité de vision en réduisant les effets photiques pour se rapprocher des implants monofocaux. Ils permettent aux nouveaux chirurgiens d'aborder la multifocalité de façon progressive et également à tous les autres d'élargir leurs indications.

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



P. ROZOT
Clinique Juge, MARSEILLE.
pascal.rozot@dr-rozot.com

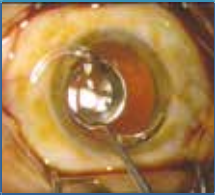
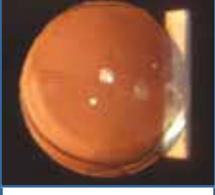
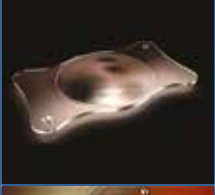
Inventaire raisonné des implants multifocaux et à profondeur de champ

INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCAUX				
Dénomination	Photo Implant	Laboratoire - Distributeur	Matériau	Constante A (SRK – T)
FineVision		PhysIOL	Acrylique hydrophile jusqu'en 2018 Hydrophobe à partir de 2018	118,8 en hydrophile 119,4 en hydrophobe
AT-Lisa Tri-focal		Carl Zeiss Meditec	Acrylique hydrophile à surface hydrophobe	118,6
PANOPTIX		ALCON	Acrylique hydrophobe	119,0
Ray One		RAYNER Ophta-France	Acrylique hydrophile	118,6
VERSARIO Multifocal 3F		Bausch & Lomb	Acrylique hydrophile à surface hydrophobe	118,8
BIFLEX M		Medicontur	Acrylique hydrophile	118,8
ReStor		ALCON	Acrylique hydrophobe	119,0
AT.LISA bifocal		Carl Zeiss Meditec	Acrylique hydrophile à surface hydrophobe	117,9
TECNIS MULTIFOCAL		JOHNSON & JOHNSON	Acrylique hydrophobe	119,3

Il est proposé ici une liste, non exhaustive, des implants “à valeur réfractive ajoutée” compensant tout ou partie de la presbytie par adjonction de foyer(s) supplémentaire(s) ou tout autre moyen de partage de la lumière incidente, avec la description des principales caractéristiques optiques, géométriques ainsi que leurs principales indications différentielles.

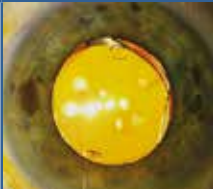
INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCAUX

INCISION	Caractéristiques optiques	Addition	Version torique ?	Principales indications
1,8 mm	Implant trifocal diffractif apodisé et convolué ; optique asphérique	Double : + 1/75 et + 3.50 D	Disponible	Implant polyvalent, de première intention Indiqué en deçà de 80 ans
1,8 mm	Implant trifocal diffractif Non apodisé ; optique asphérique	Double : + 1.66 et + 3.33 D	Disponible	Implant polyvalent, de première intention Indiqué en deçà de 80 ans
2,0 à 2,2 mm	Implant “quadrifocal trifocalisé” diffractif non dépendant de la pupille ; optique asphérique	Double : + 2.17 et 3.25 D	Disponible	Implant polyvalent, de première intention Indiqué en deçà de 80 ans
2,00 mm	Implant diffractif tri-focal non apodisé ; optique asphérique	Double : + 1.75 et + 3.50D	NON	Implant polyvalent, de première intention Indiqué en deçà de 80 ans
1,8 mm	Implant diffractif diffractif asphérique	Double : + 1.50 et + 3.00D	NON	Implant polyvalent, de première intention Indiqué en deçà de 80 ans
1,8 mm	Implant à bifocalité optimisée (PAD : progressive apodized diffractif) diffractif qui permet d’optimiser la vision intermédiaire	+ 3.50D		Patient tout-venant Indication proche de celle des trifocaux
2,0 à 2,2 mm	Implant bifocal diffractif apodisé optique asphérique	+ 2.5D : SV25 + 3.0D : SNAD1 + 4.0D : SNAD3	Disponible	Acuité loin et intermédiaire Acuité loin, et près à 40 cm : modèle le plus utilisé Acuité loin, près à 32 cm Implant apodisé : bonne indication pour conduite de nuit
1,8 mm	Implant bifocal diffractif pupille indépendant optique asphérique	+3.75D	Disponible	Patient tout venant, même âgé > 80 ans
2,2 mm	Implant bifocal diffractif (diffraction postérieure) non apodisé, non pupille dépendant	ZKB00 : 2.75D ZLB00 : 3.25D ZMB00 : 4.00D	Disponible seulement pour add + 4 (ZMT)	Forte énergie lumineuse en vision rapprochée (50 %), donc implants apportant la meilleure qualité visuelle de près et fluidité de lecture, les modèles ZMB et ZMT étant particulièrement indiqués chez le sujet myope

INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCAUX				
Dénomination	Photo Implant	Laboratoire - Distributeur	Matériau	Constante A (SRK – T)
Diff-Aa		Humanoptics Ottwo	Acrylique hydrophile	118,8
MPLUS ET MPLUS X (MF30)		OCULENTIS Topcon	Acrylique hydrophile	117,9
MPLUS COMFORT (MF15) et MF 20		TOPCON	Acrylique hydrophile	117,9
SYMPONY		JOHNSON & JOHNSON	Acrylique hydrophobe	119,3
AT — LARA		CARL ZEISS MEDITEC	Acrylique hydrophile à surface hydrophobe	118,3
MINIWELL		MINIWELL FRANCE	Acrylique hydrophile	118,7
INFO (Instant Focus)		HORUS	Acrylique hydrophile	118,8
IC-8		ACUFOCUS	Acrylique hydrophobe	120,5

INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCaux

INCISION	Caractéristiques optiques	Addition	Version torique ?	Principales indications
1,8 mm	Implant bifocal diffractif avec apodisation partielle	+ 3.50D	NON	Implant bifocal loin-près
1,8 mm	Implant bifocal réfractif sectoriel	Sur les 160° inférieurs de la lentille : +3.00D optimisée pour le MPLUSX	Disponible sur mesure	Bifocalité optimisée – effets photiques réduits (halos modérés) bonne indication pour les conducteurs de nuit
1,8 mm	Implant EDOF réfractif sectoriel	+ 2.00D + 1.50D	Disponible en standard et sur mesure	Implant à profondeur de champ avec 2 indications principales : patients jeunes redoutant les effets photiques en emmétropie ODG, complément de lunettes de près nécessaire ou sujet âgé avec micro-monovision pour optimiser la vision rapprochée
2,20 mm	Implant EDOF à diffraction monofocale corrigeant les aberrations chromatiques	+ 1.50D	Disponible	Mêmes indications que le MPLUS COMFORT
1,8 mm	Implant EDOF diffractif à double add.	0.95 et 1.9D	Prochainement disponible	Mêmes indications que le MPLUS COMFORT
1,8 mm	Implant EDOF aberratif (technologie wavefront) zone centrale à aberration hyperpositive et paracentrale à aberration négative	Équivalent en addition de + 3.00D	Prochainement disponible	Implant à profondeur de champ
2,2 mm	Implant EDOF aberratif avec Axicon central – diffraction paracentrale pour optimiser l'énergie lumineuse en vision rapprochée	+ 3.00D	NON	Implant à profondeur de champ
3,5 mm	Principe sténopéique avec masque annulaire en PDVF laissant une lentille centrale de 1,36 mm	prof. de champ d'environ 1.75D	NON (non nécessaire)	Uniquement sur œil non dominant, profondeur de champ

INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCAUX			
Dénomination	Photo Implant	Laboratoire - Distributeur	Matériau
AddOn		MEDICONTUR	Acrylique hydrophile
SULCOFLEX		RAYNER OPHTAFRANCE	Acrylique hydrophile
REVERSO		CRISTALENS	Acrylique hydrophile

INVENTAIRE RAISONNÉ DES IMPLANTS MULTIFOCaux

INCISION	Caractéristiques optiques	Addition	Version torique ?	Principales indications
2,2 mm à 2,4 mm	Implant en <i>Piggy-Back</i> diffractif	+ 3.50 D	OUI	Piggy-Back primaire ou secondaire de sulcus
2,4 mm	Implant en <i>Piggy-Back</i> réfractif annulaire	+ 3.50 D	OUI	Piggy-Back primaire ou secondaire de sulcus
1,8 mm	Implant en <i>Piggy-Back</i> diffractif disponible avec des additions de 1.50 à + 3.00 D	1.50 à + 3.00 D	NON	Piggy-Back primaire ou secondaire de sulcus

L'auteur a déclaré exercer des fonctions de consultant pour les laboratoires Alcon, Carl Zeiss Meditec et Théa.



M. WEISER
Clinique de la Vision, PARIS.
weisermarc@aol.com

Chirurgie bilatérale du segment antérieur : pour ou contre ?

■ Définition

Une chirurgie bilatérale consiste en un protocole par lequel les yeux sont opérés dans la même séance opératoire. Le terme approprié est celui de chirurgie séquentielle immédiate. Le patient quitte le bloc opératoire une fois ses deux yeux opérés. Seront successivement abordées la chirurgie réfractive et la chirurgie de la cataracte.

■ Chirurgie réfractive cornéenne

La chirurgie réfractive cornéenne réalisée au laser Excimer se pratique de manière bilatérale, dans le même temps opératoire, chez la majorité des patients opérés.

C'est à l'évidence le cas pour le LASIK ou le SMILE. En matière de photokératectomie réfractive, les deux yeux peuvent être opérés dans la même séance opératoire ou de manière décalée. Le choix est effectué selon les besoins du patient en matière de récupération visuelle, et du port de lentilles de contact. Ainsi, un patient ayant besoin de poursuivre sans interruption notable ses activités socio-professionnelles et supportant bien ses lentilles de contact pourra être opéré de ses deux yeux de manière séparée, tandis qu'un patient qui ne porterait ou ne supporterait plus ses lentilles aurait intérêt à opter pour une chirurgie séquentielle bilatérale immédiate afin d'éviter la gêne occasionnée par l'anisométrie, quitte à accepter, en contrepartie, un certain délai de récupération visuelle.

■ Chirurgie réfractive additive par la pose d'implants précristalliniens

Une chirurgie réfractive intraoculaire de type additif nécessite dans un protocole séquentiel immédiat une installation

nouvelle d'un œil à l'autre incluant le changement complet de la table opératoire.

J'opérais autrefois les deux yeux de manière séparée dans un établissement de soins conventionné, et sous anesthésie générale. La prise en charge y était lourde (consultation d'anesthésie préopératoire, déshabillage du patient conduit au bloc opératoire en chariot ou brancard).

La prise en charge des patients à la Clinique de la Vision Paris est beaucoup plus légère, sans faire la moindre concession à la sécurité en particulier infectieuse. Les patients sont revêtus d'une américaine, de surchaussures et d'une coiffe, et sont conduits à pied en salle d'opération. La simplicité de cette prise en charge a rendu les patients bien plus sereins en pré- et peropératoire, et m'a permis d'opter systématiquement, depuis plusieurs années, pour une implantation précristallinienne séquentielle bilatérale immédiate sous simple anesthésie topique. De forts amétropes peuvent de ce fait envisager dès le lendemain la reprise d'une vie socio-professionnelle quasi normale.

La proportion de patients ainsi opérés ne cesse de progresser dans les pays dits développés, d'autant que le risque infectieux théorique d'une chirurgie additive est probablement et empiriquement inférieur à celui de l'extraction du cristallin.

■ Cataracte et chirurgie du cristallin à visée réfractive

La chirurgie de la cataracte réalisée aux deux yeux dans la même séance opératoire est un sujet éminemment controversé, voire encore plus sensible pour la chirurgie du cristallin à visée réfractive. D'un côté, un impact économique certain lié à la réduction des coûts mais aussi à la rapidité

de la récupération visuelle et de la réinsertion socio-professionnelle [1]; de l'autre, une moindre rémunération en cas de chirurgie de la cataracte pour le chirurgien et l'établissement de santé dans de nombreux pays [2], et surtout la crainte de la survenue d'un événement indésirable bilatéral : inflammation postopératoire, erreur de puissance d'implant, à l'extrême endophtalmie bilatérale pouvant conduire à une cécité bilatérale, malgré la réduction majeure du risque infectieux consécutive à l'injection d'une antibiothérapie intracaméculaire.

Outre l'évidente nécessité d'opérer les deux yeux du fait d'une cataracte bilatérale invalidante et/ou de la survenue d'une anisométrie gênante après chirurgie unilatérale, les motifs pouvant conduire à la pratique d'une extraction de cataracte bilatérale immédiate sont variés : éloignement géographique ou difficultés au déplacement du patient, demande particulière d'une anesthésie générale pour les deux yeux, raisons économiques dans certains pays, plus rarement pratiques chirurgicales iconoclastes.

Une chirurgie bilatérale immédiate implique enfin la réalisation d'une intervention sans le moindre incident sur le premier œil.

1. Risque infectieux

Pour d'évidentes raisons de sécurité, ce protocole implique pour toute chirurgie endoculaire invasive le changement systématique des tenues chirurgicales, des instruments et du matériel consommable utilisés d'un œil à l'autre. Certains auteurs recommandent même l'utilisation d'instruments, packs et dispositifs médicaux différents, tant du point de vue de leur stérilisation que de leur provenance.

À ce jour, et pour autant que ces règles de sécurité soient respectées, aucun cas d'endophtalmie bilatérale n'a été rapporté dans la littérature. Des cas exceptionnels et isolés ont pu effectivement être rapportés mais ces derniers ne respectaient pas les règles précitées [3, 4].

L'utilisation concomitante du laser femtoseconde ne semble pas avoir d'impact sur le risque infectieux.

2. Erreur d'implant

Deux éventualités sont théoriquement envisageables : l'inversion des implants posés par rapport aux implants prévus et l'erreur réfractive postopératoire liée à une imprécision ou une erreur du calcul biométrique préopératoire. La première

doit être impérativement dépistée et prévenue par une *check-list* rigoureuse conforme à la législation. La seconde doit inciter à une grande prudence en cas d'yeux particuliers (fortes amétropies ou yeux précédemment opérés de chirurgie réfractive).

On peut y ajouter l'erreur d'axe dans le cas de la pose d'un implant torique bilatéral, erreur qui peut être prévenue par la reconnaissance biométrique pré- et peropératoire des axes bombés et plats (Calisto ou Verion).

■ Conclusion

La chirurgie bilatérale immédiatement séquentielle du segment antérieur progresse indiscutablement. La chirurgie réfractive cornéenne bilatérale est, à ce jour, le standard y compris pour la photokératectomie réfractive, pendant que la chirurgie réfractive additive bilatérale ne cesse de se développer, quand bien même toutes deux peuvent être réalisées œil par œil.

S'agissant de la cataracte, il n'existe à ce jour dans la littérature aucun argument statistique indiquant un risque encouru supérieur par une chirurgie bilatérale immédiate, pour autant que les conditions de sécurité citées plus haut soient strictement respectées [5].

Alors qu'il est pratiqué chez la moitié des patients atteints de cataracte en Finlande [6] et qu'il est un standard ancien pour certains chirurgiens [7], il reste deux obstacles à lever pour permettre un éventuel essor de ce protocole en France.

L'un est économique, la nomenclature actuelle pénalisant à l'évidence dans de nombreux pays l'association d'actes chirurgicaux, réduisant tant pour l'établissement de soins que pour le chirurgien l'attractivité d'une chirurgie séquentielle bilatérale.

L'autre se réfère au rapport bénéfice/risque ; quand bien même, il n'y aurait aucune différence statistique en matière de résultats et/ou de complications postopératoires, ni de différence en matière d'honoraires perçus, sur quel argument peut se fonder un chirurgien pour proposer à son patient l'extraction de ses deux cataractes dans la même séance opératoire versus une chirurgie réalisée aux deux yeux à quelques jours d'intervalle qui permettrait de prévoir l'imprévisible ? La question qui peut déboucher sur des conséquences légales [8] reste à ce jour posée.

Bibliographie

1. LEIVO T *et al.* Simultaneous bilateral cataract surgery: economic analysis; Helsinki Simultaneous Bilateral Cataract Surgery Study Report 2. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:1003-1008.
2. RUSH SW *et al.* Prospective analysis of outcomes and economic factors of same-day bilateral cataract surgery in the United States. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:732-739.
3. OZDEK SC *et al.* Bilateral endophthalmitis after simultaneous bilateral cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2005;31:1261-1262.
4. PUVANACHANDRA N, HUMPHRY RC. Bilateral endophthalmitis after bilateral sequential phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:1036-1037.
5. HERRINTON LJ *et al.* Immediate sequential versus delayed sequential bilateral cataract surgery: retrospective and comparison of postoperative visual outcomes. *Ophthalmology*. 2017;124:1126-1135.
6. SARIKKOLA AU *et al.* Simultaneous bilateral versus sequential bilateral cataract surgery: Helsinki Simultaneous Bilateral Cataract Surgery Study Report 1. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:992-1002.
7. ARSHINOFF S. Same-day cataract surgery should be the standard of care for patients with bilateral visually significant cataract. *Surv Ophthalmol*, 2012;57:574-579.
8. HENDERSON BA, SCHNEIDER J. Same-day cataract surgery should not be the standard of care for patients with bilateral visually significant cataract. *Surv Ophthalmol*, 2012;57:580-583.

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

D. PIETRINI¹, T. GUEDJ², C. LACHOT³¹ Clinique de la vision, PARIS.² Orthoptiste, optométriste³ Optométriste

Centre Cornée Kératocône, PARIS.

docteurpietrini@gmail.com

Kératocône : la prise en charge d'une maladie pas si rare dans un centre dédié

La prise en charge des kératocônes est aujourd'hui devenue une spécialité à part entière. Tous les congrès d'ophtalmologie et en particulier de chirurgie du segment antérieur lui consacrent une part importante du fait des nombreux progrès dans la connaissance, le diagnostic et les traitements de cette affection. Pourtant, jusqu'à la fin des années 50, le kératocône restait une maladie sans espoir malgré ses effets potentiellement dévastateurs sur la vision. Le développement de la contactologie puis des greffes de cornées ont rendu espoir aux patients les plus handicapés par la maladie. L'essor fantastique de l'analyse cornéenne aux cours des dernières décennies permet un dépistage précoce, les techniques "cornéoplastiques" les plus sophistiquées souvent issues de la chirurgie réfractive permettent de remodeler directement la cornée, et des traitements pharmacologiques récents restaurent la stabilité mécanique de la cornée et stoppent la progression de la maladie évitant le recours à la greffe. Le kératocône n'est pas une maladie rare comme nous le pensions et, dans certaines régions du monde, compte tenu de facteurs génétiques et environnementaux défavorables, on assiste à une véritable épidémie. La prise en charge moderne doit être globale pour assurer le dépistage, le suivi, le traitement et prendre en charge la réhabilitation visuelle adaptée tant sont nombreuses les options thérapeutiques. Cette nouvelle ère dans le traitement du kératocône permet désormais aux patients atteints de réduire au minimum le handicap visuel pour une meilleure qualité de vision et par la même une meilleure qualité de vie. Ces objectifs nécessitent de maîtriser l'ensemble de la chaîne de prise en charge et d'en connaître les modalités.

■ Une maladie mystérieuse et pas si rare

La pathogénèse du kératocône reste inconnue. L'apparition d'une ectasie cornéenne résulte de la combinaison complexe

de facteurs génétiques et environnementaux dans lesquels l'association à l'atopie et aux frottements oculaires est très fréquente. La prévalence du kératocône a été très sous estimée jusqu'à récemment compte tenu de l'insuffisance des outils diagnostiques. Les études récentes retrouvent une importante variabilité géographique et la prévalence du kératocône peut varier de 0,2 % pour certaines populations caucasiennes à 2,5 % ou 3 % dans certaines régions du Moyen-Orient.

■ Nécessité d'un diagnostic précoce

Le diagnostic du kératocône est souvent trop tardif en particulier chez l'enfant et l'adulte jeune. Alors qu'existent désormais des traitements capables de stopper la progression de l'ectasie, le diagnostic doit être fait le plus précocement possible mais on observe encore aujourd'hui de trop nombreux cas où la maladie est diagnostiquée à un stade avancé de dégradation visuelle, dépassant parfois d'emblée les possibilités thérapeutiques conservatrices : kératométrie dépassant 70 ou 80D, cicatrices stromales centrales, hydrops pour lesquelles le recours à la kératoplastie reste parfois la seule thérapeutique. Si le nombre et les avancées des outils diagnostiques permettent de faire le diagnostic de formes frustes ou infracliniques, le clinicien doit avant tout traquer l'ectasie en pratique clinique en l'évoquant devant tout astigmatisme asymétrique ou évolutif comme devant toute baisse unilatérale ou bilatérale de l'acuité visuelle non expliquée en particulier chez l'enfant surtout si l'origine ethnique, le contexte familial ou atopique sont évocateurs. Trop souvent étiquetées "amblyopie", les baisses d'acuité visuelle uni- ou bilatérales de l'enfant ou de l'adulte jeune doivent faire réaliser une topographie cornéenne systématique. De même, l'examen avec topographie cornéenne de la fratrie d'un patient porteur d'ectasie cornéenne est également indispensable même lorsque l'acuité visuelle est normale compte tenu de la

relative fréquence des formes familiales. En pratique clinique, malgré la disparition des kératomètres type Javal, l'utilisation des appareils de réfraction et de kératométrie automatisés équipés d'une mire de réflexion cornéenne peut également faire suspecter une ectasie lorsque la mire est déformée. Un simple vidéokératoscope parfois même intégré au système de mesure automatisée de la réfraction permet également un dépistage simple. Enfin, la mesure désormais quasi systématique et automatisée de la tension oculaire et de la pachymétrie cornéenne centrale doit faire évoquer la possibilité d'un kératocône en cas de tension oculaire basse inférieure à 10 mm de Hg et/ou de pachymétrie inférieure à 500 microns. Au moindre doute, le patient est référé pour réaliser une topographie cornéenne et établir la certitude diagnostique.

■ Évaluation complète initiale et suivi régulier

La consultation initiale est primordiale. Elle doit établir ou non le diagnostic de façon formelle, délivrer une information complète, exposer les conséquences de la maladie, informer sur les différentes options thérapeutiques, éduquer le patient sur la nécessité de supprimer les frottements oculaires, rechercher un risque familial. C'est l'examen de référence pour le suivi ultérieur qui va permettre d'exposer au patient les modalités de prise en charge, d'évaluer le stade de la maladie, d'apprécier son retentissement fonctionnel et de déterminer l'évolutivité de la maladie. Il doit être conservé et pouvoir être comparé aux examens ultérieurs qui seront toujours réalisés dans les mêmes conditions et de façon comparative.

L'examen initial comporte bien sur une mesure de la réfraction. La réfraction du patient atteint de kératocône est très spécifique. On recueille une mesure objective de réfraction automatisée, une mesure de l'acuité visuelle sans correction, l'acuité maximale obtenue avec une correction maximale. Une prescription de verres correcteurs en revanche se fait sur la base de la plus faible correction sphéro-cylindrique nécessaire pour obtenir un gain significatif de l'acuité visuelle en prévenant le patient du risque d'intolérance à la correction optique et la nécessité d'adapter secondairement cette correction si besoin. Les investigations cornéennes comportent au minimum une tomographie cornéenne en élévation analysant les faces antérieure et postérieure de la cornée, une cartographie pachymétrique, ainsi qu'une analyse OCT comportant également un *mapping* épithélial (fig. 1). La meilleure analyse de la face postérieure en élévation permet de dépister des formes frustes avant même les modifications de la face antérieure.

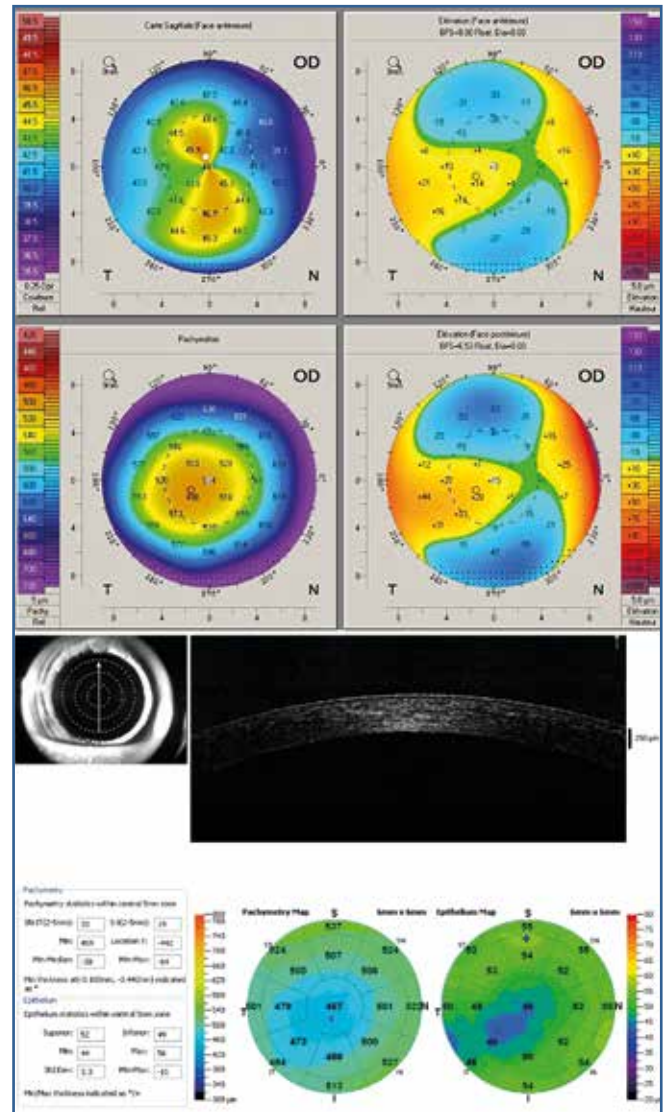


Fig. 1 : Aspects tomographiques en élévation (Pentacam) d'un patient porteur de kératocône. En topographie placido (carte sagittale en haut à gauche), l'astigmatisme est relativement régulier mais les anomalies en élévation des faces antérieures et postérieures retrouvent une ectasie évidente. Sur la carte de *mapping* épithélial OCT (en bas à droite), il existe un amincissement localisé à l'apex du cône (46 microns) régularisant la surface cornéenne.

Enfin, l'OCT de segment antérieur permet une analyse précise de l'épithélium capitale dans l'évaluation préopératoire. L'épithélium cornéen habituellement d'épaisseur homogène peut modifier localement son profil pachymétrique pour rétablir une surface cornéenne régulière masquant ainsi les irrégularités stromales. Dans le kératocône, l'épithélium est aminci en regard de l'apex du cône et entouré d'une zone d'hypertrophie épithéliale donnant habituellement un aspect en cocarde de la cartographie épithéliale. À l'inverse, on retrouve parfois en OCT des zones d'hypertrophie épithéliale : certaines "fausses ectasies" peuvent correspondre à

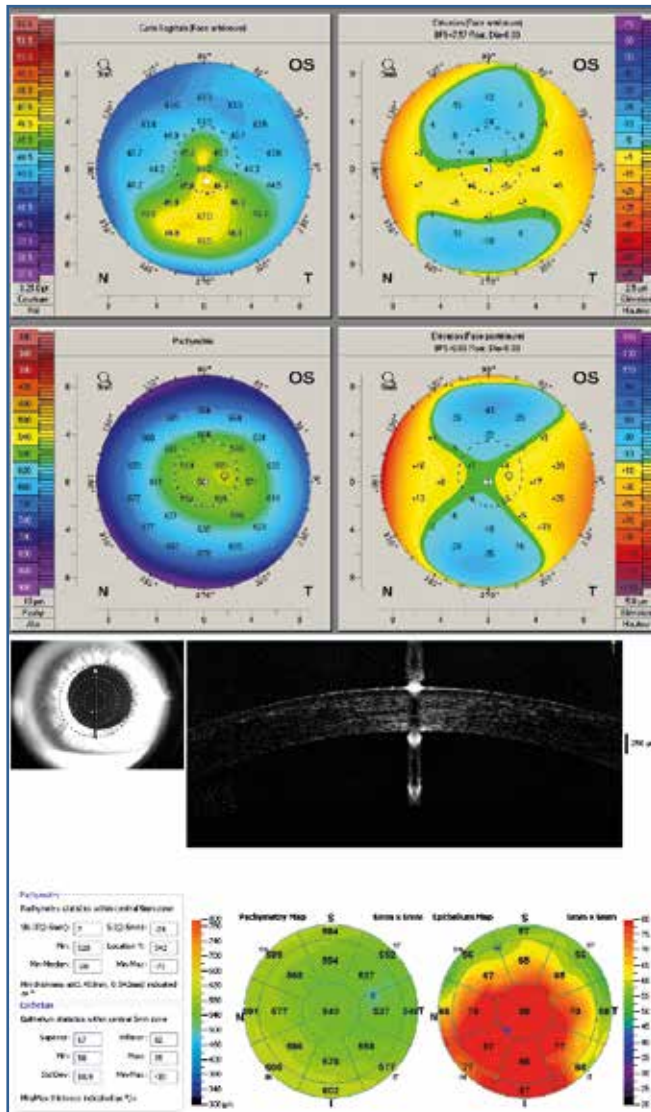


Fig. 2 : Fausse ectasie cornéenne après PKR : patiente présentant en topographie placido (carte sagittale en haut à droite) un aspect évocateur d'ectasie cornéenne sans anomalie tomographique en élévation. L'aspect d'ectasie cornéenne est en rapport avec une hypertrophie épithéliale majeure dépassant 80 microns évidente sur la carte de "mapping épithélial" en bas à droite.

une hypertrophie épithéliale localisée (**fig. 2**), tout comme certaines mesures pachymétriques peuvent être surestimées par l'hypertrophie épithéliale, en particulier dans certains kératocônes évolués où l'épithélium vient combler la perte stromale. Ces examens seront répétés de façon annuelle le plus souvent mais doivent parfois être monitorés de façon plus rapprochée chez l'enfant ou l'adulte jeune. Au terme de cet examen, sont exposés au patient la nécessité ou non d'un traitement immédiat en cas de forme évolutive ou différé en cas d'évolution ultérieure, les règles de surveillance, et envisage si nécessaire la méthode la plus adaptée de réhabilitation visuelle.

■ Un traitement efficace pour les formes évolutives : le *cross-linking*

Au terme du premier examen, on pourra parfois déterminer d'emblée la nécessité d'envisager le traitement immédiat de la maladie ectasique : histoire clinique, recueils des données des examens antérieurs (acuité visuelle, kératométrie, topographie antérieure), jeune âge compte tenu de la gravité des poussées évolutives. Outre l'arrêt complet de tout frottement oculaire ou de toute autre forme de micro traumatisme cornéen, le *cross-linking* représente la seule option de traitement radical des formes évolutives en particulier chez l'enfant ou l'adulte jeune. Le kératocône chez l'enfant représente une véritable urgence thérapeutique compte tenu du caractère agressif voire parfois explosif des poussées proportionnelles au jeune âge. Si la majorité des kératocônes se développent dès l'adolescence, certains cas peuvent apparaître dès l'âge de 10 ans voire plus tôt. Il existe aujourd'hui un quasi consensus pour proposer avant 18 ou 20 ans un *cross-linking* systématique en dehors de tout signe d'évolutivité compte tenu de la fréquence et de la sévérité potentielle de l'évolution de l'ectasie. Le contexte atopique est souvent très marqué en particulier l'association à la kératoconjonctivite vernale. Ce traitement est d'autant plus important que le pronostic d'une greffe pédiatrique est mauvais. Les modalités du *cross-linking* pédiatriques font l'objet de débats (avec ou sans retrait de l'épithélium) et il nécessite parfois d'être réalisé sous anesthésie générale (jeune âge, association à un syndrome de Down, etc.)

En dehors de ces cas spécifiques, ce n'est qu'en cas d'évolution documentée que nous proposons un *cross-linking* seul ou associé à une autre chirurgie cornéenne en fonction de notre arbre décisionnel.

De nombreuses études plaident fortement en faveur de l'efficacité de ce *cross-linking* et en particulier l'étude randomisée de Wittig-Silva, qui retrouve avec plus de trois ans de recul une réduction kératométrique des yeux traités accompagnée d'une amélioration de l'acuité visuelle sans et avec correction alors que ces mêmes paramètres s'aggravent pour l'œil non traité. D'autres études similaires confirment l'évidence d'une efficacité de ce traitement pour prévenir l'évolution de la maladie.

En dehors des cas cités plus haut de progression évidente ou de risque élevé, le *cross-linking* n'est proposé qu'aux patients dont l'évolution est documentée. Si les critères de progression font débat, nous retenons habituellement une majoration

de la kératométrie supérieure à 1.00 dioptrie dans la zone de l'ectasie ou une réduction de la pachymétrie supérieure à 10 % sur deux examens successifs réalisés sur le même appareil et dans les mêmes conditions en particulier après interruption prolongée du port des lentilles de contact.

En pratique, sauf cas particulier, la technique de CXL que nous utilisons est la technique de CXL-épi off standard (protocole de Dresden) avec une zone d'abrasion d'épithélium cornéen d'un diamètre de 8 mm.

Dans notre expérience, les techniques dites épi-on (trans-épithéliale ou par iontophorèse) laissant en place l'épithélium sont moins efficaces et réservées à des indications restreintes.

Rappelons à nouveau que l'objectif du *cross-linking* n'est en aucun l'amélioration visuelle (même si elle est fréquente mais modérée) mais essentiellement la stabilisation de la maladie ectasique.

■ Réhabilitation visuelle optique

La réhabilitation visuelle du kératocône se pose dès que l'altération de la qualité de vision persiste malgré le port d'une simple correction optique. Le handicap visuel à stade égal varie d'un patient à l'autre, selon les besoins du patient, le caractère uni- ou bilatéral de l'affection, la dominance oculaire, la profession, l'âge, etc.

Sauf cas exceptionnel, le patient est toujours orienté vers une adaptation contactologique spécialisée qui demeure à ce jour la meilleure solution optique. En cas d'intolérance déclarée par le patient au port des lentilles de contact, une nouvelle adaptation avec les modèles de lentilles les plus évolués (hybrides, sclérales) est toujours proposée au patient compte tenu de la qualité de vision inégale obtenue même pour les stades les plus évolués de la maladie. L'adaptation contactologique n'est proposée qu'aux patients informés de la nécessité de la surveillance régulière de la maladie (évaluation cornéenne régulière à distance du port des lentilles) chez un patient conscient du fait que le port de ces lentilles n'a aucun objectif thérapeutique (freination ou arrêt de l'évolution de l'ectasie). Dans l'idéal, l'adaptation doit être réalisée dans une même unité de lieu pour une prise en charge optimale. En effet, de nombreux patients adaptés en lentilles ne consultent plus d'ophtalmologistes, ne surveillent plus leur maladie et ne consultent tardivement à un stade dépassant parfois les

capacités des thérapeutiques conservatrices lorsque la lentille n'est plus tolérée. L'adaptation doit se faire idéalement dans un centre où la prise en charge est globale ou chez un ophtalmologiste spécialisé en contactologie. Trop de patients souvent adaptés en lentilles par des opticiens habiles échappent ainsi à tout contrôle médical confondant équipement optique et traitement médical. Compte tenu de la diminution du nombre d'ophtalmologistes et de la difficulté à trouver un médecin compétent en contactologie, de nombreux patients abandonnent ou sont adaptés par des professionnels non médicaux peu informés sur les modalités de prise en charge du kératocône. Signalons les efforts de la SFOALC pour mettre en place, sur son site internet, un réseau kératocône pour aider les patients mais force est de constater que de nombreuses régions de France restent dépourvues de ces spécialistes.

■ Réhabilitation visuelle chirurgicale

Ce n'est qu'en cas d'échec de l'adaptation contactologique et de niveaux d'acuité visuelle invalidants (variable d'un patient à l'autre) que nous envisageons l'éventualité d'une chirurgie de remodelage cornéen. L'adaptation contactologique permet d'adapter environ 70 % des patients, 20 % présentent une intolérance médicale ou un inconfort majeur et 10 % d'entre eux abandonnent le port. Les causes de l'intolérance ou de l'abandon sont multiples (allergie, inconfort, profession, environnement, manipulation, faible gain visuel) et dès que l'intolérance est patente ou l'équipement abandonné il faut se poser la question de l'intérêt d'une réhabilitation visuelle chirurgicale.

Les techniques cornéoplastiques sont au nombre de deux : l'implantation de segments d'anneaux intra cornéens et la photo-ablation guidée par la topographie (PKR topo guidée). Ces techniques, même associées, ne permettent que très rarement d'obtenir les niveaux de qualité de vision obtenus avec les lentilles rigides mais elles représentent un véritable espoir d'amélioration de la qualité de vision sans les contraintes liées au port des lentilles.

1. Les segments d'anneaux intracornéens

Ils font partie depuis plus de 15 ans de l'arsenal thérapeutique du kératocône dans le monde entier. La littérature est abondante, le recul important et leur implantation comme leurs indications sont bien codifiées. L'implantation au laser femtoseconde a considérablement simplifié et elle a sécurisé la chirurgie. Ils agissent par addition de matériel

Table 1 - Corneal Asymmetry Type Classification



Type 1:
100 % of the steep area (red) is located on one side of the reference meridian. Apply Nomogram A.



Type 2:
The distribution of the steep area is approximately 20 % / 80 %. Apply Nomogram A.



Type 3:
The distribution of the steep area is approximately 40 % / 60 %. Apply Nomogram B.



Type 4:
The distribution of the steep area is 50 % / 50 %. Apply Nomogram C.



This blue circle represents the axial keratometric color map.



This image represents the steep area expressed in red colors on the corneal topography axial color map.



This line represents the reference meridian determined as per step 6.

Step 1: Obtain manifest subjective refraction (do not use autorefractometer). Determine UCVA and BSCVA.

Step 2: Take Pentacam, Orbscan or Galilei exams and select sagittal / axial keratometric map, anterior / posterior elevation maps, pachymetry map, and coma aberration map. If such diagnostic devices are not available jump step 4.

Step 3: Study the large, detailed pachymetric map and determine the minimum corneal thickness at 5.5mm and 6.5mm optical zones. Jump to Step 5.

Step 4: Take placido corneal topography and select the Axial Map. If the steep K is < 52 D, use the normalized keratometric color scale. If the steep K is > 52 D, use absolute scale with 1.5 diopter steps. Take ultrasonic pachymetry all around the 5.5mm and 6.5mm optical zones and record the minimum corneal thicknesses at each of these optical zones.

Step 5: Take pupillometry under mesopic conditions and record pupil diameter.

Step 6: Reference meridian selection: If BSCVA > 0.5, select the refractive steep meridian. If BSCVA is < 0.5, select the total coma axis (if available) or the steep meridian by topography (SIM-K). Draw a line along the reference meridian selected.

Step 7: Determine the corneal asymmetry type by studying the distribution of the steep (red) area on each side of the reference meridian. Classify the case according to Table 1. For cases Type 1 and Type 2, use Nomogram A. For Type 3 use Nomogram B, and for Type 4 cases use Nomogram C.

Step 8: Determine treatment strategy: If BSCVA > 0.4, program the treatment based on refractive sphere and cylinder obtained by manifest refraction. If BSCVA is < 0.3 or if manifest Rx is very unreliable program the treatment based on keratometric values and extrapolation of the data obtained for the non-operative eye in case it is a virgin eye with BSCVA Z > 0.6.

Fig. 3 : Kerating Calculation Guidelines Albertazzi classification base on Asymetry.

en périphérie cornéenne pour induire un aplatissement cornéen central global ou localisé. Leurs objectifs sont nombreux : régularisation de la surface cornéenne, amélioration de l'acuité visuelle sans et avec correction, diminution des aberrations de bas et de haut degré, amélioration dans certains cas de la tolérance aux lentilles de contact, stabilisation de l'ectasie cornéenne, alternative à une kératoplastie. Leur stratégie d'implantation basée sur des classifications spécifiques (fig. 3) est de plus en plus codifiée et le développement de nouveaux anneaux (anneaux circulaires, anneaux asymétriques, endoprothèses intrastromales) permet de customiser la chirurgie et d'améliorer chaque jour leurs résultats (fig. 4). Les résultats les meilleurs sont obtenus pour des stades d'ectasie modérés. La chirurgie reste parfaitement réversible y compris après de nombreuses années. Ils peuvent s'associer de façon synergique au *cross-linking* du collagène cornéen si besoin selon une stratégie désormais mieux codifiée.



Fig. 4 : Nouveaux anneaux intra cornéens : anneaux circulaires et endoprothèses intra stromales.

2. La photo ablation guidée par la topographie (fig. 5)

C'est la deuxième technique cornéoplastique de réhabilitation visuelle chirurgicale du kératocône. Elle consiste à réaliser une photo ablation directe de la surface cornéenne à l'aide d'un laser Excimer. Cette photo ablation est basée sur l'analyse

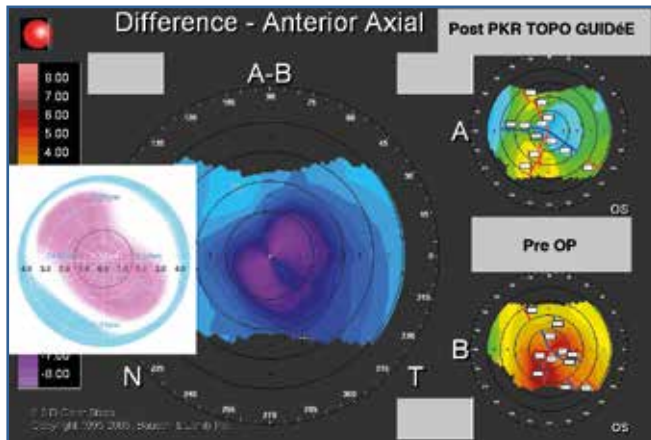


Fig. 5 : Aspects topographiques pré- et post-opératoires (en bas à droite et en haut à droite) topographie différentielle (à gauche) et aspect de la photo-ablation topo guidée (à gauche).

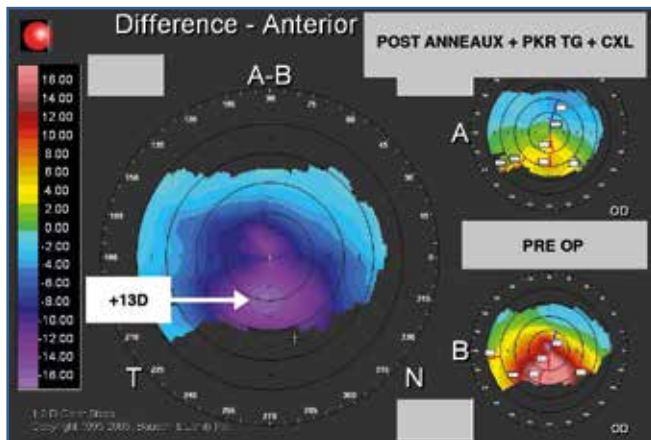


Fig. 6 : Traitements combinés : aspects topographiques pré- et post-opératoires (en bas à droite et en haut à droite) topographie différentielle (à gauche) après combinaison séquentielle d'une implantation de segments d'anneaux intracornéens, puis de photo-ablation topo guidée associée à un *cross-linking* permettant une régularisation cornéenne notable.

cornéenne préopératoire et son objectif est essentiellement la régularisation cornéenne et la diminution de l'astigmatisme irrégulier. Longtemps contre indiquée par crainte d'une progression de la maladie ectasique, de nombreuses études ont mis en évidence la sécurité des photos ablations de surface dans les formes frustes de kératocône lorsque ce dernier est stable et récemment l'association d'une photo ablation à un *cross-linking* du collagène cornéen a montré sa sécurité à des stades encore modérées de kératocône. Cette technique ne peut s'envisager que chez des patients dont la maladie semble stabilisée ou s'associer dans le cas inverse au traitement de la pathologie sous jacente. Les protocoles d'ablation sont spécifiques, limités en profondeur d'ablation et sur des zones optiques réduites. Cette photo ablation n'est pas une chirurgie réfractive, mais une chirurgie de réhabilitation visuelle dont

l'objectif est principalement d'améliorer la qualité de vision et la meilleure acuité visuelle corrigée.

3. Associations de chirurgies cornéoplastiques (fig. 6)

Ces différentes chirurgies peuvent s'associer de manière synergique selon des protocoles spécialisés discutés au cas par cas. Anneaux et *cross-linking*, photoablation topoguidée et *cross-linking*, anneaux et photoablation topoguidée pour obtenir un résultat visuel optimal. Ces indications sont reprises dans notre tableau illustrant la stratégie thérapeutique.

■ Chirurgie réfractive et kératocône

Le kératocône s'associe le plus souvent à des degrés variables d'astigmatisme et de myopie résultant de l'ectasie ou pré existants. De nombreuses chirurgies peuvent avoir un impact favorable sur l'amétropie associée comme nous l'avons précédemment vu pour les techniques de chirurgie cornéoplastiques mais d'autres techniques purement réfractives peuvent être proposées aux patients : implantation réfractive sur œil phaque, chirurgie du cristallin avec implantation torique, voire photo kératectomie réfractive. La condition première avant d'envisager une éventuelle chirurgie réfractive est de s'assurer de la stabilité de la maladie ectasique : absence de modification réfractive en particulier cylindrique, absence de modifications de la puissance cornéenne en particulier du méridien le plus bombé, et absence de diminution pachymétrique.

1. Implants phaques

Les implants phaques de chambre postérieure sont particulièrement adaptés aux patients porteurs d'une maladie cornéenne de surface compte tenu de l'absence d'interaction avec la maladie associée. Ils peuvent corriger de hauts degrés d'amétropie sphéro cylindrique. L'implantation réfractive sur œil phaque s'adresse uniquement aux patients intolérants au port des lentilles de contact. Les implants phaques et en particulier les implants phaques de chambre postérieure (ICL) (fig. 7) implantables à travers une petite incision inférieure à 3 mm sont indiqués chez les patients présentant une ectasie stable et une réfraction stable lorsque l'acuité visuelle est conservée et en l'absence d'astigmatisme irrégulier important limitant la meilleure acuité visuelle corrigée en dessous de 5 ou 6/10^{es}. Cette chirurgie réfractive peut être combinée aux traitements du kératocône et est toujours réalisée après les autres procédures sur un œil dont la réfraction est stabilisée.

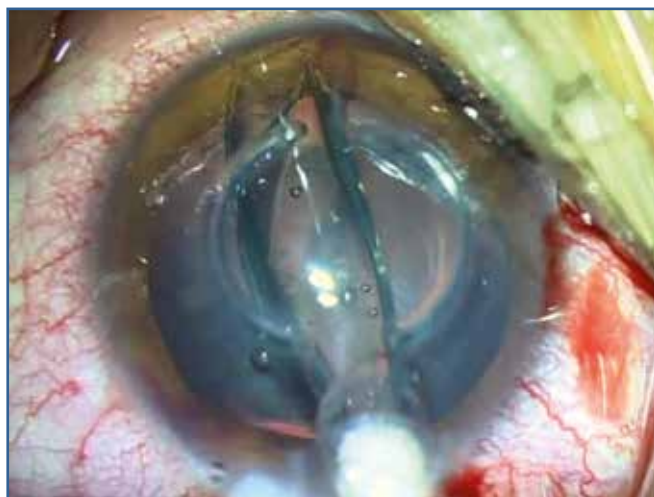


Fig. 7 : Implantation réfractive sur œil phaqué (ICL) après implantation d'anneaux intracornéens.

On respectera un intervalle minimum de 6 mois après un *cross-linking*, une implantation d'anneaux intracornéens ou une photo ablation topo guidée.

2. Photo kératectomie de surface à visée réfractive

Cette technique a été décrite par plusieurs auteurs avec de bons résultats réfractifs à court terme. Elle pose la question de réaliser une chirurgie ablative à visée réfractive chez des patients à la stabilité mécanique compromise et dont l'épaisseur cornéenne est souvent faible. Plusieurs auteurs ont retrouvé des résultats satisfaisants mais la technique n'est pas réversible et de rares cas de progression de l'ectasie ont été décrits. Elle ne peut s'envisager que dans des cas très particuliers chez des patients informés dont la stabilité cornéenne est avérée et sous réserve d'ablations très réduites. Il n'existe pas de consensus à ce jour sur cette indication.

■ Chirurgie de la cataracte chez les patients porteurs de kératocône

La cataracte est plus fréquente chez les patients présentant une maladie kératoconique. La réalisation plus fréquente de la topographie cornéenne en pré opératoire d'une intervention de cataracte permet de également de découvrir certains cas de kératocône méconnus qui nécessitent une prise en charge particulière devant l'association de la cataracte à une maladie cornéenne génératrice d'astigmatisme irrégulier et d'aberrations visuelles. Rappelons que la découverte d'un kératocône contre indique une implantation multifocale. La première difficulté réside dans l'évaluation de la gêne fonctionnelle

attribuable à la cataracte ou à l'ectasie cornéenne. La deuxième particularité réside dans le calcul biométrique et en particulier sur l'évaluation de la kératométrie centrale mieux appréciée en topographie. Enfin, lorsqu'une chirurgie cornéenne (anneau, photo ablation topo guidée ou greffe) est programmée, celle-ci sera idéalement réalisée avant l'opération de cataracte pour améliorer ensuite le calcul biométrique. Compte tenu de l'astigmatisme pré existant dans la majorité des kératocônes, se pose fréquemment la question d'opter ou non pour une implantation torique. Cette dernière est indiquée lorsque l'astigmatisme est régulier, plus délicate en cas d'astigmatisme irrégulier et son indication dans ce cas doit être soigneusement évaluée. Pour les patients habituellement porteurs de lentilles rigides, l'implantation torique peut compliquer l'adaptation contactologique par induction d'un astigmatisme interne. Il semble donc judicieux de ne pas opter pour une implantation lorsque la correction habituelle du patient se fait avec des lentilles de contact. Enfin, l'implantation torique doit se limiter aux astigmatismes relativement réguliers. La dernière difficulté réside dans la réalisation du calcul de l'implant. Le choix de la formule idéale fait débat mais en revanche, il semble judicieux d'utiliser les puissances cornéennes retrouvées en topographie et en cas d'implantation torique de se baser sur l'axe du cylindre topographique.

■ La greffe de cornée reste toujours une alternative efficace (fig. 8)

Les indications d'une greffe de cornée sont définies en fonction de chaque patient. Elle ne s'adresse en principe qu'aux stades les plus évolués de l'ectasie. Mais un patient intolérant au port des lentilles de contact sera plus affecté qu'un patient

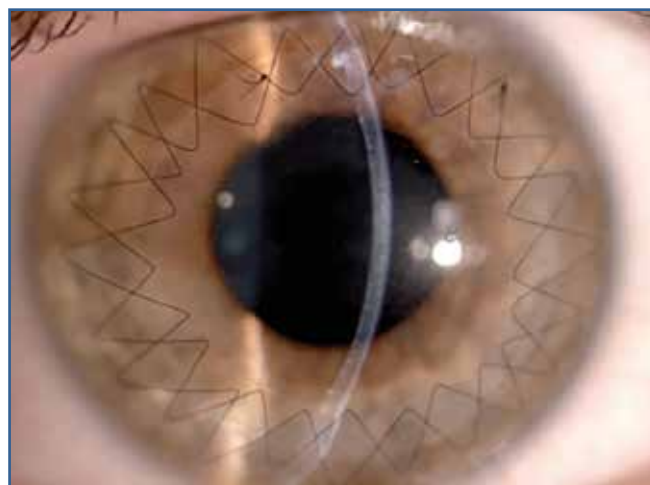


Fig. 8 : Kératoplastie pour kératocône.

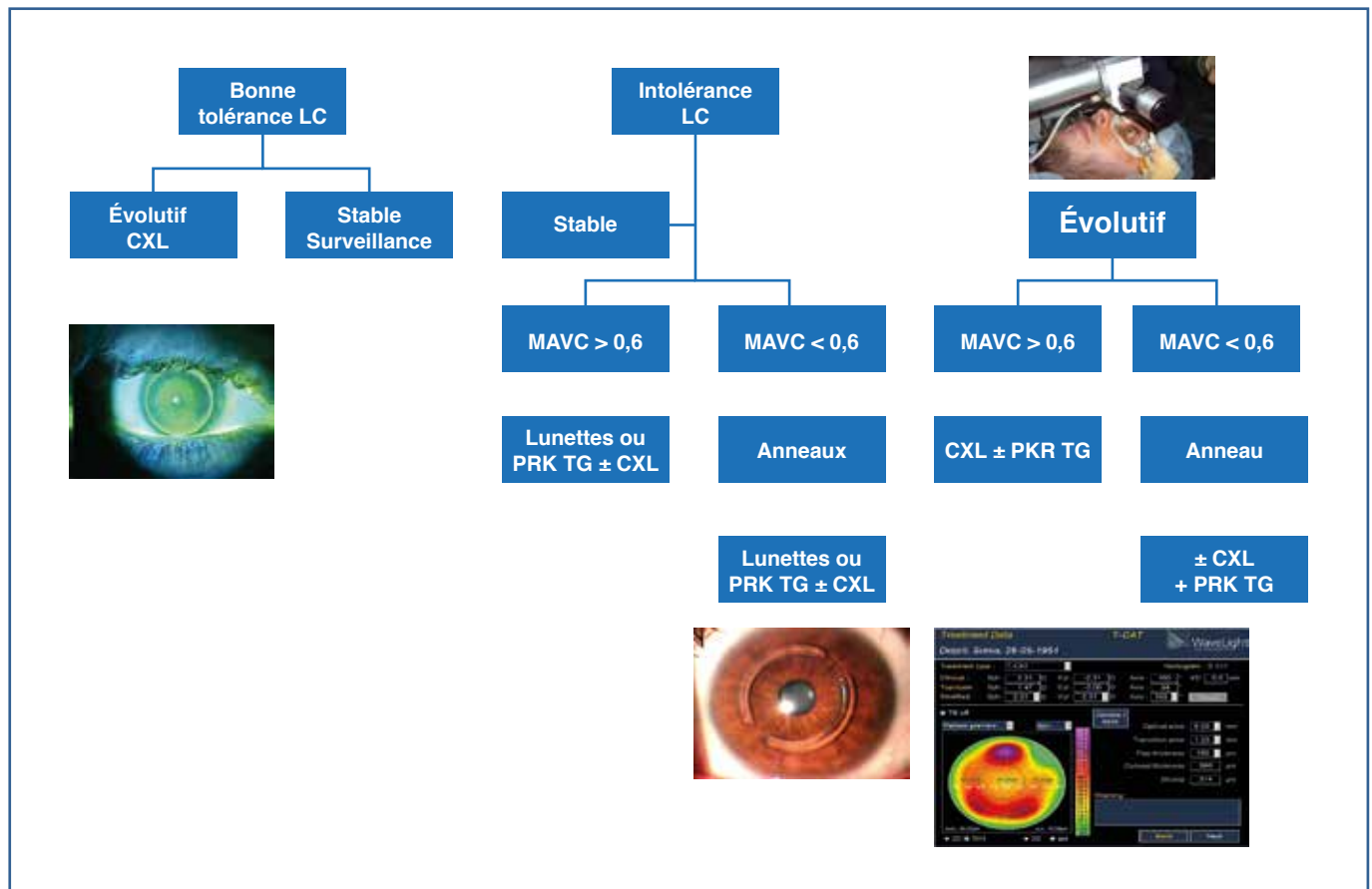


Fig. 9 : Arbre décisionnel de la stratégie thérapeutique.

présentant un stade beaucoup plus évolué mais tolérant parfaitement le port des lentilles. L'heure de la greffe est arrivée lorsque la vision avec correction optique n'est pas acceptable et incompatible avec une qualité de vie suffisante et que le port des lentilles est intolérable.

Au cours des deux dernières décennies, les indications de kératoplasties pour le kératocône ont considérablement diminué du fait de l'arrivée des nouveaux traitements appliqués aux stades initiaux de la maladie. Les techniques de kératoplastie se sont également perfectionnées et les excellents résultats de la kératoplastie transfixiante en font une technique toujours performante et largement utilisée. La kératoplastie lamellaire antérieure profonde (pré-descemétique) semble toutefois en passe de devenir la technique de choix pour le kératocône compte tenu de l'absence de risque de rejet endothélial, de sa meilleure qualité architectonique et de la préservation endothéliale. Malgré des résultats visuels qui restent légèrement moins bons, compte tenu de l'existence d'une interface et de plis de la membrane de Descemet de l'hôte, la kératoplastie lamellaire tend à devenir de plus en plus indiquée en raison de

ses avantages. Rappelons que la greffe n'est pas la "panacée" mais les niveaux d'acuité visuelle obtenus dépassent 5/10 chez près de 75 % des patients ce qui en fait un traitement efficace de ces stades évolués.

Conclusion

Les patients porteurs d'un kératocône aujourd'hui ont la chance de pouvoir profiter de nouvelles thérapeutiques capables d'améliorer leur qualité de vision et leur qualité de vie. Les nombreuses options thérapeutiques leur permettent d'une part d'arrêter la progression de la maladie et d'autre part d'améliorer leur confort de vie et rares sont les patients souffrant aujourd'hui de handicap visuel majeur lié à la maladie. Cette prise en charge doit être précoce, complète et suivie. Le futur leur apportera encore de nombreux progrès en prévenant la maladie et en améliorant la qualité des traitements visuels optiques et chirurgicaux (fig. 9).

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



M. ASSOULINE
Clinique de la Vision, PARIS.
dr.assouline@gmail.com

Myopie forte et kératocône : 2 pathologies symétriques d'une dérégulation du processus emmétropisant de l'œil ?

Nous pensons que le kératocône (KC) et la myopie forte (MF) partagent des caractéristiques épidémiologiques, épigénétiques, anatomiques, histopathologiques, biomécaniques et optiques physiologiques communes qui suggèrent une pathogénie symétrique, intrinsèquement corrélée au concept fascinant du processus emmétropisant de l'œil (PEO) au cours du développement.

Cet article envisage de faire le point de ce qui est compris en 2018 de la pathogénie de ces deux affections antérieure et postérieure symétriques du globe oculaire pour synthétiser et étayer cette hypothèse personnelle.

La myopie qui se caractérise par une croissance axiale excessive de l'œil et dans les formes plus sévères par une déformation ectasique de son pôle postérieur est une affection multifactorielle épigénétique faisant intervenir des facteurs de risque cliniquement identifiés, génétiques (héritabilité, associations pathologiques) et environnementaux (travail de près, manque d'activité de plein air).

La prévalence de la myopie a augmenté de 25 à 41 % en 30 ans aux États-Unis et atteint 70 à 90 % des enfants dans certains pays asiatiques. Une myopie de plus de 6 D est associée à un risque majoré de décollement de rétine, de glaucome et de maculopathie myopique. Le coût de la myopie pour les examens et la correction visuelle de la myopie est de plusieurs milliards de dollars annuels aux États-Unis. 49 % des 153 millions de personnes porteuses d'un handicap visuel dans le monde le sont du fait d'une erreur réfractive non corrigée. Cette pandémie récente explique que l'un des objectifs majeurs du projet Vision 2020 de l'OMS soit de comprendre, contrôler et traiter la myopie.

Le kératocône qui se caractérise par une cambrure et un amincissement excessif de la cornée, et dans les formes plus

sévères par une déformation ectasique du pôle antérieur de l'œil, est une affection multifactorielle épigénétique faisant intervenir des facteurs de risques cliniquement identifiés, génétiques (héritabilité, associations pathologiques) et environnementaux (frottement oculaire, allergie).

L'incidence du kératocône varie principalement selon les méthodes de mesure et l'origine ethnique ou géographique, de 3/10 000 (Scandinavie) à 3 % de la population (Moyen-Orient) (Assouline, 2015). Un kératocône de plus de 60 D est associé à un risque majeur de greffe de cornée et de séquelles visuelles potentiellement sérieuses.

Chez les vertébrés, la croissance de l'œil nécessite un ajustement continu au cours de la période de maturation et de développement pour faire correspondre la taille de l'œil avec sa puissance réfractive :

- au cours des 3 premières années de la vie la cornée et le cristallin se modifient pour contrebalancer une augmentation de 20 D de la longueur axiale de l'œil. Entre 3 et 13 ans, l'ajustement nécessaire n'est que de 3 dioptries pour maintenir l'emmétropie ;
- au cours de la croissance le cristallin ajoute des couches successives de tissu cellulaire tout en s'étirant dans le plan équatorial de telle sorte qu'il s'aplatit progressivement et perd de sa puissance réfractive pour compenser l'augmentation de la longueur axiale ;
- si cette modification n'intervient pas suffisamment, l'œil devient myope et s'allonge selon une forme prolata (ou moins oblate). La cause de l'interruption de cette expansion équatoriale du cristallin est peut-être corrélée à l'épaississement du muscle ciliaire, retrouvée chez les myopes enfants et adultes.

Deux processus fondamentaux semblent réguler cette relation mystérieuse entre l'optique physiologique et la croissance axiale de l'œil :

- un système de signalisation cellulaire préprogrammé génétiquement ;
- un système de contrôle par *feed back* visuel.

L'interaction complexe de ces deux systèmes peut être modélisée mathématiquement pour expliquer les diverses situations expérimentales observées, dans lesquelles la défocalisation et ses variations cycliques peut entraîner aussi bien myopie qu'hypermétropie.

Le processus emmétropisant de l'œil (PEO) semble donc être un mécanisme actif qui implique une régulation par la compensation anatomique des erreurs réfractives par un *feed-back* visuel.

L'hypothèse générale actuelle est que l'œil en croissance est capable d'ajuster ses dimensions anatomiques pour compenser la différence de focalisation entre le centre et la périphérie rétinienne :

- le développement myopique entraîne un œil qui est plus long dans son axe que large transversalement. Cette forme prolate entraîne une défocalisation relative de type hypermétropique de la vision périphérique. Ce décalage entre focalisation périphérique hypermétropique et centrale myopique serait un des principaux stimuli de la dérégulation du PEO ;
- 77 % des jeunes pilotes présentant une défocalisation hypermétropique périphérique deviennent myopes au cours de leur cursus d'entraînement ;
- à l'inverse, les yeux hypermétropes sont le plus souvent myopes en périphérie ;
- ce constat que le développement réfractif central est conditionné par l'erreur réfractive périphérique est également vérifié chez les primates. La déprivation expérimentale de la vision périphérique entraîne une myopie fovéolaire ;
- idéalement, la correction myopique ne devrait donc pas induire une hypermétropie périphérique pour éviter d'aggraver la myopie centrale chez l'enfant ;
- la prise en compte de l'effet d'un tilt pantoscopique sur la réfraction périphérique devrait également être prise en compte dans le design optique des verres correcteurs. Le tilt d'une correction myopique importante entraîne en effet une très importante dégradation de la focalisation périphérique (défocalisation hypermétropique, astigmatisme, coma).

Expérimentalement, le PEO peut être manipulé de façon précise au moyen de diverses interférences introduites au cours du développement : optiques (filtres, verres correcteurs), médicamenteuses, génétiques ou lumineuses.

Cependant, les mécanismes moléculaires qui sous tendent le PEO ne sont toujours pas clairement élucidés aujourd'hui.

Le contrôle de longueur axiale par des facteurs visuels a été étudié de façon incroyablement approfondie chez le poulet et d'autres animaux tels que le marmouset ou les primates supérieurs.

La mise en place d'une lentille concave entraînant une défocalisation hypermétropique accélère la croissance axiale (myopie induite). Inversement, une lentille convexe induisant une défocalisation myopique entraîne un ralentissement de la croissance axiale et une hypermétropie.

Dans les deux cas, la taille et la forme de l'œil s'ajustent pour compenser la défocalisation et de ramener la rétine dans le plan focal. Par ailleurs, la mise en place d'une lentille semi transparente (diffuseur) induit une importante croissance axiale (myopie par déprivation de forme).

Un autre facteur impliqué dans la régulation du PEO est l'aberration chromatique longitudinale (ACL) :

- les cellules rétinienne humaines sont sensibles à des longueurs d'onde de 450 nm à 700 nm ;
- l'ACL rétinienne est de l'ordre de 1.5 à 2.0 dioptries sur l'étendue du spectre visible ;
- l'effet des différentes longueurs d'onde sur la puissance réfractive de l'œil est capable de déréguler le PEO chez le poulet ;
- il est probable qu'une carence spectrale peut affecter le PEO chez l'homme à la phase critique du développement oculaire.

Ces ajustements anatomiques dépendant de l'optique physiologique semblent donc régulés par des signaux optiques, visuel ou biochimiques spécifiques de 2 types :

● “Go-grow” accélérant la croissance axiale :

- lentille concave ;
- défocalisation hypermétropique ;
- déprivation de forme ;
- dopamine ;
- TGF- β .

● “Stop” ralentissant la croissance axiale :

- lentille convexe ;
- défocalisation myopique ;
- FGF2 ;
- glucagon ;
- acide rétinoïque ;
- apolipoprotéine A.

Certains signaux tels que les facteurs de transcription Pax6 et ZENK sont de type “Go/Grow” ou “Stop” selon leur environnement moléculaire.

La cible tissulaire stimulée par ces signaux n’est pas clairement identifiée, mais les hypothèses prévalentes sont celles :

- D’un contrôle de la choroïde et indirectement de la sclère par la rétine neurale :
 - l’épaisseur de la choroïde varie de façon compensatrice rapide en période néonatale lorsque l’on introduit une défocalisation visuelle ;
 - certains médiateurs sont transmis par la rétine neurale localement à la choroïde et à la sclère. Par exemple, le relargage de la dopamine par la plexiforme interne et sa déplétion entraîne une réduction de la synthèse des protéoglycanes scléraux et une myopisation.
- D’une croissance sélective de la Bruch dans la région rétroéquatoriale :
 - conséquence d’une dérégulation de l’EP (dont la basale forme la couche interne de la Bruch), sous l’influence d’un *feed back* visuel (défocalisation périphérique) ;
 - conservant une épaisseur constante quelle que soit la longueur axiale de l’œil ;
 - associée à une réduction localisée de la densité des cellules de l’épithélium pigmentaire rétinien (l’EP ne se divisant pas après la naissance) et à un amincissement rétinien, sans atteinte de la densité de l’EP maculaire ou de l’épaisseur fovéolaire ;
 - induisant une élongation axiale régionale, majorée au pôle postérieur ;
 - responsable d’une compression choroïdienne elle-même cause de l’expansion sclérale secondaire et de l’amincissement scléro-choroïdien qui en résulte.

Sur le plan anatomique, les yeux porteurs d’une myopie axiale présentent un amincissement de la sclère et de la choroïde :

- l’épaisseur choroïdienne est de fait un prédicteur de l’âge de début et de la progression de la myopie chez l’enfant ;
- l’augmentation de la distance entre la papille et la fovéa dans la myopie axiale est liée à la formation et à l’expansion d’une zone parapapillaire dépourvue de membrane de Bruch (zone gamma) tandis que la longueur de la Bruch maculaire et la densité de l’EP maculaire demeurent constantes ;
- ces modifications (élargissement de l’ouverture de la Bruch parapapillaire et décalage temporal des 3 couches de la tête du nerf optique) expliquent la susceptibilité au glaucome des forts myopes.

Sur le plan clinique, l’histoire naturelle de la myopie a été le sujet d’étude épidémiologiques intensives et de modèles mathématiques sophistiqués :

- le meilleur prédicteur de la survenue future d’une myopie chez l’enfant est la constatation d’une hypermétropie de moins de 0.75 D à 8.6 ans (sensibilité 87 %, spécificité 73 %) ;
- un enfant qui développe une myopie à un âge plus précoce aura une myopie plus importante ;
- ce développement exponentiel de l’erreur réfractive chez l’homme caractérise un modèle mathématique de réponse de type *feed back* de 1^{er} ordre. Ce type de modélisation suggère que la correction optique par lunettes augmente le taux de progression de la myopie et le degré final de la myopie (modèle *open loop*).

La cornée est responsable de 2/3 du pouvoir réfractif de l’œil.

Pourtant la quasi totalité des travaux de recherche sur le processus emmétropisant de l’œil n’a porté jusqu’à aujourd’hui que sur l’étude de la régulation de la longueur axiale oculaire et aucune étude n’a pour l’instant abordé la régulation de la forme de la cornée dans ce processus.

Nous avons détaillé dans un précédent article (revue annuelle de la Clinique de la Vision, 2015) notre hypothèse selon laquelle le kératocône pourrait être primitivement une manifestation particulière d’une dérégulation du processus emmétropisant de l’œil et donc la conséquence d’un mécanisme pathogénique primitivement rétinien, similaire à celui de la myopie forte.

En effet, aucune des anomalies structurales, biochimiques, protéomiques ou biomécaniques objectivées dans le kératocône n’a pu être considérée jusqu’à présent comme primitive et réellement distincte d’anomalies similaires secondaires liées à des processus de cicatrisation classiques.

Ces anomalies sont pourtant très nombreuses et détaillées dans de multiples publications :

- Dégradation structurale du stroma :
 - perte de la perpendicularité des protéoglycanes par rapport aux fibres de collagène en microscopie électronique, similaire à la structure des tendons soumis à des déformations mécaniques ;
 - réduction du contenu en collagène XII, I et V ;
 - réduction du nombre de fibrilles de collagène apical sans modification du diamètre des fibrilles ;

- Majoration de la protéolyse :
 - surexpression des gélatinases ;
 - augmentation des mRNA des catalases ;
 - réduction du TIMP-1 (inhibiteur des Matrix metalloproteinases, MMP) ;
 - surexpression des MMP 1, 2, 7 ;
 - surexpression des MMP 13 liée au frottement oculaire.
- Majoration des médiateurs de l'inflammation :
 - élévation de l'interleukine IL6 et du TNF alpha ;
 - réduction de l'IL12, du CCL5 ;
 - élévation de l'IL17 ;
 - réduction des zinc alpha glycoprotéines ;
 - réduction des chaînes des immunoglobuline kappa ;
 - réduction non spécifique de la lactoferrine.
- Altérations cellulaires épithéliales :
 - surexpression de la cytokératine 3 ;
 - altérations des marqueurs cytosquelettiques ;
 - réduction de l'énolase 1 épithéliale ;
 - altération des marqueurs de l'adhésion cellulaire ;
 - altérations des composants de la matrice extracellulaire ;
 - GAGs : decorin, lumican et keratocan ;
 - collagènes types I et V.

Les conclusions des études de protéomique portant sur près de 1 200 protéines cornéennes ne sont donc qu'en faveur d'un processus de perte généralisée du phénotype quiescent normal des kératocytes et d'une augmentation de l'expression des protéines normalement associées à la réponse de cicatrisation cornéenne.

La dérégulation des cytokines, le stress oxydatif et l'implication du TGF- β dans la dégradation de la matrice extracellulaire, par analogie avec le mécanisme de la maladie de Marfan, ainsi que la déplétion apoptotique des kératocytes du stroma ont été évoquées comme mécanismes potentiels à l'origine du kératocône, sans cependant pouvoir être démontrés.

Les études cliniques topographiques et biomécaniques de la cornée ont échoué depuis 30 ans à trouver des critères discriminants permettant de poser un diagnostic positif de certitude ou d'impliquer un phénotype cornéen spécifique à l'origine du kératocône. Il n'existe donc pas de discontinuité clinique ou paraclinique apparente entre cornée normale et kératocône. Le kératocône semble à ce titre n'être qu'une variation anatomique de la cornée normale, de façon similaire aux variations de la taille ou du poids humains.

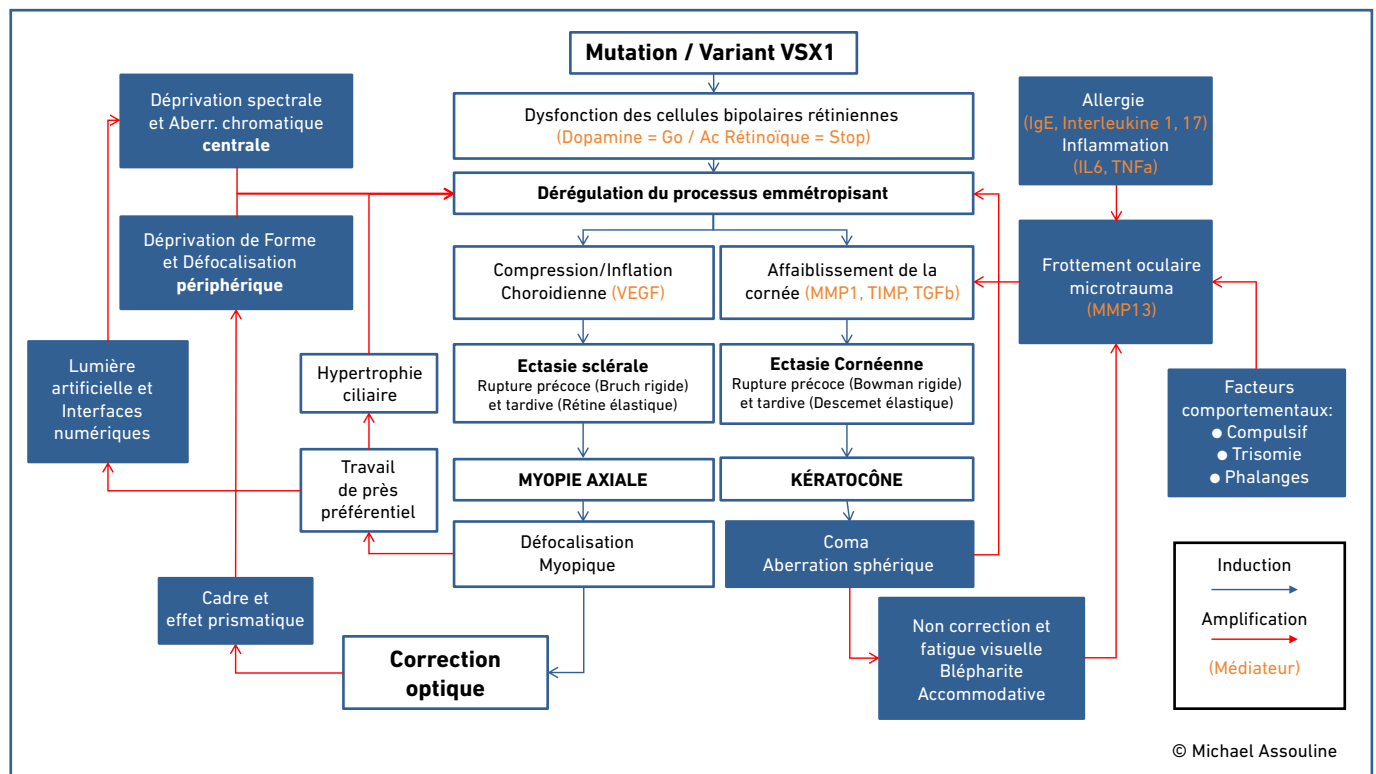


Fig. 1 : Myopie forte et kératocône : une pathogénie symétrique ?

La loi de Laplace-Gauss, qui exprime la relation physique entre les caractéristiques mécaniques d'une paroi mince sphérique (rayon de courbure, épaisseur, pression interne et tension pariétale) permet de comprendre qu'il existe un rapport constant entre courbure et épaisseur et que l'amincissement associé à une augmentation de la cambrure de la cornée n'implique aucunement que le tissu ainsi que ses cellules, ses protéines de structure ou ses molécules de soutien, soient primitivement pathologiques.

Les études génétiques très nombreuses, incluant des approches cliniques classiques (jumeaux, familles) ou plus sophistiquées (de type genome-wide association studies, GWAS) ont également échoué à identifier une piste mono-génétique simple. Les gènes principalement associés au kératocône (VSX1, ZNF469, SOD1, and miR184) ne semblent pas directement impliqués dans les anomalies cornéennes observées à l'exception de miR184.

Cependant, l'un des gènes les plus constamment impliqué dans la pathogénie du kératocône est le VSX1 qui fait partie de l'homéobox du système visuel. Ce gène, dont les multiples variants sont transmis ou sporadiques, contrôle notamment la différenciation et la régulation des cellules dopaminergiques bipolaires de la rétine associées au développement de l'œil et de sa réfraction et est également impliqué dans le processus de cicatrisation cornéenne et de dé-différenciation des kératocytes en myofibroblastes.

La **figure 1** de cet article illustre en détail notre conception personnelle de la symétrie pathogénique qui unit myopie forte et kératocône comme étant les 2 facettes opposées d'une dérégulation du processus emmétropisant de l'œil.

Pour en savoir plus

1. BAKARAJU RC, EHLMANN K, HO A *et al.* Pantoscopic tilt in spectacle-corrected myopia and its effect on peripheral refraction. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2008;28:538-549
2. SEIDEMANN A, SCHAEFFEL F. Effects of longitudinal chromatic aberration on accommodation and emmetropization. *Vision Res*, 2002;42:2409-2417.
3. BERTRAND E, FRITSCH C, DIETHER S *et al.* Identification of apolipoprotein A-I as a "STOP" signal for myopia. *Mol Cell Proteomics*, 2006;5:2158-2166.
4. CHAKRABORTY R, PARK HN, AUNG MH *et al.* Comparison of refractive development and retinal dopamine in OFF pathway mutant and C57BL/6J wild-type mice. *Mol Vis*, 2014;20:1318-1327.
5. DIRANI M, TONG L, GAZZARD G *et al.* Outdoor activity and myopia in Singapore teenage children. *Br J Ophthalmol*, 2009;93:997-1000.
6. FONTAINE M, GAUCHER D, SAUER A *et al.* Choroidal thickness and ametropia in children: a longitudinal study. *Eur J Ophthalmol*, 2017.
7. GUAN T, WANG X, ZHENG LB *et al.* Analysis of the VSX1 gene in sporadic keratoconus patients from China. *BMC Ophthalmol*, 2017;17:173.
8. HUNG GK, MAHADAS K, MOHAMMAD F. Eye growth and myopia development: Unifying theory and Matlab model. *Comput Biol Med*, 2016;70:106-118.
9. JONAS JB, OHNO-MATSUI K, HOLBACH L *et al.* Retinal pigment epithelium cell density in relationship to axial length in human eyes. *Acta Ophthalmol*, 2017;95:22-28.
10. JONAS JB, OHNO-MATSUI K, JIANG WJ *et al.* BRUCH MEMBRANE AND THE MECHANISM OF MYOPIZATION: A New Theory. *Retina*, 2017;37:1428-1440.
11. JONAS JB, OHNO-MATSUI K, PANDA-JONAS S. Optic Nerve Head Histopathology in High Axial Myopia. *J Glaucoma*, 2017;26:187-193.
12. MEDINA A, GREENE PR. Progressive Myopia and Lid Suture Myopia are Explained by the Same Feedback Process: a Mathematical Model of Myopia. *J Nat Sci*, 2015.
13. NAVA DR, ANTONY B, ZHANG LI *et al.* Novel method using 3-dimensional segmentation in spectral domain-optical coherence tomography imaging in the chick reveals defocus-induced regional and time-sensitive asymmetries in the choroidal thickness. *Vis Neurosci*, 2016;33:010
14. SOIBERMAN U, FOSTER JW, JUN AS *et al.* Pathophysiology of Keratoconus: What Do We Know Today. *Open Ophthalmol J*, 2017;11:252-261.
15. TABERNERO J, VAZQUEZ D, SEIDEMANN A *et al.* Effects of myopic spectacle correction and radial refractive gradient spectacles on peripheral refraction. *Vision Res*, 2009;49:2176-2186.
16. TROILO D, WALLMAN J. The regulation of eye growth and refractive state: an experimental study of emmetropization. *Vision Res*, 1991;31:1237-1250.
17. VALGAEREN H, KOPPEN C, VAN CAMP G. A new perspective on the genetics of keratoconus: why have we not been more successful? *Ophthalmic Genet*, 2018;39:158-174.

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



O. PRISANT
Cabinet Alma-Vision,
Clinique de la Vision, PARIS.
oprissant@gmail.com

Le point sur les anneaux intracornéens pour kératocône en 2018

Le kératocône est une maladie entraînant une déformation de la cornée, ayant pour conséquence une altération de la vision. Il existe un parallèle entre la déformation kératocônique qui est une notion purement géométrique et la détérioration visuelle qui est une notion fonctionnelle. En d'autres termes, la seule possibilité d'améliorer chirurgicalement la vision du patient kératocônique est d'améliorer sa géométrie cornéenne.

Il existe à ce jour deux méthodes dites cornéoplastiques permettant de régulariser la géométrie cornéenne pour faire remonter la meilleure acuité (**fig. 1**) :

- les anneaux intracornéens (méthode additive) ;
- photoablation au laser Excimer couplée à la topographie cornéenne (Topolink) (méthode ablatrice).

Ces deux méthodes sont souvent combinées, la photoablation au laser Excimer (Topolink) étant dans ce cas réalisée quelques mois après les anneaux intracornéens. Le Topolink est

systématiquement couplé à un *cross-linking*, même si le kératocône n'est pas évolutif, de manière à éviter une aggravation du kératocône sous l'effet de la photoablation au laser Excimer.

Dans cet article, nous allons couvrir différents aspects concernant les anneaux intracornéens :

- mode d'action et effet des anneaux ;
- panorama des différents anneaux disponibles sur le marché en 2018 ;
- comment élaborer un plan de traitement par anneaux intracornéens ;
- technique chirurgicale ;
- illustration des résultats à travers quelques exemples.

■ Mode d'action des anneaux intracornéens

L'insertion des anneaux dans l'épaisseur du stroma cornéen permet de modifier la géométrie cornéenne dans le sens d'une

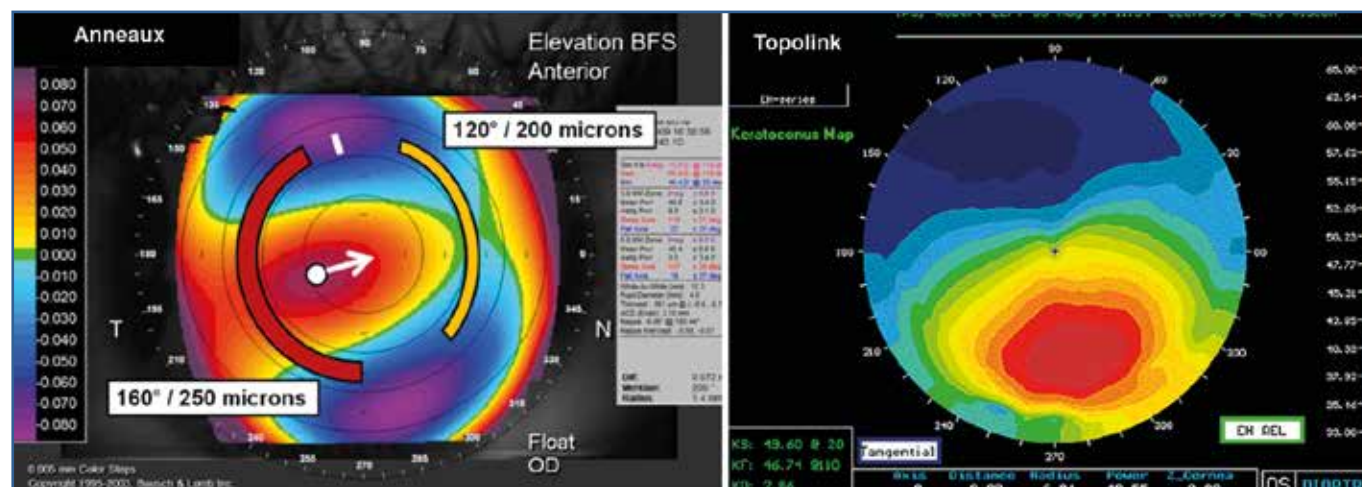


Fig. 1 : Deux méthodes "cornéoplastiques". L'amélioration de la vision du kératocône passe par la régularisation de la géométrie kératocônique, par anneaux intracornéens (A) puis quelques mois plus tard, par photoablation couplée à la topographie cornéenne (Topolink) (B).

régularisation et d'une réduction des aberrations d'ordre supérieur. Là encore, il est important pour comprendre les mécanismes des anneaux, de faire le parallèle entre les effets sur la géométrie de la cornée et les conséquences visuelles de ces effets.

■ Réduction et recentrement du cône (fig. 2)

Sur le plan géométrique, les anneaux intracornéens permettent de réduire et de recentrer le cône lorsque celui-ci est décentré. Sur le plan visuel, ceci permet de réduire les aberrations d'ordre supérieur et de faire remonter la meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC). Cet effet thérapeutique des anneaux est d'autant plus marqué que le kératocône est décentré en préopératoire.

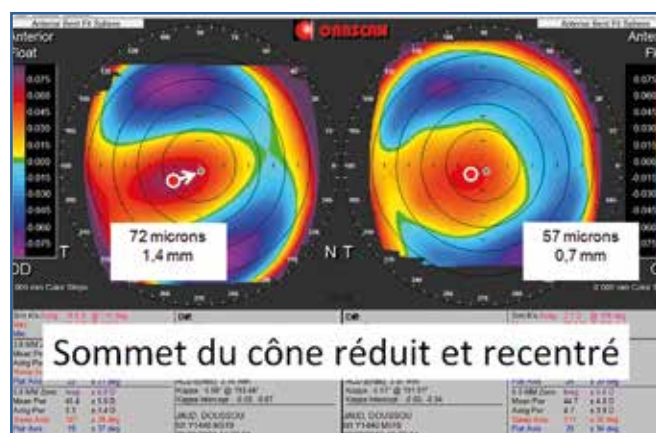


Fig. 2 : Effet des anneaux sur la position et l'importance du cône. L'anneau placé en aval du cône permet de réduire et de recentrer ce dernier. Ceci a pour effet de réduire les aberrations d'ordre supérieure et de faire remonter la meilleure acuité.



Fig. 3 : Effet torique des anneaux. Les anneaux intracornéens peuvent avoir un effet torique extrêmement puissant pouvant aller jusqu'à 15 dioptries. Ce sont les anneaux de courte longueur angulaire, en particulier de 120°, qui permettent d'obtenir le maximum d'effet torique comme sur cette figure.

■ Forte réduction de l'astigmatisme (fig. 3)

Sur le plan géométrique, les anneaux permettent une très forte réduction de la toricité cornéenne. Le corollaire fonctionnel est une importante réduction de l'astigmatisme réfractif. L'effet torique des anneaux est d'autant plus marqué que la longueur angulaire de l'anneau est courte.

■ Réduction de la myopie

Sur le plan géométrique, les anneaux aplatissent la cornée en réduisant la kératométrie maximale (Kmax), ce qui a pour effet sur le plan réfractif de réduire la myopie d'environ 2 à 3 dioptries. L'effet aplatissant est d'autant plus marqué que la longueur angulaire est longue.

Ainsi, sur le plan réfractif, il faudra prendre en compte une réduction de la myopie de l'ordre de 2 à 3 dioptries après anneaux ce qui rend leur utilisation délicate chez les rares patients kératocôniques hypermétropes.

■ Panorama des anneaux disponibles sur le marché en 2018

Les différents anneaux intracornéens varient par leur épaisseur, leur longueur angulaire et le diamètre de leur zone optique :

>>> L'épaisseur de l'anneau peut varier de 100 à 350 microns. Plus l'épaisseur est importante, plus l'anneau aura un effet puissant. La pachymétrie n'est pas un facteur limitant pour choisir l'épaisseur de l'anneau.

>>> Concernant la longueur angulaire, plus les anneaux sont courts plus ils auront un effet torique et moins réducteur de myopie et inversement (fig. 4). Ainsi, lorsqu'il existe un fort astigmatisme à réduire, nous utiliserons volontiers des anneaux de longueur angulaire courte type 120°. Inversement, lorsqu'il existe peu d'astigmatisme et que l'effet recherché est surtout une réduction de la myopie, nous utiliserons volontiers des anneaux de 210° voire circulaires de 340°.

>>> Enfin, concernant la zone optique, il existe actuellement deux zones optiques disponibles : 5 et 6 mm. Plus la zone optique est petite et plus l'effet régularisateur de la cornée sera important et inversement. Nous utilisons principalement

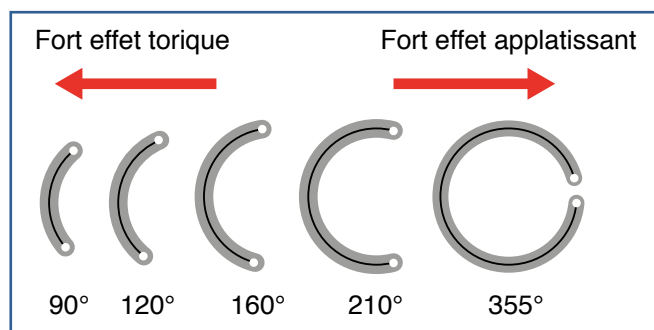


Fig. 4 : Prédominance de l'effet en fonction de la longueur angulaire. Plus la longueur angulaire de l'anneau est courte, plus celui-ci aura un effet réducteur de l'astigmatisme. Inversement plus la longueur angulaire est importante, plus l'anneau aura un effet d'aplatissement de la cornée et de réduction de la myopie.

les anneaux de diamètre 5 mm en raison de leur fort effet sur la cornée et ceci d'autant plus que le kératocône est avancé. Attention néanmoins aux anneaux de 5 mm chez des patients ayant un large diamètre pupillaire : ils peuvent dans ce cas générer des halos importants, faisant alors préférer les anneaux de 6 mm.

Les principales marques d'anneaux actuellement disponibles sont :

>>> **Les Keraring** (fabriqués par Mediphacos au Brésil et distribués en France par la société Emetrop).

>>> **Les Keratax** (distribués en France par la société Prodis).

>>> **Les anneaux de Ferrara** (distribués en France par la société Cristallens).

■ Les anneaux avec gradient d'épaisseur (Keraring AS)

Parmi les récentes évolutions des anneaux intracornéens, nous pouvons citer les Keraring AS fabriqués par la société Mediphacos. Ces anneaux sont plus fins à l'extrémité proximale et plus épais à l'extrémité distale avec un gradient d'épaisseur de 100 microns. Ils existent actuellement en version 160°/150-250 microns ou 160°/200-300 microns (gradient d'épaisseur variant respectivement de 150 à 250 microns et de 200 à 300 microns) (**fig. 5**). Ces anneaux constituent une avancée technologique majeure notamment pour traiter certaines formes de kératocône avec coma important (**fig. 6**).

Encore plus récemment, sont apparus les Keraring AS 330°, anneaux quasi circulaires plus épais dans leur partie médiane et indiqués pour traiter les kératocônes paracentraux avec faible astigmatisme.

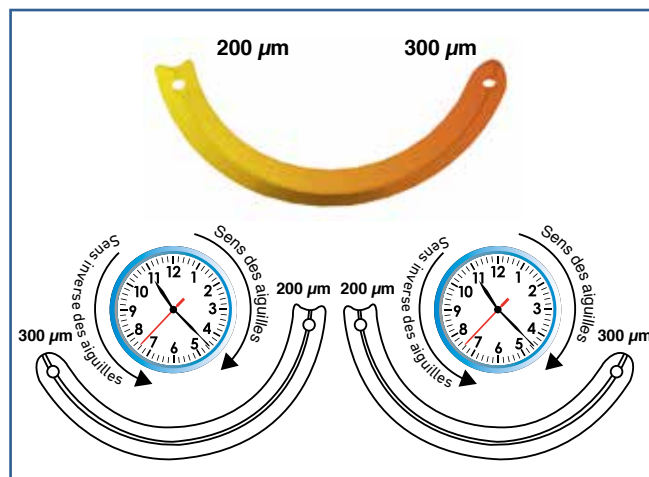


Fig. 5 : Les KERARING AS 160°. Les KERARING AS constituent une avancée majeure dans la prise en charge du kératocône. Ils présentent un gradient d'épaisseur de 100 microns entre l'extrémité proximale plus fine et l'extrémité distale plus épaisse. Il est important de distinguer le sens d'insertion selon le kératocône à traiter (Clockwise ou CounterClockwise).

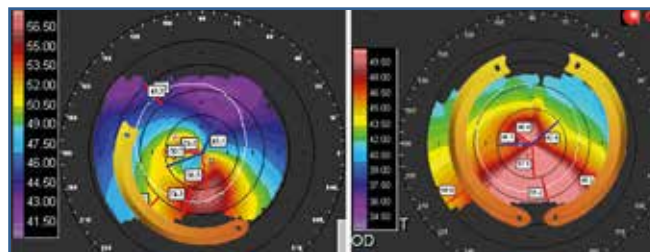


Fig. 6 : Indications des KERARING AS 160°. Les anneaux à gradient d'épaisseur sont indiqués pour traiter les kératocônes avec coma. L'extrémité la plus épaisse de l'anneau est placée en regard de l'hémi-méridien le plus cambré.

■ Comment élaborer un plan de traitement par anneaux ?

Le plan de traitement par anneaux est un schéma sur lequel sont dessinés les anneaux choisis et leur position précise par rapport aux axes plats et cambrés de la topographie cornéenne. Chaque kératocône est différent et le plan de traitement doit être personnalisé en fonction de chaque situation. Ce plan de traitement est fondamental. Il correspond en quelque sorte au plan d'exécution "avant travaux" qui devra être scrupuleusement respecté lors de l'acte chirurgical.

Il sera élaboré bien sûr en fonction de la topographie cornéenne, mais également de la kératométrie maximale, de l'astigmatisme et de la réfraction. Le chirurgien débutant se fera volontiers aider par le laboratoire qui commercialise l'anneau et qui pourra fournir des nomogrammes. Par la suite, l'expérience permettra au chirurgien de dessiner lui-même en préopératoire le plan de traitement.

Bien que les anneaux ne constituent pas une chirurgie réfractive, ils améliorent néanmoins beaucoup la réfraction et la prédictibilité réfractive et visuelle s'améliore avec l'expérience du chirurgien.

Pour réaliser un plan de traitement, on commence par dessiner les axes cambrés et plat sur la topographie cornéenne kératométrique. Le choix et le positionnement des anneaux est ensuite réalisé et illustré sur la *figure 7*.

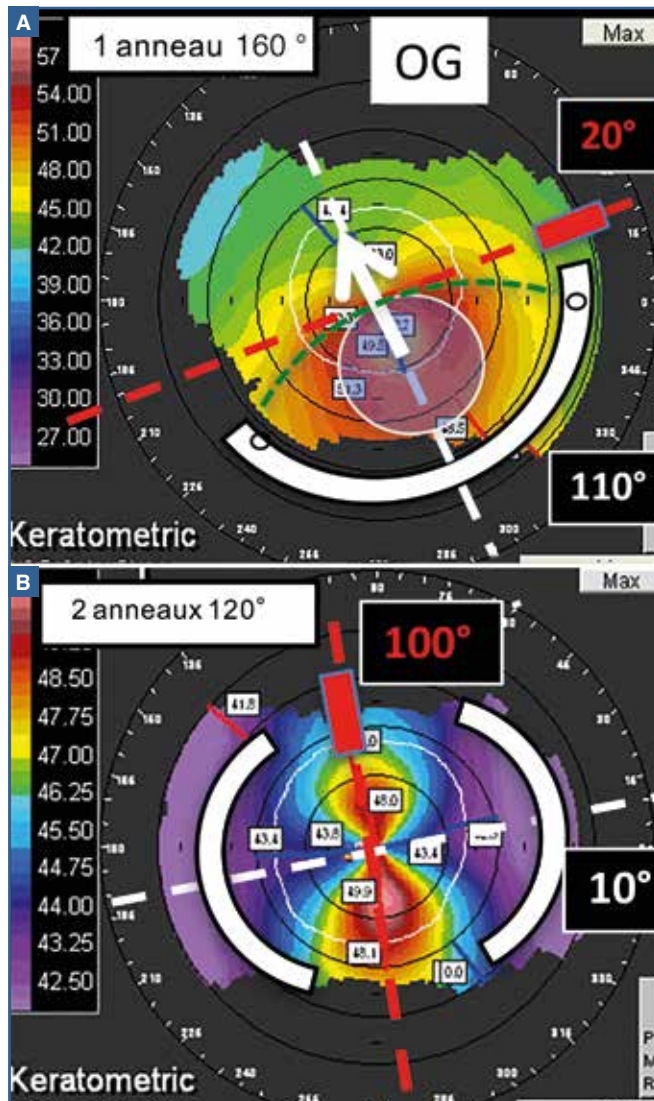


Fig. 7 : Plans de traitements par anneaux. **A :** après avoir dessiné les axes plats et cambrés sur les topographies cornéennes, on repère le sommet du cône qui est situé dans la concavité des deux héli-axes cambrés (**trait courbe en pointillés vert**). Dans cet exemple, un anneau de 160° est placé en aval du cône de manière à réduire et recentrer ce dernier (**flèche blanche**). L'incision est placée sur le méridien cambré (20°) (**rectangle rouge**). Le centre de l'anneau est aligné sur le méridien plat (**trait blanc en pointillé**). **B :** kératocône central avec fort astigmatisme direct. Ce type de kératocône peut bénéficier de la pose de deux anneaux de 120° centrés sur le méridien plat (**trait en pointillé blanc**). L'incision (**rectangle rouge**) est placée sur le méridien cambré (100°).

■ Technique chirurgicale

Il ne s'agit pas d'un geste chirurgical très compliqué mais il est néanmoins très important que le tunnel réalisé au laser femtoseconde soit parfaitement centré sur l'axe visuel et que l'axe horizontal soit marqué en position assise. Les principales étapes chirurgicales sont les suivantes :

1. Marquage en position assise (fig. 8)

Comme pour tout dispositif torique, il est important de marquer l'axe horizontal en position assise pour compenser une éventuelle cyclotorsion en position allongée.



Fig. 8 : Marquage en position assise. Comme pour tout dispositif torique, il est important de repérer l'axe horizontal en position assise de manière à repérer un éventuel phénomène de cyclotorsion en position allongée.

2. Repérage de l'axe visuel sous le microscope du laser Excimer (fig. 9)

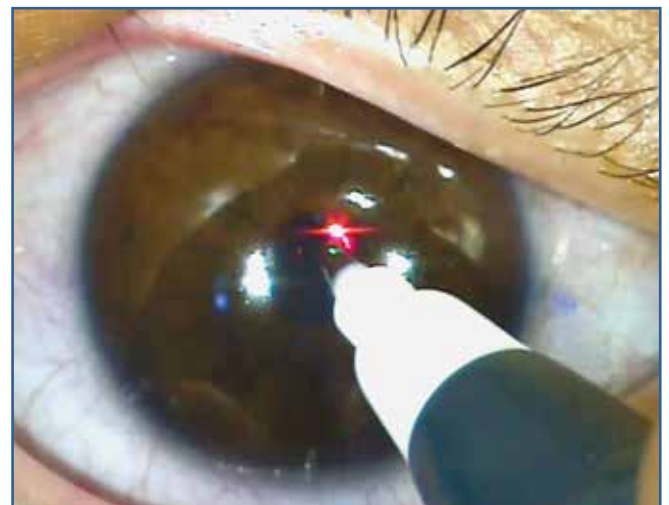


Fig. 9 : Repérage de l'axe visuel. Il est fondamental de repérer l'axe visuel pour centrer le tunnel. On s'aide pour cela du reflexe de Purkinje sous le laser Excimer.

On se sert du réflexe de Purkinje sous le laser Excimer pour repérer et marquer l'axe visuel. Cette étape est cruciale afin que le tunnel ne soit pas décentré.

3. Réalisation du tunnel au laser femtoseconde (fig. 10)

Nous utilisons le laser Intralase. Les paramètres à saisir pour programmer le laser sont le diamètre interne et externe du tunnel (5,1 et 5,9 mm respectivement pour les anneaux de 5 mm), l'axe de l'incision et la profondeur de réalisation du tunnel calculée sur la base de la pachymétrie dans la zone des 5 à 6 mm en prenant 75 % de la pachymétrie minimale sur cette zone. Il est fondamental de bien centrer le tunnel sur l'axe visuel.

4. Insertion des anneaux dans le tunnel selon le plan de traitement (fig. 11)

L'insertion et le positionnement des anneaux dans le tunnel sera réalisée conformément au plan de traitement qui sera affiché à proximité.

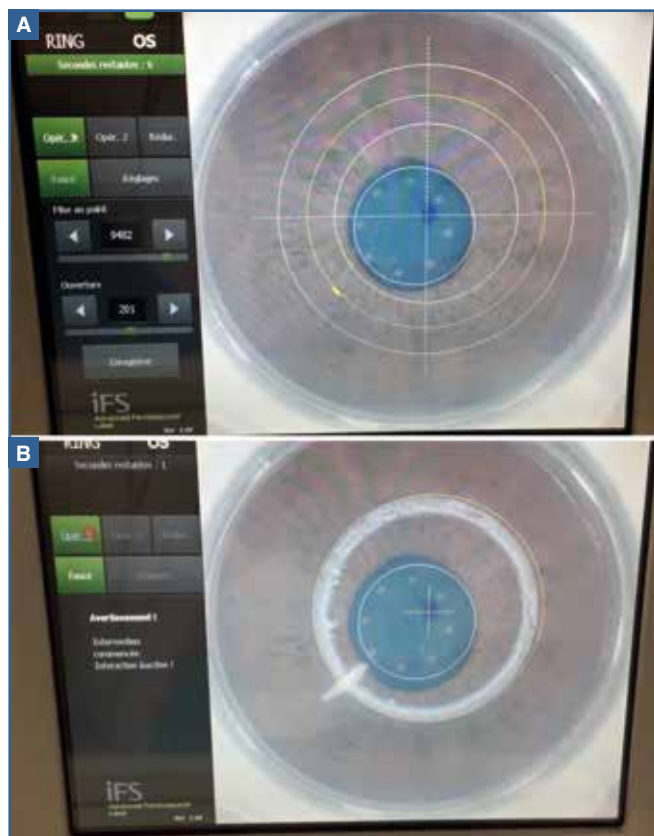


Fig. 10 : Réalisation du tunnel au laser femtoseconde. Il est très important de centrer le tunnel sur la marque correspondant à l'axe visuel. L'incision découpée au laser femtoseconde est située sur l'axe le plus cambré.

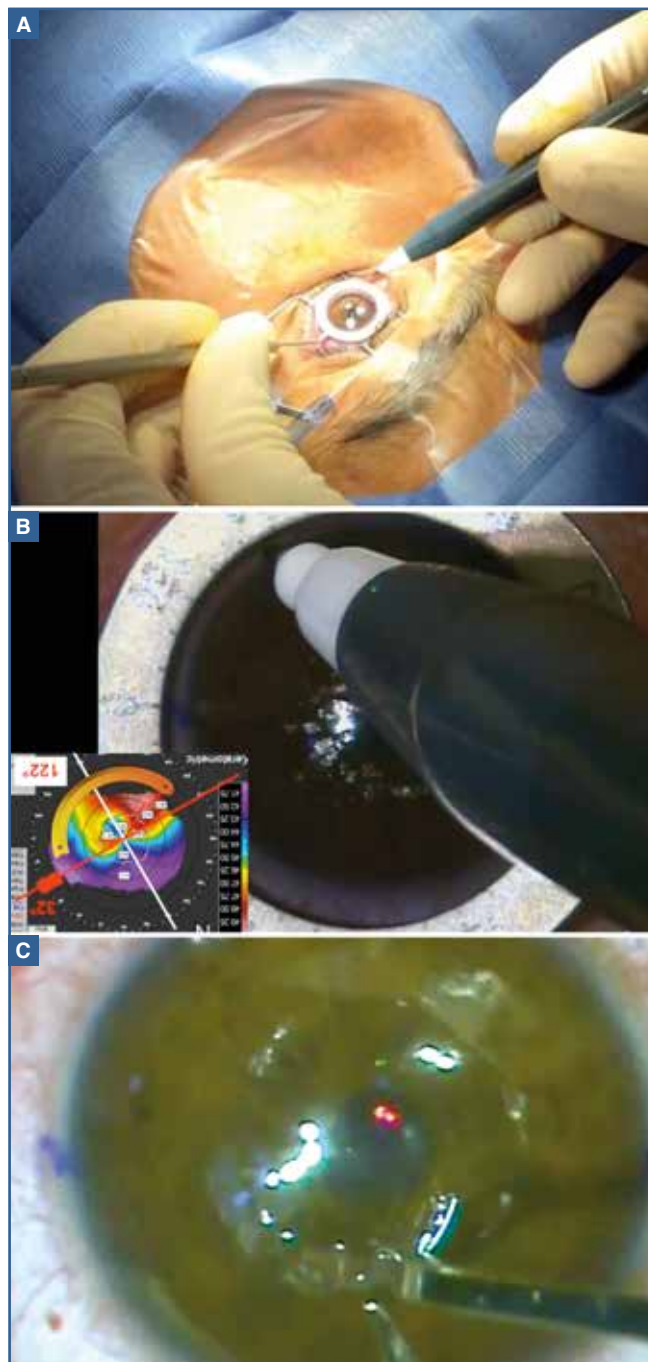


Fig. 11 : Insertion des anneaux dans le tunnel. **A et B :** marquage de l'axe sur lequel sera centré l'anneau en s'aidant d'un anneau de Mendes. **C :** insertion de l'anneau à travers l'incision en s'aidant dans un premier temps d'une pince spéciale puis dans un deuxième temps d'un crochet permettant de manipuler l'anneau lorsque celui-ci est dans le tunnel. L'anneau doit être positionné conformément au plan de traitement préopératoire.

5. Vérification du bon positionnement des anneaux et contrôle de la régularisation cornéenne à l'aide d'un anneau de Mendès (fig. 12)

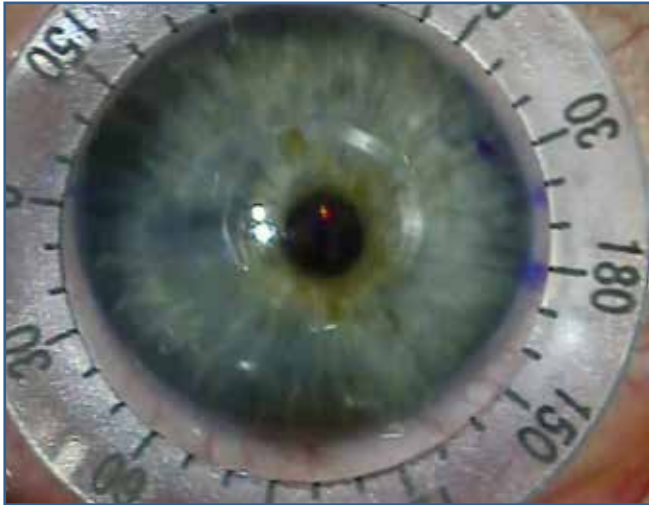


Fig. 12 : Vérification du bon positionnement des anneaux. À la fin de l'intervention, on vérifie à l'aide d'un anneau de Mendes que l'anneau a bien été positionné et que la cornée a été régularisée. Le reflet circulaire de l'anneau sur la cornée montre la régularisation de la géométrie cornéenne.

■ Quelques exemples pratiques (fig. 13 à 16)

Nous illustrons à travers quatre exemples concrets les résultats des anneaux intracornéens. Les effets géométriques sont appréciés sur les cartes topographiques et notamment sur la “dual map” qui permet de comparer les topographies pré et postopératoires ainsi que sur la carte différentielle obtenue par soustraction des cartes kératométriques pré- et postopératoires. La carte différentielle permet souvent de visualiser l’empreinte géométrique des anneaux.

■ Conclusion

Les anneaux intracornéens constituent un très puissant dispositif permettant une forte régularisation de la géométrie cornéenne kératocônique, permettant de faire remonter la meilleure acuité corrigée souvent de quelques lignes, de

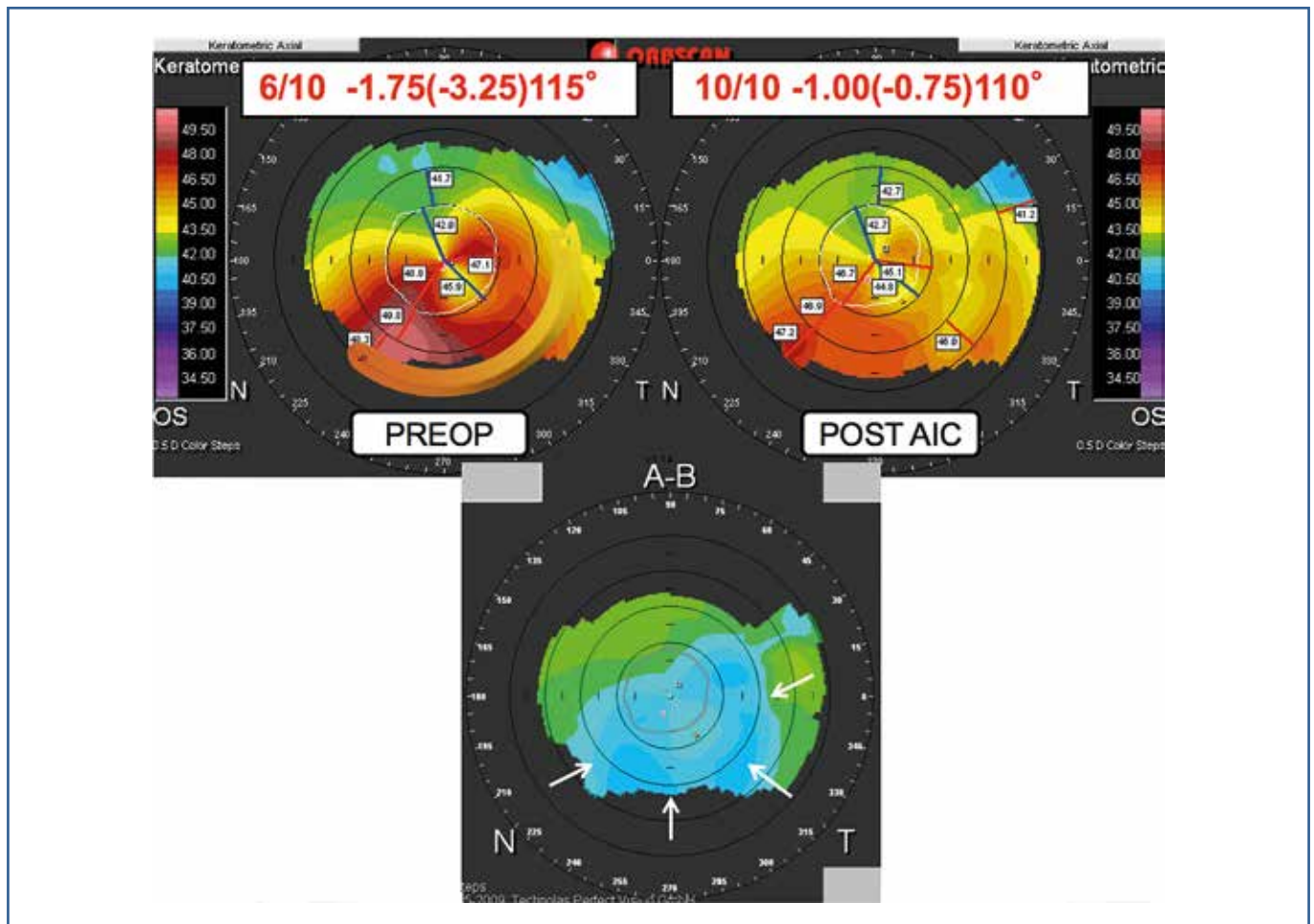


Fig. 13 : Homme de 37 ans ayant bénéficié d'un anneau de type KERARING AS 160° pour régulariser sa cornée. L'effet de l'anneau est bien visualisé sur la carte différentielle. La meilleure acuité est passée de 6/10 à 10/10° avec forte réduction de l'astigmatisme (exemple 1).

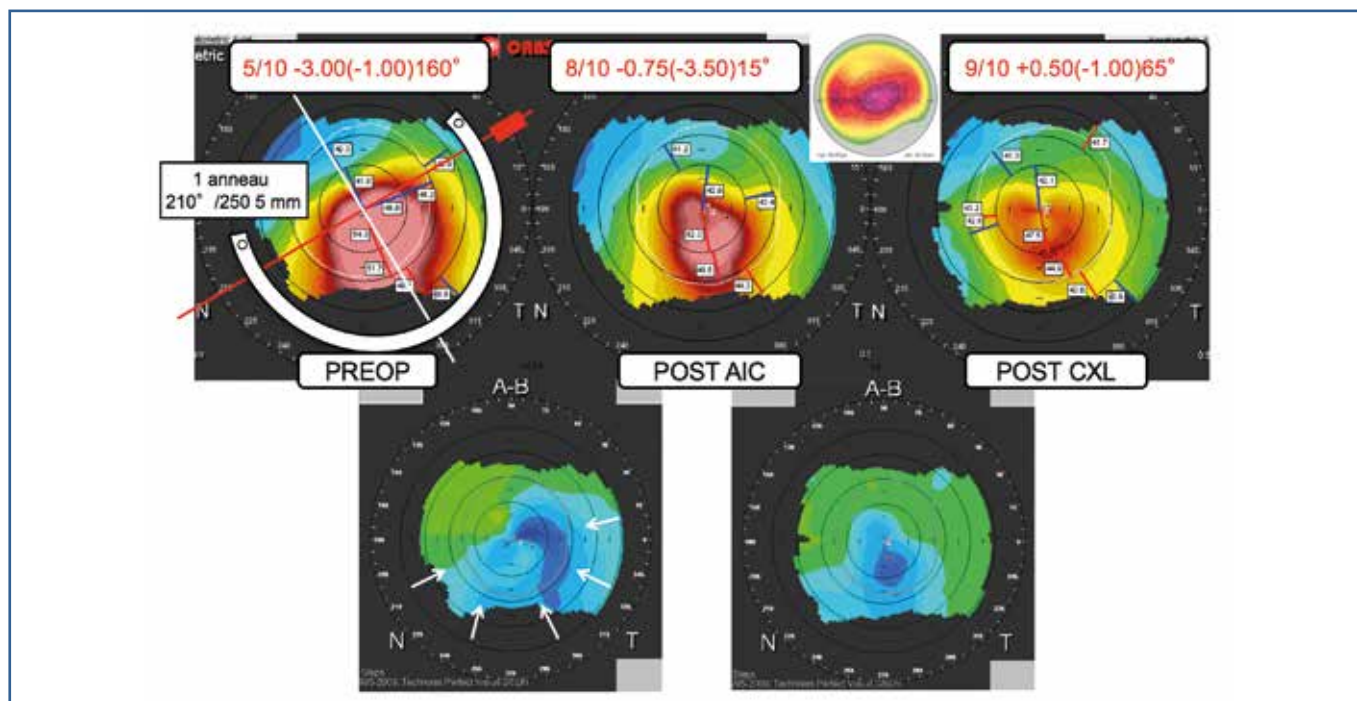


Fig. 14 : Homme de 22 ans ayant un kératocône avancé avec Kmax à 55 dioptries. La prise en charge se fait en deux étapes chirurgicales. **1^{re} étape :** mise en place d'un anneau de 210° (compte-tenu d'un faible astigmatisme préopératoire d'environ 1 dioptrie). Cet anneau permet de régulariser la cornée et de faire remonter la meilleure acuité à 8/10^e. **2^e étape :** photoablation de type Topolink avec *cross-linking* permettant de poursuivre la régularisation cornéenne et de faire remonter la meilleure acuité à 9/10^e en emmétropisant le patient. En bas de la figure sont visualisées les cartes différentielles qui permettent de constater l'effet de l'anneau dans un premier temps et du laser Topolink dans un deuxième temps. Le CXL permet par ailleurs de stabiliser l'évolution du kératocône chez ce très jeune patient (exemple 2).

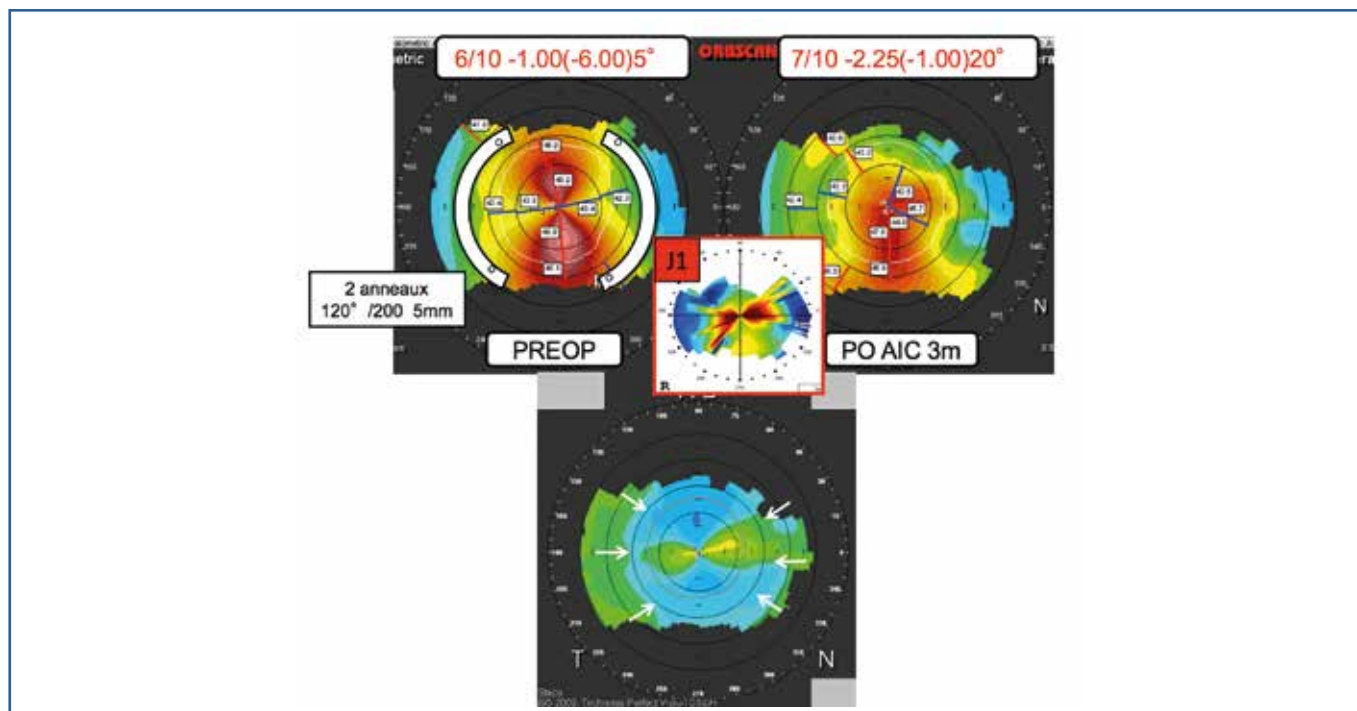


Fig. 15 : Patiente de 32 ans présentant un kératocône central avec fort astigmatisme direct. Celui-ci est traité par deux anneaux de 120° placés sur le méridien horizontal. Après une phase de sur-correction (l'astigmatisme qui est passé en inverse à J1 puis a régressé), la meilleure acuité est remontée à 7/10^e avec une quasi absence d'astigmatisme postopératoire. En bas, on peut visualiser l'effet de des anneaux sur la carte différentielle (exemple 3).

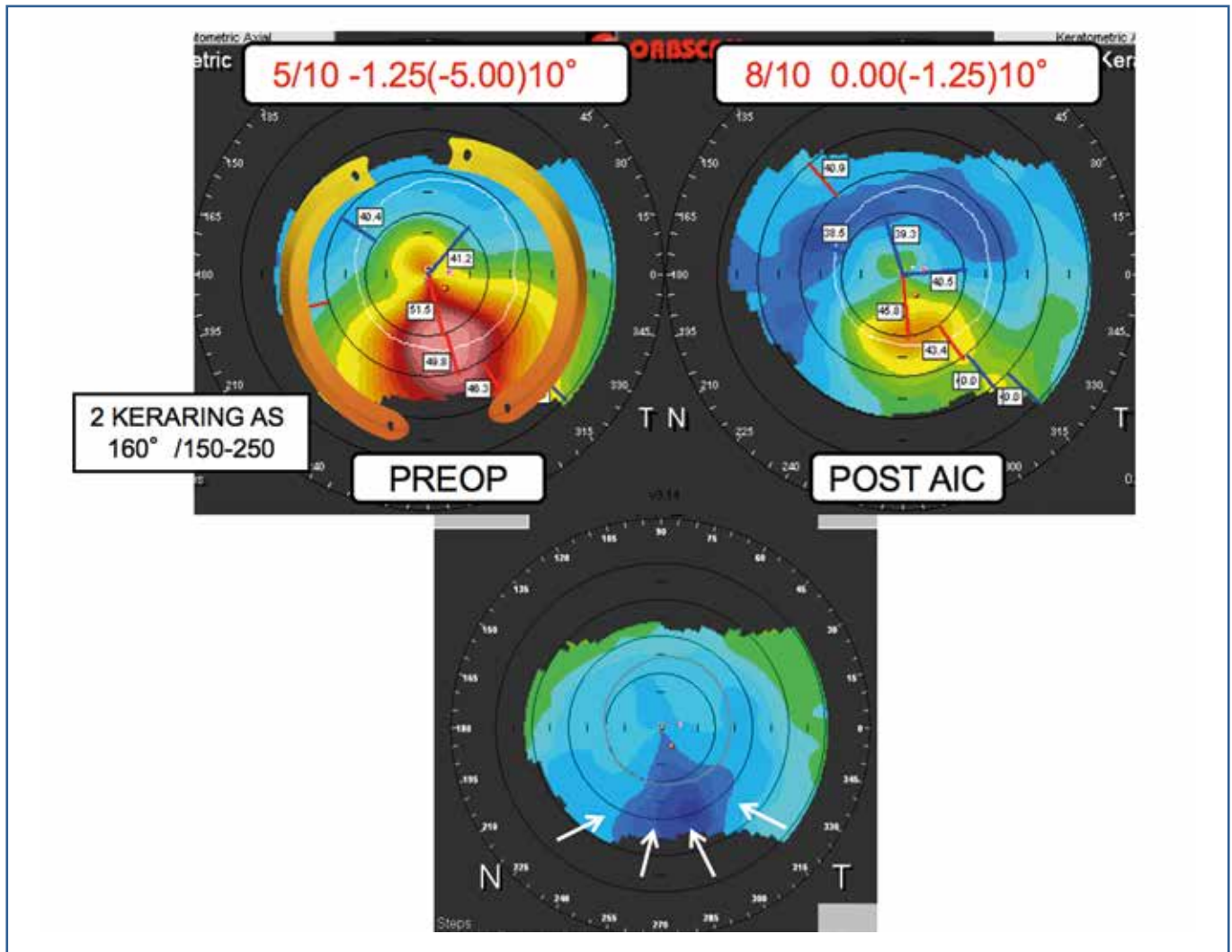


Fig. 16 : Il s'agit d'un patient de 21 ans ayant bénéficié de deux KERARING AS Clockwise et CounterClockwise ayant permis de faire remonter la meilleure acuité visuelle de 5/10° à 8/10°. En bas est visualisé l'effet des anneaux sur la carte différentielle (plus marqué en bas en raison du gradient d'épaisseur des anneaux (**flèches blanches**)). La 2^e étape chirurgicale sera la réalisation d'un *cross-linking* avec laser Topolink de manière à poursuivre la régularisation cornéenne et la remontée visuelle d'une partie et à stabiliser l'évolution d'autre part (exemple 4).

corriger partiellement la myopie et ayant par ailleurs un très fort effet torique.

Ils constituent souvent la première étape chirurgicale dans la prise en charge du kératocône. En effet, quelques mois après la pose des anneaux sera envisagé une deuxième phase de régularisation cornéenne, moins puissante que les anneaux

mais permettant d'affiner le résultat obtenu avec les anneaux. Le laser Topolink sera systématiquement associé à un *cross-linking* permettant par ailleurs de stabiliser le kératocône lorsque celui-ci est évolutif.

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



V. PIERRE-KAHN
Hôpital Foch, SURESNES.
pkahnv@gmail.com

Chirurgie de la presbytie et pathologies du segment postérieur

Le traitement chirurgical de la presbytie vise à restituer une bonne vision sans correction à toute distance. Il représente une alternative aux verres correcteurs et aux lentilles de contacts.

La chirurgie cible soit un traitement photoablatif cornéen (PresbyLASIK) pour de jeunes presbytes, soit une chirurgie cristallinienne avec implant premium multifocaux (bi-, trifocal ou à profondeur de champ augmentée, voire pré-cristallinien). Le développement d'implants accommodatifs mimant un cristallin non presbyte, dans sa capacité à changer de forme pour restaurer l'accommodation est encore loin d'être abouti. Enfin, la monovision reste une alternative à la multifocalité.

L'implant multifocal, en divisant la lumière, reste le traitement de choix d'une majorité de chirurgiens en raison de sa capacité à restaurer une bonne vision sans correction à différentes distances. Elle s'adresse néanmoins à une population plus âgée à risque de présenter une comorbidité du segment postérieur responsable d'une diminution des performances de l'implant. Les résultats sont alors sous optimum car la rétine altérée est moins à même de recueillir l'ensemble du signal lumineux et d'assurer, grâce à l'intégration corticale, le tri de l'image la plus nette à chaque distance.

Par ailleurs, la baisse de la sensibilité au contraste induite par ces implants est potentiellement amplifiée chez le rétinopathe.

Cet article rappellera les effets secondaires attendus de ces implants, les contre-indications relatives ou absolues à leur pose, détaillera le bilan minimum nécessaire préopératoire, précisera les alternatives à la multifocalité et clarifiera les particularités que pose la gestion d'une rétinopathie derrière un implant multifocal.

■ Implants premium multifocaux et dysphotopsies

Tout implant intraoculaire peut être responsable de dysphotopsie positive (éblouissement nocturne, halo, *starburst*) ou négative (ombres, croissant noir périphérique). Le design des implants multifocaux, anneaux concentriques de zones optiques différentes, crée des dysphotopsies positives statistiquement plus fréquentes qu'avec des implants monofocaux. Ces phénomènes lumineux ont une fréquence variable de 22 % à 80 %. Cette grande variabilité est sans doute liée à la méthode de recueil des symptômes utilisée dans ces études et au type d'implant [1] -les implants réfractifs concentriques seraient d'avantage pourvoyeurs de halo que les diffractifs-. Ces phénomènes positifs affectent le degré de satisfaction des patients même si la tolérance à ces perturbations lumineuses s'améliore dans le temps par adaptation neuronale et plasticité cérébrale. Aussi, pour apprécier le bénéfice complet d'un implant multifocal, la plupart des patients nécessitent une période d'adaptation de 6 mois [2].

■ Implants multifocaux et sensibilité au contraste

Qu'il soit diffractif ou réfractif, l'implant multifocal induit une baisse de sensibilité au contraste. Palmer *et al.* ont comparé la sensibilité au contraste du Technis ZM 900 Rezoom au Technis Z900 Monofocal en utilisant le *Functionnal Acuity Contrast Test* (FACT). Les résultats de sensibilité scotopique, mésopique et photopique étaient statistiquement meilleurs avec le monofocal. Même si le traitement aberrométrique négatif des implants premium permet de réduire les aberrations sphériques globales et d'améliorer la sensibilité au contraste, celle-ci reste diminuée lorsque le design de l'implant est multifocal. Cette atteinte des contrastes est plus marquée en vision de près qu'en vision de loin, en mésopique qu'en photopique et dans les fréquences spatiales élevées.

Les implants diffractifs en particuliers asphériques affecteraient moins la sensibilité aux contrastes que les implants réfractifs à dessin concentrique [1]. Les nouveaux implants à profondeur de champs augmentés permettraient de réduire encore ce déficit en contraste.

CORROLAIRE : toute pathologie vitréorétinienne sous-jacente responsable d'une baisse de la sensibilité au contraste ou altérant le trajet du rayonnement lumineux dans le segment postérieur doit faire contre-indiquer la pose d'un multifocal car ces phénomènes n'en seraient que plus accentués.

1. Focus sur le segment postérieur: critères d'exclusion préopératoires

Les patients souffrants d'une maculopathie sont-ils implantables en multifocal ? Il est indéniable qu'un patient atteint de cataracte associée à maculopathie diabétique ou à une DMLA trouve un bénéfice à une chirurgie de cataracte avec implantation. Mais une implantation multifocale amoindrit sa capacité de lecture par altération majorée de la sensibilité au contraste. Il faut donc par raison la proscrire. Néanmoins, certains implants multifocaux magnificateurs en vision de près ont été implantés chez patients atteints de DMLA et constitueraient un moyen d'aide à la basse vision [3]. En 2012, Gayton *et al.* [4] rapportèrent leur expérience d'une implantation multifocale sur 20 yeux de patients atteints de DMLA et concluaient que ces implants étaient une aide à la basse vision. La lentille — un équivalent sphérique de -2D avec une addition de + 5.20D de près permettait d'améliorer la vision de près — sans trop affecter la vision de loin corrigée.

>>> Rechercher une pathologie vitréorétinienne et définir son potentiel évolutif

Membrane épirétinienne, traction vitréorétinienne, trou maculaire lamellaire ou de pleine épaisseur, maculopathie druse-noïde, (de simples drusen miliaires isolés considérés comme physiologiques, ne constituent pas une contre-indication), DMLA atrophique ou néovasculaire, dystrophie maculaire (pseudovitelliforme...), rétinite pigmentaire, rétinopathie diabétique, hypertensive, toxique, uvéite postérieure, maculopathie myopique... : toutes ces pathologies sont des contre-indications absolues mais pour certains relatives à la multifocalité. Car il faut savoir prendre en compte la dynamique évolutive et l'importance de la symptomatologie maculaire. Un rétinopathe stabilisé peu évolué pourrait trouver un bénéfice visuel à l'implantation multifocal- classiquement une MER non évolutive

non symptomatique avec faible retentissement œdémateux rétinien-. À l'inverse, une rétinopathie diabétique non proliférante minime d'allure stable depuis plusieurs années pourrait s'aggraver après phacoexérèse et évoluer vers une maculopathie œdémateuse devenant alors fonctionnellement plus préjudiciable si le système optique était multifocal. Un test de sensibilité au contraste peut être proposé en préopératoire. En cas d'atteinte significative, l'implantation multifocale est refusée.

Bon nombres d'opérateurs récusent la pose de multifocaux chez le diabétique même en l'absence de rétinopathie car la perte de sensibilité au contraste est significativement plus marquée chez le diabétique de type 2 qu'il ait ou non une rétinopathie diabétique [23]. La même logique de précaution s'applique chez le patient âgé au stade débutant de MLA, la sensibilité au contraste scotopique diminuant significativement avec l'âge même en l'absence de maculopathie et après avoir corrigé le facteur cristallinien [24]. De plus, une maculopathie liée à l'âge toute débutante présente déjà une perte significative des contrastes dans les faibles fréquences spatiales [25].

>>> **Rechercher des antécédents de chirurgie vitréorétinienne :** membrane épirétinienne, trou maculaire, décollement de rétine macula décollée...

>>> **Corps flottants invalidants symptomatiques, hyalopathie astéroïde.** Ils peuvent contre-indiquer la pose d'un multifocal.

>>> **Pathologie papillaire évolutive : glaucome.**

Les glaucomateux ont une certaine réduction de la sensibilité au contraste surtout en vision mésopique proportionnelle au degré d'atteinte glaucomateuse. L'implantation multifocale dans cette population risque d'engendrer des perturbations visuelles significatives [5]. Ces implants sont contre-indiqués chez les glaucomateux modérés à sévères. En cas d'hypertonie oculaire isolée ou d'un déficit glaucomateux débutant et stable, la décision doit être prise au cas par cas en tenant compte des motivations du patient [6].

>>> **Pathologie neuro-ophtalmologique avec atteinte des voies visuelles, amblyopie.**

Un examen du fond d'œil dilaté associé à un examen rétinien en tomographie par cohérence optique (OCT) maculaire et des fibres optiques péripapillaires (+-) couplé à une rétinophotographie sont SYSTEMATIQUEMENT PRATIQUES dans le cadre de ce bilan. Un champ visuel peut être réalisé au cas par cas.

>>> **L'examen se poursuit SYSTÉMATIQUEMENT** au niveau de la périphérie rétinienne à la recherche de lésion à risques de décollement de rétine.

Rappelons les prévalences comparées du décollement de rétine, post phaco-exérèse, en fonction du terrain :

- Post PKE : 0,93 %
- Myope opéré PKE : 2 %
- Post YAG : 3 %
- PKE et rupture capsule : 4 %
- DPV favorisé après PKE : 60 % à un an

L'importance de l'examen rétinien périphérique est donc capital. Le statut du décollement postérieur du vitré préopératoire tout autant. Il pourra être mieux apprécié par une coupe OCT passant par la papille voire une échographie en mode B.

2. Critères d'exclusions peropératoire d'un ICP multifocal

Même si les implants diffractifs avaient une meilleure tolérance au décentrement et au diamètre pupillaire par rapport au réfractifs, les implants multifocaux restent tous sensibles au décentrement et à la taille pupillaire [7]. Retenons que tout traumatisme chirurgical qui compromettrait le centrage, la stabilité de l'implant, voire la motilité et le diamètre pupillaire doit faire renoncer à la pose d'un multifocal (*fig. 1*) : rupture capsulaire postérieure, déchirure du capsulorhexis, désinsertion zonulaire, traumatisme irien marqué, implantation décentrée. Dans la même idée, certains auteurs préconisent l'utilisation systématique d'un anneau de tension capsulaire qui améliorerait la qualité de vision à toute distance par un



Fig 1 : Implant torique multifocal Add On positionné dans le sulcus en avant d'un IOL monofocal de sac. Double décentrement d'implant par insuffisance zonulaire supérieure : décentrement inférieur du sac et du monofocal, décentrement vers le haut de l'implant multifocal. Image peropératoire avant explantation.

meilleur centrage de l'implant [8]. Comprenons surtout que ces complications peropératoires majorent les risques de décollement de rétine et d'œdème maculaire.

3. Après l'implantation multifocale : quelles difficultés pour l'exploration du segment postérieur ?

>>> OCT rétinien

Les lentilles multifocales créent des artéfacts appelés *Wavy Horizontal Artefacts* sur les images rétinienne obtenues par "l'OCT Line Scanning Ophthalmoscopy" intégrées dans les OCT *spectral domain* (9) (*fig. 2*). Il s'agit de bandes horizontales parallèles les unes aux autres générant une déformation "en vague" de l'image et imputée aux anneaux concentriques de la lentille diffractive. Aucun artéfact n'est en revanche observé sur les tomographies en B scan ou sur l'image scanning laser ophthalmoscope du fond d'œil. L'évaluation des mesures

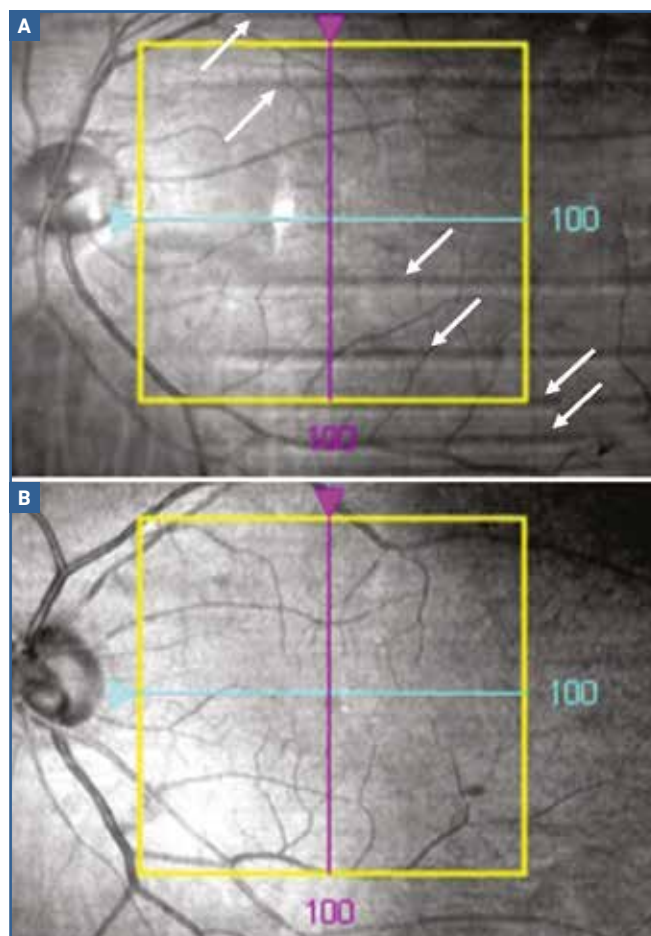


Fig. 2 : Image OCT-SLO (longueur d'onde 750 nm). **A :** artéfacts horizontaux en vague (*flèches*) observés sur l'image au travers d'un implant diffractif multifocal. **B :** aucun artéfact au travers d'un implant monofocal. D'après [9].

d'épaisseur rétinienne ou de volume n'est également pas artéfactée ou modifiée par l'implant multifocal [10]. Nous avons en revanche constaté de multiples bandes sombres verticales masquant partiellement les coupes B-Scan OCT lorsque l'acquisition est faite en peropératoire (OCT-Mounted Microscop RESCAN 700 Zeiss) (*fig. 3B*)

>>> Rétinophotographie, angiographie :

Difficultés de mise au point, surtout au niveau maculaire en petit champs. Peu gêné en périphérie grand champs.

>>> Champ visuel automatisé :

L'implant multifocal, en diminuant la sensibilité au contraste, peut modifier les résultats d'un champ visuel en dépréciant les valeurs brutes, l'échelle de gris et la valeur de la déviation moyenne. De plus, l'éblouissement généré par l'implant peut réduire la sensibilité du test [11-12].

4. Après l'implantation multifocale : possibilités évolutives

>>> Opacification capsulaire postérieure

Les implants multifocaux sont plus sensibles à l'apparition d'une opacification capsulaire postérieure. Les dysphotopies positives (éblouissement, halo) sont majorées, associées à une baisse accrue des contrastes. La capsulotomie au Nd:YAG est donc souvent plus précoce qu'elle ne le serait derrière un monofocal. Elle doit être assez large. Rappelons l'importance d'une analyse correcte des symptômes ressentis car une fois la capsule ouverte, toute explantation, si elle s'avérerait nécessaire, serait alors à risque majoré de complications vitréorétiniennes.

>>> Les raisons d'explanter un multifocal

Dans une étude analysant les motifs d'explantation, il a été retrouvé par ordre de fréquence : décentrement et subluxation de l'implant, erreur réfractive, opacification de l'implant (*fig.1*) et enfin inaccoutumance neuro-adaptative aux dysphotopies positives. Plus l'explantation est précoce, plus simple est le geste chirurgical et moindre sont les complications. La ré-implantation par lentille monofocale se situe au mieux dans le sac, à défaut dans le sulcus ciliaire suturé ou non à la sclère [13]. Cette explantation ne doit être réalisée qu'après avoir éliminé toutes les causes potentiellement responsables de l'inconfort visuel et en l'absence d'autre alternative. Galor *et al.* [14] ont analysé rétrospectivement l'évolution post

-explantation d'implants réfractifs sur 12 yeux de 10 patients insatisfaits (vision floue, halos, éblouissement, perte des contrastes). Les symptômes se sont améliorés significativement mais des complications sévères furent rapportées sur 2 yeux (décompensation cornéenne, œdème maculaire post réimplantation suturée à la sclère). Kamiya *et al.* [15] ont analysé rétrospectivement 50 yeux explantés. 6 % des patients ont eu besoin d'une vitrectomie antérieure.

>>> Pathologie vitréorétinienne iatrogène ou *de novo*

Venter JA *et al.* [16] ont rapporté le taux de complication après pose d'un implant réfractif à assymétrie rotationnelle chez 9366 patients : OMC 1,1 %, décollement de rétine (0,04 %), endophtalmie (0,01 %) peu différent des taux de complication connus avec des monofocaux. Devant l'apparition tardive d'une maculopathie DMLA, MER, traction vitréomaculaire... le retentissement fonctionnel sera plus sévère et plus précoce derrière un multifocal.

La conduite à tenir est unanime : traiter la maculopathie mais ne surtout pas explanter.

>>> Corps flottants

Le DPV peut induire une exacerbation des symptômes visuels chez un porteur d'implant multifocal puisque les corps flottants et cette lentille majorent tous 2 la diffraction de la lumière à l'intérieur du globe. Navarro RM *et al.* [17] ont étudié prospectivement l'efficacité de la vitrectomie chez seize yeux de 8 patients équipés d'implants multifocaux et présentant un décollement postérieur du vitré symptomatique avec baisse de la qualité visuelle (BAV, halo, flutters, éblouissement). Tous ont rapporté une amélioration significative de leur acuité visuelle à toute distance, une amélioration des dysphotopies, des corps flottants ainsi qu'une amélioration du questionnaire fonctionnel visuel VQF-25.

5. Après implantation multifocale : en cas de chirurgie vitréorétinienne

La visualisation rétinienne au travers une lentille multifocale est diminuée mais suffisante pour opérer en sécurité sur modèle animal [18] et chez l'homme. L'image est floue et sa netteté est inégale en différents points du pôle postérieur. Des difficultés de mise au point conduisent l'opérateur à plus de prudence lors des dissections pré-rétinienne après un temps de focalisation dédié (*fig. 3 et 4*). L'utilisation de colorants, de l'OCT peropératoire constituent certainement une aide à

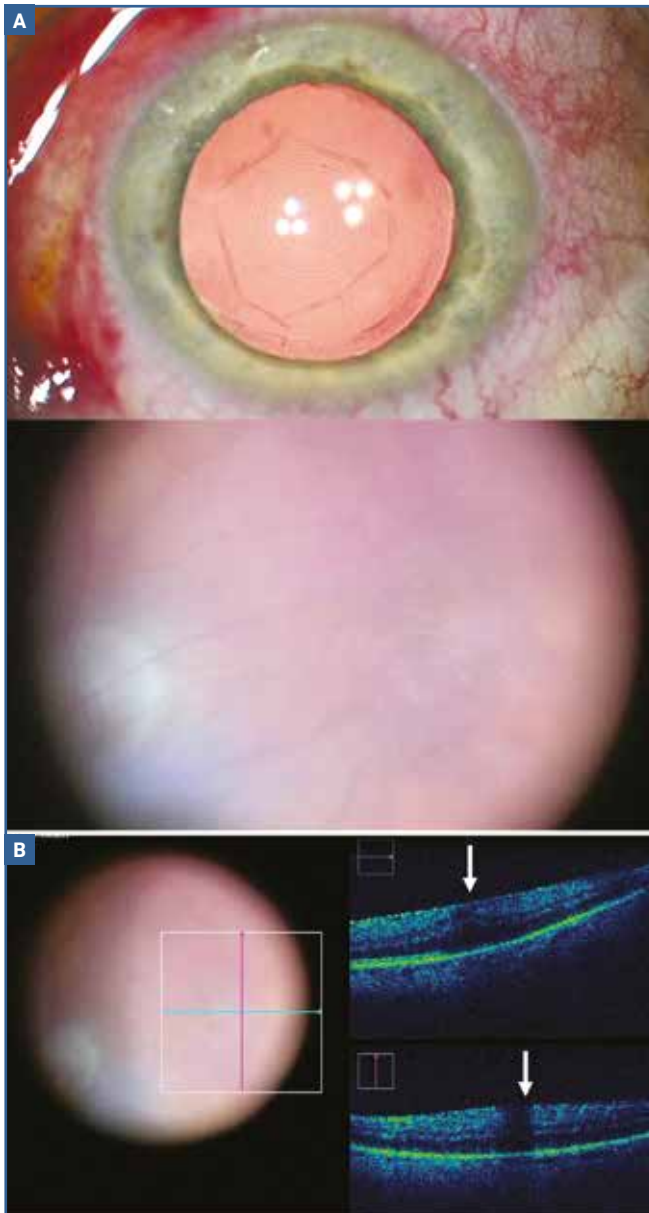


Fig. 3A: Images peropératoires du segment antérieur et du fond d'œil. Membrane épirétinienne vue au travers d'un implant diffractif (capsule postérieure ouverte). Noter le flou de l'image malgré la meilleure focalisation possible, par comparaison avec la **figure 4**. **Fig. 3B:** noter des bandes sombres verticales sur l'OCT B-scan peropératoire (flèches).

la visualisation dans ces cas là. À cela s'ajoutent des images fantômes (générées par les cristaux de triamcinolone injectés), dupliquées ou invisibles fonction de la focalisation du microscope [19] ainsi qu'une réflectivité parasite brillante en arches à l'extrémité de certains instruments métalliques [20] (**fig. 5**).

Malgré cela, la chirurgie vitréorétinienne reste sécurisée sauf lors de chirurgie complexe associée des troubles des

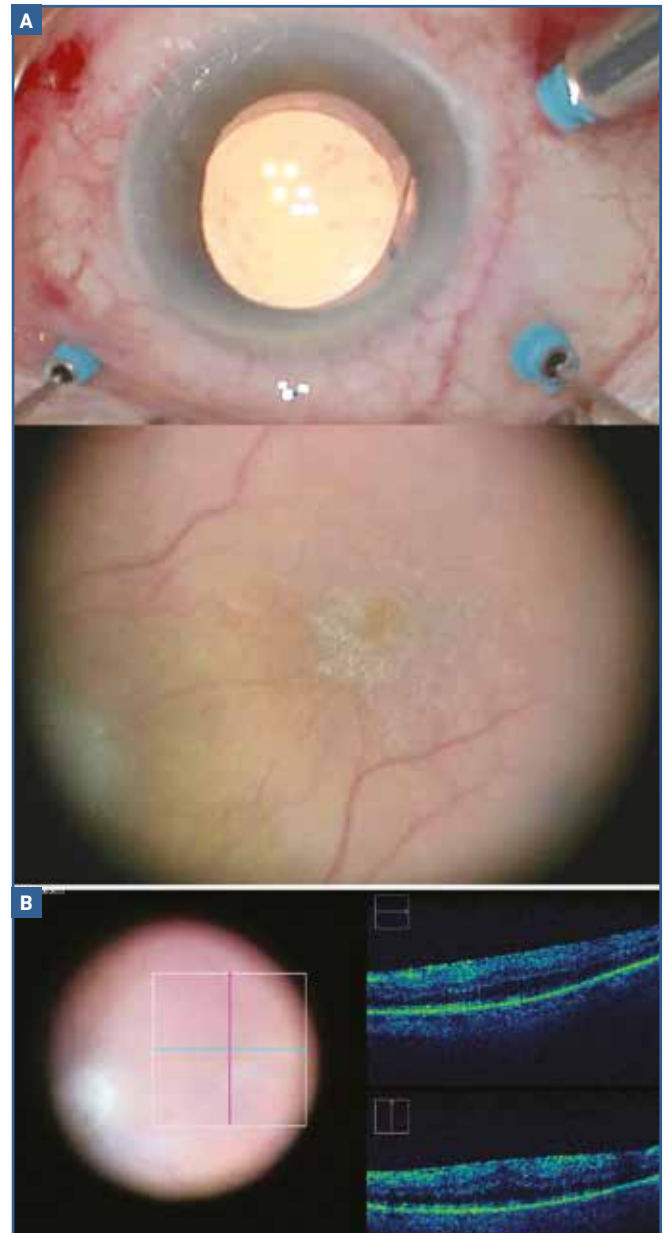


Fig. 4A: Images peropératoires du segment antérieur et du fond d'œil. Membrane épirétinienne vue au travers d'un implant monofocal (capsule postérieure ouverte). Bonne visibilité du pôle postérieur. **Fig. 4B:** aucune ombre verticale sur le B-scan peropératoire.

milieux surajoutés et lors des échanges fluides-air [21, 22]. L'utilisation de lentille grand champs pour le travail en périphérie permet de supprimer ce manque de netteté.

6. Alternative à l'implantation multifocale

Devant une contre-indication à la pose d'un implant multifocal, certaines stratégies restent acceptables et permettent de traiter chirurgicalement la presbytie :

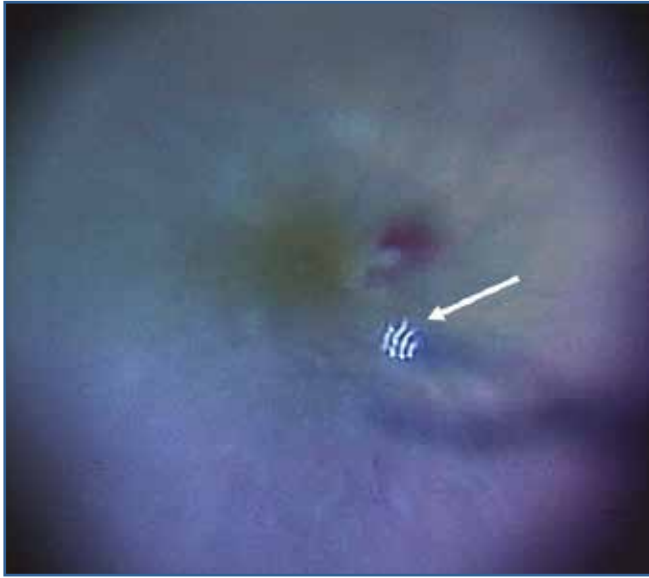


Fig. 5 : Image peropératoire : multiples réflexions lumineuses parasites brillantes en arches à l'extrémité d'une pince à rétine, vue au travers d'un implant multifocal. D'après [20].

- implant multifocal de sulcus en avant d'un monofocal de sac (Add On). L'avantage est ici son caractère réversible car il suffit d'explanter cet implant additif en cas d'intolérance ou de pathologie maculaire évolutive ;
- monovision avec bascule qui doit rester le traitement de choix du presbyte en cas de contre-indication à une multifocalité ;
- implants à profondeur de champ augmentée récemment introduit sur le marché qui ont pour avantage de limiter la perte de sensibilité au contraste. Des études complémentaires sont en cours pour définir leur place chez le rétinopathe.

■ Conclusion

Retenons que les pathologies du segment postérieur et la neuropathie glaucomateuse constituent *a priori* des contre-indications absolues à l'utilisation d'implants intraoculaires multifocaux en raison de la majoration de la perte des contrastes vectée par l'implant chez ces patients. Le bilan préopératoire doit donc intégrer systématiquement une analyse maculaire par OCT. L'exploration vitréorétinienne est possible et fiable au travers un multifocal même si le geste chirurgical sur la rétine est plus minutieux compte tenu des difficultés de mise au point et de certains artefacts engendrés. Le futur est à l'utilisation d'implants moins sensibles aux pathologies maculaires (nouvelles générations d'implants accommodatifs, implants à profondeur de champ augmentée).

Bibliographie

1. ROSEN E *et al.* Efficacy and safety of multifocal intraocular lenses following cataract and refractive lens exchange: Metaanalysis of peer-reviewed publications. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:310-328.
2. SOOD P *et al.* Patient acceptability of Tecnis multifocal intraocular lens. *Clin Ophthalmol*, 2011;5:403-410.
3. KAMATH GG *et al.* Visual outcome with the array multifocal intraocular lens in patients with concurrent eye disease. *J Cataract Refract Surg*, 2000;26:576-581.
4. GAYTON JL *et al.* Implantation of multifocal intraocular lenses using a magnification strategy in cataractous eyes with age-related macular degeneration. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:415-418.
5. ICHHPUJANI P *et al.* Premium IOLs in Glaucoma. *J Current Glau Prac*, 2013;7:54-57.
6. PALETTA GUEDES RA *et al.* Multifocal, toric and aspheric intraocular lenses for glaucoma patients. *J Fr Ophthalmol*, 2011;34:387-391.
7. ALIO JL *et al.* Multifocal intraocular lenses: the art and the practice. Springer, Berlin, Germany, 2014.
8. ALIO *et al.* Microincision multifocal intraocular lens with and without a capsular tension ring: optical quality and clinical outcomes. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:1468-1475.
9. INOUE M *et al.* Wavy horizontal artifacts on optical coherence tomography line scanning images caused by diffractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:1239-1243.
10. SKIADARESI E *et al.* Optical coherence tomography measurements with the LENTIS Mplus multifocal intraocular lens. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2012;50:1395-1398.
11. ICHHPUJANI P *et al.* Premium IOLs in Glaucoma. *J Current Glau Prac*, 2013;7:54-57.
12. FARID M *et al.* Reduction in mean deviation values in automated perimetry in eyes with multifocal compared to monofocal intraocular lens implants. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:227-231.
13. FERNANDEZ-BUENAGA R *et al.* Causes of IOL explantation in Spain. *Eur J Ophthalmol*, 2012;22:762-768.
14. GALOR A *et al.* Intraocular lens exchange surgery in dissatisfied patients with refractive intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:1706-1710.
15. KAMIYA K *et al.* Multifocal intraocular lens explantation: a case series of 50 eyes. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:215-220.
16. Visual outcomes and patient satisfaction with a rotational asymmetric refractive intraocular lens for emmetropic presbyopia. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:585-593.
17. NAVARRO RM *et al.* Small-Gauge Pars Plana Vitrectomy for the Management of Symptomatic Posterior Vitreous Detachment after Phacoemulsification and Multifocal Intraocular Lens Implantation: A Pilot Study from the Pan-American Collaborative Retina Study Group. *J Ophthalmol*, 2015;156910.
18. LIM JJ *et al.* Vitreoretinal surgery through multifocal intraocular lenses compared with monofocal intraocular lenses in fluid-filled and air-filled rabbit eyes. *Ophthalmology*, 2000;107:1083-1088.
19. KAWAMURA R *et al.* Intraoperative findings during vitreous surgery after implantation of diffractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:1048-1049.
20. YOSHINO M *et al.* Diffractive multifocal intraocular lens interferes with intraoperative view. *Clinical Ophthalmology*, 2010;4:467-469.
21. CHARLES S *et al.* Vitreoretinal Complications of multifocal intraocular lens. In: Maxwell WA, Nordan LT, eds, Current Concepts of Multifocal Intraocular Lenses, Thofare, NJ, Slack, 1991:209-2018.
22. KUMAR A *et al.* Posterior segment visualization problems with multifocal intraocular lenses. *Acta Ophthalmol Scand*, 1996;74:415.
23. ANDRADE LC *et al.* Influence of retinopathy on the achromatic and chromatic vision of patients with type 2 diabetes. *BMC Ophthalmol*, 2014;14:104.
24. JACKSON GR *et al.* Aging and scotopic sensitivity. *Vision Res*, 1998;38:3655-3662.
25. QUI F *et al.* Functional deficits in early stage age-related maculopathy. *Clin Exp Optom*, 2009;92 :90-98.

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



S. GUIGOU
Centre Aix Vision, Clinique Axiom, AIX EN PROVENCE.
mgmretine@aixvision.fr

Interventions combinées cataracte-rétine

La vitrectomie peut être combinée à la chirurgie de cataracte pour la prise en charge des pathologies rétinien- niennes telles que les maculopathies voire les décol- lements de rétine. Même en cas de cataracte débutante, une phacovitrectomie peut être préférée afin d'en préve- nir l'évolution et accélérer la récupération fonctionnelle en une seule chirurgie.

Même si une intervention combinée est plus efficace en res- source et en temps qu'une chirurgie séquentielle, elle n'est pas dénuée de risques spécifiques. Cette intervention aux interactions entre les segments postérieur et antérieur est plus longue et peut perturber la position effective de l'implant ou entraîner des complications postopératoires.

Les chirurgiens rétinologues sont-ils aussi aguerris pour réa- liser une intervention de cataracte par rapport aux chirurgiens du segment antérieur à haut volume d'activité ? À l'inverse, une cataracte sur œil vitrectomisé ne présente-t-elle pas un vrai challenge technique (risque de rupture capsulaire, laxité zonulaire) à éviter ?

Nous essaierons de balayer tant les indications que les pré- cautions per- ou périopératoires des interventions combinées afin de proposer une stratégie chirurgicale sûre et efficace à nos patients.

■ Chirurgie séquentielle

Cataractes et affections vitréorétiniennes sont fréquem- ment associées. La technique habituelle est la phacoé- mulsification par mini-incision cornéenne co-axiale avec implantation dans le sac capsulaire d'un implant de dia- mètre de la zone optique supérieur ou égal à 6,0 mm. En fonction de la récupération fonctionnelle, la prise

en charge chirurgicale de la maculopathie est envisagée secondairement.

La plupart des études montrent d'ailleurs qu'il n'y a pas de bénéfice fonctionnel d'une stratégie séquentielle par rapport à une stratégie combinée pour les membranes ou les trous macu- laires. Chez 17 % des patients, il n'y a même pas d'indication chirurgicale rétinienne après intervention de la cataracte [1,2].

Les complications, plus nombreuses, d'une chirurgie combi- née à type de synéchies iriennes, opacités capsulaires pos- térieures ou inflammation sont ainsi limitées [2]. Il semble même que la meilleure solution pour obtenir un résultat réfractif optimal soit de dissocier les 2 interventions. La plu- part des études mettent en évidence une erreur réfractive pos- topératoire de -0.2 à -0.5 dioptries [3]. En effet, la présence d'un tamponnement intraoculaire, en fin de chirurgie com- binée, entraîne une bascule antérieure du plan lenticulo-ci- liaire. De plus, une augmentation de la longueur axiale (LA) postopératoire (et une diminution significative de l'épaisseur rétinienne centrale) expliquent ce *shift* myopique (*fig. 1*). Nous en parlerons plus loin.

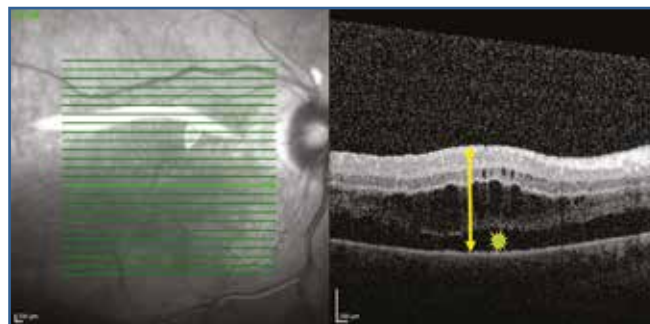


Fig. 1 : Coupe OCT maculaire d'un patient présentant un décollement de rétine inférieur avec atteinte maculaire. La mesure de longueur axiale (**double flèche**) par méthode optique est faussée par l'œdème maculaire secondaire à l'infiltra- tion liquidienne sous rétinienne (**étoile**).

■ Considérations médico-économiques

Contrairement à la chirurgie du glaucome, le GHS de chirurgie combinée cataracte-rétine n'existe pas. À l'heure des compressions budgétaires, la remarque s'impose tant pour les établissements de soins que pour les honoraires médicaux. En effet, le GHS 420 pour cataracte est valorisé à 720 € pour les établissements privés, avec honoraires médicaux associés de 296 € (actes CCAM BFGA004 + BELB001/2). Le GHS 414 pour pathologie rétinienne est valorisé 1098 € pour les établissements privés, avec honoraires médicaux de 271 à 474 € (actes CCAM BGPA002 ou BGMA002 pour les plus fréquemment associés). En cas d'intervention combinée, ne sont valorisés que le GHS 414 pour l'établissement et le deuxième acte chirurgical à 50 % pour le chirurgien.

Si l'on tient compte des coûts directs, deux séjours séquentiels de cataracte (marge de 25 %) puis rétine (marge de 35 %) rapportent environ 570 € à l'établissement et 680 € au chirurgien (redevance, aide opératoire). Un séjour combiné rapporte environ 220 € à l'établissement (marge abaissée à 20 %) et 390 € au chirurgien (deuxième acte à 50 %). Ceci explique, en partie, le faible développement des interventions combinées.

Le patient, quant à lui, préfère souvent une chirurgie en un temps si elle lui est proposée. Cela limite à l'évidence le coût social (logistique, transports) mais il est plus difficile à quantifier.

■ Indications

Les indications de chirurgie combinée sont en grande partie corrélées à l'âge du patient et au type d'affection rétinienne. Après 50 ans, la cataracte est constante après tamponnement par gaz ou silicone. Il existe une sclérose nucléaire avec myopisation d'indice, aggravée par l'âge, et secondaire au stress oxydatif induit par la vitrectomie. À 18 mois, une chirurgie de la cataracte est nécessaire chez 50 % des patients phaqes opérés de membrane et chez 70 % de ceux opérés de décollement de rétine [4].

Les contre-indications à une chirurgie combinée sont les patients à haut risque inflammatoire comme les diabétiques avec rétinopathie proliférante ou floride, les uvéites actives, les décollements de rétine compliqués de prolifération vitréo-rétinienne (PVR) chez lesquels il est préférable de se limiter, dans un premier temps, à la chirurgie du segment postérieur.

On s'expose, en effet, chez ces patients au risque de synéchies postérieures [5].

1. Membranes épimaculaires

La complication principale après chirurgie de membrane est l'aggravation de la cataracte comme nous l'avons dit. L'âge moyen des patients opérés étant supérieur à 70 ans, une opalescence cristallinienne est constante. La chirurgie combinée semble donc pertinente.

2. Trou maculaires

En raison du tamponnement interne par gaz et d'une vitrectomie complète la chirurgie du trou maculaire se complique dans plus de 90 % des cas d'une cataracte rapide qui nécessite une intervention afin d'obtenir une récupération visuelle optimale. De plus, il existe un risque de réouverture du trou lors de la deuxième chirurgie chez 7 % des patients. La chirurgie combinée apparaît donc comme un bon compromis pour les patients de plus de 50 ans.

3. Hématomes maculaires

Ils nécessitent une prise en charge rapide (idéalement dans la première semaine) dans le but de prévenir une altération irréversible des photorécepteurs. Ils sont une complication sévère de la dégénérescence maculaire liée à l'âge. Les hématomas surviennent souvent chez des patients âgés présentant une cataracte débutante. L'indication combinée est systématique afin d'éviter une seconde opération sur un œil généralement peu fonctionnel.

4. Décollements de rétine

La majorité des chirurgiens réalise une phacovitrectomie chez les patients présentant une opacité cristallinienne gênant l'accès au segment postérieur (**fig. 2**). Par ailleurs, la cataracte est une complication constante et relativement rapide après tamponnement interne. Les indications sont discutées au cas par cas, en fonction de l'amétropie et des signes de sévérité associés (PVR, hypotonie, décollements choroïdiens).

■ Technique chirurgicale

La chirurgie combinée est plus difficile à réaliser que chaque intervention séparée. Pourtant, elle nécessite d'être aussi performant durant les deux phases de la chirurgie.

L'utilisation d'une machine identique, avec cassette combinée est indispensable. Ainsi, l'organisation de la salle, n'est pas perturbée et l'enchaînement des patients se fait sans difficulté. Pour les mêmes raisons, le chirurgien reste positionné à midi, l'aide opératoire à droite. À gauche, se trouve la plateforme unique de vitrectomie, de phacoémulsification, de laser ou de diathermie. Ainsi, l'ensemble de l'instrumentation est disponible, si nécessaire, sans qu'elle soit pléthorique. Une chirurgie combinée cataracte-décollement de rétine peut rapidement se transformer en "chantier" si la rigueur de l'installation n'est pas respectée !



Fig. 2 : Vitrectomie très périphérique chez un patient atteint de décollement de rétine. La chirurgie de cataracte préalable permet l'accès à la déchirure très antérieure. On devine le bord de l'implant.

Les paramètres fluidiques gérant de manière précise les interactions des segments postérieur et antérieur sont représentés sur la **figure 3**. En particulier, la première phase de la chirurgie débute par la phacoémulsification jusqu'à l'implantation. Puis est réalisée la séquence postérieure. Enfin, on termine la chirurgie par le lavage de la chambre antérieure. Ceci permet une chirurgie sûre (pas de fuite), sans suture (sclérotomies transconjonctivales, mini-incision cornéenne) et sans perte de temps. À l'heure actuelle, une chirurgie combinée bien menée ne dure guère plus de 30 minutes.

La première étape consiste donc en la mise en place, sur un globe ferme, des trocarts 25 Gauge. Les valves permettent de limiter les pertes de pression postérieure durant le temps de la cataracte (**fig. 4A**). On réalise ensuite la phacoémulsification classique (**fig. 4B**) jusqu'à l'implantation dans le sac capsulaire. Un visqueux cohésif est préconisé en mini-incision co-axiale car il est suffisant pour occuper les espaces et se lave plus facilement. Le capsulorhexis doit être large pour éviter un phimosis secondaire, mais il doit recouvrir parfaitement le bord de l'implant afin d'éviter un tilt antérieur et le risque de capture irienne, en particulier lors de présence de gaz. Les implants hydrophobes, de grand diamètre, à anses rigides, sont préférés pour leur stabilité et la plus faible incidence d'une opacité capsulaire postérieure (**fig. 4C**). La biométrie réalisée en préopératoire doit tenir compte de la pathologie rétinienne associée (longueur axiale ajustée). Les implants en silicone sont formellement déconseillés dans le contexte d'une chirurgie rétinienne.



Fig. 3A : Phase de phacoémulsification. **B :** phase de vitrectomie. La séquence opératoire se déroule en sens horaire sur la rosace centrale de la colonne qui offre toutes les fonctionnalités.

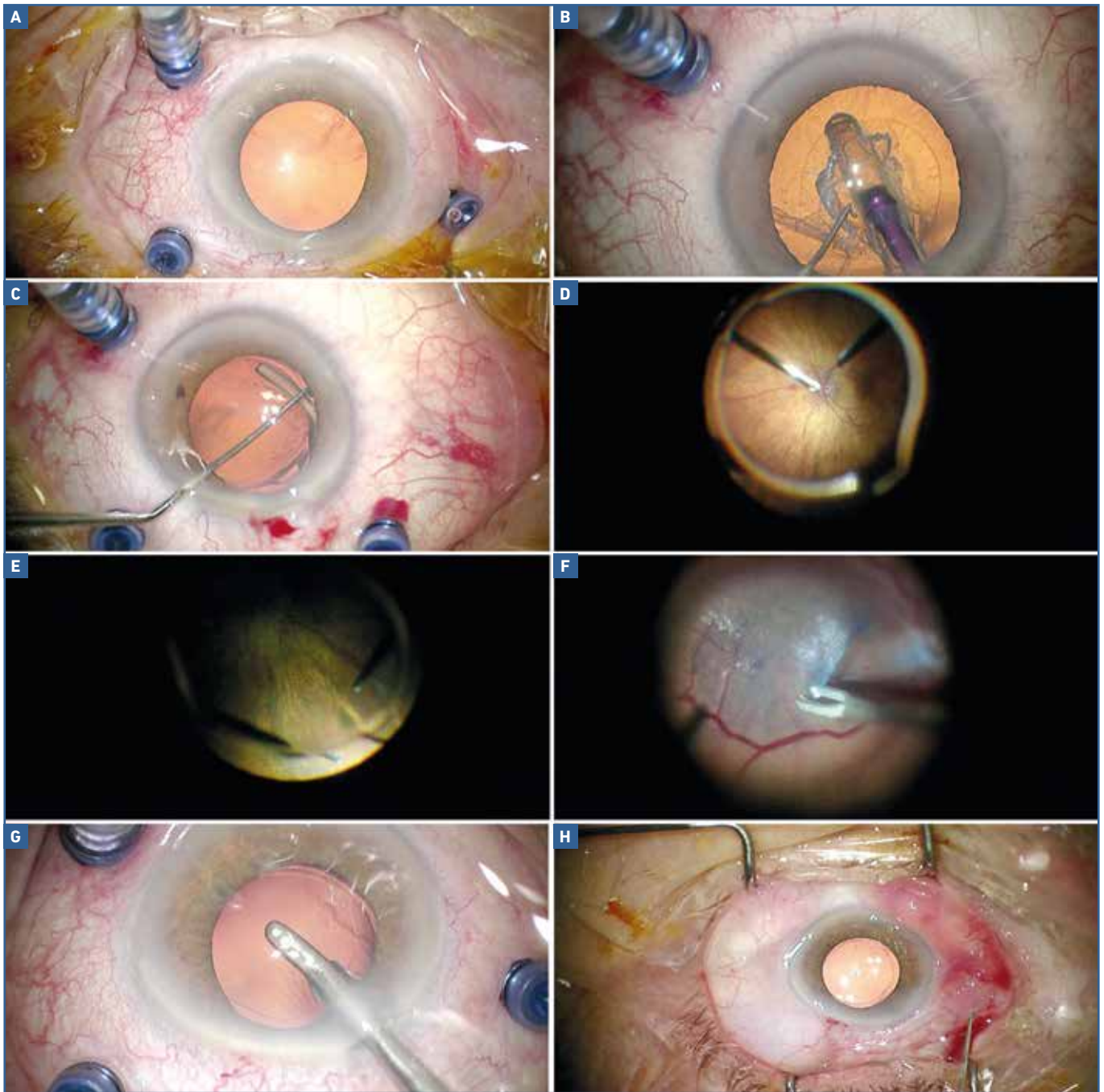


Fig. 4 : Procédure de chirurgie combinée cataracte-membrane épimaculaire.

Ensuite, débute la vitrectomie postérieure (*fig. 4D*). La visualisation de la périphérie rétinienne est facilitée par la réalisation préalable de la phacoémulsification. On voit ici que la vitrectomie est possible au-delà du bord de la zone optique (par définition, sans fibrose capsulaire) (*fig. 4E*). Dans ce cas clinique, on réalise le pelage d'une membrane après coloration au bleu de coomassie (*fig. 4F*).

La fin de l'intervention correspond au lavage du visqueux en chambre antérieure. L'avoir laissé à permis une bonne stabilité de la chambre et de l'implant dans son sac, sans suture cornéenne (*fig. 4G*). Les trocars sont enlevés. Afin de limiter le risque d'incarcération vitréenne d'une part, et d'administrer des anti-inflammatoires à haute dose d'autre part, nous réalisons une injection sous conjonctivale de dexaméthasone (*fig. 4H*).

■ Complications

Grâce aux progrès de l'instrumentation et à des machines plus performantes, la chirurgie combinée cataracte-vitrectomie peut s'envisager de première intention. Néanmoins, elle présente plusieurs inconvénients qu'il faut maîtriser ou anticiper afin d'en faire une procédure plus sûre.

1. Ruptures capsulaires

Une grande étude rétrospective retrouve une incidence de ruptures capsulaires de 2,2 % en chirurgie combinée contre 1,9 % en chirurgies séquentielles (2). Les deux stratégies sont donc relativement comparables. Les procédures sont maîtrisées au regard de ce risque.

2. Synéchies iriennes

Alors qu'elles sont devenues exceptionnelles pour une phacoémulsification standard, les synéchies postérieures sont plus fréquentes (de 2 à 4 % selon les études). Un contexte inflammatoire tel que PVR ou uvéite orientera donc vers une dissociation des procédures. De plus, une injection sous conjonctivale de dexaméthasone en fin de chirurgie associée à un traitement anti-inflammatoire stéroïdien et non stéroïdien topique est nécessaire. Enfin, un mydriatique autorisant le jeu pupillaire est recommandé.

3. Opacité capsulaire postérieure

Le contexte inflammatoire, les manœuvres antérieures et postérieures sont pourvoyeurs de plus de PCO. Pour cette raison, les implants hydrophobes à bord carré sont recommandés. En outre, une capsulotomie postérieure au vitrectome est réalisée en fin de chirurgie combinée, en l'absence de tamponnement intraoculaire.

4. Endophtalmie aiguë

Depuis l'utilisation systématique du céfuroxime en chirurgie de cataracte, l'incidence des endophtalmies a chuté drastiquement à 0,05 %. En revanche, l'incidence des endophtalmies post-vitrectomie est restée stable à 0,05 %. D'après l'analyse de cohortes issues des *big data* (données non publiées), il existe un réel sur-risque d'endophtalmie après chirurgie combinée cataracte-rétine (RR: 1,3). En effet, le céfuroxime injecté en chambre antérieure, et dont le mécanisme antibiotique reste incertain, ne protège pas d'une infection du segment postérieur (gravissime). Il faudra donc rester vigilant

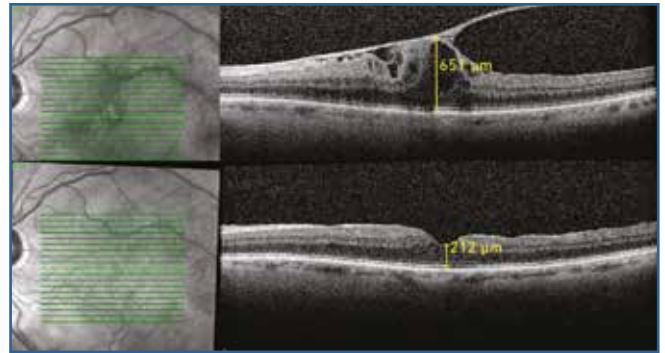


Fig. 5 : Syndrome de traction vitréomaculaire. Coupes OCT pré- et postopératoires. L'épaisseur maculaire passe de 650 µm à 212 µm. Il faudra ajouter l'épaisseur rétinienne centrale à la LA du biomètre optique pour éviter une myopisation.

pour la prescription de la seule antibioprophylaxie recommandée pour la chirurgie à globe ouvert qu'est la lévofloxacin chez le patient à risque (recommandations, Afssaps 2011).

5. Shift myopique

Dans le groupe des chirurgies combinées, on retrouve une erreur réfractive de 0.20 à 0.50 dioptries en moyenne [7]. Quelle que soit la pathologie associée (traction vitréomaculaire, membrane, trou maculaire), ce *shift* myopique paraît relativement constant. Il provient d'une erreur de mesure du biomètre en présence d'un œdème maculaire. En effet, les études montrent qu'en postopératoire la LA augmente et l'épaisseur rétinienne diminue. De plus, la présence de gaz intraoculaire entraîne une translation antérieure du sac, de l'implant et une antéro-version des corps ciliaires après chirurgie du trou maculaire [8].

Afin de limiter cette erreur, plusieurs méthodes sont envisageables.

- en cas de décollement de rétine, la mesure de la LA optique est non interprétable (*fig 1*). On s'aide alors de la mesure de l'œil adelphe;
- en cas de membrane ou traction vitréomaculaire, on utilise une LA ajustée en ajoutant l'épaisseur rétinienne mesurée en OCT à la mesure du biomètre (*fig. 5*);
- en cas de tamponnement interne par gaz, on retranche 0.50 dioptrie à la biométrie.

■ Gestion de la multifocalité

La patientèle évolue et il n'est plus rare d'avoir une demande d'implant multifocal alors même que le bilan préopératoire

de la cataracte retrouve une maculopathie associée. On l'a vu, la chirurgie rétinienne a fait de nos jours de tels progrès que la récupération fonctionnelle est spectaculaire après trou maculaire et même après membrane épimaculaire. Dès lors, existe-t-il toujours une contre-indication absolue à la multifocalité ? Ici, l'information préopératoire et la sélection du profil-patient est plus que jamais nécessaire. La pertinence de la chirurgie combinée recule devant la nécessité de préciser la gêne fonctionnelle induite par la maculopathie. Elle conditionne en effet le type de l'implant.

>>> La décision d'une implantation monofocale est prise.

On réalise en première ligne la phacoémulsification. En post-opératoire, sont analysés l'OCT et la vision de près à 3 mois. On rappelle que pour ces cas de membranes peu évoluées, 20 % ne seront pas opérés. Il convient toutefois d'anticiper le *shift* myopique lors de la biométrie. Les colorants comme le bleu de coomassie facilitent grandement la chirurgie maculaire même après implantation multifocale. Les implants diffractifs restent tout de même gênants pour le rétinologue (*fig. 6*).

>>> La décision d'une implantation multifocale reste d'actualité. On réalise, alors, la chirurgie rétinienne en première

ligne. Les implants diffractifs restent en effet gênants malgré les colorants pour le rétinologue (*fig. 6*). Si la pathologie associée nécessite une chirurgie combinée de la cataracte, un implant monofocal est positionné dans le sac. Après 3 mois et réévaluation fonctionnelle, un implant multifocal *piggy-back* est proposé. Si la chirurgie cristallinienne a pu être dissociée, la biométrie se fera dans les meilleures conditions pour un calcul précis. Un implant multifocal est posé en cas de bonne récupération fonctionnelle à 3 mois (*fig. 7*).



Fig. 6 : Capture d'une vidéo peropératoire illustrant la diffraction d'un implant multifocal perturbant le geste chirurgical pour le pelage de la limitante interne.

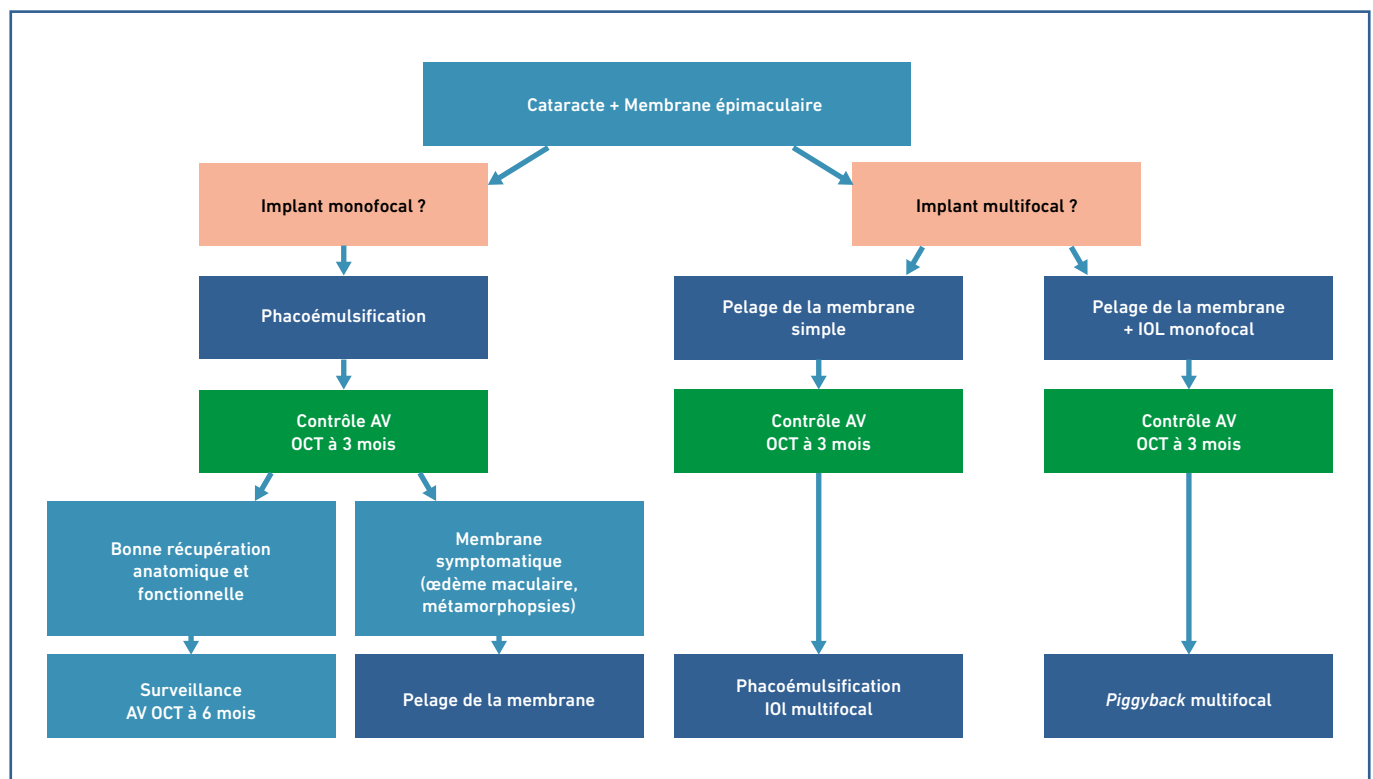


Fig. 7 : Conduite à tenir devant la multifocalité pour la prise en charge d'une cataracte associée à une membrane épimaculaire.

La cataracte est le principal effet secondaire de la vitrectomie. Ceci amène naturellement à considérer la chirurgie combinée qui accélère la récupération visuelle, améliore la visualisation du segment postérieur et réduit les coûts sociaux.

Néanmoins, elle présente quelques écueils techniques et complications (rares) telles que synéchies iriennes, *shift* myopique qu'il faut savoir maîtriser et anticiper.

Les progrès de notre instrumentation sans suture permettent de proposer une chirurgie combinée sûre et efficace à une population de patients bien sélectionnés obtenant des résultats identiques à ceux d'une chirurgie séquentielle.

Bibliographie

1. HAMOUDI H, CORRELL CHRISTENSEN U, LA COUR M. Epiretinal membrane surgery: an analysis of 2-step sequential- or combined phacovitrectomy surgery on refraction and macular anatomy in a prospective trial. *Acta Ophthalmol*, 2017.
2. FAJGENBAUM MAP, NEFFENDORF JE, WONG RS. Intraoperative and postoperative complications in phacovitrectomy for epiretinal membrane and macular hole: A Clinical Audit of 1000 Consecutive Eyes. *Retina*, 2018.
3. KIM M, KIM HE, LEE DH. Intraocular lens power estimation in combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy in eyes with epiretinal membranes: a case-control study. *Yonsei Med J*, 2015;56:805-811.

4. IWASE T, YAMAMOTO K, YANAGIDA K. Change in refraction after lens-sparing vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment and epiretinal membrane. *Medicine*, 2016;95.
5. BERROD JP, HUBERT I. Combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy. *J Fr Ophtalmol*, 2012;35:561-565.
6. CZAJKA MP, FRAJDEMBERG A, JOHANSSON B. Outcomes after combined 1.8-MM microincision cataract surgery and 23-gauge transconjunctival vitrectomy for posterior segment disease: a retrospective study. *Retina*, 2014;34:142-148.
7. KOVÁCS I, FERENCZ M, NEMES J. Intraocular lens power calculation for combined cataract surgery, vitrectomy and peeling of epiretinal membranes for macular oedema. *Acta Ophthalmol Scand*, 2007;85:88-91.
8. PATEL D, RAHMAN R, KUMARASAMY M. Accuracy of intraocular lens power estimation in eyes having phacovitrectomy for macular holes. *J Cataract Refract Surg*, 2007;33:1760-1762.

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



L. LEROY
Ophtalmologiste, RUEIL-MALMAISON.
leroy-lionel@wanadoo.fr

Exercice professionnel : nouveautés

La filière visuelle est en crise en relation avec des causes profondes, permanentes :

- démographie stagnante des ophtalmologistes ;
- vieillissement de la profession (60 % des ophtalmologistes ont plus de 55 ans) ;
- augmentation de la demande de soins (accroissement et vieillissement de la population, augmentation des affections visuelles chroniques....) ;
- insuffisance du nombre d'ophtalmologistes formés chaque année ;
- et grande disparité de la répartition des ophtalmologistes et des orthoptistes sur toute la France.

Ces différents facteurs entraînent des difficultés d'accès aux soins avec l'allongement des délais de rendez-vous, partout en France.

Le rapport de l'IGAS a préconisé, pour une nécessaire restructuration de la filière visuelle, un "plan d'action pour la filière visuelle" mené par le Ministère des Solidarités et de la Santé en concertation avec la CNAMTS, encourageant ainsi la coopération entre ophtalmologistes et orthoptistes pour améliorer l'offre de soins en donnant plus de temps strictement médical à l'ophtalmologiste.

La dernière convention d'août 2016, négociée et signée avec l'UNCAM, les syndicats représentatifs des médecins libéraux et l'UNOCAM (Mutuelles et Complémentaires) poursuit l'objectif de faire évoluer l'exercice de la médecine libérale. Elle s'articule autour de plusieurs axes dont certains nous concernent, comme revaloriser les rémunérations selon la complexité du suivi des patients, permettre l'accès aux soins partout, pour tous, en réduisant les délais d'attente, améliorer la prise en charge en urgence des patients dans les cabinets libéraux.

Voici les évolutions de cette dernière convention qui s'appliquent à notre spécialité.

■ Les modifications tarifaires

1. L'incitation financière pour la prise en charge des patients en ville sans délai

Elle s'adresse aux médecins qui adressent et reçoivent ces patients sous 48 heures.

Pour les consultations réalisées par un médecin correspondant pour un patient adressé par son médecin traitant pour une prise en charge dans les 48 heures avec une majoration applicable depuis le 1^{er} janvier 2018.

+ 15 € avec la majoration MCU pour le médecin correspondant pour les actes cliniques. La MCU n'est pas cumulable avec les majorations applicables dans le cadre de la permanence des soins ambulatoires et ne peut être facturée qu'en cas de respect des tarifs opposables, pour un médecin en secteur 1, OPTAM et en secteur 2 (seulement quand il applique des tarifs opposables). La MCU est réservée à la médecine libérale.

+ 5 € avec la majoration MUT également depuis le 1^{er} janvier 2018 pour le médecin traitant qui adresse son patient à un médecin correspondant, lequel s'engage à prendre en charge le patient dans un délai de 48 h.

Ce dispositif est mis en place afin d'éviter des hospitalisations inutiles et pour valoriser l'orientation sans délai, effectuée par le médecin traitant vers un spécialiste.

Il correspond à une demande du SNOF, (ainsi que d'autres syndicats de spécialistes), qui a toujours trouvé anormal que

l'on ne valorise pas les efforts faits par les ophtalmologistes pour recevoir en journée, en plus des patients programmés, les cas d'urgences. En effet, ceux-ci nécessitent un vrai effort d'organisation. De plus, ils allègent aussi les services d'urgence hospitaliers.

Mais l'on ne peut que regretter cependant que le cas particulier des spécialités à accès direct (gynécologues, ophtalmologistes, stomatologues, psychiatres) n'ait pas été pris en compte. En effet, celles-ci acceptent, de façon dérogatoire au parcours de soin, les urgences pour une prise en charge plus rapide des patients. Faute de solution adaptée actuellement pour les spécialités à accès direct, il est logique que ces spécialistes demandent aux patients, en cas d'urgence, de passer d'abord par le médecin traitant, sinon ils ne peuvent facturer qu'une CS (ou éventuellement un acte CCAM si cela est justifié) ! Une majoration urgence en accès direct permettrait une économie substantielle à l'Assurance Maladie. Dans ce cadre, le SNOF demande aux partenaires conventionnels de négocier l'utilisation APC + MCU en accès direct, en cas d'urgence avérée et vue dans les 48 h suivant l'appel du patient.

2. Création de nouvelles majorations pour des consultations complexes

Les codes consultations CSO et CSM listés dans la convention nationale organisant les rapports entre les médecins libéraux et l'assurance maladie approuvée par arrêté du 20 octobre 2016 doivent être inscrits dans le dossier médical du patient. Ces consultations complexes doivent être facturées à tarif opposable et elles n'ouvrent pas droit aux majorations pédiatriques. Elles ne sont pas cumulables, d'une part, avec la majoration forfaitaire transitoire MPC et, d'autre part, avec les majorations de coordination.

Les consultations complexes et/ou très complexes ne se cumulent pas entre elles et ne sont pas facturables avec une majoration complexe ou très complexe.

Une seule nous concerne : il s'agit d'une consultation complexe.

La consultation spécifique d'un enfant atteint d'une pathologie oculaire grave POG (glaucome congénital, cataracte congénitale, dystrophie rétinienne, nystagmus avec malvoyance, strabisme complexe, rétinopathie des prématurés) ou d'une pathologie générale avec déficience grave (déficience neurosensorielle sévère, autisme, retard mental, grand prématuré), par un ophtalmologiste

Pour la consultation POG, le code prestation agrégé à transmettre à l'Assurance Maladie sur la feuille de soins (électronique ou papier) est MCX.

Avec une majoration de 16 €, non cumulable, d'une part, avec la majoration forfaitaire transitoire MPC et, d'autre part, avec les majorations de coordination. Elle est réservée aux médecins conventionnés de secteur à honoraires opposables et de secteur à honoraires différents OPTAM à partir du 1^{er} novembre 2017.

3. Les modifications concernant les consultations coordonnées

Les tarifs de ces consultations, qui s'inscrivent dans le cadre du parcours de soins établi entre le médecin traitant et le médecin correspondant, hors situation complexe, ont été revalorisés.

>>> L'Avis Ponctuel de Consultant (l'acte APC ayant remplacé le C2) est un avis donné par le spécialiste à la demande expresse du médecin traitant (*pas du correspondant ophtalmologiste*) ou de tout autre médecin pour les moins de 16 ans.

- Le patient consulte le médecin correspondant donnant un avis ponctuel de consultant avec une lettre de demande de consultation et d'avis de son médecin traitant.
- Ceci correspondant à la situation la plus courante.
- Le médecin traitant téléphone au consultant pour expliquer sa demande d'avis : ce cas de figure est possible, mais il est souhaitable que le médecin traitant expose par écrit sa demande. Toutefois, cette demande écrite n'est pas obligatoire.
- Pour les patients âgés de moins de 16 ans, est considéré comme médecin traitant le praticien qui adresse le patient.
- L'APC n'est pas applicable quand le patient est adressé par un autre médecin autre que le médecin traitant et quand le patient âgé de 16 ans ou plus n'a pas désigné de médecin traitant.
- Le consultant ne donne pas de soins continus. Il adresse au médecin traitant ses conclusions et propositions thérapeutiques et (si c'est possible) la charge de la surveillance de l'application de ses prescriptions (dans la lettre faire apparaître clairement la notion d'adressage, le traitement peut être initié).
- Le consultant ne doit pas avoir vu le patient dans les 4 mois avant et ne pas le revoir dans les 4 mois suivants.
- Si le spécialiste a besoin d'un bilan complémentaire, effectué par un autre médecin, pour son avis ponctuel, il peut revoir le patient lors d'une 2^e consultation, la première est cotée APC et la deuxième CS (aucun acte technique ne peut être facturé).

- Si le spécialiste a besoin d'actes techniques complémentaires qu'il effectue lui-même, il peut les facturer, la première consultation en APC, les actes techniques sont effectués dans un 2e temps et facturés, le premier à 100 % et le deuxième à 50 %.

Le tarif de l'APC est depuis le 1er octobre de 48 € et sera de 50 € au 1^{er} juin 2018. Il peut être utilisé par tous les médecins quel que soit leur secteur d'exercice.

L'APU (avis ponctuel de consultant des professeurs des universités-praticiens hospitaliers en activité) reste à 69 €.

4. Revalorisation significative des actes réalisés en urgence par augmentation des modificateurs d'urgence

Rappelons que pour être utilisés, ces modificateurs doivent se trouver dans la liste des modificateurs listés sous le code CCAM de chaque acte, dans la V51 de la CCAM (applicable au 1^{er} avril 2018 et téléchargeable sur ameli.fr).

BDGP002 *Ablation d'un corps étranger superficiel de la cornée.*
[F, P, S, U]

BGDA004 *Rétinopexie par coagulation par cryoapplication avec indentation sclérale limitée à un quadrant, sans tamponnement.*

[A, F, G, P, S, U, 6, 7, 8]

BGCA002 *Suture de plaie de la sclère.*

[A, F, P, S, U, 7]

BEPP002 *Iridotomie avec laser.*

[F, P, S, U]

Mais l'on peut lire que d'autres actes ne peuvent bénéficier de ces modificateurs d'urgence, par exemple :

BFGA004 *Extraction extracapsulaire du cristallin par*

phakoémulsification, avec implantation de cristallin artificiel dans la chambre postérieure de l'œil.

[A, G, 7]

Ces modificateurs concernent les actes réalisés la nuit et le dimanche, avec de plus création d'une majoration revalorisant les actes réalisés le jour en urgence vitale ou en urgence d'organe par les chirurgiens, anesthésistes ou gynécologues-obstétriciens

Les tarifs de ces modificateurs sont communs aux différents secteurs (secteur 1/secteur 2 adhérent OPTAM et non adhérent OPTAM).

Modificateurs :

U à 50 € pour les actes réalisés entre 20 h et minuit

S à 80 € pour les actes réalisés en nuit profonde

F à 40 € pour les actes réalisés les dimanches et jours fériés

Ces valorisations ont pris effet le 1^{er} janvier 2018 (*tableau I*). À noter qu'un nouveau modificateur O a été créé pour les actes chirurgicaux réalisés en urgence vitale et urgence d'organes, de 8 heures à 20 heures, par les chirurgiens, ORL, ophtalmologues, stomatologues, anesthésistes ou gynécologues-obstétriciens réalisés dans un délai maximum de 6 h après l'admission du patient

C'est la majoration O de + 80 €

Ce nouveau modificateur concerne 1477 actes de chirurgie mais un seul acte en ophtalmologie. Il s'agit de l'acte BACA007 effectué 23 fois en 2016 pour 2401 euros !

Modificateur	Libellé	Tarif 2017	Tarif 2018
U	Acte réalisé en urgence par les chirurgiens, les gynécologues-obstétriciens ou les anesthésistes entre 20 h et minuit <i>Inclut : acte réalisé en urgence par les ORL, stomatologues et ophtalmologues</i>	25,15 €	50 €
S	Acte réalisé en urgence par les chirurgiens, les gynécologues-obstétriciens, les anesthésistes, les pédiatres entre 00 h et 08 h <i>Inclut : acte réalisé en urgence par les ORL, stomatologues et ophtalmologues</i>	40 €	80 €
F	Acte réalisé en urgence par les chirurgiens, les gynécologues-obstétriciens, les anesthésistes ou les pédiatres un dimanche ou un jour férié. <i>Inclut : acte réalisé en urgence par les ORL, stomatologues et ophtalmologues</i>	19,06 €	40 €

Tableau I.

BACA007 *Suture de plaies cutanées multiples unilatérales ou bilatérales des paupières, sans atteinte du bord libre*

[A, F, J, K, T, M, P, S, U, O, 7] *Avec ou sans : suture de plaie de sourcil*

Les codes O, U, S et F sont exclusifs les uns des autres et ne peuvent être facturés qu'une seule fois par intervenant et par patient quel que soit le nombre d'actes réalisés.

■ Les protocoles

Un certain nombre de modifications importantes apparaissent dans le décret du 5 décembre 2016 concernant notre activité en collaboration avec les orthoptistes. Les protocoles organisationnels sont maintenant définis dans la loi.

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/12/5/AFSH1624123D/jo/texte>

1. Les protocoles organisationnels en télémedecine :

>>> Les protocoles RNO (Renouvellement d'Optique), créés et expérimentés d'abord dans les pays de Loire par l'ancien président du SNOF, Jean-Bernard Rottier, ont changé de régime début 2018. Ces protocoles jusqu'à présent dérogatoires sont maintenant validés et reconnus par toutes les instances et vont passer en régime de droit commun dans le courant de l'année. Ils fonctionnent au sein d'un cabinet avec unité de lieu. L'inscription doit se faire sur le site : <https://coopps.ars.sante.fr>

Il faut environ 3 à 4 mois pour l'inscription et nous espérons au SNOF que ce ne sera bientôt plus nécessaire. Ensuite, en pratique, il faut utiliser les lettres RNO pour coter sur la feuille de soin et le montant est toujours actuellement à 23 €, mais le montant envisagé devrait être de 28 €, probablement validé par l'UNCAM pas avant mai 2018.

La CPAM est informée par l'ARS qui gère les autorisations, pour permettre le remboursement. Les modalités précises et le montant de la nouvelle cotation ne sont pas finalisés à ce jour. Cela devrait passer par la mise en place d'un seul Protocole Organisationnel qui prendrait le relais des deux protocoles actuels en les simplifiant.

Pour la carte Vitale, il faut se rapprocher de son éditeur de logiciels et il semble que ce soit intégré avec leur logiciel

de lecteurs de carte Vitale. On peut rajouter qu'à partir du mois de mai, les démarches auprès de l'ARS ne seront plus nécessaires, normalement le protocole RNO devrait pouvoir se faire sans autorisation de l'ARS (**fig. 1**).

Les deux protocoles, qui doivent se réduire en un seul, obéissent aux mêmes règles :

- les patients ont entre 6 et 50 ans et ne doivent pas présenter de pathologie autre que le port de lunettes ;
- et ils doivent avoir été vus par un ophtalmologiste depuis moins de 5 ans ;
- la réalisation du bilan visuel sera déléguée à un orthoptiste dans le cadre du renouvellement/adaptation des corrections optiques ;
- le bilan protocole est ensuite analysé en différé par un ophtalmologiste qui, dans les 8 jours, envoie l'ordonnance de renouvellement au patient ou le recontacte si nécessaire ;
- ces protocoles sont conçus dans un lieu unique, regroupant ophtalmologistes et orthoptistes, ce qui est de nature à garantir une collaboration étroite entre ces professionnels.

Les deux protocoles RNO sont actuellement :

- réalisation d'un bilan visuel par l'orthoptiste dans le cadre du renouvellement ou de l'adaptation des corrections optiques chez l'enfant de 6 à 15 ans ;
- réalisation d'un bilan visuel par l'orthoptiste dans le cadre du renouvellement ou de l'adaptation des corrections optiques chez les adultes de 16 à 50 ans.

https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2018-01/ac_2017_0105_protocole_rottier_cd_2017_12_20_vd_2018-01-08_12-04-35_269.pdf

Ces protocoles sont maintenant ouverts également aux orthoptistes libéraux et doivent permettre de diminuer considérablement les délais d'attente pour la délivrance des verres correcteurs et libérer du temps médical pour les ophtalmologistes.

Mais l'Assurance Maladie tarde toujours à finaliser le dossier et les dernières dispositions ne sont toujours pas effectives.

>>> Le protocole glaucome : c'est le contrôle intermédiaire de suivi d'un glaucome chronique simple stabilisé ou d'une hypertension oculaire simple, par des contrôles alternés par l'orthoptiste puis par l'ophtalmologiste

>>> Le protocole de dépistage de la rétinopathie diabétique, par photographies du fond de l'œil réalisées par un

Cabinet d'ophtalmologie des docteurs XX YY

Protocole organisationnel entre ophtalmologiste et orthoptiste :
Bilan visuel réalisé par un orthoptiste, sans examen de l'ophtalmologiste, dans le cadre du renouvellement ou de l'adaptation des corrections optiques chez les patients de 6 à 50 ans, avec lecture médicale du dossier en différé.

Protocole conforme aux dispositions du Décret n° 2018-1079 du 11 décembre 2018 relatif à la délivrance des actes d'orthoptie et aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste, ainsi qu'à son article R. 4342-1 à R. 4342-7 du Code de la Santé Publique.

Date d'application : xx/yy/201x

Lieux d'application du protocole :
Cabinet d'ophtalmologie des docteurs XX YY (ou autres lieux prévus dans le décret : établissement de santé, centre de santé...)
Adresse :

Noms, prénoms et adresses professionnelles des orthoptistes participant au protocole organisationnel :
AB adresse
CD adresse

Situations médicales concernées par le protocole :
Patients âgés de 6 à 50 ans, déjà connus de l'ophtalmologiste, sans pathologie oculaire associée, ayant été examinés depuis moins de 5 ans par l'ophtalmologiste.
Le patient doit avoir une demande explicite de renouvellement ou d'adaptation d'une correction optique dans un délai court et doit être volontaire pour faire réaliser cette prestation par un orthoptiste en l'absence de l'ophtalmologiste. Ce dernier, après analyse du dossier, adressera au patient l'ordonnance et le compte-rendu, dans les 10 jours.
Profession du diligéant : Ophtalmologiste. Profession du diligué : Orthoptiste

Information des patients de leur intégration dans le protocole :
Le patient est informé de l'existence du protocole et de la procédure de lecture du dossier par l'ophtalmologiste en télémédecine. Son accord est reçu et inscrit dans le dossier lors de l'examen. Ce protocole est disponible sur demande du patient.

Actes orthoptiques pouvant être pratiqués dans le protocole et inscrits au décret 2016-1670 :
- Interrogatoire (Art.R.4342-1-1)
- Détermination de l'acuité visuelle et de la réfraction avec ou sans dilatacion (Art. R. 4342-4)
- Tronçonnage sans contact (Art. R. 4342-5)
- Installation de collants (Art. R. 4342-4)
- Explication du sens chromatique (Art. R. 4342-5)
- Rétinographie mydriatique et non mydriatique (Art. R. 4342-5)

Situations où le protocole ne s'applique pas :
- Refus du patient
- Patients âgés de moins de 6 ans et de plus de 50 ans
- Patients ne présentant pas de troubles visuels ou des troubles mineurs
- Patients présentant une baisse d'acuité visuelle profonde, binate et récente
- Dernière consultation avec l'ophtalmologiste remontant à plus de 5 ans
- Patients soucis ou connus pour d'autres pathologies oculaires
- Patients présentant des traitements ou des pathologies glaucomateuses nécessitant un suivi ophtalmologique
- Patients admis par un autre médecin
- L'ophtalmologiste refuse malade de sa décision de proposer ou non l'acte dans le protocole

Descriptif du processus de prise en charge du patient
L'admission du patient dans le protocole est proposée lors de la consultation ophtalmologique ou lors de la prise de rendez-vous. L'orthoptiste aura accès aux examens antérieurs.

I / Orthoptiste :
La prise en charge du patient comprendra habituellement :
- Interrogatoire (pour identifier les contre-indications à l'application du protocole)
- Réfraction avec mesure de l'acuité visuelle. Mesure des verres correcteurs.
- Recherche des déséquilibres oculomoteurs
- Mesure du tonus oculaire avec un tonomètre à air (pour les plus de 16 ans)
- Prise de rétinographie sans mydriatique (RNG) sans installation de collants mydriatiques
- de collants mydriatiques

II / Ophtalmologiste :
Il analyse le dossier transmis par l'orthoptiste, en l'absence du patient, puis lui adressera l'ordonnance et le compte-rendu dans les 10 jours.

Situations de sorties du protocole organisationnel avec programmation d'une consultation ophtalmologique

I / Situations d'urgence nécessitant l'appel de l'ophtalmologiste :
- une baisse d'acuité visuelle profonde (2/10),
- un tonus très élevé (>28 mmHg),
- un trouble oculomoteur aigu (paralyse oculomotrice),
- une image suspecte en rétinographie (tumeur, glaucome, lésion d'aspect tumoral...).

II / Situations nécessitant la programmation d'une consultation ophtalmologique sans urgence :
- Demande du patient sans rapport avec l'objet du protocole
- Forte évolution de l'état réfractif (> 1 D en un an)
- Baisse de la meilleure acuité visuelle corrigée d'au moins 1/10
- Symptômes évoquant un problème non réfractif
- Mise en évidence à l'interrogatoire d'une pathologie glaucomateuse (ou diabète) ou d'un traitement pouvant avoir des repercussions oculaires.
- Incohérence avec les examens antérieurs.

III / En l'absence de situations particulières, un examen médical ophtalmologique est nécessaire au moins tous les 5 ans.

Les informations relatives à l'interrogatoire et aux examens réalisés par l'orthoptiste seront transmises au médecin ophtalmologiste par l'intermédiaire d'un dossier informatique partagé ou par tout autre moyen assurant la confidentialité des échanges.

Le compte-rendu, accompagné de l'ordonnance éventuelle, signé par le médecin ophtalmologiste et adressé au patient, comprendra à minima :

- Les dates de l'examen orthoptique et de l'interprétation
- Le nom de l'orthoptiste et de l'ophtalmologiste
- Le résumé de l'examen avec l'acuité visuelle et la réfraction prescrite
- Les traitements indiquer les éventuels examens et les solutions optiques
- L'intervalle conseillé des examens et leur modalités (pour suite ou non dans le protocole)

Fig. 1.

orthoptiste, en l'absence de l'ophtalmologiste dans le cadre du suivi oculaire du patient diabétique avec lecture par l'ophtalmologiste des clichés. La CNAMTS a toujours marqué une position de principe, considérant que la valeur de l'acte ne devait pas dépasser celui d'une CS et que la plus grande partie de la cotation devait aller à l'orthoptiste. D'où l'échec total de ce protocole de dépistage de la rétinopathie diabétique par télémedecine avec 6500 actes réalisés en 2016 pour une population cible de diabétiques de près de 600 00 patients. La raison est très simple. C'est lié à l'absence d'incitation pour l'ophtalmologiste à développer ce protocole en raison de la trop faible rémunération de son acte BGQP140, lecture différée d'une rétinographie en couleur, sans la présence du patient, à 11 € 30, alors que l'acte de l'orthoptiste AMY 6,1 est rémunéré 15 € 86.

Chaque protocole, avant d'être présenté à l'Assurance Maladie, a été validé par les sociétés savantes compétentes pour les pathologies concernées, SFO (Société française d'Ophtalmologie), SFG (Société Française du Glaucome) ou encore l'AFD (Association Française des Diabétiques).

>>> À l'opposé, le **protocole Muraine** fonctionne à distance, *en dehors du cabinet*, avec des patients qui ne sont pas connus du cabinet, dans des cabinets d'orthoptie ou des maisons de santé.

Ce protocole est intitulé: Coopération entre professionnels de santé (Haute-Normandie) et il s'agit de la réalisation d'un bilan visuel par un orthoptiste dans le cadre du renouvellement/adaptation des corrections optiques chez les adultes de 16 à 50 ans et analysé via télémedecine par un ophtalmologiste.

Ce protocole a été validé par la HAS dans le cadre de la procédure définie à l'article 51 de la loi HPST du 21 juillet 2009. L'Académie d'Ophtalmologie émet les plus grandes réserves sur ce protocole, qui n'existe à ce jour que sur le site original (région rouennaise) et qui a concerné trop peu de patients pour être évalué valablement.

Le cadre d'exercice des orthoptistes est le plus souvent des maisons de santé, et les orthoptistes doivent réaliser l'ensemble du bilan visuel prévu au protocole (bilan oculomoteur, réfraction/AV, tonométrie, rétinographie) au sein de la structure, en ayant bénéficié d'une aide à l'équipement dans le cadre du contrat collectif défini par décision ministère/UNCAM) du 23 juin 2017. Les orthoptistes envoient en télétransmission les résultats du bilan aux médecins ophtalmologistes exerçant en lien avec ladite structure. Ces derniers effectuent l'interprétation des résultats et l'envoi de la prescription au patient.

Concernant les 2,50 € par patient avancés au départ pour rémunérer le nombre d'examen réalisés après mille patients,

c'était une idée que la tutelle avait avancée, mais nos négociateurs ont réussi à la faire supprimer pour arrondir directement le montant à 28 € mais ce tarif n'est pas encore applicable actuellement.

2. Les protocoles organisationnels

Ils sont définis depuis le décret concernant la définition des actes d'orthoptie et des modifications apportées aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste. Ce même décret a confirmé que l'orthoptiste ne pouvait pratiquer ses actes qu'après une prescription médicale écrite, datée et signée par le médecin prescripteur. Mais, et c'est là la grande nouveauté, l'orthoptiste peut également, quand il exerce dans le cadre du cabinet d'un médecin ophtalmologiste, au sein d'un établissement de santé, dans des services de santé, dans les hôpitaux et centres médicaux des armées ou dans les services de santé au travail, réaliser certains actes en application d'un protocole organisationnel préalablement établi, daté et signé par un ou plusieurs médecins ophtalmologistes exerçant dans ces structures. Il n'est pas nécessaire pour ces PO d'obtenir l'aval de l'HAS ou des ARS. De plus, ces PO ont un mode de fonctionnement souple, pouvant s'adapter à chaque structure et permettant ainsi une meilleure organisation du travail aidé (fig. 2 et 3).

Actuellement, environ 40 % des ophtalmologistes fonctionnent au sein de leurs cabinets ou structures avec délégation de tâches. Ils sont dès à présent concernés par ces protocoles, mais devant les différents avantages de ce mode d'activité, l'on peut imaginer que ce pourcentage va augmenter rapidement.

Un protocole organisationnel peut être défini de plusieurs façons :

L'orthoptiste peut participer à la prise en charge des patients d'un ophtalmologiste ayant réalisé et signé ce protocole. Il peut s'agir :

- De la préparation par l'orthoptiste de l'examen médical de l'ophtalmologiste ayant signé le protocole.
- Du suivi par l'orthoptiste d'un patient présentant une pathologie déjà diagnostiquée, sans examen ophtalmologique le même jour, en alternance avec un contrôle complet par l'ophtalmologiste.
- Dans le cadre du suivi, la durée entre deux examens ophtalmologiques doit être précisée.
- Les situations de sortie du protocole, en cas d'évolution surtout, mais aussi d'apparition d'éléments sans rapport avec la pathologie initiale sont décrites.
- Les modalités de transmission à l'ophtalmologiste des

Cabinet d'ophtalmologie des docteurs

Protocole organisationnel en travail aidé entre ophtalmologiste et orthoptiste concernant les patients avec cataracte diagnostiquée venant pour une biométrie.

Protocole conforme aux dispositions du Décret n° 2016-1670 du 6 décembre 2016 relatif à la définition des actes d'orthoptie et aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste, ainsi qu'aux articles R. 4342-1 à R. 4342-7 du Code de la Santé Publique. (version janvier 2018)

Date d'application :

Lieux d'application du protocole :
Cabinet d'ophtalmologie

Autres lieux (adresses) :

Noms, prénoms et adresses professionnelles des orthoptistes participant au protocole organisationnel :

Situations médicales concernées par le protocole :
Patient avec cataracte déjà diagnostiquée venant pour une biométrie oculaire dans le cadre d'un bilan pré-opératoire.
L'orthoptiste intervient dans la même séance que l'ophtalmologiste.

Profession du déléguant : Ophtalmologiste
Profession du délégué : Orthoptiste

Information des patients de leur intégration dans le protocole (à préciser) :
(Le patient est informé de l'existence du protocole et de la procédure du travail aidé. Par ex. : lors du premier examen, ce protocole affiché au sein de l'attente, message sur le téléphone - site internet - RDV en ligne...)

Situations où le protocole ne s'applique pas :
(à compléter éventuellement)
- refus du patient (ou du représentant légal)
- décision de l'ophtalmologiste
- œil rouge, inflammatoire, traumatique.

Signatures :
Dr
Dr
Date de rédaction

Actes orthoptiques pouvant être pratiqués dans le protocole et inscrits au décret 2016-1670 :

Interrogatoire (Art. R. 4342-1-1)
Préparation de l'examen médical du médecin ophtalmologiste (Art. R. 4342-1-2) pouvant comporter :

- Détermination de l'axe visuel et de la réfraction avec ou sans dilateur (Art. R. 4342-4)
- Installation de collimes (Art. R. 4342-5)
- Tonométrie sans contact (Art. R. 4342-6)
- Pachymétrie cornéenne sans contact (Art. R. 4342-6)
- Réfractométrie mydriatique et non mydriatique (Art. R. 4342-6)
- Tomographie par cohérence optique oculaire (Art. R. 4342-6)
- Topographie cornéenne (Art. R. 4342-6)
- Photographie du segment antérieur de l'œil et de la surface oculaire (Art. R. 4342-6)
- Biométrie oculaire préopératoire sans contact (Art. R. 4342-6)
- Biométrie oculaire avec contact (Art. R. 4342-7)

Descriptif du processus de prise en charge du patient

Orthoptiste :
La prise en charge du patient comprendra habituellement :

- Installation du patient, ouverture du dossier informatique avec prise en compte des indications éventuelles des examens précédents
- Interrogatoire sur les motifs de consultation et/ou évolutions depuis le dernier examen ophtalmologique
- Réalisation d'une biométrie oculaire contact ou non contact avec incorporation des données dans le logiciel de calcul de l'implant
- Transmission des informations à l'ophtalmologiste

La prise en charge du patient par l'orthoptiste peut aussi comprendre, en fonction des signes et demandes du patient, des pathologies déjà connues, des demandes de l'ophtalmologiste :

- Mesure des verres correcteurs éventuels, examen à l'auto-réfractomètre automatique, Acuité visuelle, réfraction subjective monoculaire, binoculaire, de loin et de près
- Tonométrie sans contact
- Réfractométrie mydriatique ou non mydriatique
- Tomographie par cohérence optique oculaire
- Topographie cornéenne
- Installation collime

L'intervention de l'orthoptiste peut avoir lieu avant ou après l'ophtalmologiste, suivant les besoins et le jour même.

Ophtalmologiste :

- Examen clinique du patient (exemple : large à ferme, examen du FO avec ou sans contact, PGD à l'aplanation, fuerteosité et/ou de la surface oculaire ou sur la qualité du film bryonal (cf. référentiels SHOF), ...)
- Validation et intégration des examens paracliniques
- Calcul et choix de l'implant
- Prescription du traitement médical ou autre (examens complémentaires...) si nécessaires
- Programmation de l'intervention en accord avec le patient, réponse aux questions du patient
- Coordonner des examens justifiés par l'état oculaire du patient

Fig. 2.

 Académie Française de l'Ophtalmologie Société de contactologie et de vision Cabinet d'ophtalmologie des docteurs Protocole organisationnel entre ophtalmologiste et orthoptiste : Suivi d'un glaucome chronique simple stabilisé (peu évolutif) ou d'une hypertension oculaire simple, par des contrôles alternés orthoptiste - ophtalmologiste. <i>Protocole conforme aux dispositions du Décret n° 2016-1570 du 5 décembre 2016 relatif à la définition des actes d'orthoptiste et aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste, ainsi qu'aux articles R. 4342-1 à R. 4342-7 du Code de la Santé Publique. (version janvier 2018)</i> Date d'application : Lieux d'application du protocole : Cabinet d'ophtalmologie Autres lieux (adresses) : Noms, prénoms et adresses professionnelles des orthoptistes participant au protocole organisationnel : Situations médicales concernées par le protocole : Patients de plus de 16 ans suivis régulièrement par un ou des ophtalmologistes signataires du protocole pour hypertension oculaire simple ou glaucome chronique simple, dont l'état est considéré comme suffisamment stable ou peu évolutif pour que certaines étapes du suivi régulier puissent être déléguées à l'orthoptiste en l'absence de l'ophtalmologiste. Ce dernier, après analyse du dossier (télé-expertise), adressera au patient le compte-rendu et l'éventuelle ordonnance dans les 10 jours. Profession du délégant : Ophtalmologiste. Profession du délégué : Orthoptiste Information des patients de leur intégration dans le protocole : <i>Le patient est informé de l'existence du protocole et de la procédure de lecture du dossier par l'ophtalmologiste en télé-expertise. Son accord est requis et noté dans le dossier lors de l'examen. Ce protocole est disponible sur demande du patient.</i> Signatures : Dr _____ Dr _____ Date de rédaction : _____	Actes orthoptiques pouvant être pratiqués dans le protocole et inscrits au décret 2016-1670 : - Interrogatoire (Art. R. 4342-1-1) - Détermination de l'acuité visuelle et de la réfraction avec ou sans dilatation (Art. R. 4342-4) - Installation de collyres (Art. R. 4342-4) - Tonométrie sans contact (Art. R. 4342-5) - Pachymétrie cornéenne sans contact (Art. R. 4342-6) - Rétinographie mydriatique et non mydriatique (Art. R. 4342-6) - Tomographie par cohérence optique oculaire (Art. R. 4342-6) - Photographie du segment antérieur de l'œil et de la surface oculaire (Art. R. 4342-6) - Champ visuel : périmétrie, campimétrie (Art. R. 4342-5) Descriptif du processus de prise en charge du patient Orthoptiste : La prise en charge du patient comprendra habituellement au moins : - Installation du patient, ouverture du dossier informatique avec prise en compte des prescriptions éventuelles décidées lors de l'examen précédent. - Interrogatoire du patient visant à identifier ses plaintes visuelles, à contrôler l'observance thérapeutique et la tolérance locale/générale des collyres. Cet interrogatoire pourra aussi repérer l'apparition de nouveaux symptômes sans relation avec le glaucome ou une nouvelle thérapeutique prise par le patient depuis l'examen précédent. - Tonométrie sans contact. - Régulièrement, en fonction de l'HTO ou du stade du glaucome et des indications inscrites dans le dossier par l'ophtalmologiste : - Champ visuel (périmétrie) - Tomographie par cohérence optique oculaire (OCT) - Acuité visuelle, réfraction subjective La prise en charge du patient par l'orthoptiste peut aussi comprendre, en fonction de la périodicité du suivi, des indications du dossier : - Mesure des verres correcteurs éventuels, examen à l'auto-réfractomètre automatique. - Pachymétrie cornéenne sans contact - Rétinographie mydriatique ou non mydriatique - Installation de collyres(s), autres(s) examens(s) sur indication de l'ophtalmologiste. Transmission des informations à l'ophtalmologiste par l'intermédiaire du dossier partagé. Ophtalmologiste : - Interprétation des examens paracliniques, analyse et validation du dossier. - Il décide de la périodicité et de la teneur des contrôles, laquelle doit être adaptée individuellement, tenant compte de la progression du glaucome et du stade clinique. L'âge du patient, les caractéristiques socioéconomiques et socioprofessionnelles propres à chaque individu, ainsi que le profil psychologique doivent également être pris en compte. - Transmission au patient du compte-rendu des examens, avec l'éventuelle ordonnance de traitement, et la date et les modalités du prochain contrôle, si cela n'a pas déjà été prévu lors de l'examen (ou si modification à programmer)
Situations où le protocole ne s'applique pas : - Refus du patient d'intégrer le protocole - Patients dont le suivi ou la compliance au traitement est faible - Patients présentant une poly-pathologie oculaire (sauf si séquellaires) - Patients présentant une baisse d'acuité visuelle profonde, bruite et récente - Patients présentant des traitements ou des pathologies générales nécessitant un suivi ophtalmologique - Patients adressés par un autre médecin - Glaucome aigu, avancé ou instable L'ophtalmologiste reste maître de la décision de proposer ou non l'inclusion dans le protocole en fonction de la connaissance qu'il a du patient. Situations de sorties du protocole organisationnel avec programmation d'une consultation ophtalmologique I / Situations d'urgence nécessitant l'avis rapide de l'ophtalmologiste : - une baisse d'acuité visuelle profonde (3/10 ou plus par rapport au dernier examen), - un tonus très élevé (>28 mmHg), - un trouble oculomoteur aigu (paralysie oculomotrice) ou autre signe oculaire inquiétant, éventuellement documenté par une rétinographie ou des photographies du segment antérieur. Un ophtalmologiste signataire du protocole doit pouvoir être joint en cas de besoin. II / Situations nécessitant la programmation d'une consultation ophtalmologique sans urgence - Demande du patient sans rapport avec l'objet du protocole - Forte évolution de l'état réfractif (> 1 D en un an) - Baisse significative de la meilleure acuité visuelle corrigée - Symptôme évoquant un problème non glaucomeux - Mise en évidence à l'interrogatoire d'une nouvelle pathologie générale ou d'un nouveau traitement pouvant avoir des répercussions oculaires. - Incohérence ou dégradation avec les examens antérieurs. - Pression intra-oculaire supérieure à la cible indiquée dans le dossier Ces éléments sont inscrits dans le dossier par l'orthoptiste et appréciés lors de la lecture à distance par l'ophtalmologiste. La liste des situations décrites ci-dessus n'est ni exhaustive, ni impérative et elle ne remplace pas le jugement clinique de l'ophtalmologiste qui peut décider de la sortie du protocole à tout moment. III / En l'absence d'évolution importante, un examen médical ophtalmologique est nécessaire dans un délai maximum de 12 à 18 mois. Il est nécessaire qu'un examen clinique complet soit réalisé à intervalles réguliers par l'ophtalmologiste, selon un rythme défini par lui-même en fonction du stade et de la stabilité de la maladie et de son jugement clinique.	Les informations relatives à l'interrogatoire et aux examens réalisés par l'orthoptiste seront transmises au médecin ophtalmologiste par l'intermédiaire d'un dossier informatique partagé ou par tout autre moyen assurant la confidentialité des échanges. Le compte-rendu, accompagné de l'ordonnance éventuelle, signé par le médecin ophtalmologiste et adressé au patient, comprendra à minima : - Les dates des examens réalisés par l'orthoptiste et de l'interprétation par l'ophtalmologiste - Le nom de l'orthoptiste et de l'ophtalmologiste - Le résumé de l'examen avec l'acuité visuelle et la réfraction prescrite - Les événements indésirables éventuels survenus et les solutions apportées - L'intervalle conseillé des examens et leur modalité (poursuite ou non dans le protocole, nouvelle consultation médicale ophtalmologique)

Fig. 3.

résultats de l'interrogatoire et des examens pratiqués sont précisées.

- Dans tous les cas, le patient est informé de sa prise en charge dans le cadre d'un protocole organisationnel.
- Un compte-rendu, signé par le médecin ophtalmologiste, est alors adressé au patient.

Quelles sont les cotations utilisables, aussi bien par l'orthoptiste que par l'ophtalmologiste, dans le cadre de ces protocoles organisationnels, en sachant que le motif de réalisation des différents examens pratiqués, l'interprétation de ceux-ci, les éléments justificatifs (courriers, comptes rendus, ordonnances...) doivent figurer clairement dans le dossier médical du patient.

Ceci est essentiel pour pouvoir répondre aux demandes de la caisse d'AM en cas de contrôle.

La nouvelle cotation des orthoptistes AMY 8,5, utilisable depuis le 1^{er} janvier 2018, correspondant à la mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction, ne doit pas être utilisée à chaque intervention de l'orthoptiste mais doit correspondre à une indication médicale.

Toutes les informations peuvent être retrouvées dans le texte du décret ci-joint.

Décret n° 2016-1670 du 5 décembre 2016 relatif à la définition des actes d'orthoptie et <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/12/5/AFSH1624123D/jo/texte>

Décret n° 2016-1670 du 5 décembre 2016 relatif à la définition des actes d'orthoptie et aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste

“Art. R. 4342-1.-L'orthoptie consiste en des actes d'exploration, de rééducation et de réadaptation de la vision utilisant éventuellement des appareils et destinés à traiter les anomalies de la fonction visuelle.

“Dans son activité, l'orthoptiste est habilité à réaliser un interrogatoire et à recueillir les informations concernant le patient et son entourage dans le respect du secret professionnel.

“La prise en charge orthoptique est accompagnée, le cas échéant, de conseils appropriés à l'entourage proche du patient.”;

2° Après l'article R. 4342-1, sont insérés les articles R. 4342-1-1 à R. 4342-1-4 ainsi rédigés :

“Art. R. 4342-1-1.-I.-L'orthoptiste est habilité à pratiquer ses actes en application d'une prescription médicale écrite, datée et signée par le médecin prescripteur.

“II. Lorsqu'il exerce dans le cadre du cabinet d'un médecin ophtalmologiste, au sein d'un établissement de santé, dans les services de santé décrits au titre II du livre III de la sixième partie, dans les hôpitaux et centres médicaux des armées ou dans les services de santé au travail, l'orthoptiste peut également réaliser les actes mentionnés aux articles R. 4342-2 et R. 4342-4 à R. 4342-7, en application d'un protocole organisationnel préalablement établi, daté et signé par un ou plusieurs médecins ophtalmologistes exerçant dans ces structures. Ce protocole mentionne les noms et les adresses professionnelles des orthoptistes concernés.

“III. En cas d'urgence et en l'absence d'un médecin, l'orthoptiste est habilité à accomplir les premiers actes de soins nécessaires en orthoptie. Un compte-rendu des actes accomplis dans ces conditions est transmis au médecin dès son intervention.

“Art. R. 4342-1-2.-Le protocole organisationnel permet à un orthoptiste de participer à la prise en charge de patients suivis par un médecin ophtalmologiste signataire de ce protocole.

“Il peut concerner :

“1° La préparation par l'orthoptiste de l'examen médical du médecin ophtalmologiste ;

“2° Le suivi par l'orthoptiste d'un patient dont la pathologie visuelle est déjà diagnostiquée, sans examen ophtalmologique réalisé le même jour, afin de vérifier que l'état reste stabilisé.

“Le patient est informé de sa prise en charge dans le cadre d'un protocole organisationnel.

“Art. R. 4342-1-3.-Le protocole organisationnel décrit les situations médicales concernées et les actes orthoptiques nécessaires.

“Art. R. 4342-1-4.-Lorsque le protocole est utilisé pour le suivi par l'orthoptiste d'un patient dont la pathologie visuelle est déjà diagnostiquée, sans examen ophtalmologique réalisé le même jour, afin de vérifier que l'état reste stabilisé, il précise :

“1° La durée au-delà de laquelle un examen médical ophtalmologique est nécessaire ;

“2° Les situations de sortie du protocole, notamment en cas d'évolution apparaissant sur les examens pratiqués ou de constatation d'éléments sans rapport avec la situation ciblée par le protocole ;

“3° Les modalités de transmission au médecin ophtalmologiste des informations relatives à l’interrogatoire et aux examens réalisés.

“Un compte-rendu, signé par le médecin ophtalmologiste, est alors adressé au patient.”;

3° Les articles R. 4342-2 à R. 4342-8 sont remplacés par les dispositions suivantes.

“**Art. R. 4342-2.**-L’orthoptiste est seul habilité, sur prescription médicale ou dans le cadre d’un protocole organisationnel défini à la présente section, à établir un bilan qui comprend le diagnostic orthoptique, l’objectif et le plan de soins. Ce bilan, accompagné du choix des actes et des techniques appropriées, est communiqué au médecin prescripteur.

“La réalisation d’un bilan orthoptique comporte l’étude des axes sensoriel, moteur et fonctionnel de la vision.

“Dans le cadre de ce bilan, l’orthoptiste peut être amené à effectuer :

- “1° Une mesure de la réfraction et de l’acuité visuelle ;
- “2° Une étude des mouvements oculaires enregistrés ou non ;
- “3° Un bilan des déséquilibres oculomoteurs ;
- “4° Une déviométrie ;
- “5° Une analyse fonctionnelle des troubles neuro-visuels.

“**Art. R. 4342-3.**-L’orthoptiste est seul habilité, sur prescription médicale et après réalisation du bilan décrit à l’article R. 4342-2, à effectuer la prise en charge orthoptique :

- “1° Des strabismes ;
- “2° Des paralysies oculomotrices ;
- “3° De l’amblyopie ;
- “4° Des hétérochories ;
- “5° Des troubles de la vision binoculaire et de ses déséquilibres ;
- “6° Des troubles neurosensoriels, fusionnels et accommodatifs ;
- “7° Des troubles de l’orientation du regard et des mouvements oculaires ;
- “8° Des troubles neuro-ophtalmologiques ou neuro-visuels ;
- “9° Des conséquences neuro-ophtalmologiques des pathologies générales ;
- “10° Des troubles de la communication visuelle ;
- “11° Des déficiences visuelles d’origine périphérique ou neuro-ophtalmologique (basse vision).

“L’orthoptiste informe le médecin prescripteur de l’éventuelle adaptation du traitement en fonction de l’évolution et de l’état de santé du patient et de l’évolution du traitement orthoptique à l’issue de la dernière séance prévue dans le plan de soin effectué lors du bilan.

“**Art. R. 4342-4.**-Sur prescription médicale, ou dans le cadre d’un protocole organisationnel défini à la présente section, l’orthoptiste est habilité à :

- “1° Déterminer l’acuité visuelle et la réfraction, avec ou sans dilatation, les médicaments nécessaires à la réalisation étant prescrits par le médecin ;
- “2° Procéder à l’irrigation de l’œil et instillation de collyres ;
- “3° Recueillir des sécrétions lacrymales ;
- “4° Réaliser les séances d’apprentissage à la manipulation et à la pose des lentilles de contact oculaire et des verres scléraux.

“**Art. R. 4342-5.**-L’orthoptiste est habilité, sur prescription médicale ou dans le cadre d’un protocole organisationnel défini à la présente section, à effectuer les actes professionnels suivants :

- “1° Périmétrie ;
- “2° Campimétrie ;
- “3° Etude de la sensibilité au contraste et de la vision nocturne ;
- “4° Exploration du sens chromatique ;
- “5° Rétinographie mydriatique et non mydriatique. Les médicaments nécessaires à la réalisation sont prescrits par le médecin ;
- “6° Tonométrie sans contact.

“L’interprétation des résultats est de la compétence du médecin prescripteur ou d’un médecin ophtalmologiste signataire du protocole organisationnel.

“**Art. R. 4342-6.**-L’orthoptiste est habilité, sur prescription médicale ou dans le cadre d’un protocole organisationnel défini à la présente section, à effectuer les actes professionnels suivants :

- “1° Pachymétrie cornéenne sans contact ;
- “2° Enregistrement des mouvements oculaires ;
- “3° Tomographie par cohérence optique oculaire ;
- “4° Topographie cornéenne ;
- “5° Biométrie oculaire préopératoire sans contact ;
- “6° Examen spéculaire de la cornée sans contact ;
- “7° Aberrométrie oculaire ;
- “8° Photographie du segment antérieur de l’œil et de la surface oculo-palpébrale ;
- “9° Photographie des deux yeux dans les différentes positions du regard.

“L’interprétation des résultats est de la compétence d’un médecin ophtalmologiste.

“**Art. R. 4342-7.**-L’orthoptiste est habilité, sur prescription médicale ou dans le cadre d’un protocole organisationnel défini à la présente section, à participer, sous la responsabilité

d'un médecin en mesure d'en contrôler l'exécution et d'intervenir immédiatement, aux enregistrements effectués à l'occasion des explorations fonctionnelles suivantes :

“1° Angiographie rétinienne, à l'exception de l'injection qui est effectuée par un professionnel de santé habilité ;

“2° Electrophysiologie oculaire ;

“3° Biométrie oculaire avec contact ;

“4° Pachymétrie avec contact.

“L'interprétation des résultats est de la compétence du médecin responsable de l'exécution de l'examen.

“**Art. R. 4342-8.**-Selon les secteurs d'activité où il exerce et les besoins rencontrés, l'orthoptiste participe, dans le cadre des actes prévus aux articles R. 4342-1 à R. 4342-7, à différentes actions d'éducation, de prévention, de dépistage, de formation, de recherche et d'encadrement.

“Ces actions concernent en particulier :

“1° La formation initiale et continue des orthoptistes ;

“2° La contribution à la formation d'autres professionnels ;

“3° La collaboration, en particulier avec les autres membres des professions sanitaires et sociales, permettant de réaliser des interventions coordonnées, notamment en matière de prévention ;

“4° Le développement de la recherche dans le domaine de l'orthoptie.”

Voici un tableau d'exemples de quelques protocoles (*tableau II*).

Un certain nombre de ceux-ci sont mis en place et validés par le SNOF et les sociétés savantes, Société Française du Glaucome et SFO.

Voici quelques exemples de protocoles organisationnels :

– protocole organisationnel en travail aidé entre ophtalmologiste(s) et orthoptiste(s) concernant les patients de moins de 16 ans sans pathologie connue ou avec pathologie visuelle déjà diagnostiquée ;

– protocole organisationnel en travail aidé entre ophtalmologiste et orthoptiste concernant les patients de plus de 16 ans avec hypertension oculaire ou glaucome ;

– protocole organisationnel RNO entre ophtalmologiste et orthoptiste (version janvier 2018) : Bilan visuel réalisé par un orthoptiste, en l'absence de l'ophtalmologiste, dans le cadre du renouvellement ou de l'adaptation des corrections optiques chez les patients de 6 à 50 ans, avec lecture médicale du dossier en différé.

Mais vous pourrez trouver sur le site du SNOF ou dans la ROF des protocoles différents et vous pouvez imaginer et mettre en place d'autres protocoles dans vos structures.

Protocoles Organisationnels	Cotations Orthoptistes Si actes justifiés	Cotations Ophtalmologiste	Facturation	Dépassement Honoraires Si conditions légales réunies
RNO	Pas de cotation	RNO + compte rendu à Envoyer au patient sous 8 jours	23 € En FS papier ou FSE mode dégradé 28 € en attente au JO	Impossible
Protocole Glaucome Pré-consultation Suivi	CV = AMY 10.5 Réfraction AMY 8.5 Ordonnance obligatoire	CS CCAM	Selon les actes réalisés	Possible
PO pré consultation Biométrie avant Cataracte	AMY 8.5 Ordonnance obligatoire	CCAM	Selon les actes réalisés	Possible
Protocole Glaucome stable Contrôle intermédiaire	CV = AMY 10.5 Réfraction AMY 8.5 Ordonnance obligatoire	Cotation à venir Ordonnance au patient sous 10 jours	Uniquement Les actes AMY	Impossible Dans l'avenir ?
PO dépistage RD Ophtalmo différé sur dossier	AMY 6,1 Ordonnance obligatoire	BGQP140 Compte rendu au médecin traitant + patient	AMY 6,1 BGQP140 ALD Tiers Payant	Impossible

Tableau II.

■ Les nouvelles cotations orthoptiques

1. La nouvelle place des orthoptistes dans nos cabinets

Ce sont le décret n° 2016-1670 du 5 décembre 2016 (déjà exposé) relatif à la définition des actes d'orthoptie et aux modalités d'exercice de la profession d'orthoptiste et l'avenant N° 12 à la convention nationale du 19 avril 1999 des orthoptistes libéraux, signé entre l'UNCAM et le SNAO (le syndicat des orthoptistes) approuvé par avis publié au Journal officiel du 23 juin 2017, qui visent à modifier les évolutions de la filière visuelle et les pratiques de coopération efficaces entre professionnels de santé.

Le SNOF n'a pas pris part, et son avis n'a pas été demandé, à l'élaboration de l'avenant N° 12.

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000034992620&categorieLien=id>

Cet avenant prévoit notamment :

- La mise en place, à titre expérimental, des mesures organisationnelles et incitatives visant à favoriser l'exercice des orthoptistes dans les zones déficitaires en offre de soins visuels et ce, en favorisant notamment la coopération entre professionnels de santé de la filière visuelle.
- La valorisation de l'activité de bilan (basse vision, troubles oculomoteurs, amblyopie, déficience neurovisuelle, neurosensorielle) et de rééducation des orthoptistes (amblyopie, strabisme, déficience visuelle).
- La valorisation des nouveaux champs d'intervention des orthoptistes notamment en matière de prévention et de dépistage (mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction avec ou sans dilatation) et de l'implication des orthoptistes libéraux dans la prise en charge de certaines populations (enfants, personnes âgées), de certaines pathologies (AVC) et du handicap.
- Ces différentes mesures se sont traduites par la prise en charge d'actes inscrits à la liste des actes et prestations. Ces nouveaux actes sont entrés en vigueur au 1^{er} janvier 2018 pour une part et pour d'autres ce sera au 1^{er} janvier 2019.
- Les dispositions de l'avenant 12 s'appliquent à tous les orthoptistes, libéraux et aussi salariés des ophtalmologistes libéraux. Par contre, sont exclus du champ d'application de la convention les orthoptistes exerçant dans les locaux commerciaux ou leurs dépendances et les orthoptistes salariés

exerçant dans un établissement public ou privé d'hospitalisation ou dans un centre de santé.

- Les bilans orthoptiques peuvent faire partie d'un protocole organisationnel

Le SNOF s'est plusieurs fois élevé contre l'hypothèse, prévue dans cet avenant, d'une expérimentation de renouvellement des lunettes par des médecins généralistes dans les maisons de santé après examen de la réfraction réalisé par des orthoptistes libéraux. Ce n'est ni éthique, ni pertinent et constituerait un contournement de la loi de modernisation de notre système de santé de 2016 où les possibilités de renouvellement, sans allonger la durée de validité de l'ordonnance, sont réservées à l'opticien.

Depuis le décret de décembre 2016, il est clairement précisé :

“Art. R. 4342-1-1. - I. — L'orthoptiste est habilité à pratiquer ses actes en application d'une prescription médicale écrite, datée et signée par le médecin prescripteur.

“II. — Lorsqu'il exerce dans le cadre du cabinet d'un médecin ophtalmologiste, au sein d'un établissement de santé, dans les services de santé décrits au titre II du livre III de la sixième partie, dans les hôpitaux et centres médicaux des armées ou dans les services de santé au travail, l'orthoptiste peut également réaliser les actes mentionnés aux articles R. 4342-2 et R. 4342-4 à R. 4342-7, en application d'un protocole organisationnel préalablement établi, daté et signé par un ou plusieurs médecins ophtalmologistes exerçant dans ces structures. Ce protocole mentionne les noms et les adresses professionnelles des orthoptistes concernés.

Ce décret est écrit très clairement pour réserver les protocoles organisationnels seulement aux ophtalmologistes et pour éviter que les orthoptistes libéraux s'auto-prescrivent des actes.

Il n'y a donc pas de prescription obligatoire dans un protocole organisationnel si les actes pratiqués font partie de la liste (**tableau III**). C'est un avantage considérable et il va falloir en profiter.

Voici la nouvelle nomenclature des orthoptistes complétant la dernière nomenclature faite en 2003. On peut noter un certain nombre de nouveautés :

- Les premières majorations de tarifs depuis longtemps en orthoptie avec augmentation du nombre d'AMY par acte, la valeur de la lettre clé AMY reste identique (2,60 €).

- Le bilan orthoptique n'est plus unique mais multiple et il sera sans doute un peu difficile de bien déterminer, dans beaucoup de situations, quel est le bilan à réaliser. Il s'agit cependant des premières majorations de tarifs depuis longtemps en orthoptie. Seul le nombre d'AMY progresse, la valeur de la lettre clé AMY reste identique (2,60 €).
- La grande nouveauté est la création d'une cotation de la mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction avec ou sans dilatation. La cotation est AMY 8,5 soit 22,10 €. L'ordonnance est dans tous les cas obligatoires sauf dans les protocoles organisationnels.

Cet acte a été introduit dans l'article R. 4342-4 du décret des orthoptistes n° 2016-1670 du 5 décembre 2016: "Sur prescription médicale, ou dans le cadre d'un protocole organisationnel défini à la présente section, l'orthoptiste est habilité à :

– Déterminer l'acuité visuelle et la réfraction, avec ou sans dilatation, les médicaments nécessaires à la réalisation étant prescrits par le médecin [...]"

Cet acte doit donc être prescrit par un médecin ou être pratiqué par l'orthoptiste au sein d'un protocole organisationnel, mis en place et dirigé uniquement par les ophtalmologistes.

La prescription de cet acte par des médecins généralistes ou des pédiatres ne semble pas pertinente puisque réalisée en dehors de tout contexte clinique ; et comment le même médecin prescripteur pourrait ensuite écrire une ordonnance avec le résultat de la mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction effectuée par l'orthoptiste, en engageant sa responsabilité, sans la compétence pour la rédiger ?

Libellés NGAP Titre III – Chapitre II-Orbite Œil	Cotation AMY 2017	Nouvelle Cotation	Date d'effet
Mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction avec ou sans dilatation		8,5	01/01/2018
Bilans des déséquilibres de la vision binoculaire liés à un trouble des capacités fusionnelles	10	10	01/01/2018
Bilans des déséquilibres de la vision binoculaire liés à un trouble des capacités fusionnelles et un trouble neurosensoriel, accommodatif ou à un trouble de l'orientation du regard (hors enregistrement)	14,1	14,5	01/01/2018
Bilan des troubles oculomoteurs : hétérophories, strabismes, paralysies oculomotrices	14,1	15	01/01/2018
Bilan d'une amblyopie	14,1	15,5	01/01/2018
Bilan orthoptique fonctionnel de la basse vision	20	30	01/01/2018
Bilan des troubles neurovisuels diagnostiqués	20,1	30,5	01/01/2018
Traitement de l'amblyopie par série de 20 séances de l'ordre de 20 mn	5,4	5,8	5,6 (01/01/2018) 5,8 (01/01/2019)
Traitement du strabisme par série de 20 séances de l'ordre de 20 mn	5,4	6,5	6,1 (01/01/2018) 6,5 (01/01/2019)
Traitement des hétérophories et des déséquilibres binoculaires par série de 20 séances de l'ordre de 20 mn	4	4	cotation inchangée
Rééducation d'une déficience visuelle d'origine organique ou fonctionnelle d'une durée de l'ordre de 30 mn pour les enfants et de 45 mn pour les adultes			
Pour les plus de 16 ans	16,2	18	01/01/2019
Pour les 3 à 16 ans	11,2		
Pour les moins de 3 ans	10,2	12	01/01/2019

Tableau III.

2. Par contre, comment les ophtalmologistes peuvent utiliser cette cotation ?

- Cas de l'ophtalmologiste travaillant seul, sans orthoptiste salarié : Il lui faudrait faire de nombreuses prescriptions "Mesure de l'acuité visuelle et de la réfraction", en ayant vu le patient, ce qui n'aurait aucun sens puisque dans la consultation ophtalmologique de base se trouve justement la réfraction ;
- Cas de l'ophtalmologiste travaillant en délégation de tâches avec un orthoptiste salarié :
 - Cette cotation ne pourra être utilisée que s'il n'y a pas de doublon dans les contenus, comme cotation de l'examen du champ visuel en AMY par l'orthoptiste et en CCAM par l'ophtalmologiste qui ne sont pas acceptées.
 - L'AMY 8,5 ne peut être utilisée dans les protocoles RNO car la cotation est globale.
 - Lors d'un examen dont le motif central n'est pas la réfraction ou le contrôle de l'acuité visuelle, cet acte peut être utilisé, comme par exemple pour les patients présentant une DMLA revus pour des examens complémentaires (OCT, angiographie...) et qui nécessitent aussi une surveillance régulière de leur acuité visuelle.
 - Mais cette cotation par les ophtalmologistes avec orthoptiste salarié n'est surtout possible que dans le cadre des nouveaux protocoles organisationnels, si les PO adéquats sont validés par l'UNCAM

Il ne faudra pas, de plus, faire un usage irraisonné de cette nouvelle cotation en cas de travail aidé ou en télémedecine. Il faut se rappeler constamment que la pertinence des actes a été définie comme un sujet central par l'Assurance Maladie et le ministère de la santé.

Enfin, pour clore ce sujet des nouvelles prérogatives des orthoptistes, rappelons que depuis l'arrêté du 31 mars 2017, les orthoptistes sont autorisés à prescrire certains dispositifs médicaux :

- Art. 1^{er}.** – Lors des soins orthoptiques reçus par un patient, l'orthoptiste est autorisé, sauf indication contraire du médecin, à prescrire à ce patient les dispositifs médicaux suivants :
- rondelle oculaire stérile et sparadrap ;
 - cache oculaire et système ophtalmologique d'occlusion à la lumière ;
 - prisme souple autocollant ;
 - filtre d'occlusion partielle ;
 - filtre chromatique ou ultraviolet ;
 - loupe destinées aux personnes amblyopes de moins de 20 ans ;

– aide visuelle optique destinée aux personnes amblyopes de moins de 20 ans.

Art. 2. – Lors des soins orthoptiques reçus par un patient, l'orthoptiste est autorisé, sauf indication contraire du médecin, à renouveler pour ce patient une prescription médicale d'un des dispositifs médicaux suivants :

- canne blanche.

II Les contrats de coopération pour les soins visuels entre ophtalmologistes et orthoptistes

C'est la circulaire du 30 août 2017 qui a défini les deux types contrats de coopération pour les soins visuels entre ophtalmologistes et orthoptistes :

- l'un à destination des ophtalmologistes libéraux, visant à les inciter à former ou à embaucher un orthoptiste pour développer le travail en coopération : les contrats types de coopération ;
- l'autre est à destination des structures d'exercice pluri-professionnel, maison de santé pluri-professionnelle (MSPP) ou centre de santé, avec pour objectif d'y implanter une offre de soins visuels, par la présence d'au moins un professionnel de la santé visuelle : le contrat de type collectif.

Mais ce dernier contrat n'a pas une grande portée car il n'existe en France que 5 MSPP dans lesquelles on retrouve actuellement à la fois les deux professionnels, un ophtalmologiste et un orthoptiste.

Les contrats types de coopération sont au nombre de deux et concernent uniquement les ophtalmologistes libéraux qui doivent être :

- conventionnés en secteur à honoraires opposables ou secteur à honoraires différents avec adhésion à l'OPTAM ;
- exerçant en cabinet individuel ou au sein d'une société associant des médecins conventionnés, (SEL, SCP, ou SCM) ; – et disposant d'une organisation permettant l'intervention d'un orthoptiste au sein du cabinet avec existence d'un secrétariat physique dans le cabinet, d'un dossier informatique partagé pour les professionnels exerçant au sein du cabinet, d'au moins un poste de travail opérationnel pouvant être utilisé par l'orthoptiste.

Le SNOF regrette la non-rétroactivité de ces contrats individuels qui a été demandée pour les ophtalmologistes qui avaient déjà embauché depuis le 1^{er} janvier 2016, mais cela a été refusé par le conseil d'Etat. Mais ces contrats sont

rétrospectivement actifs au 29 avril 2017 sont rétrospectivement actifs au 29 avril 2017

1. Le contrat de coopération "embauche d'un orthoptiste"

Les ophtalmologistes libéraux ne doivent pas employer, au jour de l'adhésion, d'orthoptiste salarié et ne pas avoir procédé au licenciement d'un orthoptiste dans un délai de douze mois précédant la signature du contrat. De plus, ils ne doivent pas avoir mis fin à un contrat à durée déterminée ou à la période d'essai d'un orthoptiste dans un délai de six mois précédant la signature du contrat.

L'ensemble de ces conditions d'éligibilité sont cumulatives pour l'adhésion au contrat à l'exclusion de l'exigence d'un poste de travail opérationnel qui pourra être mis en place par l'ophtalmologiste dans les 3 mois suivants l'adhésion au contrat.

Le contrat est signé pour trois ans à compter de la date d'enregistrement du contrat par la CPAM et est non-renouvelable.

Dans le cadre du contrat l'ophtalmologiste s'engage :

À titre principal :

- à recruter, au titre de son activité, un orthoptiste salarié, pour une durée minimale de travail de *16 heures par semaine* ;
- à *augmenter annuellement le nombre de patients différents* reçus en consultation au cabinet (+ 10 % la première année, + 20 % la deuxième année, + 25 % la troisième année au regard de l'année civile précédant la conclusion du contrat) ;
- Mais aussi à des engagements complémentaires optionnels ;
- *augmenter annuellement le nombre de patients pris en charge non connus du cabinet* dans les deux années civiles précédant l'année au titre de laquelle l'aide est versée (+ 10 % par an par rapport aux deux années civiles précédant l'année au titre de laquelle l'aide est versée) ;
- *augmenter annuellement* dans la patientèle de l'ophtalmologiste, *la part d'enfants de moins de 16 ans pris en charge* (+ 5 % par an au regard de l'année civile précédant la conclusion du contrat) ;
- former le personnel du secrétariat au repérage et à la gestion des urgences.

En contrepartie du respect des engagements, les CPAM s'engagent à verser à l'ophtalmologiste une aide forfaitaire d'un montant maximal de 30 000 euros sur 3 ans :

- 15 000 euros la 1^{re} année ;
- 10 000 euros la 2^e année ;
- 5 000 euros la 3^e année.

Le montant de l'aide est calculé chaque année par la CPAM en fonction du taux d'atteinte des engagements socle sur l'année par l'ophtalmologiste et de la durée de travail de l'orthoptiste salarié prévue au contrat mesuré en équivalent temps plein. Le montant total de l'aide (mentionné ci-dessus) sera versé à l'ophtalmologiste ayant atteint l'ensemble des engagements socles au titre d'une année civile et disposant d'un orthoptiste salarié recruté à temps plein.

Toujours en respectant les engagements, l'ophtalmologiste peut également bénéficier, en sus de l'aide forfaitaire principale, de rémunérations complémentaires, s'il répond par ailleurs aux engagements complémentaires optionnels suivants :

- + 10 % d'augmentation annuelle du nombre de patients pris en charge non connus du cabinet : 1 300 euros par an ;
- + 5 % d'augmentation annuelle de la part d'enfants de moins de 16 ans dans la patientèle de l'ophtalmologiste : 1 300 euros par an ;
- formation du secrétariat au repérage et à la gestion des urgences : 1 200 euros. À noter que cette rémunération sera versée une seule fois sur toute la durée du contrat.

2. Le contrat de coopération "Formation d'un orthoptiste au travail en coopération"

Le contrat de coopération "formation" a pour objet d'inciter les ophtalmologistes libéraux à accueillir en stage au sein de leur cabinet un étudiant en troisième année de préparation au certificat de capacité d'orthoptiste afin de le former, entre autres, au travail en coopération.

Il concerne les ophtalmologistes employant ou exerçant dans un cabinet qui emploie un orthoptiste salarié à la date de la signature du contrat qui puisse assurer la fonction de maître de stage.

La présence d'un orthoptiste salarié est indispensable.

La CPAM vérifie l'éligibilité des ophtalmologistes au contrat.

Le contrat est signé pour trois ans à compter de la date d'enregistrement du contrat par la caisse et est non-renouvelable. Le montant total de l'aide versée par la CPAM est de 1 800 € par formation, dans la limite de 3 formations successives.

Pour chaque formation, la CPAM procède au versement de l'aide en deux temps :

- 900 euros dans un délai de 2 mois suivant la présentation par le médecin de la convention de stage signée, puis ;
- 900 euros à l'issue du stage de formation, dans un délai de

2 mois suivant la présentation par le médecin de l'attestation de fin de stage.

Le contrat collectif pour les soins visuels pour les MSPP et les centres de santé est en fait une commande politique pour tenter de développer une autre offre de soins ophtalmologique, en dehors des cabinets libéraux, afin de créer des coopérations avec des professionnels de santé pour la réalisation de consultations d'ophtalmologie.

Un des buts de ce contrat est de chercher à installer des orthoptistes dans les MSPP et les CDS en télé-médecine. Pour l'instant, il ne peut se mettre en place. D'autres instructions seront diffusées par le Ministère de la Santé pour la mise en œuvre du contrat type collectif.

■ Dispositions pour favoriser l'activité

Dans la dernière Convention se trouvent des dispositions pour favoriser l'activité dans les zones fragiles.

1. Activité partielle Mesure 3 : Contrat de solidarité territoriale médecin (CSTM)

Ce contrat favorise l'exercice ponctuel de médecins dans les zones identifiées comme "fragiles" par les ARS. Mais si les ARS ont déterminées pour la médecine générale ces "zones dites fragiles", les zones pour l'ophtalmologie n'ont pas été définies. Néanmoins dans les zones considérées comme des déserts médicaux, le médecin souhaitant signer un contrat CSTM pourra faire une demande auprès de la CPAM et c'est le plus souvent accepté.

Ce CSTM peut correspondre à tout type de vacation en zone "fragile" autorisée par le conseil départemental de l'Ordre, contrats éventuels avec un confrère ou une collectivité territoriale. Ceci afin de répondre aux besoins en offre de soins des patients.

Conditions d'adhésion du médecin

- Ne pas être installé dans les zones identifiées par l'ARS comme "fragiles";
- Exercer une activité libérale conventionnée en secteur 1 ou 2;
- S'engager à exercer en libéral au minimum dix jours par an, en zone "fragile";
- Aide annuelle de 10 % des honoraires de l'activité conventionnée clinique et technique du médecin réalisée en zones

"fragiles" (hors dépassements d'honoraires et rémunérations forfaitaires), dans la limite de 20 000 € par an, calculée par année civile;

– En cas de majoration par l'ARS (pour les zones particulièrement déficitaires en médecins): aide à l'activité de 12 % maximum des honoraires tirés de l'activité conventionnée clinique et technique réalisée en zones "fragiles" (hors dépassements d'honoraires et rémunérations forfaitaires), dans la limite de 24 000 € au maximum par an;

– Pour les médecins exerçant en secteur à honoraires différents (secteur 2), l'aide est proratisée sur la base du taux d'activité réalisée aux tarifs opposables par le médecin;

– Prise en charge des frais de déplacement engagés par le médecin sur ces zones.

– Engagements du médecin :

- Exercer au minimum dix jours par an, en zones "fragiles" (intervention dans plusieurs zones "fragiles" possibles), après accord du conseil de l'Ordre des médecins quant au lieu d'exercice;

- Facturer l'activité réalisée au sein de ces zones, sous le numéro de facturant (numéro AM) attribué spécifiquement à cette activité

- Attention: En cas de résiliation anticipée, les sommes dues pour l'année en cours sont calculées, au prorata de la durée effective de l'année.

- Durée du contrat: Contrat de 3 ans, renouvelable par tacite reconduction.

2. Transmission d'activité Mesure 4: contrat de transition (COTRAM)

Ce contrat a pour objet de soutenir les médecins qui exercent dans les zones "fragiles" et préparent leur cessation d'activité en accueillant et accompagnant un médecin nouvellement installé dans leur cabinet.

Conditions d'adhésion du médecin :

- être installé dans les zones identifiées par l'ARS comme "fragiles", avec la même absence actuelle de définition de ces zones pour l'ophtalmologie;

- exercer une activité libérale conventionnée (secteur 1 ou secteur 2);

- avoir 60 ans ou plus;

- accueillir au sein de son cabinet, un médecin âgé de moins de 50 ans exerçant en libéral conventionné qui s'installe dans la zone, ou bien est installé dans la zone depuis moins d'un an;

- le contrat de transition n'est pas cumulable avec le contrat de stabilisation et de coordination (CSTM);

- le contrat de transition n'est pas cumulable avec l'option démographie (convention 2011);
- nature de l'aide: aide annuelle de 10 % des honoraires de l'activité conventionnée clinique et technique du médecin (hors dépassements d'honoraires et rémunérations forfaitaires), du médecin, dans la limite de 20 000 € par an, calculé par année civile. En cas de majoration par l'ARS (pour les zones particulièrement déficitaires en médecins): aide à l'activité représentant 12 % maximum des honoraires tirés de l'activité conventionnée clinique et technique (hors dépassements d'honoraires et rémunérations forfaitaires). Aide plafonnée à 24 000 € par an;
- pour les médecins exerçant en secteur à honoraires différents (secteur 2), l'aide est calculée au prorata du taux d'activité aux tarifs opposables par le médecin;
- en cas de résiliation anticipée, les sommes dues pour l'année en cours sont calculées au prorata de la durée effective de l'année;
- durée du contrat de 3 ans, renouvelable une fois pour une durée maximale de trois ans, si prolongation de l'activité du médecin au-delà de la durée du contrat initial (dans la limite de la date de cessation d'activité du médecin).

Pour épuiser toutes les options et pour faire face à la très forte demande de soins, citons ces deux dernières possibilités.

1. Collaborateurs salariés de médecins libéraux conventionnés

Le médecin salarié par un médecin libéral conventionné exerce sous la responsabilité du médecin conventionné et n'est pas adhérent lui-même à la Convention.

Le médecin collaborateur salarié exerce aux mêmes conditions que son médecin employeur et doit appliquer:

- les tarifs conventionnés (tarifs opposables sans dépassement), quel que soit le secteur conventionnel du médecin employeur (secteur 1 ou secteur 2);
- le collaborateur salarié d'un médecin exerçant en secteur à honoraires différents (secteur 2) peut appliquer les tarifs correspondant s'il a les titres pour accéder au secteur 2 (titres définis à l'article 38 de la Convention).

2. Situation des adjoints et des assistants des médecins libéraux conventionnés

Le médecin conventionné peut lorsque des besoins de santé publique l'exigent, en cas d'afflux exceptionnel de population

ou si son état de santé le justifie, se faire assister temporairement par un adjoint ou un assistant dans les conditions définies aux articles R. 4127-88 et L. 4131-2 du code de la santé publique. Il est tenu d'en informer sa caisse d'assurance maladie. Il transmet dans ce cadre une copie des autorisations nécessaires.

L'adjoint ou l'assistant exerce sous la responsabilité du médecin conventionné et n'étant pas adhérent lui-même à la convention, il ne peut appliquer que les tarifs opposables au sens de l'article 37 de la présente convention, quel que soit le secteur conventionnel du médecin employeur.

■ Lunettes de vue et lentilles de contact: le nouveau parcours

L'article 132 de la loi du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé et le décret du 12 octobre 2016, dit décret opticien, relatif aux conditions de délivrance de verres correcteurs ou de lentilles de contact oculaire correctrices et aux règles d'exercice de la profession d'opticien lunetier instaurent un nouveau parcours encadré et sécurisé permettant le renouvellement plus facilement de l'équipement optique (lunettes et lentilles de contact) en respectant certaines conditions:

- L'opticien qui va réaliser le premier équipement a l'obligation de garder l'ordonnance le temps de sa validité;
- L'opticien n'a pas le droit de modifier la prescription lors de sa première utilisation;
- Dans le cadre d'un renouvellement, l'opticien peut, dans certaines conditions, adapter la correction, c'est-à-dire modifier la puissance des verres et des lentilles si la variation nécessaire pour améliorer la vue est de faible importance;
- L'opticien, dans ce cas, doit reporter sur la prescription médicale l'adaptation de la correction réalisée;
- L'opticien doit en informer l'ophtalmologiste;
- Si le changement de correction est important, l'opticien devra ré-adresser le patient à son ophtalmologiste;
- Pour les lentilles, l'opticien peut changer seulement la puissance optique, mais pas les autres caractéristiques des lentilles de contact (marque, nom, rayon, diamètre, souples/rigides perméable à l'O₂, durée et type de port);
- L'ophtalmologiste peut s'opposer à tout renouvellement par l'opticien, en le précisant sur sa prescription;
- L'ophtalmologiste peut aussi limiter la durée de validité de l'ordonnance;
- L'opticien peut apprendre au patient la manipulation et la pose des lentilles de contact, mais cela nécessite l'accord écrit de l'ophtalmologiste;

- Le premier équipement pour la presbytie doit toujours être prescrit par l'ophtalmologiste ;
- Les durées de validité des verres correcteurs sont maintenant :
 - Patient < 16 ans : ordonnance valable 1 an ;
 - Patient de 16 ans à 42 ans : ordonnance valable 5 ans ;
 - Patient > 42 ans : ordonnance valable 3 ans.
- les durées de validité des lentilles de contact sont :
 - Patient < 16 ans : ordonnance valable 1 an ;
 - Patient > 16 ans : ordonnance valable 3 ans.

Les deux principaux syndicats d'opticiens et le SNOF ont signé un accord pour la conduite à tenir en cas d'inconfort après primo délivrance d'un équipement optique (*fig. 4*).

Lors de conditions exceptionnelles de délivrance de lunettes, de nouvelles dispositions existent maintenant.

L'opticien :

- devant un client avec des lunettes cassées ou perdues ;
- et éloigné de son domicile ;
- sans possibilité d'avoir une ordonnance ;
- ou bien de consulter un ophtalmologiste ;
- peut, exceptionnellement, délivrer un nouvel équipement optique sans ordonnance et après avoir pratiqué un examen réfractif ;
- il doit consigner dans un registre toutes ces délivrances exceptionnelles d'équipement optique afin d'en assurer la traçabilité et conserver ces données pendant 3 ans ;
- l'opticien doit remettre au client le résultat de l'examen de la réfraction et aussi l'envoyer à son ophtalmologiste.

■ Conclusion

De nombreuses modifications concernant notre activité sont ainsi apparues en très peu de temps. Pour beaucoup d'entre elles, c'est une adaptation à notre démographie déclinante. Mais le plus important reste à réaliser. Il faut former plus d'ophtalmologistes car notre insuffisance en nombre est le problème le plus criant.

Il faut également que se déploient les mesures prévues dans le Projet loi de Financement de la Sécurité sociale 2018 ?

- **Article 51 :** Possibilité d'expérimentations portant à la fois sur l'organisation et la rémunération des actes ou des séjours :
 - un conseil stratégique est chargé de formuler des propositions ;
 - un comité technique émet un avis et fixe le mode de rémunération.

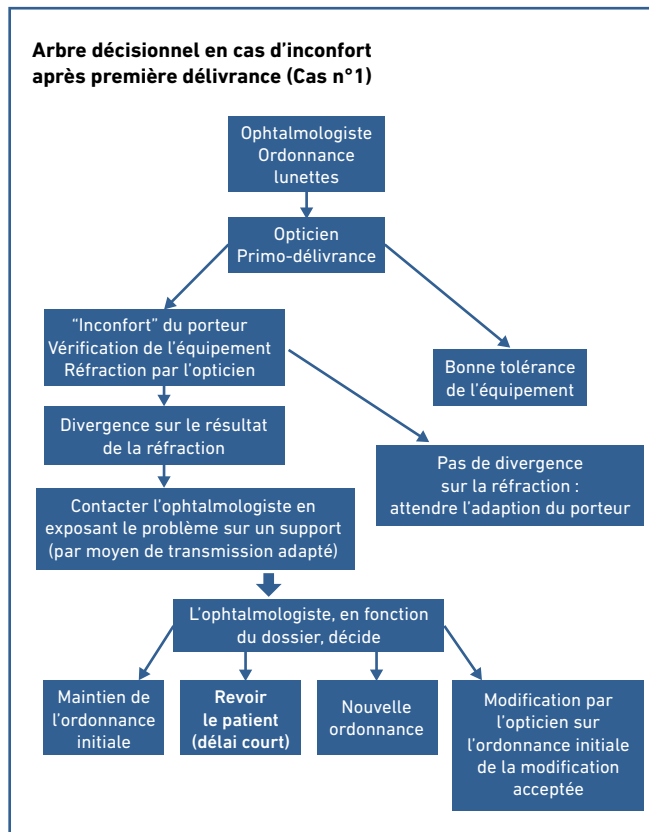


Fig. 4.

- **Article 54 :** Cadre de droit commun pour la téléconsultation et la télé expertise

Avec fixation du montant de la rémunération et des modalités des réalisations des actes par les partenaires conventionnels.

- **Article 55 :** Passage des protocoles validés dans la nomenclature.

- Actes en équipe (protocole) possibles entre salariés et libéraux ou libéraux exclusivement
- Arrêté sur les types de protocole prioritaires.

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



B. AMELINE, A.-C. BAYLE, T. GUEDJ
Clinique de la Vision, PARIS.
ophthlmo@ameline.com

Lumière bleue : que peut-on répondre aux patients ?

L'œil perçoit un spectre de 380/400 nm à 700 nm (variations individuelles). Située entre les UV et le vert, la lumière bleue représente une partie importante de la lumière naturelle de 380-400 nm à 500 nm. On y distingue aussi plusieurs nuances (*tableau I*).

■ D'où vient-elle ? [1]

Les préoccupations actuelles viennent de notre mode de vie. D'une part, nos éclairages artificiels sont de compositions inégales (*fig. 1 A, B et C*). Nous ne percevons pas toujours ces nuances de couleurs d'éclairage en raison de la capacité de notre cerveau à égaliser et nous faire percevoir la lumière comme blanche.

Ensuite, les écrans envahissent notre quotidien. Ils émettent aussi des spectres différents[1] :

- les téléviseurs et ordinateurs LCD : leur source est un tube fluorescent, la lumière traverse la dalle LCD : peu de lumière bleue peut passer ;
- les écrans LCD éclairés par LED : l'éclairage vient de diodes mais aussi est filtré par la traversée de la dalle LCD, d'où peu d'exposition ;
- enfin les écrans OLED et AMOLED qui équipent nos tablettes et smartphones : chaque pixel est cette fois-ci une diode (rouge/verte/bleue) qui émet directement. Il s'agit donc

380 nm-449 nm	Violet
449 nm-466 nm	Violet-bleu
466 nm-478 nm	Bleu-violet
478 nm-483 nm	Bleu
483 nm-490 nm	Bleu-vert
490 nm-510 nm	Vert-bleu

Tableau I.

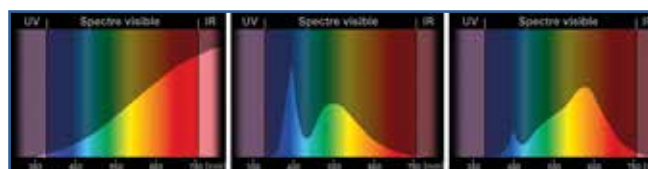


Fig. 1A : Halogène.

Fig. 1B : LED "lumière du jour" 6000 Kelvin.

Fig. 1C : LED "blanc chaud" 2700 Kelvin.

d'une lumière directe certes de faible puissance mais émise à courte distance et pendant une durée souvent prolongée.

Or, d'une façon générale l'évaluation de l'exposition inclut la(es) longueur(s) d'onde, la luminance (intensité) et enfin la durée de l'exposition (*tableau II*).

Neige au soleil	10 000 cd/m ²
Ciel bleu	5 000 cd/m ²
Téléviseur	400 cd/m ²
Ordinateur	250 cd/m ²

Tableau II : Quantité de lumière reçue/Surface = Luminance.

■ Les principales hypothèses physiopathologiques

Au niveau du couple épithélium pigmentaire/photorécepteurs, tout commencerait au niveau des ϕ de l'épithélium pigmentaire qui accumulent de la lipofuscine avec l'âge (20 % du cytoplasme à 80 ans, pic 450 nm). L'A2E est un des chromophores de la lipofuscine (pic de 430-440 nm) augmentant le niveau énergétique de lumière absorbée. La lumière (surtout bleue) est absorbée, entraînant la production de radicaux libres puis des lésions oxydatives et l'apoptose cellulaire.

La mélanine (présente aussi dans les ϕ de l'épithélium pigmentaire, indépendamment de la pigmentation cutanée ou oculaire) serait à l'inverse protectrice sur le couple cellulaire

mais avec l'âge les mélanosomes, qui contiennent la mélanine, se raréfient.

Les hypothèses physiopathologiques sont sans cesse réactualisées.

■ Qu'a-t-on pu démontrer?

In vitro, les ϕ de l'épithélium pigmentaire exposées à des LED de différentes longueurs d'onde entre 390 et 520 nm sont plus altérées entre 415 et 455 nm (violet/violet-bleu). Ces longueurs d'onde sont provocatrices d'apoptose. Les auteurs soulignent bien qu'il s'agit de conditions d'exposition artificielles [2].

In vivo, sur des rats exposés à des LED du commerce de 449 à 507 nm : le stress oxydatif entraîne apoptose et diminution des photorécepteurs et ces phénomènes sont longueur d'onde dépendants [3].

■ Qu'avons-nous observé?

Le soleil : si le lien entre la prévalence de la cataracte corticale et l'exposition solaire a été démontré au milieu des années 90 par comparaison aux États-Unis entre les différents états, en revanche, sur la DMLA, les résultats sont plus controversés. Une méta-analyse en 2013 a fait ressortir 6 études sur 14 retrouvant une augmentation significative du risque de DMLA (odd ratio moyen : 1,379) mais le lien inverse avec le PIB venait tempérer ces observations [4].

Pour ce qui est de la lumière bleue dès, les années 60 la *Beaver Dam* puis la *Blue Mountains Study* ont recherché sa responsabilité. Dix ans après chirurgie de la cataracte, la prévalence de la DMLA néovasculaire était multipliée par 4 et la DMLA atrophique par 3. Néanmoins, en l'absence d'évaluation préopératoire, on ne pouvait pas éliminer que des formes débutantes méconnues de DMLA aient conduit à des interventions précoces de cataracte.

L'étude de l'AREDS *a contrario* a suivi 1 167 patients avec une DMLA intermédiaire, opérés avec mise en place d'un implant anti-UV seulement. Le suivi tous les 6 mois pendant 5 ans n'a pas mis en évidence de progression [5].

Il nous manque une connaissance de l'effet cumulatif au cours de la vie. Car une exposition chronique autorise des

mécanismes de compensation, par exemple par renouvellement des ϕ . Ce n'est pas possible en cas d'exposition aiguë.

Enfin, sur le rôle de la lumière violette sur l'évolutivité de la myopie des études récentes viennent renverser nos *a priori*. Les longueurs d'onde de 340 à 400 (lumière violette et proche UVA) auraient un impact stabilisateur sur la myopie des jeunes. En comparant des lentilles et des implants précristalliniens filtrants ou non la lumière violette, les auteurs ont objectivé une différence d'évolution de la réfraction mais plus encourageant encore de la longueur axiale [6-7].

■ Sont encore à l'étude...

...les effets de la lumière bleue (ou sa suppression) sur le sommeil car ils sont complexes. On sait que la chirurgie de la cataracte est significativement suivie d'une amélioration de la qualité du sommeil que l'implant ait ou non un filtre LB.

L'impact de la lumière bleue sur le film lacrymal et donc sur la sécheresse oculaire.

La participation à la fatigue sur écran qui met en jeu plusieurs mécanismes : convergence (distance de travail et accommodation), réduction du clignement et sécheresse oculaire (+ environnement), la perte des contrastes.

■ Conclusion

La complexité de l'impact de la lumière bleue sur la DMLA vient du fait que c'est une maladie hétérogène. Le vieillissement, les facteurs génétiques sur plusieurs niveaux (rythme de renouvellement des articles externes, mécanisme de détoxification des radicaux libres...) auxquels viennent se rajouter les facteurs de risque connus (tabagisme, affections cardio-vasculaires)

D'une manière générale, la lumière dans son ensemble est responsable d'un stress oxydatif, impliqué dans la DMLA. La lumière bleue en exposition AIGUE est toxique pour la rétine mais ce n'est pas démontré en exposition cumulative.

Il sera très probablement impossible de prouver l'impact des protections lumière-bleue sur la durée d'une vie. Il est donc nécessaire de se baser sur un raisonnement et peut être appliquer le principe de précaution par exemple pour les opérations de cataractes chez les sujets jeunes indemnes de DMLA.

Cela paraît moins justifié après 75 ans ou lorsque la DMLA est déjà présente.

Bibliographie

1. RENARD G, LEID J. Les dangers de la lumière bleue, la vérité. *J Fr Ophtalmol*, 2016 May;39:483-488.
2. ARNAULT E, BARRAU C, NANTEAU C *et al*. Phototoxic action spectrum on a retinal pigment epithelium model of age-related macular degeneration exposed to sunlight normalized conditions. *PLoS One*, 2013;8:71398.
3. JAADANE I, BOULENGUEZ P, CHAHORY S *et al*. Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs). *Free Radic Biol Med*, 2015;84:373-384.
4. SUI GY, LIU GC, LIU GY *et al*. Is sunlight exposure a risk factor for age-related macular degeneration? A systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol*, 2013;97:389-394.
5. CHEW EY, SPERDUTO RD, MILTON RC *et al*. Risk of advanced age-related macular degeneration after cataract surgery in the Age-Related Eye Disease Study: AREDS report 25. *Ophthalmology*, 2009;116:297-303.
6. TORII H, KURIHARA T1, SEKO Y *et al*. Violet Light Exposure Can Be a Preventive Strategy Against Myopia Progression. *EbioMedicine*, 2017;15:210-219.
7. TORII H, OHNUMA K, KURIHARA T *et al*. Violet Light Transmission is Related to Myopia Progression in Adult High Myopia. *Sci Rep*, 2017;7:14523.

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



M. ASSOULINE
Clinique de la Vision, PARIS.
dr.assouline@gmail.com

The mysterious rainbow glare: a new insight...

Parmi les effets indésirables optiques visuellement significatifs de la correction chirurgicale de la myopie par LASIK (sensibilité transitoire à la lumière, effet mésopiques de aberrations optiques d'ordre supérieur tels que l'aberration sphérique ou la coma, perte de contraste liée à la cicatrisation de l'interface ou à la dégradation des modulations de fonction de transfert cornéennes) figure une complication rare et relativement mystérieuse rapportée initialement en 2008 par notre ami Ron Krueger (*Cleveland Eye Clinic*, Ohio, Etats-Unis) [1]: le *rainbow glare* ou "dysphotopsie en arc-en-ciel".

Les patients atteints perçoivent de façon assez spécifique et précoce après la chirurgie, des franges colorées (entre 4 et 12, le plus souvent 6) irradiant de façon symétrique à partir du centre de façon radiaire autour des sources lumineuses sur fond sombre et comportant les différentes couleurs du spectre coloré, allant des couleurs froides (violet-bleu ou longueurs d'onde courtes au centre) vers les couleurs chaudes (jaune-rouge ou longueurs d'onde longues en périphérie). Ces franges colorées sont associées à une double image centrale atténuée (diplopie monoculaire "fantôme") et éventuellement à une polyopie (images secondaires latérales). Ces effets visuels indésirables peuvent être perçus comme suffisamment handicapant pour empêcher la conduite automobile et les activités visuelles quotidiennes.

La majorité des cas sont cependant bénins et se résolvent spontanément. Certains patients sont cependant particulièrement gênés et le manque de prise en compte de leurs symptômes par leur ophtalmologiste ou de solution efficace peut les conduire à consulter de façon itératives plusieurs spécialistes, voire à bénéficier, pour certains, d'une prise en charge psychothérapeutique lourde.

Dans la publication princeps, Krueger *et al.* [1] avaient retrouvé 19,14 % de cas de *rainbow glare* après femtoLASIK

réalisé avec un ancien modèle de laser femtoseconde intra-Lase 15 kHz, utilisant une énergie de 1,3 à 2,6 uJ par spot et un intervalle de 9/9 ou 11/9 μm (sur 399 yeux) et 2,47 % seulement dans une série de 186 yeux opérés avec un nouveau modèle de laser femtoseconde, utilisant la même fréquence mais avec une ouverture numérique plus élevée. L'incidence était plus élevée pour les hypermétropes (39,4 %) que pour les myopes (14,8 %) et également plus élevée pour les corrections plus importantes. L'épaisseur du volet était un facteur de risque avec 19 % de plus de cas par augmentation de 10 μm de la profondeur de l'interface. Les auteurs ont également noté une corrélation avec le coma et les aberrations optiques totales. Une association significative avec les autres effets photiques indésirables du LASIK a été notée (halos, éblouissement et diffraction en étoile de type *starburst*).

Une seconde publication par Bamba *et al.* en 2009 [2] a montré dans une série de 256 yeux traités avec un laser plus récent cadencé à 60 kHz une incidence plus réduite pour des spots de basse énergie (4,1 % ; 0,8 uJ) que de haute énergie (11,6 % ; 1.1 uJ, séparé de 8 μm). En réduisant l'énergie, en augmentant la fréquence et en réduisant l'espacement des spots, l'incidence minimale retrouvée dans cette série était de 2,47 %. Une distribution bimodale de l'incidence suggérait une corrélation significative :

- avec des problèmes initiaux d'alignement et de réglage de l'énergie ;
- avec des problèmes secondaires de maintenance trop tardive du laser femtoseconde.

Des incidences similaires ont été observées avec des lasers plus récents tel que le FS200 Wavelight. Notamment, dans une publication récente, l'*upgrade* de ce laser a été associé à une incidence de 13,73 % alors que cette même équipe avait une incidence de 1,57 % avec ce laser non upgradé [3].

Cependant aucun cas n'a été rapporté :

- avec le laser IntraLase FS150 ou le laser Visumax Zeiss. Nous utilisons ces deux lasers depuis de nombreuses années et n'avons pas observé de cas personnel de *rainbow glare* sur plusieurs milliers de cas opérés ;
- après SMILE Relex au laser Visumax Zeiss ;
- quand la distribution des impacts de laser femtoseconde est effectué en mode spiral (caractéristique des lasers les plus récents) plutôt que selon un balayage en grille. Cette réduction de l'incidence semble être liée au fait que les lasers les plus récents utilisent des objectifs à grande ouverture numérique capable de focaliser plus précisément les *spots* de laser et de réduire les dommages tissulaires collatéraux.

Dans une étude comparative du LASIK au microkératome et au laser femtoseconde, réalisée au CHNO des 15-20 à Paris, notre ami Bertrand Sonigo (Saint-Germain-en-Laye) [4] a montré cliniquement, grâce à la microscopie confocale que l'on retrouvait des lignes de points hyper-réfléctifs espacés de 9 à 12,5 μm dans le stroma adjacent à l'interface. Cependant, ces points sont également observés chez des patients asymptomatiques.

Dès 2008, Ron Krueger [1] a émis l'idée que ce phénomène optique était la conséquence d'un réseau de diffraction transmissif et a également calculé au moyen de l'analyse des tracés effectués par les patients, l'espacement théorique des anomalies de transparence du stroma à l'origine du phénomène, comme étant de 9,2 μm , une valeur identique à celle observée pour les impacts du laser femtoseconde.

En effet, lorsqu'une lumière polychromatique traverse un réseau de diffraction comportant des fentes espacées régulièrement, une décomposition spectrale des rayons émergents est observée du fait d'une interférence constructive. L'angle d'émergence étant proportionnel à la longueur d'onde et inversement proportionnel à la distance entre les centres de chaque fente (l'équation précise étant $\sin\theta m = m\lambda/A$), les longueurs d'onde courtes apparaissent plus proches de la source lumineuse et les longueurs d'onde élevées plus éloignées. Plusieurs auteurs ont montré qu'il était possible de reproduire l'effet optique de ces interférences constructives sur une plaque de verre, un gel, une lentille de contact ou un disque en PMMA traités par laser femtoseconde. Sur le plan théorique, il ne semble donc pas possible techniquement de réduire suffisamment l'espacement des spots pour éradiquer ce problème, compte tenu des paramètres optiques de l'œil humain. Un espacement optimal de 3 μm a été suggéré par un modèle expérimental [5].

Notre brillant condisciple et ami Damien Gatinel (Paris) a élaboré une représentation graphique pédagogique assez sophistiquée (**fig.4**) de la théorie de Krueger montrant la formation d'interférences constructives, du fait de la superposition de rayons diffractés, liée à l'espacement régulier et périodique des impacts de laser femtoseconde dans le stroma cornéen lors de la réalisation du volet du femtoLASIK.

Damien Gatinel a par ailleurs proposé "d'effacer" les traces résiduelles des impacts de laser femtoseconde persistant au niveau de la face postérieure du volet (la face antérieure du stroma sous jacent ayant déjà été "lissée" par la photoablation réfractive), en pratiquant une photoablation réfractive ou thérapeutique de 10 à 15 μm de profondeur sur cette face postérieure du volet, avec un certain succès subjectif sur quelques patients. En 2015, Damien Gatinel [6] a publié son premier cas. La patiente de 33 ans se plaignait d'un *rainbow glare* sur son œil droit et une correction de son astigmatisme résiduel de -0.75 D par une photoablation de la face postérieure du volet a permis d'emmétropiser l'œil et réduire la dysphotopsie.

La photoablation de la face postérieure du volet, décrite il y a une quinzaine d'années par notre ami Jerry Tan (Singapour) est simple à réaliser (marquage épithélial sur centre de la pupille, inversion du volet sur un support convexe, ajustement de l'axe de l'astigmatisme à 180° sur la programmation du laser, et préservation d'une épaisseur du volet résiduelle de 90 μm , comprenant l'épaisseur épithéliale de 50 μm). Cette méthode de retouche présente également l'avantage de ne pas réduire la pachymétrie stromale postérieure résiduelle.

Nous avons eu l'opportunité d'examiner en 2016 pour "deuxième" avis spécialisé le patient décrit initialement par Damien Gatinel et son équipe dans leur publication de 2013 [7], se plaignant d'un *rainbow glare* invalidant de l'œil droit.

Ce patient né en 1983 et opéré en 2012 à la Fondation Rothschild à Paris d'un femtoLASIK (probablement avec un laser femtoseconde intraLase FS60) pour une myopie de -6.0/-7.0 D, avait une réfraction postopératoire quasi parfaite (OD +0.50 (-0.75) 5° = 10/OG +0.50 (-0.50) 165° = 10).

La pachymétrie résiduelle était de 459/498*us et 490/511*orb, ce qui témoignait d'une excellente perméabilité optique de la cornée (la pachymétrie Orbscan étant typique inférieure à la pachymétrie ultrasonique en cas d'opacification stromale).

L'aberrométrie Zywave et KRW1 montrait une aberration sphérique minime, inférieure à 0,50 μm , pour des HOA

totales de $1,31 \mu\text{m rms}$ à gauche. Une coma modérée de l'œil droit en relation avec un léger décentrement temporal, visible sur les topographie Orbscan et Pentacam était observée. La résistance mécanique mesurée à l'ORA était normale (**fig. 1**).

En réinterrogeant ce patient, nous avons noté un fait très inhabituel. Les effets photiques associés à la dégradation de la qualité optique de la cornée dans les suites d'une chirurgie

réfractive sont typiquement majoré en ambiance mésopique ou scotopique du fait de l'augmentation de l'impact des aberrations optiques d'ordre supérieur (HOA). Le patient, en revanche, insistait sur le fait que les phénomènes photiques dont il souffrait (*rainbow glare*) était presque exclusivement perçus en ambiance photopique extrême (forte lumière de face), évoquant une majoration des symptômes en myosis et un phénomène de diffraction prédominant.

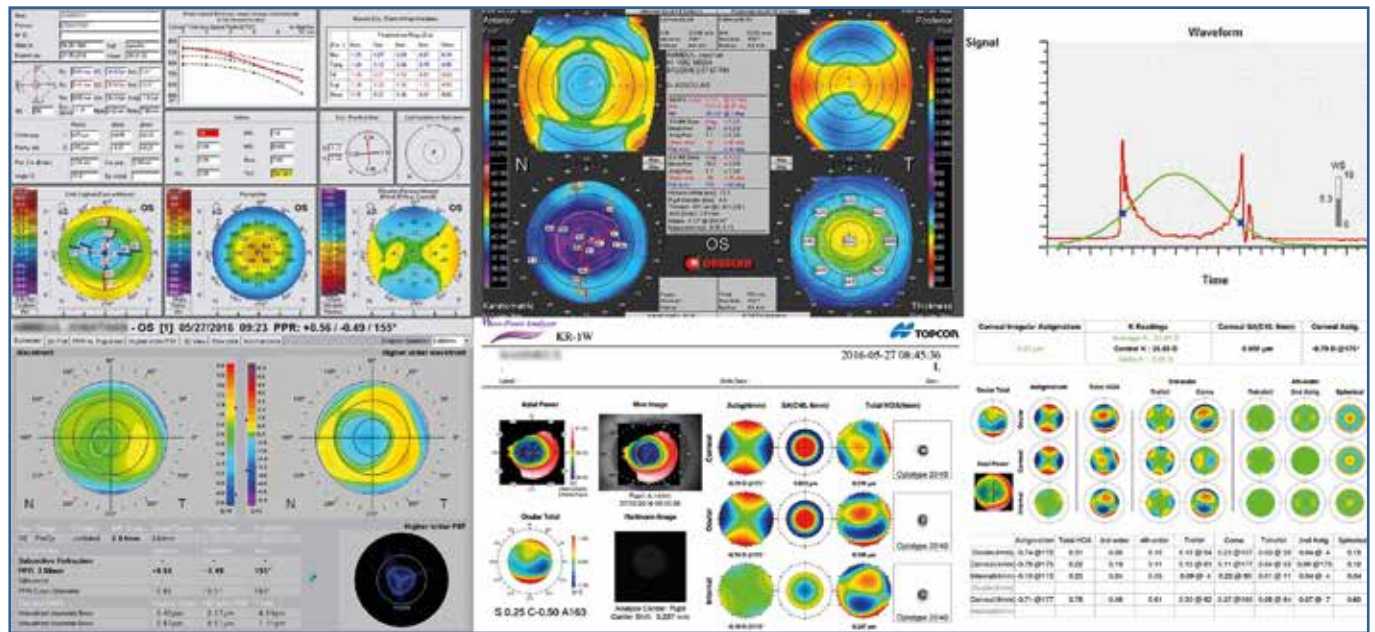


Fig. 1 : Examens topographiques, aberrométriques, et biomécaniques (œil gauche).

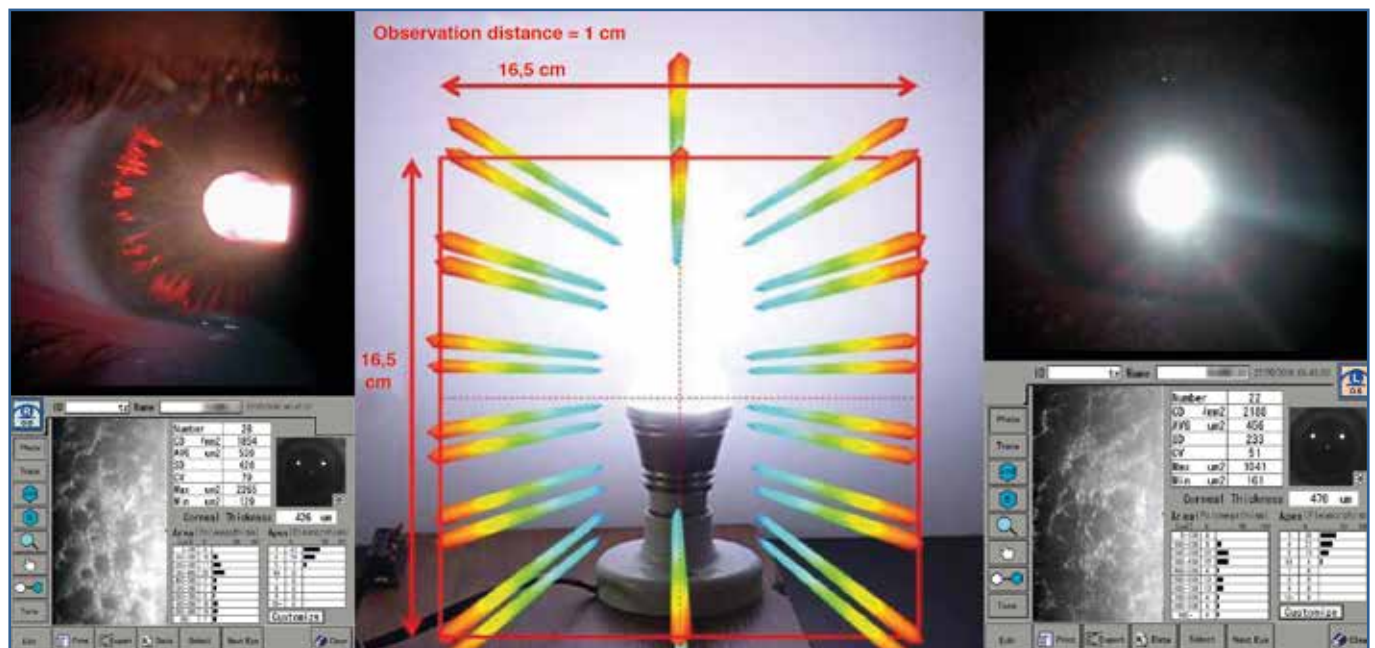


Fig. 2 : Examens biomicroscopique et spéculaire (œil droite et gauche). © www.gatinel.com

En examinant plus attentivement le patient au biomicroscope, nous avons pu constater deux anomalies très significatives qui avaient curieusement échappé aux très nombreux ophtalmologistes l'ayant examiné depuis 2011 (son chirurgien en premier lieu, puis tous les spécialistes consultés par la suite ainsi que les membres de l'équipe ayant publié son cas). Ces anomalies étaient probablement moins visibles au cours des années antérieures.

La cornée postérieure était le siège d'une *cornea guttata* très avancée, confirmée en microscopie spéculaire (*fig. 2*).

Par ailleurs, en myosis photo-induit, une très importante dispersion pigmentaire, responsable d'une transillumination irienne radiaire était clairement visible (*fig. 3*), correspondant parfaitement à la transcription graphique du *rainbow glare* effectuée par le patient (*fig. 4*).

Ce cas illustre plusieurs aspects intéressants de la chirurgie réfractive :

- Les théories optiques fondamentales permettent parfois d'expliquer rationnellement et avec une grande élégance des

effets cliniques inattendus liés à l'émergence de techniques chirurgicales nouvelles. L'enseignement théorique ne devrait pas être négligé dans une pratique chirurgicale de pointe.

- Une conjonction inhabituelle de facteurs de risques explique *a posteriori* la manifestation gênante et persistante d'un phénomène photique indésirable généralement bénin et à présent très rare, le *rainbow glare* ;
 - correction myopique relativement importante ;
 - légère coma induite par un décentrement modéré du côté droit sur lequel prédominait l'effet photique ;
 - traitement par laser femtoseconde de deuxième génération ayant probablement contribué à la formation d'un réseau diffractif d'impacts tissulaires intrastromaux responsable d'interférence constructive à l'origine de la perception du *rainbow glare* ;
 - majoration possible par la *cornea guttata* de ces phénomènes diffractifs structurés et des interférences constructives qui en résultent ;
 - majoration plus que probable de la perception des effets photiques par l'altération significative de l'imperméabilité optique irienne en myosis selon une disposition radiaire et

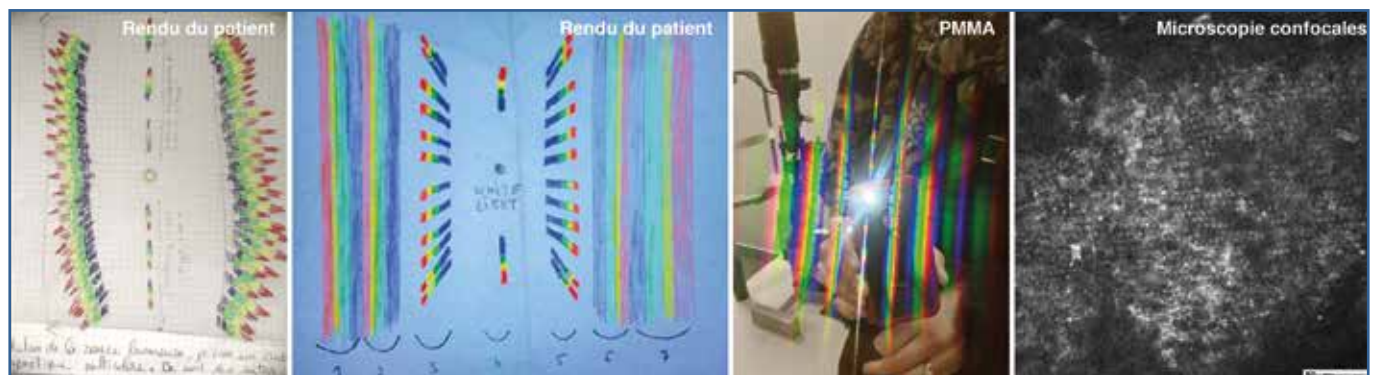


Fig. 3 : The Mysterious Rainbow Glare (©www.gatinel.com 2013).

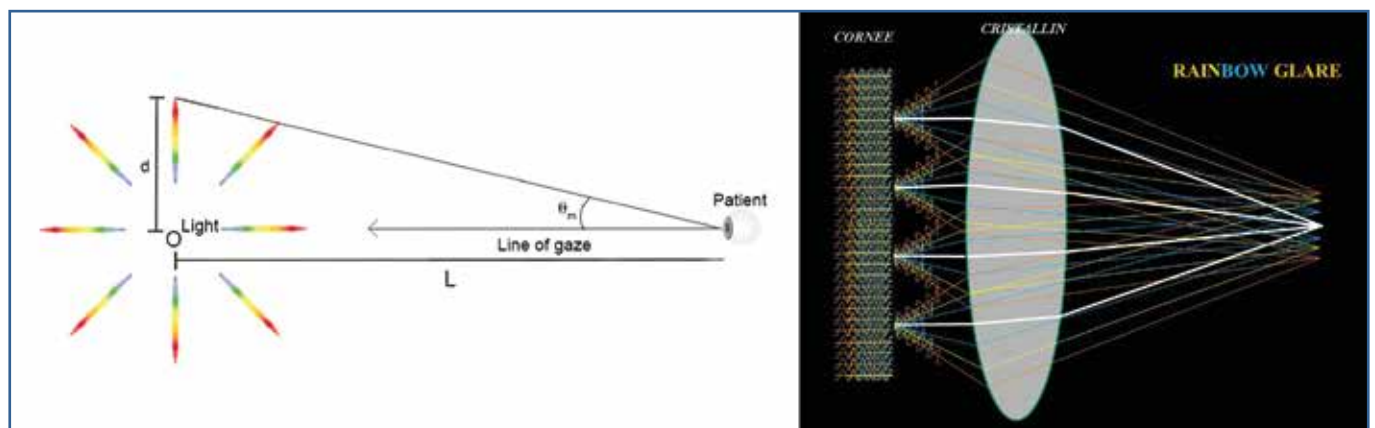


Fig. 4 : Réseaux de diffraction transmissive et interférences constructives : $\sin\theta_m = m\lambda/A$ © Ron Krueger (2008) et Gatinel (2013)

un espacement superposables à la transcription graphique du *rainbow glare* par le patient.

- La sémiologie clinique des effets photiques doit être mise en relation avec la théorie de l'optique physiologique, qui permet de distinguer les conséquences des aberrations optiques d'ordre supérieur (majorées en mydriase) de ceux de la diffraction (majorées en myosis serré).

- Au risque de paraître inutilement conservateur, l'examen clinique consciencieux ne devrait probablement pas perdre sa place de choix face à l'arsenal diagnostique paraclinique considérable dont bénéficient aujourd'hui les chirurgiens réfractifs.

Pour en savoir plus

1. KRUEGER RR, THORNTON IL, XU M *et al.* Rainbow glare as an optical side effect of IntraLASIK. *Ophthalmology*, 2008;115:1187-1195.
2. BAMBA S, ROCHA KM, RAMOS-ESTEBAN JC *et al.* Incidence of rainbow glare after laser in situ keratomileusis flap creation with a 60 kHz femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:1082-1086.

3. ZHANG Y, CHEN YG. High incidence of rainbow glare after femtosecond laser assisted-LASIK using the upgraded FS200 femtosecond laser. *BMC Ophthalmol*, 2018;18:71.
4. SONIGO B, IORDANIDOU V, CHONG-SIT D *et al.* In vivo corneal confocal microscopy comparison of intralase femtosecond laser and mechanical microkeratome for laser in situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006;47:2803-2811.
5. ACKERMANN R, KAMMEL R, MERKER M *et al.* Optical side-effects of fs-laser treatment in refractive surgery investigated by means of a model eye. *Biomed Opt Express*, 2013;4:220-229.
6. GATINEL D, SAAD A, GUILBERT E *et al.* Simultaneous correction of unilateral rainbow glare and residual astigmatism by undersurface flap photoablation after femtosecond laser-assisted LASIK. *J Refract Surg*, 2015;31:406-410.
7. GATINEL D, SAAD A, GUILBERT E *et al.* Unilateral rainbow glare after uncomplicated femto-LASIK using the FS-200 femtosecond laser. *J Refract Surg*, 2013;29:498-501.
8. PETER M, KAMMEL R, ACKERMANN R *et al.* Analysis of optical side-effects of fs-laser therapy in human presbyopic lens simulated with modified contact lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2012;250:1813-1825.
9. SALZ JJ. Difficult and Complicated Cases in Refractive Surgery: Suction Loss After Complete Raster Pattern and No Side Cut, No Flap Lift, and Rainbow Glare. Berlin Heidelberg: Springer; 2014.
10. KRUEGER RR, ROCHA KM, DUPPS WJ. Natural History and Incidence of Rainbow Glare and Light Scattering in Femtosecond LASIK. San Diego, CA: American Society of Cataract and Refractive Surgery; 2015. Paper 16815.

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

NOTES

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Implants intraoculaires hydrophobes préchargés



BAUSCH+LOMB
Mieux voir. Mieux vivre.

Les gammes EyeCee® One Preloaded et EyeCee® One Crystal Preloaded sont marquées CE0123, fabriqués par NIDEK C.O.LTD. Japon, Mandataire NIDEK S.A. Ces implants de chambre postérieure sont des dispositifs médicaux implantables de classe IIb réservés à l'usage des chirurgiens ophtalmologistes et indiqués dans le traitement chirurgical de la cataracte par remplacement du cristallin. Veuillez lire attentivement les instructions figurant sur les notices respectives. Dispositifs médicaux pris en charge par les organismes d'assurance maladie au titre de leur inclusion dans le financement des groupes homogènes de malades et de séjour relatifs aux interventions intraoculaires sur le cristallin.

*Les constantes sont des estimations. Il est recommandé que chaque chirurgien ajuste ses valeurs.

© Bausch & Lomb Incorporated.

Stellaris Elite™

Vision Enhancement System



DEMAIN COMMENCE AUJOURD'HUI

BAUSCH + LOMB

Le Stellaris ELITE™, est un équipement de microchirurgie oculaire conçu pour être utilisé lors d'interventions chirurgicales sur le segment antérieur et postérieur de l'œil. Il permet d'effectuer des interventions de cataracte par phacoémulsification, d'irrigation/aspiration, de diathermie bipolaire, de vitrectomie, d'injection/extraction de liquides de tamponnement et les opérations d'échange air/fluide. Il est réservé aux établissements de santé pour les chirurgiens ophtalmologistes et les personnels qualifiés dans les procédures chirurgicales. Les accessoires de cet équipement, les consommables sous forme de références individuelles ou de packs, ainsi que l'instrumentation permettant de réaliser ces procédures chirurgicales, sont des dispositifs médicaux de classe IIb et IIa qui portent le marquage 0197 dont l'évaluation de conformité a été établie par l'organisme habilité TÜV Rheinland LGA Products GmbH. Veuillez prendre connaissance du catalogue référençant et décrivant ces différents dispositifs, lire attentivement les instructions du manuel d'utilisation et, le cas échéant de la notice spécifique qui accompagne le(s) dispositif(s) médical(aux). 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. © Janvier 2018