

Clinique de la Vision

VISYA

Clinique de la Vision

CHIRURGIE RÉFRACTIVE 2017

Coordinateur : D.-A. LEBUISSON



w w w . c l i n i q u e v i s i o n . c o m

NICCE

Découvrez NICCE, l'univers Premium de Bausch+Lomb



TENEO™ 317

www.bausch.fr/chirurgie/

© Bausch & Lomb Incorporated

BAUSCH+LOMB
Mieux voir. Mieux vivre.



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

Place aux jeunes!

La chirurgie réfractive est bien calme. Les deux grands volets d'activité se séparent de plus en plus. D'une part, les cornéoplasties au laser se distinguent entre celles qui emploient le laser Excimer et celles qui reposent uniquement sur le laser femtoseconde. Les premières utilisent toujours les mêmes principes, les mêmes techniques, les mêmes méthodes et ne comportent qu'à l'occasion de très ponctuelles nouveautés. Cette stabilité marque-t-elle le taquet? Ce n'est pas certain car elle traduit aussi une lassitude des fabricants face à des dispositifs peu porteurs de gains financiers. Le renouvellement matériel est lent et le marché étroit.

Le protocole femtoseconde a connu un développement spectaculaire en quelques années. Mais ce marché flattant les opérateurs bien soutenu par la force et aux résultats publiés très attirants est encore borné par plusieurs éléments : le SMILE est un procédé purement manuel, les ennuis matériels ou opératoires sont ardues à gérer, le monopole rend compte d'un coût élevé et enfin la machine ne peut pas traiter tous les défauts réfractifs.

Les implants intraoculaires sont l'autre face de l'activité réfractive. Les implants paques constituent un marché valorisé et porteur. C'est une chirurgie sûre pour celui qui sait opérer et expliquer. Les implants cristalliniens concernent aussi bien les cristallins clairs que ceux pour cataracte. Le glissement du codage de l'un à l'autre n'est pas rare. Beaucoup de chirurgiens réfractifs donnent la prime à la chirurgie endo oculaire qu'ils contrôlent mieux et qui est très prévisible. Le reste à charge de la prothèse est assez bien résolu par une absence de règles laissant libre champ aux acteurs.

Les autres procédés de chirurgie réfractive sont anecdotiques : c'est le cas des *inlays* qui tels les zombies reviennent selon des cycles pour s'éteindre puis renaître sous une autre forme.

D'une façon générale, le panier de soins réfractif n'a pas connu de vraies expansions, le contenu est stable et ne voit pas de renouvellement de patientèle. Il est vrai que

les nouveaux opérateurs se font rares. Cette déliquescence s'explique par plusieurs facteurs s'additionnant : très faible propédeutique en CHU, sous-équipement hospitalier, image un peu négative des actes à forte rémunération à haute marge, crainte d'incidence médico-légale, place importante aux explorations et informations, retard à l'instruction réfractive et surtout attraction importante des actes vitréorétiniens "détournant" de la cornée réfractive. Enfin, les DIU demeurent livresques et font office du volet théorique du permis de conduire.

Pourtant l'évidence parle : lunettes et lentilles sont une technologie du passé qui vivent les dernières décennies d'amélioration. C'est le marketing, le design, la puissance industrielle et la pub qui leurs assurent une survie prolongée. L'obstacle à franchir est la peur de l'opération, l'insuffisance des grandes études d'innocuité et *in fine* le souci des opérateurs réfractifs à ne pas donner une trop forte essentialité à cette sur spécialité : vivons heureux et vivons cachés. Ajoutons qu'à l'exception de quelques plumes, on constate une sous publication française en *peer review*, heureusement que quelques internes consacrent des thèses à ce champ réfractif.

Ce sont les générations des trentenaires et quadragénaires qui doivent prendre en mains ce formidable outil pour enfin voir arriver un sang nouveau. Il est plus que temps de ne plus voir dans les salles de soins ophtalmologiques les mêmes anciennes figures au profit d'ophtalmologistes dynamiques et profitant de l'encadrement pour s'améliorer. Ces praticiens sont rares mais généralement brillants, pratiquement aucun n'est enseignant. Les ponts classiques de recrutement sont détournés par les nouveaux modes de consultation et la disparition des correspondants : place aux centrales de réfraction et aux cabinets secondaires d'exploitation de collaborateurs ou associés assez ternes. Point n'est besoin de mathématiciens de l'irréel pour se faire connaître.

Nous espérons que de prochains numéros de la *Clinique de la Vision* pourront porter sur des sujets résolument tournés vers l'avenir.

NICCE

Découvrez NICCE, l'univers Premium de Bausch+Lomb



 Versario[®] 3F
MULTIFOCAL 3F

Implant Intraoculaire Diffractif Asphérique

www.bausch.fr/chirurgie/

© Bausch & Lomb Incorporated

BAUSCH+LOMB
Mieux voir. Mieux vivre.

SOMMAIRE

Place aux jeunes! D.-A. LEBUISSON	3
Ambulatoire et récupération rapide: les points sur les i en 2017 D.-A. LEBUISSON	9
L'appel téléphonique du lendemain après une opération de la cataracte B. ARSON	20
La sélection et l'information en chirurgie réfractive: retour d'expérience D.-A. LEBUISSON	23
La responsabilité civile professionnelle V. AMELINE	28
Investigations en cornéoplastie T. GUEDJ, D. PIETRINI, M. ASSOULINE, O. PRISANT, D.-A. LEBUISSON	31
Cross-checking: de la nécessité d'un travail de vérification en binôme entre le chirurgien et l'infirmier durant la réalisation d'un processus opératoire B. PRIEUR	36
Chirurgie réfractive et film lacrymal: nouvelles approches diagnostiques et thérapeutiques P. LEVY, S. PELLEN	39
SMILE (<i>Small Incision Lenticule Extraction</i>): technique, résultats à 5 ans et avantages C. ALBOU-GANEM	48
Comparaison des profondeurs d'ablation estimée et objective chez les patients opérés de LASIK myopique J.-L. FEBBRARO, H. PICARD	54
Que reste-t-il des complications des photoablations de surface? J.-J. SARAGOUSSI	58
Le Match des 500 Hz: Teneo TVPV-B+L 317 Z vs Wavelight Alcon EX500 M. ASSOULINE	62

SOMMAIRE

Que reste-t-il des désavantages, ennuis et complications de la PKR? F. AUCLIN	69
La monovision en chirurgie réfractive: faut-il s'en méfier? B. AMELINE-CHALUMEAU	72
Un avenir pour la femtocataracte? A. DENOYER	75
Impact économique du laser femtoseconde pour la chirurgie du cristallin en 2017 M. RIVIÈRE	78
Comparaison des patterns de nucléofragmentation chez les patients opérés de cataracte dense par FLACS J.-L. FEBBRARO	81
Les implants multifocaux en <i>Piggy back</i> M. PORTERIE, F. MALECAZE	84
Le <i>Piggy back</i>: principes techniques et indications L. GAUTHIER-FOURNET	87
Montrer la multifocalité: les nouvelles technologies au service de la simulation préopératoire A. HAGEGE, O. CASADESSUS	92
Opérer en même temps la myopie et la presbytie M. TIMSIT	98
Choix crucial entre chirurgie cornéenne ablative, chirurgie lenticulaire autour de la soixantaine et HDA <i>Analyser</i> B. BRIAT, J. AGUSSAN	105
Chirurgie laser non femtoseconde de la cataracte : expérience et réflexions au sujet du nanolaser YAG cetus D. PIETRINI	109
L'anneau de Malyugin A. DANAN	113

SOMMAIRE

Instrumentation des kératoplasties lamellaires J.-L. BOURGES	116
DMEK: comment préparer le greffon endothélial? O. PRISANT	120
Greffes lamellaires de la cornée: un seul greffon = 1 DALK + 1 DMEK O. PRISANT	126
Perspectives en chirurgie de la presbytie M. ASSOULINE	131
Exercice de relecture des mécanismes d'action du <i>corneal collagen cross-linking</i> D. TOUBOUL	145
Troubles oculomoteurs et chirurgie de la presbytie: une contre-indication absolue? N. MESPLIÉ, S. LÉONI	150
Correction d'un astigmatisme mixte géant sur la plateforme Allegro Wavelight d'Alcon 500 T. THAN TRONG	152



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:** A. Gulphe
Imprimeries Bialec, Nancy • Dépôt légal: 2^e trimestre 2017 • ISSN: 1242-0018



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

Ambulatoire et récupération rapide : les points sur les i en 2017

Depuis 2014, l'ambulatoire est le phénix des tutelles. Après 25 ans d'inertie, la Direction générale de l'offre de soins (DGOS) met en œuvre plusieurs mesures de soutien au développement de la chirurgie ambulatoire (CA). L'instruction du 24/05/2016 de la DGOS rappelle que l'objectif est d'atteindre un taux global national de chirurgie ambulatoire de 66,2 % (nouveau périmètre visant à mieux refléter l'activité réalisée au bloc opératoire) à l'horizon 2020. Les années 2017 à 2020 correspondent à une phase de progression plus soutenue, avec + 2,9 points de progression par an la France se classe en effet dans les derniers pays de l'OCDE en matière de CA (*fig. 1*). Mais attention aux chiffres, aux États-Unis, l'ambulatoire c'est moins de 24 heures, en France c'est

moins de 12 heures. De surcroît, la France compte 6,4 lits pour 1 000 habitants, soit un tiers de plus que la moyenne de l'OCDE (4,8 lits). On compte 3,7 millions de cataractes ambulatoires par an aux États-Unis.

En 2010, une instruction ministérielle sur la CA aux ARS affirme : *"Il s'agit de changer de paradigme [...] la chirurgie ambulatoire devenant la référence."* En 2013, dans un rapport de la Cour des comptes : *"C'est la pratique de référence. Les conséquences devraient en être pleinement tirées."* Ce propos est tempéré pour la chirurgie de la cataracte car, dès le début, les ophtalmologistes ont pris conscience de l'intérêt de la procédure établi en 2015 par l'OCDE. La France devance

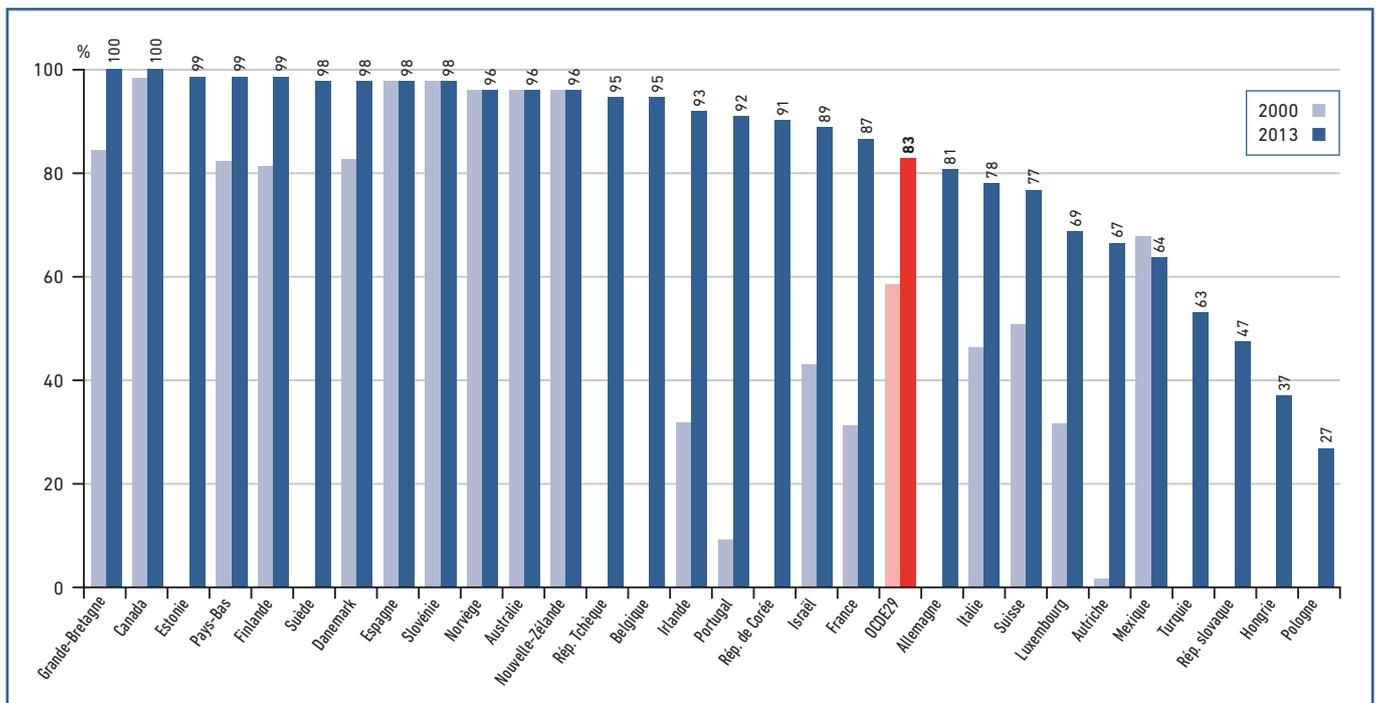


Fig 1 : Graphe montrant la pénétration de l'ambulatoire cataracte en Europe.

	Taux d'ambulatoire (2013)			taux de CMA 2 (2013)			Taux de CMA 3 et 4 (2013)		
	AP-HP	Privé	Public	AP-HP	Privé	Public	AP-HP	Privé	Public
Chirurgie de la conjonctivite	94,1 %	98,3 %	87,7 %	3,1 %	0,3 %	4,8 %	0,3 %	0,0 %	0,2 %
Chirurgie du cristallin	86,3 %	92,0 %	86,7 %	11,7 %	2,5 %	12,4 %	0,8 %	0,0 %	0,3 %
Chirurgie du strabisme	66,2 %	78,8 %	80,1 %	1,4 %	0,3 %	8,7 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %

Tableau 1 : La distribution la dernière connue pour l'AP-HP.

uniquement le Portugal en ambulatoire, et sont quasiment à l'objectif cible pour 2015 en dépit du constat de l'Inspection générale des finances, qui notait (*tableau I*) entre 2007 et 2013 : “l'absence d'inflexion significative du tendancier de croissance de la chirurgie ambulatoire sur la période considérée.” Le taux de chirurgie ambulatoire de l'activité chirurgicale globale en France vient de dépasser 44,7 % contre 74 % au Danemark et, si on ne considère que les actes cibles, contre 85 % aux États-Unis.

Toutefois, les choses sont complexes car, selon l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation (ATIH), le taux fin 2013 diverge de 42,7 % en CAS à 44,1 % en ASO, voire 48 % en ajoutant à la classification en CAS les sept racines évoquées par le DGOS. En réalité, la dualité ambulatoire *versus* hébergement est dépassée. Le vrai ambulatoire connaît des limites, et l'hébergement subit des coûts et des inerties. Il n'en demeure pas moins que, depuis 2015, le périmètre du taux global de la CA doit évoluer pour se rapprocher le plus possible des comparaisons internationales. La Haute Autorité de Santé (HAS) manque d'indicateurs de résultats sur l'ambulatoire.

Les choses avancent depuis la pénétration dans les blocs opératoires de systèmes de circuits accélérés où certaines étapes sont shuntées et où d'autres subissent un manifeste coup d'accélérateur. Les *Fast Track*, la RRAC... sont simplement des changements de braquet d'équipes hospitalières s'ouvrant au monde moderne. Toutefois, ce mode accéléré est la réponse de systèmes lourds pour devenir compétitifs et performants. On assiste ainsi à de croquignolesques procédures où, pour la cataracte, on a adapté un protocole propice au cancer du colon et on voit ainsi le patient subir une course vivifiante à étapes avec une équipe formée pour des tâches bien plus lourdes. C'est une manière de conserver un hologramme d'anesthésiste et d'anesthésie dans un secteur pouvant s'en passer (pas toujours mais très souvent).

■ Que savons nous du devenir des opérés ambulants en dispositif totalement indépendant ?

La série la plus récente et la plus homogène est celle de T. Ianchulev qui analyse en 2015 dans *Ophthalmology*, 21 501 phacoémulsifications. Ce qui est frappant, c'est que pour des patients allant jusqu'à ASA III, il n'y a aucune morbidité générale per- ou postopératoire, aucun décès, aucune infection. Le taux de rupture capsulaire est de 0,55 % avec 0,34 % pour l'issue de vitré. Une iritis est noté dans 1,53 % des cas. 53 % des opérés avaient une hypertension artérielle et 22,3 % un diabète. L'âge moyen était de 72,6 ans. Quant à l'article de 2016 de Lee rapportant les incidents d'anesthésie locale sur une année lors de l'opération de la cataracte, il assume une complète innocuité locale du mode topique par rapport aux techniques avec injection. Les débats méthodologiques n'ont plus court.

■ La chirurgie à récupération rapide (RRAC) ou *Fast Track*

C'est une notion de ces dernières années qui a beaucoup concerné la chirurgie de la cataracte, car somme toute la majorité des opérations sous anesthésie locale se déroulait selon un tel schéma, un peu comme “Monsieur Jourdain”.

Le *Fast Track*, c'est une chirurgie au circuit accéléré, se situant entre l'ambulatoire et l'hébergement traditionnel (*fig. 2*) plusieurs groupes mobilisent autour de ce mode opératoire (ERAS [payant], GRACE...) et le popularisent. C'est, schématiquement, un mouvement de soins opératoires réduisant au plus le temps de la salle de récupération sans lever les points de sécurité.

Le *Fast Track* est un “mix” qui fonctionne bien dans d'autres spécialités. Le système était jusqu'ici peu employé en raison des bornes basses de tarification qui sanctionnaient les durées

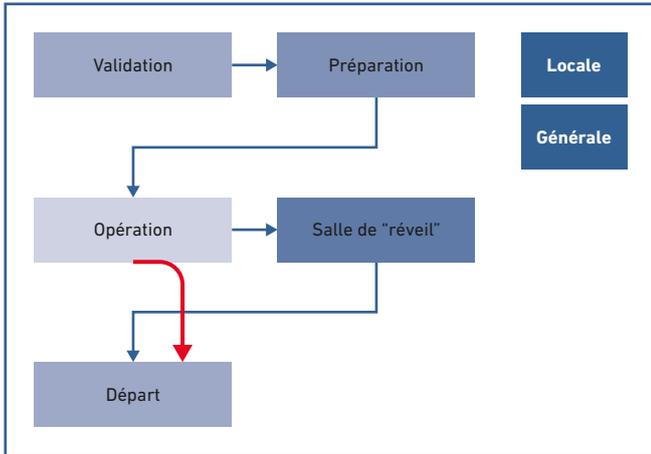


Fig. 2 : Opération ambulatoire en circuit *Fast Track* avec anesthésiste.

courtes. Depuis la suppression de cette limitation, les anesthésistes se rendent compte de la nécessité d'évoluer en allégeant des méthodes fondées sur des chirurgies et structures des années passées (fig. 3). Les nouvelles pharmacopées soutiennent ces récupérations accélérées.

Critères de sortie, Groupe GRACE (15)

- Pas de perfusion intraveineuse
- Prise en charge de la douleur
- Alimentation solide
- Mobilisation indépendante ou au même niveau qu'avant l'intervention
- Transit rétabli au moins sous forme de gaz
- Aucun signe infectieux : fièvre < 38° C
- Hyperleucocytose < 10 000 GB/mL, CRP < 120 mg/L, en chirurgie bariatrique pouls < 120/min.
- Patient acceptant la sortie
- Réhospitalisation possible (sur le plan organisationnel) en cas de complication

Fig. 3 : Critères du système GRACE pour la sortie en RRAC.

Le *Fast Track* est un concept multidisciplinaire qui induit une modification de la pratique professionnelle, facilitant le chemin le plus court entre deux points du processus de prise en charge du patient. En France, l'idée est plutôt de réduire les étapes de prise en charge au strict nécessaire. Dès lors, ce système s'insère entre ambulatoire strict et l'hospitalisation traditionnelle. On peut théoriser en parlant d'ambulatoire court pour la chirurgie de la cataracte standard (séjour < à 3 heures) (fig. 4) et ambulatoire long (fig. 5) qui peut alors devenir un *Fast Track* compte tenu d'un flux ambulatoire inapproprié, soit d'une demande renforcée de soins (fig. 6). Toutefois, cette méthode n'a pas de support juridique, et repose essentiellement (comme l'ambulatoire à ses débuts) sur une détermination organisationnelle.

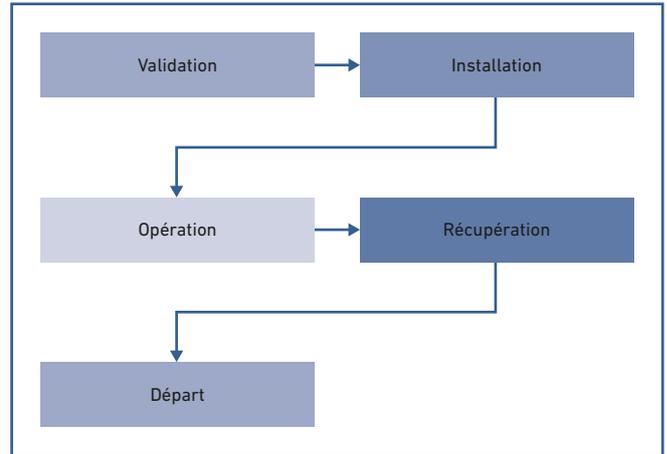


Fig. 4 : Opération ambulatoire de la cataracte en circuit ultra court.

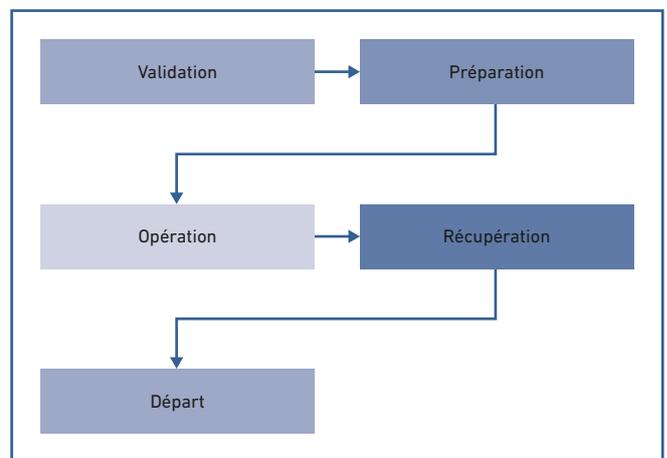


Fig. 5 : Opération ambulatoire de la cataracte en circuit court.

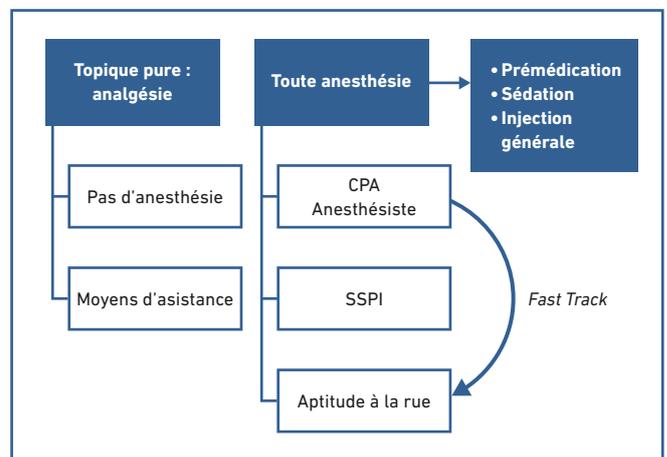


Fig. 6 : L'alternative anesthésique en ambulatoire.

Traditionnellement, en France, 40 années d'effort viennent de porter sur une équation sécuritaire anesthésique : un patient = une salle opératoire = une unité de temps = pour un patient

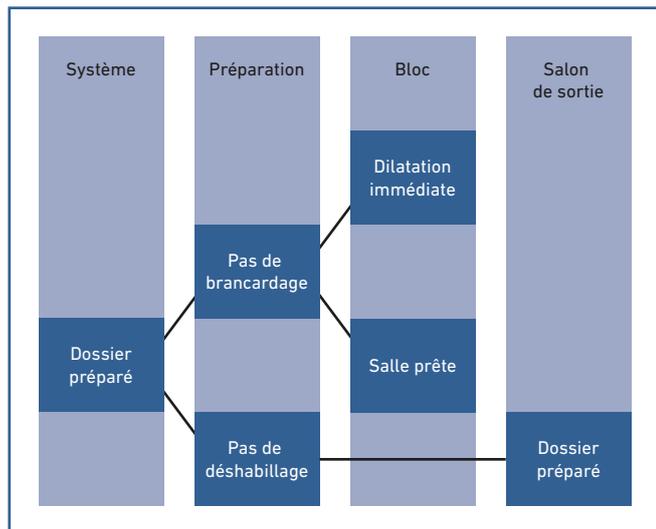


Fig. 7 : Les gains de temps en accord avec le dossier de certification.

examiné plus de 24 heures avant l'opération. Il est légalement impossible de modifier cette attitude et, à chaque ébauche d'allègement, on entend des protestations au nom de la sécurité contre la chirurgie "low cost". En vérité, rien n'a été fait pour adapter les règlements à un profil particulier d'encadrement, et toutes les chirurgies ambulatoires sont soumises aux mêmes contraintes. Il ne faut pas aller chercher bien loin les raisons du retard français. D'autant que les exigences de certification alourdissent énormément la plasticité des circuits (fig. 7). L'espace opératoire est un élément d'un système technologique : l'établissement lui-même, enchâssé dans un cadre socio-administratif. L'HAS lui reconnaît une existence, mais on voit encore assez peu d'applications ophtalmologiques sur le terrain théorique : la chirurgie rétinovitréenne ou celle des greffes de cornée. Le risque lié aux bulles de gaz explique que le *Fast Track* est une véritable formule "sur mesure" pour la DMS de ces greffes.

La tendance générale en France n'est pas de se diriger vers des centres autonomes en dépit de l'importante expérience étrangère et du succès des rarissimes centres indépendants de notre pays (quatre en France depuis 1980, toutes spécialités confondues). La préférence va vers une imbrication, plus ou moins lâche, au sein même du bloc opératoire. Le terme unité de chirurgie ambulatoire (UCA) a le mérite d'être ouvert à toutes formes d'exercice et de concept architectural ou fonctionnel. C'est la seule façon acceptée largement par les pôles médicaux, administratifs, anesthésiques, syndicaux et les autorités de tutelle. Au demeurant, la plupart des structures ambulatoires, pompeusement ainsi baptisées, se résument à de simples suppressions d'hébergement, accompagnées de

modifications de signalétique et d'un maquillage réglementaire. Parfois, des ersatz intermédiaires sont mis en place (hôpital de semaine, hôtel de voisinage).

La France est depuis longtemps passée à côté de véritables dispositifs ambulatoires indépendants ou autonomes. Au demeurant, il est stupéfiant de constater le considérable retard national, alors qu'aux États-Unis la proportion des actes en ambulatoire en hôpital est passée de 90 à 45 % en 30 ans, pendant que la proportion durant la même période passait à 38 % pour les centres ambulatoires satellites et à 17 % pour les centres indépendants (encore nommés cabinets forains en France !).

Selon le décret du 20 août 2012, la chirurgie ambulatoire est "une prise en charge d'une durée inférieure ou égale à 12 heures ne comprenant pas d'hébergement". On peut comprendre le parcours comme un cheminement où le patient part dans le même état de santé que celui présent à son arrivée. Le Code de la santé publique (CSP) la présente comme une structure de soins alternative à l'hospitalisation, et limite sa durée journalière d'ouverture à 12 heures. Son organisation doit être spécifique, et elle dispose de moyens propres en locaux, en matériel ainsi qu'en personnel.

L'acte chirurgical est théoriquement identique en chirurgie ambulatoire et en chirurgie classique avec hospitalisation complète. Ce n'est d'ailleurs pas l'acte qui est ambulatoire, mais le patient. En chirurgie rapide, rien ne se fait sans le patient : il devient patient-acteur. Le metteur en scène, c'est le coordonnateur du bloc. Dire que le patient est au centre est du charabia, mais dire qu'il est le moteur de son avancée dans la guérison est une réalité. La décision de prendre en charge pour une intervention un patient en ambulatoire est basée sur le triptyque patient-acte-structure, qui correspond à l'analyse du rapport bénéfice/risque pour le patient, à la prévisibilité de sa prise en charge et de l'organisation mise en place.

Le 22 août 2012 a été publié au JO le décret n° 2012-969 relatif aux alternatives à l'hospitalisation. Ce décret est le premier qui libère, légèrement, le carcan administratif.

Parmi les nouveautés à retenir :

- le remplacement de la norme générale d'un infirmier pour 5 patients par un principe de présence permanente minimale médicale et infirmière (D6124-303- CSP) ;
- la possibilité d'ouvrir les structures pendant une durée plus longue, la durée de séjour des patients demeurant quant à elle limitée à 12 heures au maximum (D.6124-301-1 CSP) ;

- la possibilité, à certaines conditions, de mutualiser moyens et personnels des structures d’hospitalisation à temps partiel et à temps complet (D.6124-301-1 alinéa 4, 5, 6 et D6124-303 CSP);
- la suppression de l’obligation de disposer systématiquement d’une réanimation pour les établissements de santé, assurant la continuité des soins par convention (D.6124-304 alinéa 2 CSP).

Ce décret a immédiatement été contesté par plusieurs corporations, générant une lettre de la tutelle ministérielle pour en adoucir le propos. Pour rappel : un bloc opératoire doit bénéficier d’un coordonnateur, d’un conseil de bloc, d’un comité d’utilisateurs, d’une cellule de supervision, d’un secrétariat, etc. Ce dispositif lourd a pour but la bonne gestion essentiellement utile dans des UCA multidisciplinaires ou à fort débit. Une charte matérialise l’organisation. Des organisations corporatistes se sont vite élevées contre ces mesures de bon sens.

■ L’ambulatoire demande d’assimiler l’unité de temps

Edgar Morin dit : “*Ce n’est pas simple, ce n’est pas compliqué mais simplement complexe.*” L’ambulatoire est un système dynamique à inertie variable. Il faut réduire les interfaces, le gain de temps n’est que la conséquence. Le savoir-faire est connu mais heurte. Les structures indépendantes (*free-standing centers*) comprennent l’ensemble des moyens matériels et humains (accueil, séjour, bloc opératoire et personnel) nécessaires à l’ambulatoire et réunis au sein d’une structure entièrement dédiée à cette activité. Les adversaires de ce dernier type de modèle le qualifient de “forain” ! L’HAS a même

inscrit en sous-titre de son médiocre opuscule sur le mode d’exercice de la cataracte : “*Une activité chirurgicale qui ne peut être pratiquée au cabinet !*”

■ La réglementation française n’impose pas un modèle mais des obligations

Différentes décisions juridictionnelles considèrent que le fait d’être autorisé à exercer, pour une structure, une activité de soins avec hébergement sous forme ambulatoire lui conférerait la qualification d’un établissement de santé. Le parangonage administratif aboutit à des catalogues ne prenant pas en compte les apports des expériences locales ou individuelles. Aucune différence n’est faite entre les spécialités et les exercices. Une notion nouvelle est ignorée chez nous : *Office-based anesthesia*. Cette entité place l’anesthésie au centre du dispositif, et permet un concept chirurgical corollaire. Ce point est crucial, car il évite l’accroche anesthésique sur des protocoles et circuits transférés des pratiques avec hébergement. La RRAC est très proche du concept.

L’ambulatoire, c’est l’utilisation du temps juste (*fig. 8 et 9*). Contrairement aux idées reçues, l’ambulatoire demande un *slow management* pour assurer une simplicité volontaire des process et par là même une économie ergonomique et financière. Quatre modèles d’organisation ambulatoire sont connus, et le choix organisationnel détermine l’architecture et les circuits.

Il est estimé qu’en pays avancés, 90 à 95 % des cataractes adultes sont éligibles au procédé ambulatoire. Les fractions restantes ne sont pas homogènes, et comportent les malades atteints de polyopathologies actives, des patients psychiatriques,

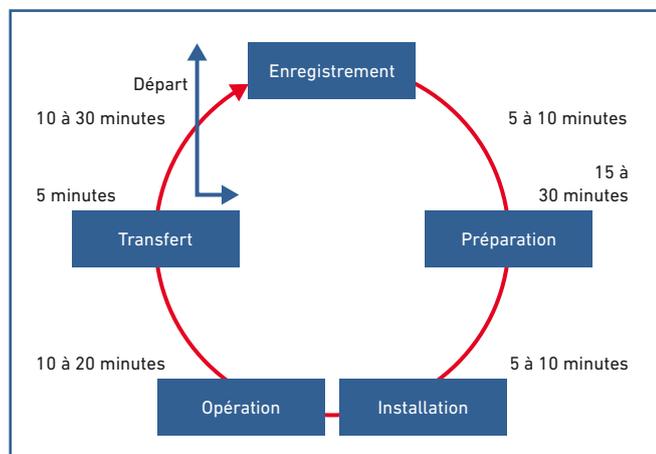


Fig. 8 : Circuit cataracte ambulatoire actuel sous topique pure.

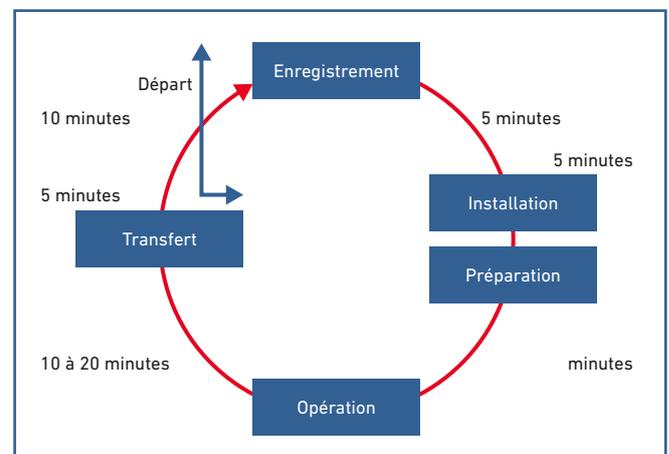


Fig. 9 : Circuit cataracte ambulatoire à flux rapide sous topique pure.



Fig. 10 : Les circuits à flux rapide impliquent une gestion intégrée.

des non-comprenants et des patients très seuls. La liste n'est pas limitative. L'isolement social est un indice de sévérité, dans les groupes homogènes de maladie (GHM), donc peu susceptibles d'être traités en chirurgie ambulatoire. Un CHU français trouve encore 7 % d'échecs de l'ambulatoire lors de la mise en place du système en chirurgie de la cataracte !

Le pivot d'un dispositif ambulatoire est un système d'information efficient (*fig. 10*). Le système d'information recueille les données. Il permet le *management* de la qualité, le suivi des procédures, la tenue des dossiers et le respect de la charge et du règlement intérieur. Ce système, quel que soit son mode, doit permettre de n'avoir à traiter le jour opératoire qu'un minimum d'items administratifs. Il enclenche les protocoles préopératoires : choix d'implant, mode anesthésique, horaire, appel de confirmation, etc. et ceux suivant l'intervention : appel téléphonique, rendez-vous, explications de l'ordonnance et des consignes... Le dossier doit être confié au patient avant

le jour J, et il ne doit rester que les consentements à vérifier et les points clés à réexpliquer. Les personnels et médecins doivent adopter un fonctionnement fluide.

L'ambulatoire concerne surtout une nouvelle organisation, mais les principaux apports de cette modalité procèdent des importantes évolutions du processus de soins de la cataracte. Ainsi, tout débute par la consultation du chirurgien. Nous n'envisageons ici que ce qui est spécifique à l'ambulatoire. L'opérateur détermine le mode interventionnel, chirurgical et analgésique. Les tests oculaires sont effectués. Une infirmière connaissant parfaitement le circuit et dotée d'une expérience de terrain effectue une consultation infirmière (*fig. 11*) comportant, entre autres, un axe environnemental, social et psychologique. Elle émet un avis de faisabilité ambulatoire qui dirige alors soit vers l'anesthésiste (environ 5 %), soit vers les explications ambulatoires et la remise du dossier. Si le circuit bifurque vers l'anesthésiste, le patient reçoit les informations complémentaires.

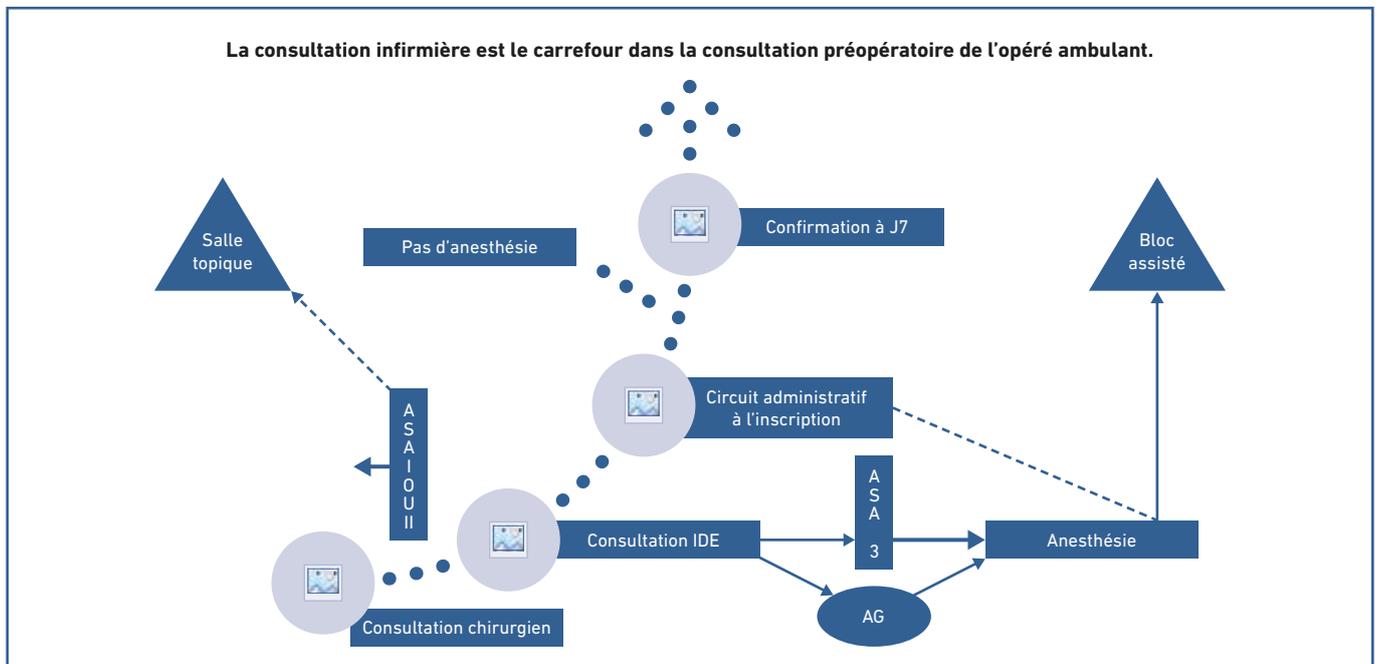


Fig. 11 : Dans le circuit ambulatoire, tout doit être résolu avant l'intervention.

Des questionnaires peuvent aider, mais le rôle du médecin traitant est important si des notions complémentaires sont nécessaires. Tous les rendez-vous postopératoires sont à assurer dès cette étape. La place de la secrétaire est à définir en fonction des particularités locales. Certains, avec l'information numérique, pensent que le couple chirurgien et IDE est suffisant pour les codages, les comptes rendus, les documentations. Mais parfois, ce n'est pas possible, et il faut alors éviter les frottements à la jonction secrétaire/IDE : les tâches doivent être définies et fixées préalablement. D'une façon générale, on observe dans les nouveaux aménagements hospitaliers une baisse des surfaces d'hébergement au profit des espaces techniques et des bureaux.

Mais l'ambulatorio, justement, réintroduit la notion d'espace (fig. 12). Il faut de la place pour ceux qui attendent et les parlants. Il faut assurer la confidentialité des temps d'information ; l'intimité est précieuse pour la relaxation. Un vrai ambulatorio ne fait pas réellement gagner de la surface à l'établissement. Habituellement, les salles de récupération sont trop petites et les salons de sortie aussi. Tout dépend si elles sont réservées à l'ophtalmologie ou si elles sont multidisciplinaires. Dans ce dernier cas, le salon de départ mixe des besoins variables, et doit souvent être non loin des soignants. Il reste à peser la présence des accompagnants dans le salon. La recherche de l'efficacité oblige à une optimisation des flux afin de confiner les objectifs dans un périmètre de coûts. De surcroît, cette demande de superficie ne s'accompagne pas d'une diminution du temps en personnel ou, plus exactement, du temps consacré aux soins actifs. Ce qui disparaît, c'est le personnel de surveillance de nuit.

La première qualité du bloc opératoire est sa stérilité. Le secteur opératoire est caractérisé par l'arrêt du 7 janvier 1993. Il repose sur une organisation spécifique, regroupant plusieurs secteurs qui permettent la prise en charge du patient à différents temps de son intervention. Classiquement, les espaces ont une typologie divisée en quatre : périphérie, espace extérieur, le milieu et l'espace intérieur.

Ne pas confondre :

L'ambulatorio	RRAC
<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'hébergement • Quelque soit l'acte • Patients sélectionnés 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la durée de l'hébergement • Rapidité de la récupération • Pour tous les patients • Pour tous les actes

Seul le milieu est stérile, les espaces sont dits propres et la périphérie est simplement un endroit nettoyé, mais ni propre

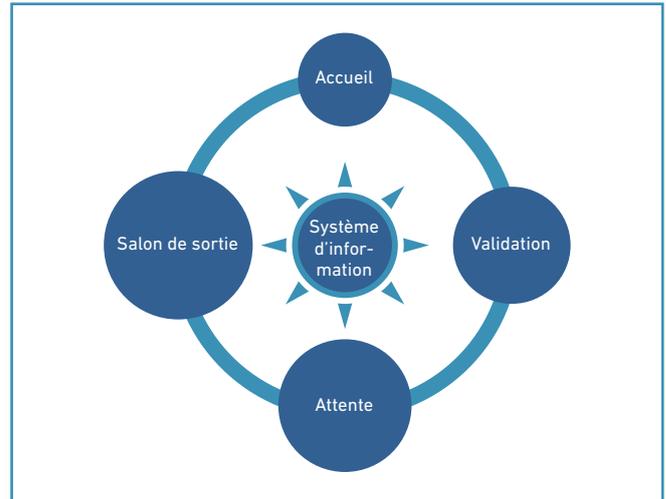


Fig. 12 : L'interface est numérique.

ni stérile. Chaque espace possède ses propres caractéristiques techniques et ses propres règles de fonctionnement.

L'ancienne conception des deux circuits (propre et sale) est peu adaptée à la chirurgie de la cataracte, car elle est expansionniste en superficie et source de surcoût en personnel. Elle laisse place au concept d'asepsie progressive où la douane assure le respect des conditions de passage d'une zone à une autre (fig. 13). Elle exige un respect des protocoles et un agencement en quatre zones. Les distances doivent être courtes. L'ambulatorio crée du mouvement. Il faut des espaces larges et grands pour les zones sans soins, de façon à traiter sereinement les opérés, le personnel soignant et les accompagnants. La prévention vis-à-vis des agents infectieux, conventionnels ou non, n'est en rien spécifique. L'objectif actuel est d'optimiser le séjour chirurgical d'un patient (fig. 13) dans la structure, en le limitant au strict indispensable *lean management*. Ce principe nécessite l'évaluation *a priori* du triptyque patient-chirurgie-organisation afin d'appliquer uniquement les justes moyens dans une démarche de "suppression du gras" – moins de stérilisation locale, moins de temps de nettoyage, emploi systématique d'instrumentations à usage unique – est la règle. En contrepartie, il y a une augmentation du travail de commandes, de livraison... et en général de gestion de stock.

Deux types de circuit existent :

>>> Dans le **circuit à flux unique**, le transfert du patient est unidirectionnel. Le patient parcourt un chemin sans retour : admission, salle préopératoire, salle opératoire, salle postopératoire et départ. L'avantage de ce modèle est que les patients

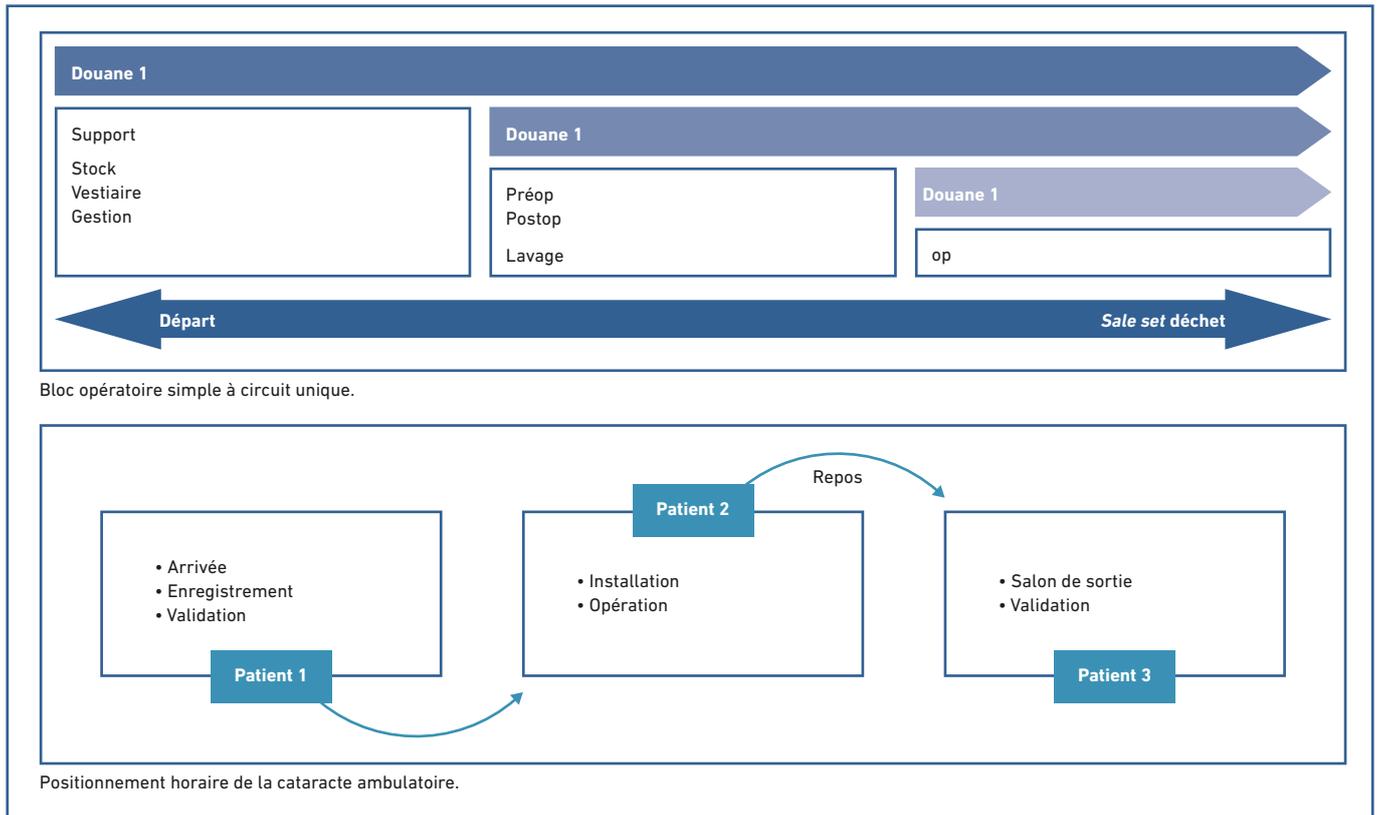


Fig. 13 : Dispositif opérationnel

pré et postopératoires ne se croisent pas. L'inconvénient est qu'il faut donc deux espaces distincts pour les salles pré et postopératoires, et cela nécessite plus d'espace pour le même nombre de patients, ainsi que plus de personnel. Surtout, le bénéfice réel est inconnu (fig. 13).

>>> Dans le **circuit à flux croisés**, le patient repasse par les mêmes salles, en particulier la salle pré- et postopératoire qui devient une salle unique ou de proximité. L'avantage est qu'une seule salle accueille les patients en phase préopératoire et en phase postopératoire. La zone d'admission et de sortie peut également être unique. L'inconvénient est qu'il faut proportionner les superficies et anticiper les postes d'attente patient-famille. Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir des couloirs assez larges.

L'intervention de cataracte de l'adulte a la particularité d'être plus rapide que les temps de préparation et de récupération. Il en est de même pour la salle opératoire, dont le temps de repos est sensiblement égal à celui de l'acte. Le taux de rotation (fig. 14) peut être élevé, avec un chiffre de 2 voire 3 ou 4, pour une ouverture de vacation de demi-journée de rotation. La préparation peut avoir débuté en chemin avec des collyres

prescrits ou remis (fig. 15). À présent, l'arrivée sur le marché d'une molécule mydriatique injectable dans la chambre antérieure de l'œil va venir considérablement raccourcir le temps de préparation (fig. 14). Mais ce mydriatique ne permettra pas l'emploi du femtolaser qui demande une absence d'incision préalable. Au départ du patient, après une analgésie topique, il n'y a pas besoin de faire plus que le rhabillage superficiel, une collation courte et la remise du dossier de sortie de départ. Si un règlement doit être effectué, c'est le moment. Mais il est bien préférable de réaliser le paiement dès l'arrivée.

L'installation et la désinstallation ne prennent pas de temps. En effet, lorsqu'un patient n'est pas prémédiqué, il peut se rendre en marchant sur le fauteuil-lit opératoire.

Brancardage et chaises ne peuvent concerner dans ce cas de figure, chez l'adulte, que des handicapés ou des prémédiqués (clé de voûte de la codification anesthésique). Le patient n'est pas déshabillé mais il porte des vêtements propres, non hermétiques et aisés à enlever en cas de besoin. Cette question de vêtements doit être débattue avec les responsables de la prévention des infections liées aux soins. Les exigences de la certification,

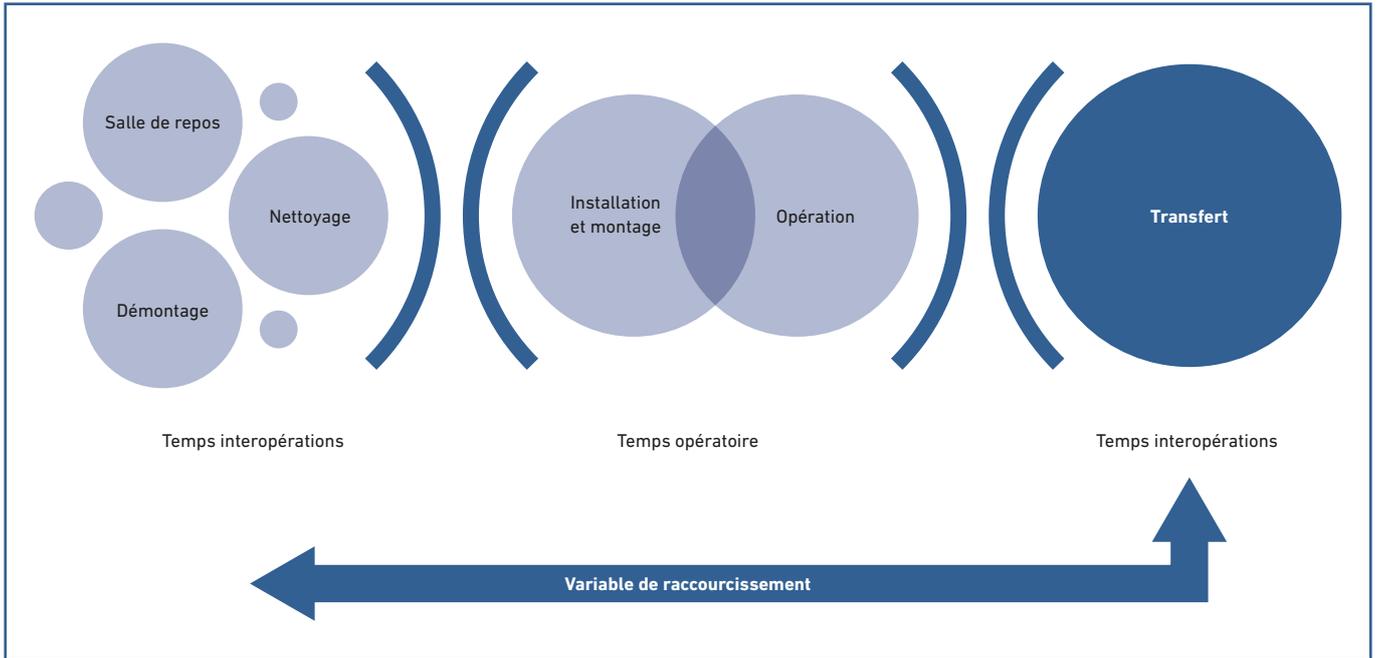


Fig. 14 : Les temps ophtalmologiques au bloc : Le temps de transfert doit être superposé au temps d'interopérabilité.

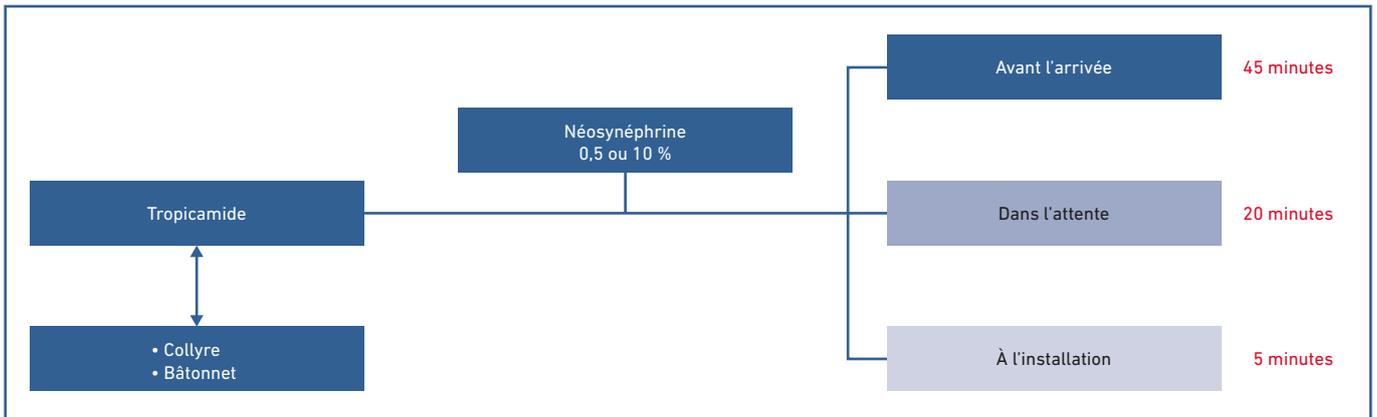


Fig. 15 : Protocoles de dilatation pupillaire.

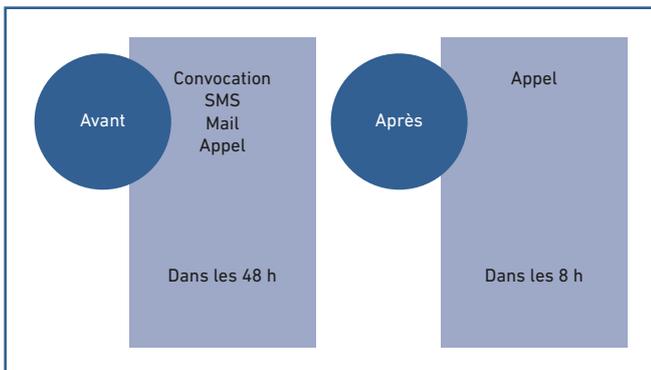


Fig. 16 : Protocole de communication.

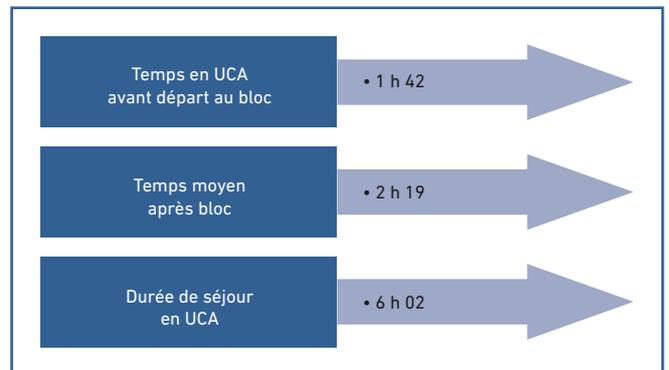


Fig. 17 : La déperdition du temps utile (cataracte) en UCA.

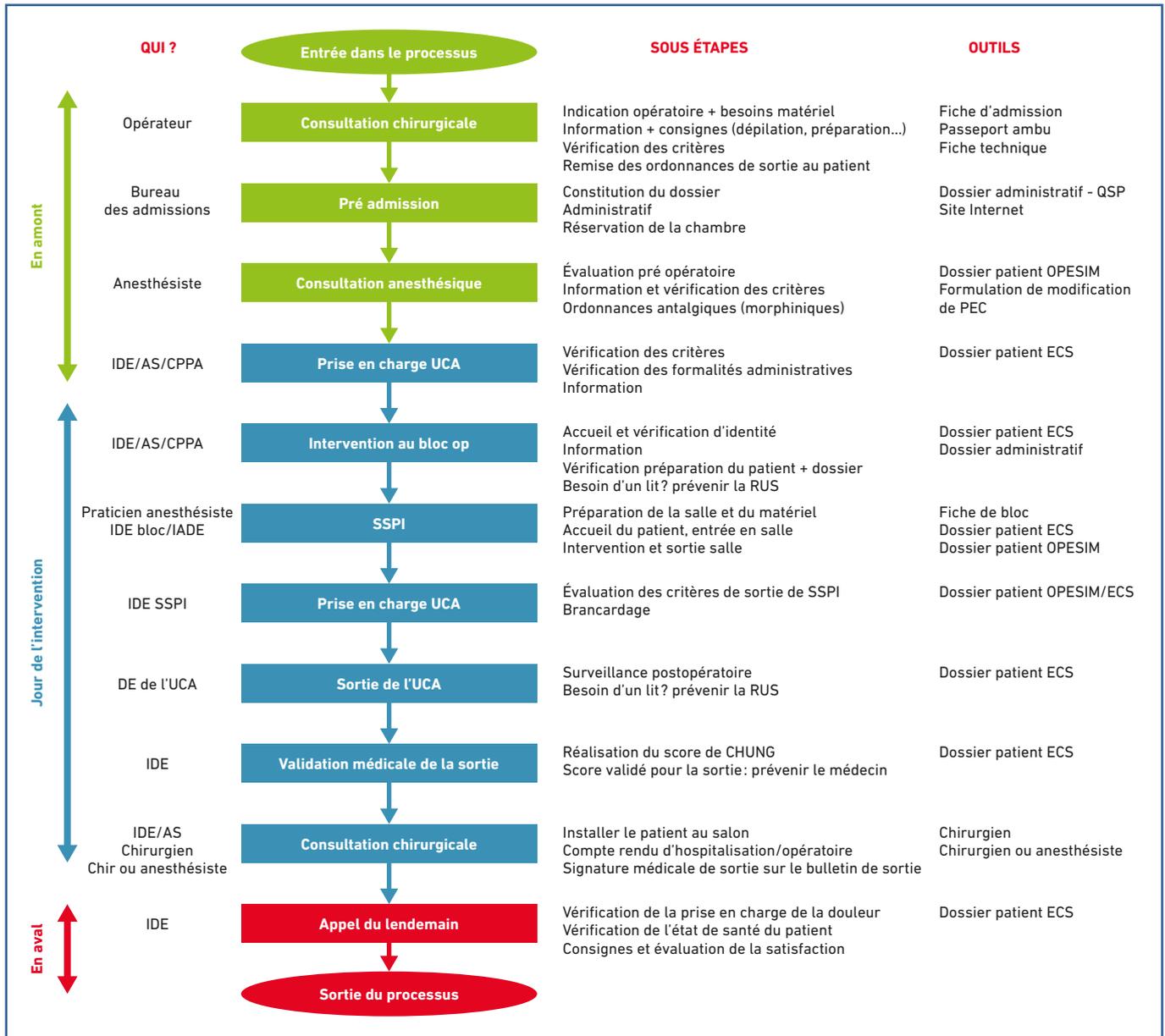


Fig. 19 : Le modèle RRAC (Clinique des Ormeaux).

permet de geler la convocation (SMS, appel téléphonique..., la lettre est inutile et coûteuse). L'ambulatoire n'est pas un système coupé des aléas chirurgicaux, en dépit d'un recrutement a priori moins menacé, mais il est plus exposé aux à-coups de la panne organisationnelle.

La question du contrôle postopératoire de la cataracte a fait l'objet de débats. Le curseur va de J1 à J4 selon les auteurs. Un appel téléphonique ou un lien avec un personnel soignant est pratiqué lorsque la visite est décalée. Ce qui est important, c'est d'avoir les moyens d'assistance en cas de complications inattendues.

Conclusion

Personne ne discute plus le raccourcissement des durées de séjour mais l'extension de cette notion à des chirurgies plus lourdes que l'opération de la cataracte sous topique pure demande des aménagements et de nouveaux protocoles.

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



B. ARSON
Clinique de la vision Visya.
cliniquevision@orange.fr

L'appel téléphonique du lendemain après une opération de la cataracte

Raccourcir les durées des soins, optimiser les déplacements, alléger les protocoles chirurgicaux, réduire l'intensité des soins... sont des tendances irréversibles en matière de chirurgie de la cataracte. Une des questions posées est la visite postopératoire du lendemain. Les arguments *pros and cons* sont multiples et non définitifs. Nous rapportons ici une courte expérience de l'appel téléphonique du lendemain de l'opération. Cet article ne se veut pas scientifique mais vise à apporter un éclairage.

■ Matériel

50 opérations non combinées de la cataracte sur 50 patients traités pour la première fois et par le même chirurgien sont sélectionnées. Les critères sont simples : tous les cas se déroulent en ambulatoire, sous analgésie topique, sans prémédication et sans présence d'anesthésiste.

Les malades ne sont pas des Prelex, ne sont pas monophthalmes, parlent français, possèdent un appareil téléphonique cellulaire, ne sont pas sourds et enfin n'ont pas été victime d'une complication opératoire (absente dans les cas retenus). En revanche, 4 patients sont glaucomeux traités, l'un d'entre eux a une uvéite antérieure en accalmie inflammatoire. Un œil avait une synéchie pupillaire et deux une pseudo exfoliation capsulaire.

La morbidité générale n'est pas retenue dans cet article puisque, dans cette série, aucune considération générale n'est prise en compte car le principe présidant au protocole est justement de ne rien modifier en pré et postopératoire quels que soient les éventuels traitements et pathologies. Il en est de même pour les médicaments à visée prostatique (21 hommes) La moyenne d'âge est de 71,4 ans (54-91). Parmi les patients retenus, 39 sont Caucasiens, 10 Africains et un Asiatique.

■ Technique

Les patients sont opérés à la Clinique de la Vision entre 13 heures et 17 heures. Le protocole de dilatation est classique : quelques gouttes de néosynéphrine 5 % et de tropicamide dans la demi-heure précédant le début de l'acte. L'analgésie topique repose sur 4 gouttes instillées lors de la pose du champ et donc le plus tard possible. Les applications de Bétadine 10 % cutanée et 5 % oculaire sont faites deux fois à 5 minutes d'intervalle. Les cas les plus sensibles reçoivent une injection de 1 mg de lidocaïne 1 % sans excipients ni conservateurs. Aucune adrénaline n'est employée.

Les patients n'ont pas d'abord veineux et n'avaient aucun sédatif. Remarquons que la moitié utilisent déjà des benzodiazépines ou assimilés dans la vie courante. Ils ont la possibilité, à leur gré, d'avaler la veille 1/4 de Lexomil. L'opération est une phacoémulsification à deux voies en faible US et à bas débit. L'implant intrasacculaire est soit un Alcon SW ou un AT Lisa de Zeiss. Les modèles sont monofocaux, toriques ou bifocaux. La substance viscoélastique est toujours la combinaison Viscoat et DuoVisc (jamais plus d'une boîte). La solution est toujours totalement aspirée en fin d'intervention. 24 yeux reçoivent du myostat et 49 la dose de 0,1 ml d'Aprokam. Aucun acte ne fait appel au femtoseconde.

La durée moyenne d'intervention du bistouri à la tunnelisation au BSS est de 9 minutes, (mesure par minute) la plus courte est de 5 minutes et la plus longue de 21 minutes.

Le départ intervient dans la demi-heure suivant la sortie du bloc après une collation. Tous les documents sont paraphés et traités avant l'intervention. Il apparaît que seulement 44 patients attendent l'accompagnant demandé. Le traitement postopératoire est standardisé. Tous les patients ont la même prescription : collyre dexaméthasone : 1 x 4/24 heures

durant 3 semaines et tropicamide : 1 × 15 jours. Notons qu'il est systématiquement ordonné pour 36 heures une 1/2 prise orale 3 fois par jour et pour 4 jours chez les glaucomateux. Les traitements antérieurs sont continués. Les soins oculaires doivent débiter le jour même, dès le retour au domicile. Il n'est pas demandé aux patients de porter de coque.

■ Méthode

Les patients ont un rendez-vous postopératoire soit le troisième ou quatrième jour avec l'opérateur soit avec un autre ophtalmologiste. Un appel téléphonique est lancé le lendemain dans la fin d'après-midi soir à 24 heures révolues. 3 demeurent sans réponse (les patients allant bien comme le confirme la visite programmée).



Fig. 1 : Le téléphone fait partie de l'équipement du dispositif de soins.

Les questions posées sont libres et ouvertes, elles comportent au moins 3 items :

1. Commencez-vous à voir ?
2. Avez-vous mal ?
3. L'œil est-il très rouge ou gonflé ?

La préoccupation du contact est bien entendue de dépister un éventuel début d'inflammations ou d'infections mais aussi d'essayer de savoir si une forte hypertension est présente. En terme relationnel, ce n'est pas toujours très simple. Plusieurs fois, la personne répondante est un proche qui transmet à l'opéré et qui peut poser des questions supplémentaires (fig. 2).



Fig. 2 : Le patient ou ses proches répondent.

Aucune recherche de la satisfaction tant sur l'intervention que sur l'appel téléphonique n'est effectuée. En effet, les réponses à ce type d'interrogatoire sont toujours très positives tant l'adhésion est grande avant même l'opération. Les remontrances et commentaires négatifs procèdent toujours d'un événement ponctuel (attente trop longue, difficultés administratives, mauvais contact avec le personnel soignant...) et cela n'a pas d'intérêt pour notre sujet mais évidemment c'est important pour le fonctionnement du dispositif.

■ Résultat

>>> **Vision** : 42 sur 47 disent mieux voir en signalant presque tous un ou plusieurs effets secondaires (éblouissement, corps flottants, lueur rouge, dissociation loin près...).

>>> **Douleur** : une fois le mot expliqué par le patient, on ne note aucune douleur tout au plus des sensations de gêne très disparates, non constantes et n'alarmant personne au domicile.

>>> **Rougeur et gonflement** : un seul cas signalé. Comme il avait aussi une absence de sensation de retour visuel, ce patient a été vu physiquement le jour même en fin d'après-midi. C'était le cas avec une synéchie pupillaire. Une faible iritidie était présente avec un léger œdème cornéen. Un saignement conjonctival s'est produit après la sortie. La pression oculaire était de 20 mm Hg avec une prise de Diamox.

Les questions posées par les patients et l'entourage sont de trois ordres :

- Précisions sur la délivrance du traitement +++
- Gestion administrative : transport feuille de maladie, interruption de travail...
- Activités permises ou non

Il est remarquable de constater que la quasi-totalité des items figurent avec les réponses dans les documents remis et qu'une fois de plus apparaît la primauté de l'oral sur l'écrit pour l'observance et la compréhension des indications de soins.

■ Commentaires

Lorsqu'un patient peut se déplacer pour être opéré et repartir dans le même état général qu'à l'arrivée, il est possible de considérer, *de facto*, qu'il pourra, si cela s'avère nécessaire revenir le lendemain. Toutefois, nous savons que plus de 98 % de ces déplacements à J1 n'ont pas d'impact pour le traitement.



Fig. 3 : L'infirmière ou la secrétaire peuvent être les interlocuteurs.

La période cruciale pour les complications d'une opération non compliquée se situe entre J2 et J4.

L'hypertonie oculaire précoce n'est pas rare et se situe entre 2 et 21 % selon les auteurs. Mais il faut tenir compte des procédés, de la durée et de l'intensité des manœuvres de l'état préexistant. Ces hypertonies sont, dans la majorité des cas, reliées à un résiduel de viscoélastique. Parfois, il s'agit d'une iritis hypertensive et chez les glaucomateux d'un échappement tensionnel *a priori* transitoire.

Le report de peu de jours de la première visite a plusieurs intérêts. Médicalement, elle s'impose pour s'assurer de l'intégrité oculaire et vérifier les données chiffrées : réfraction,

pression oculaire, fond d'œil... la prescription d'un éventuel verre de lunettes peut se faire dans la grande majorité des cas. L'appel téléphonique possède une force relationnelle évidente (fig. 3). Il maintient le lien médical, il renforce le sérieux du suivi et enfin il soulage le patient de questions potentielles.

Au plan ergonomique, la réduction du nombre des déplacements est dans la ligne de l'allègement des protocoles opératoires. L'impact financier et social n'est pas négligeable.

■ Conclusion

En l'absence d'un déplacement du patient opéré durant les deux premiers jours suivant une opération non compliquée de l'adulte, il est patent qu'un appel téléphonique s'inscrit dans une bonne pratique médicale. La mesure rassure le patient, donne confiance aux deux parties, assure la sécurité et participe à la rationalité ergonomique.

Pour en savoir plus :

- E. BOURGEOIS, A. COUSIN, C. CHATEL *et al.* Appel au premier jour post opératoire et incidence de la douleur et des nausées-vomissements : expérience d'un centre ambulatoire en 2013. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 2014;33:A180-A181.
- HAFIJI J, SALMON P, HUSSAIN W. Patient satisfaction with post-operative telephone calls after Mohs micrographic surgery: a New Zealand and U.K. experience. *B J Dermatology*, 2012;167:570-574.
- HOFFMAN JJ, PELOSINI L. Telephone follow-up for cataract surgery: feasibility and patient satisfaction study. *Int J Health Care Qual Assur*, 2016;29:407-416.
- TAN P, FOO FY, TEOH SC *et al.* Evaluation of the use of a nurse-administered telephone questionnaire for post-operative cataract surgery review. *Int J Health Care Qual Assur*, 2014;27:347-354.

L'auteure 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

La sélection et l'information en chirurgie réfractive : retour d'expérience

Les chirurgies réfractives sont :

- des chirurgies réparatrices de la fonction visuelle ;
- des chirurgies de convenance individuelle ;
- des chirurgies actées par la décision médicale ;
- ces chirurgies ne comportent aucune obligation de résultat ;
- mais une obligation de moyens, de méthodes et d'information ;
- elles ne sont en aucune façon des opérations cosmétiques.

La chirurgie réfractive, c'est le monde des petits nombres et des gros chiffres :

- peu d'opérateurs très bien qualifiés ;
- une patientèle effective limitée ;
- des investissements importants ;
- des risques peu fréquents et des avantages bien rémunérés.

Pourtant, la proportion de patients potentiellement candidats est extrêmement élevée, ne serait-ce que pour la myopie (*fig. 1*), mais on peut aussi intégrer une frange non négligeable de presbytes (*fig. 2*).

Le propre de la chirurgie réfractive est sa dualité : le patient est un volontaire sain qui décide par convenance ou nécessité d'une opération dont la décision revient aussi à l'ophtalmologiste opérateur qui détient la clef de la faisabilité et du choix thérapeutique. La chirurgie modifie la fonction visuelle oculaire et entre donc dans un cadre médical. Les raisons principales de la motivation peuvent schématiquement trouver place dans trois grands groupes (*fig. 3*).

Dans la majorité des cas, le point de départ est une intolérance physique ou psychologique des prothèses externes (lunettes ou lentilles de contact).

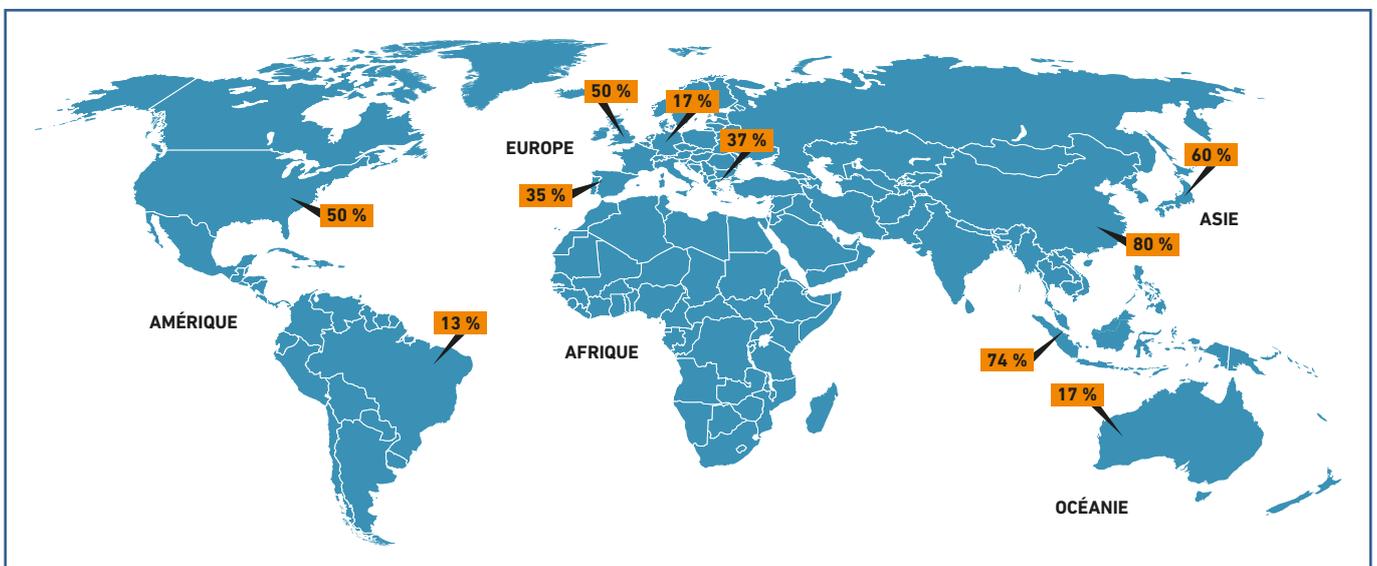


Fig. 1 : Prévalence de la myopie dans le monde (source : Visya - Clinique de la Vision).

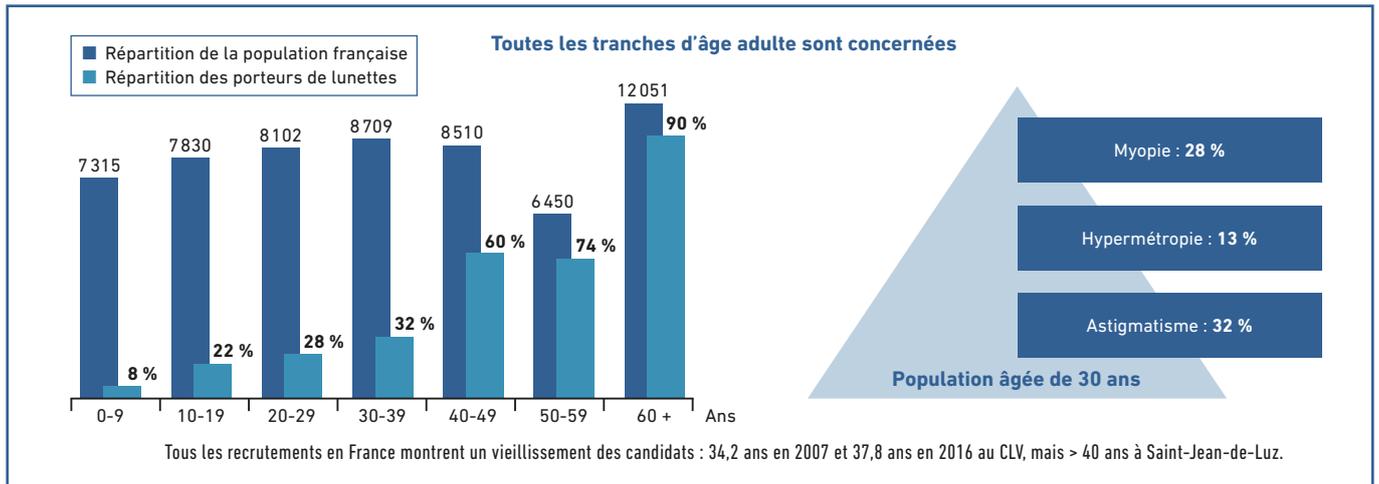


Fig. 2 : Les presbytes sont de plus en plus nombreux (source : Visya - Clinique de la Vision).

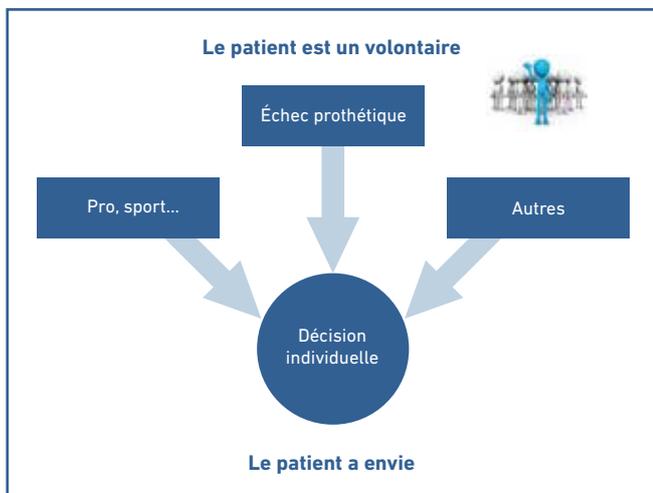


Fig. 3 : Tous les chemins mènent à Rome (source : Visya - Clinique de la Vision).

L'éligibilité à la cornéoplastie de surface au laser est somme toute simple (nous ne passons pas au crible les données médicales qui ne sont pas l'objet de cet article) (*fig. 4*) :

>>> Soit les critères sont au vert et toutes les méthodes sont possibles avec des préférences possibles. À noter la pesée est identique pour le LASIK et le SMILE.

>>> Soit un ou plusieurs éléments sont limités et contre-indiquent un LASIK (par exemple avec les indicateurs de Randleman) et alors c'est la place potentielle pour les traitements laser de surface (PKR, épi-LASIK...).

>>> Soit un facteur ou plusieurs s'opposent au laser. Force est de constater que l'activité de chirurgie réfractive stagne comme celle des lentilles de contact. Il est ardu de tirer des

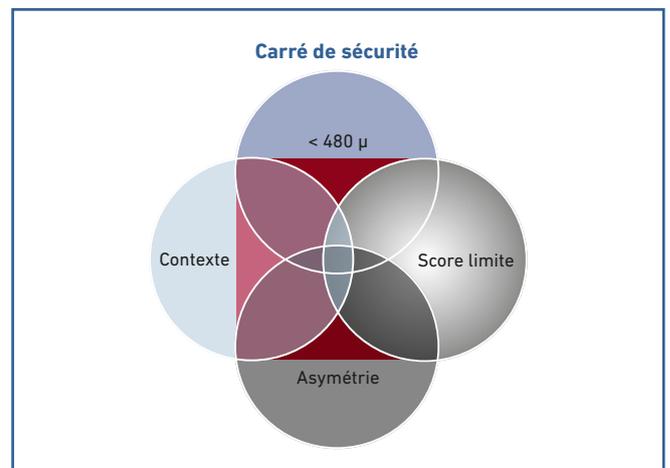


Fig. 4 : Rester dans le carré de sécurité c'est se prémunir, *a priori*, des complications ectasiques.

déductions définitives sur les raisons alors que la sécurité des interventions est élevée et que la panoplie offerte est de plus en plus précise. Dans une population occidentale, on estime à moins de 2 % le taux effectif d'opérabilité (*fig. 5*).

II L'engagement

Les patients se présentant à une consultation réfractive ont déjà fait une grande partie du chemin. Le désir et l'interrogation poussent à se renseigner. La démarche remonte souvent à des années et tout peut paraître ensuite aller très vite. Dans un cabinet spécialisé, on distingue trois grandes catégories : ceux qui sont prédéterminés, ceux qui hésitent et ceux qui sont en seconde opinion. Ce fractionnement est arbitraire mais fonctionne assez bien. En préalable, le bouche à oreille est la source principale

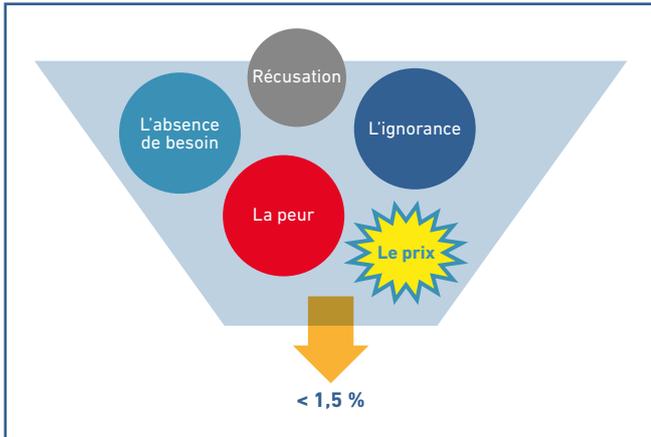


Fig. 5 : Peu de personnes à corriger se font opérer.

d'orientation du candidat : médecin traitant, ami opéré, conseil d'une relation, signal médiatique... sinon Internet sous toutes ses formes constitue le second affluent. Entre l'éligibilité et le passage à l'acte, il convient de surmonter deux obstacles : le prix et la peur. Le premier est bien plus aisé à résoudre que le second.

■ Des normes

Au plan professionnel et pour les critères d'aptitude, une véritable révolution s'est produite en une dizaine d'années. Les barrières réglementaires ont presque partout abaissé les normes. Les délais de carence se sont raccourcis. Il demeure des contraintes simples visant à s'assurer d'une récupération fonctionnelle compatible avec les activités visées. Toutefois, avant de donner un avis positif, il faut conseiller au demandeur de vérifier les normes en vigueur qui changent souvent au fil du temps mais avec un retard compréhensible par rapport aux avancées chirurgicales. Les réglementations n'individualisent pas les implants ou le SMILE.

Encadré : Laser in situ keratomileusis in United States Naval aviators

548 eyes with myopia, 60 eyes with mixed astigmatism, and 25 eyes with hyperopia. The UDVA was 20/20 or better in 98.3% of eyes with myopia and mixed astigmatism at all postoperative visits and in 95.7% of hyperopic eyes 3 months postoperatively. The gain in CDVA was 1 or more lines in 39.2%, 41.1%, and 30.4% of myopic, mixed astigmatic and hyperopic eyes, respectively. Loss of 2 lines of CDVA after surgery occurred in 2 myopic eyes (0.4%). At 3 months, a mean change of 0.03 mm G0.10 (SD) and 0.05 G 0,08 mm was observed in higher-order root mean square and primary spherical aberration, respectively. **Of the patients, 95.9% said they believed that LASIK had helped their effectiveness as Naval aviators and 99.6% would recommend the same treatment to others.**

David J. Tanzer, MD, Tyson Brunstetter, OD PhD, Richard Zeber, OD, Elizabeth Hofmeister, MD, Sandor Kaupp, MS, Neil Kelly, PhD, Myah Mirzaoff, William Sray, MD, Mitch Brown, OD, Steven Schallhorn, MD *J Cataract Refract Surg*, 2013;39: 1047-1058.

Pour l'exemple, nous rapportons une étude concernant des aviateurs militaires aux USA et qui expliquent une large ouverture aux opérés (**encadré**).

Le reproche souvent entendu que les ophtalmologistes ne se font pas opérer vole en éclat si l'on regarde et là encore pour l'exemple ce qui se passe à la Clinique de la Vision où plusieurs opérateurs sont traités en chirurgie réfractive.

<http://www.cliniquedelavision.com/ophtalmologistes-opérés>

Un article sur 132 médecins opérés apporte lui aussi un démenti [1].

■ Qui ne peut pas ?

Parler de sélection c'est dire qu'il y a des contre-indications. Certaines sont absolues, d'autres sont relatives et selon les auteurs ce ne sont pas toujours les mêmes. D'emblée, précisons que l'examen lui-même fournit la plus grande partie des rejets d'indications.

D'une manière générale et chez l'adulte sont écartés :

- les maladies oculaires notables, évolutives, susceptibles d'interférer sur la fonction visuelle et sa surveillance comme par exemple le kératocône ou une rétinopathie diabétique avérée ;
- les maladies générales à impact oculaire ;
- les immunodépressions instables ou actives ;
- les personnes jugées non éligibles ;
- les refus de consentement ;
- les personnalités estimées irréalistes.

Les contre-indications relatives sont, elles aussi, soumises à variation d'opinion (monophalmie, amblyopie, grossesse, pathologie lacrymale objective et enfin des maladies générales sous traitement (chaque affection est cas d'espèce)).

■ Les patients ne sont pas les seuls à être sélectionnés

L'opérateur réfractif est un ophtalmologiste. Il n'est pas forcément issu de la filière hospitalière car celle-ci est assez mal lotie en dispositifs de traitements réfractifs et, lorsqu'elle elle possède un laser, la formation pratique n'est pas d'accès simple. Une fraction de ces ophtalmologistes apprend par compagnonnage et souvent avec l'aide des techniciens des fabricants. Certains ne possèdent aucun bagage chirurgical. À cette disparité s'opposent les contraintes de l'acte réfractif (**fig. 6**). Trop

souvent les ophtalmologistes sont machine laser-dépendants et se font assister pour conduire le traitement. En ce qui concerne le Prelex ou les implants phaqes, les médecins ne sont pas forcément les mêmes que ceux opérant au laser.

Il aime intervenir seul	<ul style="list-style-type: none"> • Formation autonome • Pas de seconde chance
Il apprécie d'opérer des yeux parfaits	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de droit à l'erreur • Fort lien de confiance
Il accepte une part d'incertitude	<ul style="list-style-type: none"> • Joie du J1 • La baraka est un atout
Il sait gérer les risques et les aléas	

Fig. 6 : Particularités de l'opérateur de chirurgie réfractive.

II Dire

Une fois le patient déclaré éligible, il faut entreprendre les étapes d'explications des choix thérapeutiques et c'est l'heure de parler des alternatives. Il convient de vérifier que les bénéfices et les risques soient bien identifiés par le patient. Que la distinction soit faite entre danger et désappointement ou effets secondaires. La validation du *process* repose sur 4 éléments prérequis (fig. 7).



Fig. 7 : Les prérequis de la chirurgie réfractive.

L'information orale est obligatoire mais elle aussi la mieux retenue. Elle est confortée par les fiches et documents matérialisés.

L'information est sans limite juridique et présente des caractéristiques :

- forcément asymétrique ;
- exhaustive mais sans obligation de méthode ;
- comporte un contenu et une relation ;
- non soumise à vérification ;
- doit être documentée et datée.

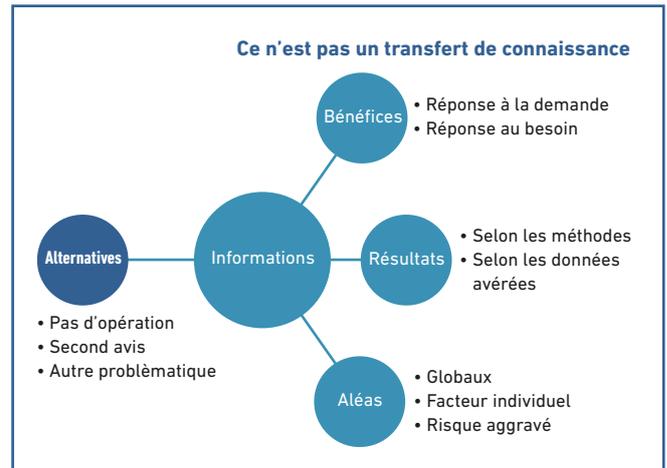


Fig. 8 : Le contenu de l'information.

Ce qui compte, c'est de ne plus distinguer selon la fréquence statistique de réalisation du risque mais selon la gravité.

La crainte médico-légale ne repose pas sur des bases importantes. Le nombre de recours est faible et ne se termine que dans la moitié des cas par une reconnaissance de la demande. Une partie des litiges est traitée en conciliation ou en indemnisation. Les seuls points particuliers sont : l'âge relativement jeune des victimes et l'importance du dommage qui peuvent conduire à des sommes réclamées importantes.

La présentation de l'information doit être efficace vis-à-vis de son objectif mais aussi et simultanément, elle constitue le socle de la défense du médecin en cas de litige (fig. 8).

Le consentement est l'acte contractuel concrétisant les deux décisions. Il est signé et daté d'avant l'opération (fig. 9). Aucun délai n'est imposé par la législation. Mais si la chirurgie suit

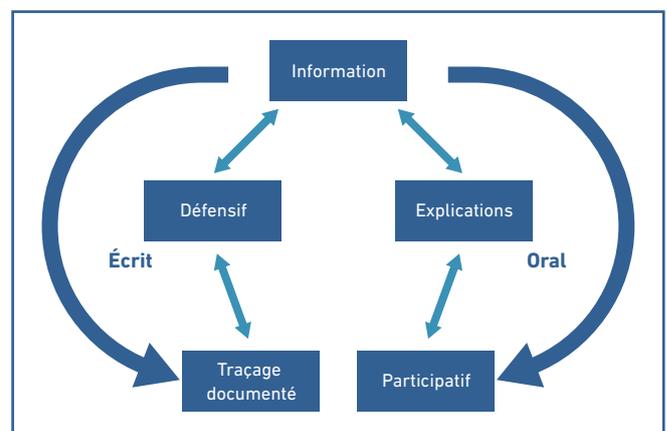


Fig. 9 : La dualité de l'information.

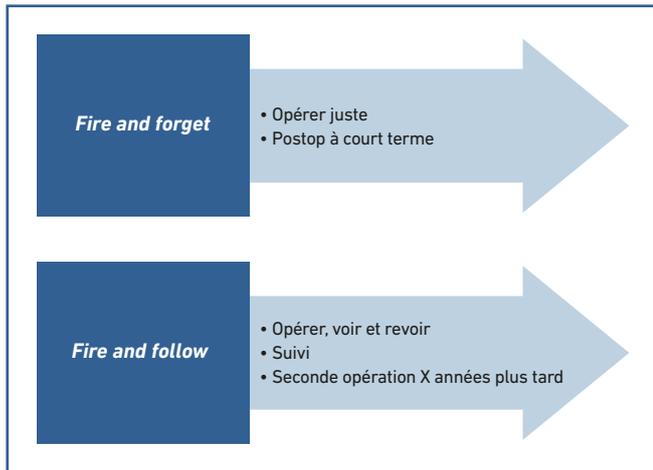


Fig. 10 : Suivre ou ne pas suivre.

l'examen, il faut être certain que le patient soit bien informé et comme il est demandé : loyalement, clairement et de façon intelligible.

La sélection doit aussi prendre en compte la façon dont le médecin entend assurer le suivi postopératoire à moyen et long terme. Autant il est nécessaire d'être accessible les premiers mois, autant il n'est pas fondé sauf cas particuliers que la surveillance au long terme revienne obligatoirement

à l'opérateur. La majorité des établissements propose une gratuité du suivi pendant 6 à 12 mois y compris en cas de retouche. Mais au-delà, chacun agit à son gré. La vérification annuelle des implants phiques est une obligation mais le suivi d'un LASIK stable à 3 ans n'a pas de vraie raison. Deux attitudes président : soit très vite demander à l'opéré de retourner vers son ophtalmologiste, soit de le conserver définitivement dans le périmètre du cabinet (*fig. 10*).

Au terme de ces considérations, on comprend que la chirurgie réfractive est un acte opératoire du champ des traitements post pathologies. Nous sommes dans des modifications de défauts constitutionnels construits par des médecins avec une architecture scientifique répondant à une aspiration de patients consentants. Cela demande de la part des thérapeutes une pensée moderne et relationnelle fondée sur un mode de pensée résolument novateur.

Bibliographie

1. MAMALIS N. Laser correction among physicians. *J Cataract Refract Surg*, 2014;40:343-344.

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



V. AMELINE
Médecin conseil MACSF-SOU MÉDICAL, PARIS.
valerieameline@orange.fr

La responsabilité civile professionnelle

Tout chirurgien ophtalmologiste craint naturellement une mise en cause de sa responsabilité civile professionnelle même si les statistiques au cours de ces dernières années restent globalement stables. Nous nous intéressons dans cet article, au champ de la chirurgie cornéenne et de la chirurgie de la cataracte qui sont les grands pourvoyeurs des sinistres déclarés par nos confrères ophtalmologistes libéraux.

Nous relaterons des cas cliniques afin de servir d'exemples et de dégager une conduite à tenir que nous pourrions appeler "comment ne pas voir sa responsabilité civile professionnelle mise en cause". Nous nous basons sur des cas cliniques de litiges avec mise en cause de responsabilité civile professionnelle des chirurgiens assurés à la MACSF SOU MÉDICAL.

La MACSF SOU MÉDICAL assure plus de 80 % des ophtalmologistes libéraux et fait face chaque année, à environ 250 nouveaux dossiers de sinistres. Le patient qui initie la procédure peut choisir une réclamation amiable initialement, réclamation auprès de son ophtalmologiste ou auprès de l'établissement de santé où il a été opéré. Il peut également se tourner vers la CCI (Commission de Conciliation et d'Indemnisation) qui a l'avantage d'être une procédure rapide, gratuite, ne lui demandant pas d'être assisté d'un avocat.

Enfin, le patient peut se tourner vers une procédure judiciaire avec assignation en référé du ou des ophtalmologistes mis en cause, et éventuellement, des établissements de soins, cliniques ou hôpitaux, également intervenus dans sa prise en charge.

On remarque au cours de ces dernières années, une montée en puissance des CCI avec de ce fait, une diminution relative des procédures judiciaires. On remarque également une augmentation de la sévérité des juges puisqu'actuellement, environ

60 % des dossiers défendus lors d'une procédure judiciaire sont considérés fautifs.

Les CCI ne concluent à un dossier fautif que dans moins de 50 % des cas. De même, les sommes allouées aux patients pour l'indemnisation des préjudices sont plus élevées pour un même dommage lorsqu'elles sont attribuées par un juge que lorsqu'elles sont attribuées par une CCI ou l'ONIAM (Office National d'Indemnisation des Accidents Médicaux) qui intervient en cas d'aléa médical non fautif en présence d'un préjudice sévère (plus de 25 % d'IPP ou arrêt de travail de plus de 6 mois consécutifs, arrêts de travail non consécutifs de plus de 6 mois dans l'année, perte de l'aptitude professionnelle ou troubles graves dans les conditions d'existence).

On constate donc globalement une stabilité de la sinistralité avec environ 5 % des ophtalmologistes libéraux mis en cause annuellement (230 à 250 dossiers pour 4 400 assurés environ). On remarque surtout une augmentation de la gestion défailante des complications non fautives, qu'il s'agisse de chirurgie réfractive ou de chirurgie de la cataracte. Concernant la chirurgie réfractive, on fait face à une augmentation du montant des indemnisations puisque cette dernière, en cas de procédure judiciaire, est considérée comme une "chirurgie de confort" avec devoir d'information renforcé par les juges.

Un premier cas clinique concerne une patiente de 48 ans, myope forte, avec une acuité visuelle supérieure à 8/10^e à chaque œil, qui désirait se séparer de cette myopie forte. Une chirurgie de cataracte lui a été proposée avec information orale, écrite et recueil d'un consentement éclairé sur fiche SFO n° 1 de chirurgie de la cataracte.

Cette cataracte a donc été opérée sans complication peropératoire mais la patiente a présenté une hypermétropisation

postopératoire malgré une biométrie réalisée suivant les règles de l'art. La patiente a donc mis en cause son ophtalmologiste pour erreur technique.

Sur un plan chirurgical pur, l'ophtalmologiste considérait qu'il était injuste de mettre en cause sa responsabilité civile professionnelle or, l'expert a conclu après l'expertise, à une indication opératoire non justifiée, puisque lors de l'expertise, la patiente a allégué avoir une vision strictement normale et aucune plainte fonctionnelle en préopératoire. De même, le fait d'avoir opéré la patiente de cataracte avec prise en charge par la CPAM, a été considéré "négligence fautive" puisqu'il s'agissait en fait d'une chirurgie réfractive.

L'évaluation du dommage a été particulièrement minime puisque la patiente a retrouvé une acuité visuelle de 10/10^e Parinaud 2 avec correction. Il n'y avait donc pas de baisse de la meilleure acuité visuelle corrigée mais il était particulièrement difficile de contenir les doléances de la patiente.

Il faut retenir qu'un patient insatisfait, même en cas de réalisation parfaite du geste chirurgical, ne tiendra pas le même discours lors de l'expertise que lors de la consultation préopératoire. Il faut donc être vigilant en cas de chirurgie de "cataracte" à 9 ou 10/10^e et bien noter dans le dossier toute gêne fonctionnelle éventuelle à type d'éblouissement en conduisant en reprenant les mots du patient.

En l'absence de gêne fonctionnelle, cette chirurgie devrait être considérée chirurgie du cristallin clair, sans prise en charge par les organismes de Sécurité sociale, comme toute chirurgie réfractive. Un second cas clinique de chirurgie de la cataracte concerne un patient de 74 ans, opéré avec rupture capsulaire postérieure, adressé au rétinologue pour vitrectomie postérieure du fait de fragments cristalliniens restés en place.

Lors de cette chirurgie postérieure, s'est produit une hémorragie expulsive peropératoire avec évolution finale péjorative et cécité monoculaire. Le patient a mis en cause les deux chirurgiens pour conduite thérapeutique défailante devant la CCI. L'expertise CCI a conclu à des soins diligents et conformes de la part des deux chirurgiens. En effet, le chirurgien de la cataracte avait pris soin d'opérer un patient avec une indication opératoire licite du fait d'une baisse d'acuité visuelle à 4/10^e. Il avait informé oralement et par écrit son patient qui avait rendu un consentement éclairé sur fiche SFO n° 1. La rupture capsulaire postérieure est un aléa thérapeutique décrit dans les fiches d'information sur la chirurgie de la cataracte pouvant survenir dans les meilleures mains.

Notre chirurgien de la cataracte avait pris soin de demander un avis au rétinologue, qui avait conseillé une vitrectomie postérieure à juste titre. La gestion de la complication non fautive a donc été satisfaisante par le 1^{er} chirurgien mis en cause. Le second chirurgien mis en cause avait également bien examiné son patient en préopératoire, délivré des informations orales et écrites et recueilli un consentement éclairé. L'hémorragie expulsive est également un aléa thérapeutique non fautif.

Le chirurgien rétinologue avait expliqué correctement en postopératoire la complication à son patient et l'avait accompagné dans les suites. Le rapport d'expertise était donc favorable aux deux chirurgiens concluant à deux aléas successifs et le patient était indemnisé par l'ONIAM du fait d'un dommage remplissant les conditions d'indemnisation par l'ONIAM.

Un troisième dossier de chirurgie réfractive concerne une patiente de 52 ans qui ne supportait plus ses lunettes de presbyte, sachant qu'elle était emmétrope de loin. Un essai de lentilles de contact avait été jugé non satisfaisant par cette dernière. Elle se plaignait d'un œil sec comme noté dans le dossier de consultation.

Une chirurgie réfractive avait donc été proposée avec information orale et écrite, recueil d'un consentement d'opérer sur fiche SFO. Elle bénéficiait d'un PresbyLASIK avec résultat jugé non satisfaisant par la patiente qui se plaignait de très nombreuses doléances et essentiellement, d'une sécheresse oculaire avec gêne visuelle.

Ce cas clinique permet d'insister sur l'importance des contre-indications relatives à la chirurgie réfractive. En effet, un patient se plaignant d'œil sec avec ses lentilles, souhaite à juste titre se débarrasser de ses lentilles. Néanmoins, une sécheresse oculaire trop importante en préopératoire doit faire récuser le patient qui ne manquera pas d'accuser son chirurgien d'avoir aggravé son inconfort en rapport avec la sécheresse oculaire après chirurgie réfractive.

Dans un tel cas, suivant la sévérité de l'expert, l'indication opératoire considérée comme licite ou à l'inverse, la sécheresse oculaire préopératoire sera considérée comme une contre-indication à la chirurgie réfractive. Tout ce qui sera annoté dans le dossier en préopératoire sera fondamental et tout ce qui sera non écrit sera réputé "ne pas exister".

Un autre cas clinique de chirurgie de cataracte avec infection postopératoire est également instructif. Un patient, ami de son chirurgien, est opéré de la cataracte sans complication

opératoire un vendredi. Il est revu à J1 le samedi matin avec une excellente récupération visuelle à 8/10^e sans correction et un rendez-vous de contrôle est prévu 8 jours plus tard.

Samedi soir, il ressent une baisse visuelle et une douleur. Disposant du numéro de portable de son ami ophtalmologiste, il l'informe de sa gêne de son œil opéré qui est moins confortable que le matin même et voit moins bien.

L'ophtalmologiste demande au patient le samedi soir de passer dès le lundi matin 8 heures au cabinet pour être examiné et un diagnostic d'endophtalmie est fait. Le patient est adressé en urgence au CHU pour prise en charge rapide et énergique de cette infection postopératoire qualifiée d'infection nosocomiale.

Devant une infection nosocomiale, il y a notion de responsabilité sans faute de l'établissement de soins, c'est-à-dire que le dommage est indemnisé par l'assurance de la clinique ou de l'établissement de soins. Dans le cas présent, l'expertise a conclu à une négligence fautive de la part du chirurgien puisqu'il a été informé par son patient d'une baisse visuelle et d'une gêne visuelle s'étant majorée au cours de la journée.

Informé le samedi soir, il devait examiner son patient immédiatement, ou l'adresser aux urgences ophtalmologiques les plus proches. Le patient fut examiné avec 36 heures de retard, ce qui a entraîné une perte de chance considérable.

Il n'est pas dans la mission d'un médecin expert de chiffrer le pourcentage de perte de chance mais il doit le décrire. Dans le cas présent, la responsabilité du chirurgien a été retenue à hauteur de 80 % et celle de la clinique, à hauteur de 20 %.

Nous avons donc vu quelques exemples de cas cliniques de chirurgie de la cataracte en chirurgie réfractive où un chirurgien pensant bien faire, peut voir sa responsabilité professionnelle mis en cause. Il faut garder à l'esprit qu'une mise en cause ne signifie pas "responsabilité avérée". Néanmoins, toutes les procédures sont contrariantes et souvent mal vécues. Une expertise contradictoire est systématiquement organisée, qu'il s'agisse d'une expertise CCI ou d'une expertise judiciaire ou encore, dans certains cas, d'une expertise amiable.

Tout dossier mal tenu sera considéré comme une "négligence fautive".

Il est donc très important de tracer tout le parcours du patient. Les différents éléments étudiés avec attention par l'expert seront :

L'indication opératoire : était-elle justifiée ou non ? Un patient se plaignant de photophobie pourra être opéré de chirurgie de cataracte à 9 ou 10/10^e, mais en l'absence de photophobie, il s'agira d'une chirurgie du cristallin clair, considérée "chirurgie réfractive" par les CCI ou les juges.

L'information orale et écrite devra être tracée dans le dossier de consultation avec recueil systématique d'un consentement éclairé. Il ne suffit pas de donner la fiche SFO au patient. Cette dernière doit être rendue signée en préopératoire, idéalement, avec une date ne correspondant pas à celle de la 1^{re} consultation ou au jour opératoire. En effet, en cas de sinistre, le patient opéré de la cataracte par exemple, ne manquera pas de dire qu'il a signé le jour de la chirurgie, n'importe où, sans ses lunettes, allongé sur un brancard, avec une pupille dilatée, sans voir quoi que ce soit.

Le **compte rendu opératoire** devra bien préciser la désinfection cutanée et des culs de sacs conjonctivaux. En cas de compte rendu opératoire pré fait, ce dernier devra être modifié dès le bloc opératoire en cas de rupture capsulaire par exemple. En effet, il est toujours malvenu de retrouver deux comptes rendus opératoires différents dans le même dossier, l'un ne relatant aucune complication peropératoire puisque rédigé avant la chirurgie afin de gérer les stocks d'implants par exemple et un second rédigé le lendemain ou le surlendemain de la chirurgie, relatant la complication peropératoire.

Le **suivi postopératoire** devra être tracé dans le dossier de consultation : en effet, un aléa thérapeutique non fautif comme une rupture capsulaire sans suivi postopératoire diligent, sera considéré "négligence fautive" avec perte de chance de récupération visuelle pour le patient. À l'inverse, une rupture capsulaire postérieure, aléa thérapeutique non fautif pouvant survenir dans les meilleures mains, suivi correctement en post opératoire, n'aboutira pas à une responsabilité retenue de la part du chirurgien, si ce dernier a suivi son patient correctement dans les suites.

Tout dossier bien tenu sera favorable au chirurgien.

Pour conclure, les points cruciaux analysés par l'expert seront le dossier, encore le dossier et toujours le dossier.

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



T. GUEDJ, D. PIETRINI, M. ASSOULINE, O. PRISANT, D.-A. LEBUISSON
Clinique de la Vision, PARIS.
DONDEERS2001@hotmail.com

Investigations en cornéoplastie

Principal dioptré du système oculaire, la cornée représente les 2/3 de la puissance convergente de l’œil et la moindre de ses déformations se traduit immédiatement par un retentissement important sur la vision. La stabilité de la géométrie cornéenne est par conséquent une condition indispensable à la stabilité visuelle.

La cornéoplastie se définit par la prise en charge chirurgicale des pathologies cornéennes, en particulier le kératocône qui est une dégénérescence cornéenne évolutive entraînant une détérioration de la fonction visuelle avec le temps.

Depuis une dizaine d’année, la chirurgie cornéoplastique connaît un essor important grâce au développement des anneaux intracornéens dynamisé par l’utilisation du laser femtoseconde, des implants phakes, l’arrivée du *cross-linking* du collagène

cornéen ainsi que les traitements de photoablations guidées par la topographie ou l’aberrométrie. Ces techniques réduisent les indications de greffe et autorisent désormais une prise en charge simple, efficace et fonctionnelle des maladies cornéennes. En parallèle, les greffes de cornée ont également bénéficié de l’avancée des lasers femtosecondes permettant la réalisation plus précise des greffons et des cornées receveuses.

Pour poser l’indication et choisir parmi ses différentes stratégies thérapeutiques, nous disposons aujourd’hui de l’imagerie moderne pour pouvoir investiguer l’ensemble de la cornée.

Cet article fait le point sur l’intérêt des investigations en cornéoplastie. Il est essentiellement composé de 2 tableaux commentés et d’un cas clinique illustré d’une patiente opérée par des anneaux intracornéens. Dans le **tableau 1**, nous exposons

Investigations en cornéoplastie				
<p>La topographie cornéenne :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet de cartographier et d’analyser les surfaces cornéennes afin de détecter toutes irrégularités. • Eyesys, Krp, Orbscan, Pentacam. • Analyse quantitative <i>via</i> des <i>patterns</i> à risques (A à Jinv, Rabinowitz). • Analyse quantitative <i>via</i> des indices (Efcarpides, Potgieter, Rousch, Rabinowitz, Tanabe, KISA, SRAX...). <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Faisceaux d’arguments diagnostics.</p> <p>Utile pour le choix lentilles et indispensable pour les anneaux intra-cornéens et le <i>cross-linking</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> – permet de situer la position et la répartition du cône. – permet de mesurer la pachymétrie centrale et périphérique. 	<p>L’Ocular Response Analyser :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la visco-élasticité cornéenne. <p>Paramètres étudiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> – CH (<i>Hystérésis</i>). – CRF (Facteur de résistance cornéenne). <p style="text-align: center;">Si CH, CRF < 8 associés à des pics diminués. = Baisse de la résistance mécanique cornéenne par augmentation de la réponse élastique. = Suspicion de kératocône.</p> <p style="text-align: center;">Examen très sensible et peu spécifique à corrélér avec le reste du bilan.</p>	<p>L’OCT Visante et Rt Vue :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biométrie du segment antérieur par tomographie sans contact. • Mesure de la pachymétrie centrale et périphérique ainsi que le <i>mapping</i> épithélial. • Objective cliniquement l’amincissement cornéen, les opacités, œdèmes, taies ou corps étrangers. • Permet d’évaluer la qualité d’une greffe de cornée. • Permet de mesurer les distances de sécurité des implants phakes (contrôle du “<i>vaulting</i>”). • Permet de simuler la profondeur et la position d’implantation des anneaux intracornéens. • Individualiser le volet cornéen en cas d’ectasie post LASIK. • Vérifier la position et le centrage des anneaux. 	<p>L’aberrométrie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hartmann schack, Tscherning, Dual Pass. • Permet de quantifier objectivement la qualité optique de la vision. • Analyse de la distorsion du front d’onde <i>via</i> la PSF et les RMS. • Dégradation de l’image PSF en fonction de l’évolution du kératocône. • Outil de détection dans les stades infracliniques. <p>Les aberrations délétères retrouvées dans le kératocône sont principalement de deux types (Allo <i>et al.</i> 2006, Burehn <i>et al.</i> 2007):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aberration de type coma liée à l’asymétrie de répartition de la puissance dioptrique. • Aberration de sphéricité liée à l’augmentation de la prolaticité cornéenne. 	<p>La microscopie spéculaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet d’analyser la morphologie et la densité des cellules de l’endothélium cornéen. • Important pour la surveillance des patients atteints de cornea guttata, opérés par implants phakes ou traités par <i>cross-linking</i>.

Tableau 1 : Les investigations en cornéoplastie.

**Simulation chronologique d'un amincissement cornéen
associé à des conséquences morphologiques, visuelles et biomécaniques d'un kératocône évolutif**

A	Morphologie	Topographie cornéenne				
		Kératométrie	Kmax 44 D	Kmax 50 D	Kmax 58 D	Kmax 66 D
		Asphéricité	Q = 1	Q > 1	Q >> 1	Q >>> 1
		Cambrure cornéenne				
	Image OCT Visante					
B	Visuel	Réfraction	- 2.00 (- 0.75) 65°	- 3.00 (- 2.00) 85°	- 4.00 (- 5.00) 110°	- 12.00 (- 9.00) 135°
		Meilleure acuité visuelle corrigée	10/10	7/10	4/10	< 1/10
		Aberrométrie Image PSF				Impossible
C	Biomécanique	Pachymétrie				
		Biomécanique cornéenne Image ORA				
D	Lentille	Lentilles de contact	- LSH - LRP standard	- LRP standard ou spécifique en fonction du profil kératocônique	- LRP spécifique en fonction du profil kératocônique	- Inadaptation aux lentilles de contact

Tableau II : Évolution simulée du kératocône dans le temps.

A : Conséquences morphologiques (topographie, kératométrie, OCT, pachymétrie).

B : Conséquences visuelles et fonctionnelles (réfraction, meilleure acuité corrigée, aberrométrie).

C : Conséquences biomécaniques (ORA).

D : Adaptabilité en lentilles de contact.

les différents examens pour l'investigation en cornéoplastie. Ce tableau recense les principaux examens complémentaires que sont la topographie, la mesure de la résistance cornéenne, la tomographie par cohérence optique, l'aberrométrie et la microscopie spéculaire.

Dans le **tableau II**, nous montrerons l'intérêt de ces examens complémentaires en simulant les conséquences de l'évolution d'un patient porteur d'un kératocône dans le temps sur le plan morphologique, visuel et fonctionnel.

Ce tableau analyse les conséquences du kératocône dans une échelle de temps (flèche rouge) à lire de la gauche vers la droite (**tableau II**).

■ Déformation kératocônique (**tableau II, partie A**)

L'anomalie structurelle du tissu cornéen est responsable d'une moindre résistance mécanique et d'une déformation progressive de la cornée bien visualisée par la topographie cornéenne, qui reste l'examen de référence dans le dépistage du kératocône. Cette déformation est caractérisée par une augmentation progressive de la kératométrie jusqu'à des valeurs extrêmes pouvant dépasser 60 dioptries. Le kératocône se caractérise également par une augmentation du facteur Q (hyperprolaticité) et par une géométrie souvent asymétrique, conséquence de l'évolution décentrée du cône.

Par ailleurs, la cornée s'amincit de plus en plus dans le temps. Il est nécessaire de mesurer avec précision, non seulement la pachymétrie centrale, mais également la topographie de l'amincissement cornéen avant la pose d'anneaux par exemple.

En effet, les cartes pachymétriques (Orbscan, Pentacam, OCT Visante) montrent que l'amincissement est volontiers excentré et la pachymétrie dans la zone d'insertion des anneaux doit être prise en compte dans le calcul de la profondeur d'insertion.

■ Conséquences visuelles (**tableau II, partie B**)

Les conséquences visuelles du kératocône sont directement liées aux modifications de la surface antérieure. En effet, l'effet optique de la face postérieure est minime du fait de la faible différence d'indice de réfraction entre le stroma et l'humeur aqueuse. La cornée kératocônique reste transparente sauf aux stades les plus avancés de la maladie.

D'un point de vue réfractif, le cambrement de la cornée est responsable d'une myopisation et de l'apparition d'un astigmatisme cornéen de plus en plus prononcé, pouvant atteindre des valeurs entre 5 et 10 D à un stade évolué. Il est à noter que la réfraction subjective devient de plus en plus aléatoire à mesurer en raison d'une part de la détérioration visuelle, mais surtout de la multifocalité cornéenne liée à l'hyperprolaticité cornéenne. Il n'est pas rare d'obtenir la même acuité visuelle en faisant varier de plusieurs dioptries la sphère ou le cylindre.

En réalité, plus que la myopie ou l'astigmatisme induit, c'est la détérioration de la qualité de vision qui constitue le principal handicap visuel du kératocône. La qualité optique de la cornée se détériore au fur et à mesure que sa géométrie s'éloigne de la géométrie d'une cornée normale. Le cambrement excessif, l'hyperprolaticité et surtout le caractère asymétrique de l'astigmatisme sont responsables d'une perte de meilleure acuité visuelle corrigée.

Les aberrations optiques induites par la déformation cornéenne peuvent être mesurées par l'aberrométrie qui détecte essentiellement une forte aberration sphérique négative (hyperprolaticité) et une coma à prédominance verticale (décentrement du cône).

L'image PSF ("*point spread function*" ou simulation de la perception visuelle d'un point situé à l'infini) se dégrade au fur et à mesure de l'évolution du kératocône (**tableau I**, partie B). À un stade trop avancé, l'aberrométrie n'est plus mesurable.

>>> L'ORA (*Ocular Response Analyser*) permet de quantifier les propriétés biomécaniques de la cornée. Les valeurs du CH (*Corneal Hysterisis*) et du CRF (*Corneal Resistance Factor*) sont souvent abaissées et la courbe est de plus en plus plate au fur et à mesure de l'évolution du kératocône (**tableau II**, partie C).

>>> Lentilles de contact : le traitement du kératocône débutant ou moyennement évolué repose essentiellement sur le port de lentilles de contact dont l'adaptation devient de plus en plus délicate au fur et à mesure que la maladie progresse. À un certain stade, la déformation cornéenne est trop importante pour que la lentille tienne en place et l'adaptation n'est plus possible (**tableau II**, partie D).

■ Cas clinique (**tableau III**)

Madame R. Isabelle, 31 ans, secrétaire, découverte de son kératocône bilatéral à l'âge de 25 ans, allergique, consulte

Intérêt de l'implantation d'anneaux cornéens sur un patient porteur d'un kératocône modéré			
		Préopératoire	Postopératoire 2 mois
E	Régularisation		
	Kératométrie	Kmax 48 D Q >>1	Kmax 45 D Q > 1
F	Réfraction	- 3.00 (- 3.75) 110°	- 0.50 (- 1.00) 95°
	Acuité visuelle	MAVC: 4/10 NA AVSC: 1/10	MAVC: 8/10 AVSC: 4/10
	Aberrométrie Image PSF		
G	Keraring		
H	Report	Lentilles de contact	Inadaptation aux lentilles de contact
			Adaptation aux lentilles de contact de nouveau possible

Tableau III : Cas clinique à Madame R. Isabelle.

pour une baisse de la vision sur l'OD et pour une intolérance aux lentilles de contact rigide (**tableau III**).

Son bilan ophtalmologique montre :

- à l'examen de la lampe à fente : on retrouve des cornées fines transparentes, fond d'œil et tension oculaire normaux ;
- une acuité visuelle corrigée non améliorée par un trou sténopéique à 4/10 avec une réfraction difficile mesurée à -3.00 (-3.25) 110° sur l'OD (ligne F) et de 10/10 sur l'OG avec -0.50 (-2.00) 80° ;
- la topographie d'élévation de type Orbscan (ligne E) révèle un kératocône de stade 2 avec un bombement inférieur prononcé sur l'OD et un kératocône fruste sur l'OG. On relève avec une kératométrie maximale à 48 D sur l'OD et 42 D sur l'OG avec une pachymétrie mesurée au point le plus mince à $480 \mu\text{m}$ sur l'OD et $510 \mu\text{m}$ sur l'OG ;
- l'aberrométrie met en évidence optiquement cette déformation par l'image PSF (ligne F) associée à un taux de RMS significativement élevé d'aberration d'ordre supérieur de type coma et d'aberration de sphéricité sur l'OD ;
- l'examen OCT Visante permet de simuler la position de l'anneau en fonction de la pachymétrie et de la profondeur d'implantation (ligne G).

Avec l'accord de la patiente et en fonction des éléments de ce bilan, nous décidons de lui proposer une implantation d'anneaux intracornéens de type Keraring au laser femtoseconde sur son OD afin d'améliorer sa qualité de vision et de retarder une éventuelle greffe.

Les résultats du bilan postopératoire à 2 mois nous montrent :

- une amélioration significative de l'acuité visuelle sans correction passant à 4/10 et à 8/10 avec une correction lunette (ligne F) ;
- une régularisation cornéenne, par l'effet de l'aplatissement cornéen central et une réduction de son astigmatisme cornéen avec une kératométrie maximale passant de 48 D à 45 D retrouvés à l'Orbscan (ligne E) ;
- une diminution de sa réfraction sphérocyindrique myopique (ligne F) ;

- sur le plan fonctionnel, la patiente note une amélioration significative de sa qualité de la vision mise en évidence par l'image PSF donné par l'aberrométrie ;
- le centrage et la profondeur d'implantation par image OCT Visante des anneaux intracornéens de type Keraring (ligne G).

La patiente traduit la présence de minime halos mais dit les tolérer sans difficultés face au gain visuel (ligne F). Grâce aux bénéfices de ces anneaux intracornéens, la patiente peut de nouveau porter des lentilles de contact (ligne H) avec un gain de vision nettement amélioré et voire ainsi stopper ou différer autant que possible l'éventualité d'une greffe de cornée.

■ Conclusion

L'investigation en cornéoplastie est la clé de voute du dépistage, de la surveillance et de la prise en charge des pathologies cornéennes. Elle permet ainsi à l'ophtalmologiste d'orienter son choix thérapeutique (traitement optique, suivi de l'évolutivité, choix chirurgical) en fonction du stade de la maladie.

Bibliographie

1. TAN B, BAKER K, CHEN YL *et al.* How keratoconus influences optical performance of the eye. *J Vis*, 2008;28;8:1-10.
2. PRISANT O, GUEJ T. Intérêt des anneaux intracornéens : *Réflexions Ophtalmologiques*, tome 13, 2008.
3. PIETRINI D, GUEJ T. Intérêt des anneaux intracornéens : *Réflexions Ophtalmologiques*, Décembre 2007.
4. LAI MM, TANG M, ANDRADE EM *et al.* Optical coherence tomography to assess intrastromal corneal ring segment depth in keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2006;32:1860-1865.
5. BÜHREN J, KÜHNE C, KOHNEN T. Wavefront analysis for the diagnosis of subclinical keratoconus. *Ophthalmologie*, 2006;103:783-790.
6. SCHWEITZER C, ROBERTS CJ, MAHMOUD AM *et al.* Screening of forme fruste keratoconus with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010;51:2403-2410. Epub 2009 Nov 11.
7. KAYA V, UTINE CA, ALTUNSOY M *et al.* Evaluation of corneal topography with Orbscan II in first-degree relatives of patients with keratoconus. *Cornea*, 2008;27:531-534.

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



B. PRIEUR
IDE Clinique de la Vision, PARIS.

Cross-checking : de la nécessité d'un travail de vérification en binôme entre le chirurgien et l'infirmier durant la réalisation d'un processus opératoire

Même si elle semble évidente aux yeux de tous, l'expérience quotidienne des professionnels de salle opératoire met en lumière la nécessité de souligner l'importance de la double vérification des éléments pré et peropératoires dans le cadre des interventions chirurgicales réalisées dans les centres de chirurgie réfractive tels que la Clinique de la Vision. Pourquoi insister spécifiquement sur cette étape cruciale mais évidente de la prise en charge des patients diront certains ? Je répondrai à cette question en évoquant mon expérience personnelle de vérificateur, qui aura permis grâce à la systématisation de la méthode du *cross-checking* d'éviter des erreurs qui auraient pu devenir préjudiciables pour les patients traités dans notre centre.

Il convient tout d'abord de bien analyser l'environnement dans lequel nous travaillons afin de réfléchir au mieux au mode d'application d'une méthode de vérification infailible. La Clinique de la Vision accueille des patients venus de tous horizons, parlant donc parfois des langues étrangères. Les patients sont vus en consultation avant les interventions soit au centre soit au cabinet des ophtalmologistes. Ils peuvent ensuite être adressés à des orthoptistes libéraux exerçant au centre et présents sur place ou à des orthoptistes liés aux cabinets médicaux. Les ophtalmologistes peuvent également réaliser l'ensemble des investigations orthoptiques seuls.

Les données d'examen recueillies peuvent donc être archivées de différentes manières et sur différents supports : intégration directe des éléments de la consultation dans le logiciel propre à la gestion des dossiers patients du centre, archivage dans les ordinateurs des bureaux de consultation des praticiens, accessibles ou non depuis le centre et le bloc opératoire, impressions sur papier des données des examens apportées au centre le jour de l'intervention par le chirurgien, stockage d'éléments scannés sur des supports de type tablettes

ou smartphones, exportation directe d'éléments orthoptiques dans les bases de données des lasers, etc.

Les interventions sont ensuite réalisées en un laps de temps relativement rapide (temps moyen en salle d'intervention de 30 minutes par patient pour une intervention de type LASIK bilatéral ; 20 minutes pour une intervention de type PKR bilatérale) et dans des environnements technologiques en perpétuelle évolution (modification fréquente des logiciels de programmation des données des patients, *upgrading* des systèmes, modification structurelles des machines (ajout d'une tablette, modification d'un joystick, etc.)), nécessitant une mise à jour des connaissances des opérateurs fréquente, et une importante capacité d'adaptation à différents lasers utilisant des modes de programmation et d'exécution parfois très éloignés les uns des autres (intégration de nomogrammes de programmation, de variantes dans les types de consommables utilisés en fonction de données spécifiques aux traitements réalisés, etc.). De nombreux paramètres sont donc à prendre en compte, tant dans la collecte des données, que dans la programmation des traitements et l'identification des patients, dans le cadre d'une intervention réalisée sur une courte durée, et pour laquelle la moindre erreur de programmation peut aboutir à des conséquences désastreuses pour le patient opéré.

■ Vérification de l'identité du patient

Il convient avant toute chose dès l'enregistrement administratif du patient de procéder à une première vérification de son identité en lui demandant son nom, prénoms et date de naissance (afin d'éviter la présentation de patients encore mineurs), et de lui demander d'écrire lui-même sur son bracelet d'identification son état civil (permettant ainsi à la secrétaire de vérifier la bonne orthographe du nom du patient et d'éviter des homonymies phonétiques).

Lorsque le patient est pris en charge par le personnel de salle d'opération, il convient de lui demander d'épeler son nom et son prénom, ainsi que sa date de naissance (le fait d'épeler son nom évite de se retrouver face à un patient qui aurait répondu de manière erronée à l'appel du soignant (problème de surdité, de compréhension de la langue, etc.); la date de naissance permet encore une fois d'éliminer de possibles homonymies).

Lorsque le patient est présenté au chirurgien, il est nécessaire que celui-ci fasse un dernier contrôle d'identité afin d'assurer la validation des données d'état civil du patient et puisse ensuite procéder à l'intervention.

L'utilisation des logiciels de reconnaissance irienne par les lasers qui les supportent est enfin un ultime contrôle dont il serait dommage de se priver afin de sécuriser au maximum l'intervention.

■ Vérification des données de programmation

Selon le type de machine utilisé, s'assurer avant tout que si cette machine nécessite l'utilisation d'un nomogramme de programmation, celui-ci soit clairement exposé aux yeux de la personne réalisant la programmation, durant cette action.

Si les données du patient ont été préalablement exportées via un serveur dans une base de données du laser utilisé, il est nécessaire de vérifier la concordance des données administratives (nom, prénom et date de naissance) afin de prévenir une fois encore les homonymies.

Durant l'étape de programmation, le dossier du patient doit être exposé aux yeux du programmeur et à ceux du personnel infirmier de salle d'intervention, afin de permettre une double vérification des données entrées manuellement dans la machine. Cela permet d'éviter des erreurs de signe (lorsqu'une simple pression sur un écran tactile transforme un "+" en un "-"), des erreurs d'axe d'astigmatisme (enregistrement erroné à cause d'une frappe sur le clavier insuffisamment appuyée, transformant par exemple un axe de 130° en un axe de 30° ou de 10°) ainsi que des erreurs de virgule (réfraction de -12.5 dioptries au lieu de -1.25 dioptries) que les systèmes de sécurité du logiciel ne sont pas à même de détecter puisque les données programmées restent dans les zones de tolérance définies pour la machine par les ingénieurs techniques. Idéalement, il convient que le programmeur surligne sur le dossier les données de programmation afin de permettre au personnel infirmier de pouvoir vérifier

la concordance des données saisies avec les données devant être programmées.

Une dernière confirmation préopératoire des données saisies doit ensuite être réalisée par le personnel de salle, en dictant au chirurgien les données saisies pour chaque œil du patient. Le chirurgien devra donner une dernière validation afin de procéder à l'intervention.

Enfin durant l'intervention, il convient pour le personnel de salle de redemander au patient son identité (pour s'assurer que le programme affiché sur l'écran de la machine correspond bien au patient que l'on va traiter) et il est nécessaire d'énoncer clairement au praticien l'œil sur lequel la programmation est affichée (la plupart des appareils demandant à l'opérateur une dernière sélection avant traitement devant être réalisé par le personnel infirmier car nécessitant de sortir de l'environnement stérile pour l'effectuer).

Dans le cadre d'intervention nécessitant l'usage de dispositifs médicaux de type implants (pose d'anneaux intracornéens, d'implants à usage réfractif, d'implants de type Kamra, etc.) il convient également d'effectuer une double vérification par le chirurgien et le personnel infirmier de la prothèse biomédicale sélectionnée. Il est impératif que le dossier médical précisant le type d'implant et ses caractéristiques spécifiques de puissance ou d'axe soit visible du chirurgien et de l'infirmier. Avant l'entrée du patient en salle, l'infirmier, après avoir vérifié la concordance administrative entre l'état civil du patient et celui mentionné sur le dossier, devra demander la confirmation orale et la validation à l'opérateur de la conformité du dispositif sélectionné en regard du dossier opératoire (et ce après avoir également préalablement contrôlé la date de validité du dispositif). Il devra ensuite redonner l'ensemble des informations à l'opérateur au moment de lui donner l'implant durant l'intervention (et cette dernière étape de validation se doit d'être comme toutes les autres étapes de vérification, systématique).

■ Vérification des appareils

Si la vérification de l'identité du patient et la concordance des données de programmation saisies par rapport au dossier de ce patient sont deux étapes essentielles à la bonne prise en charge d'un patient, la vérification des machines permettant les traitements l'est aussi indubitablement. Pour toutes les machines nécessaires à une intervention (laser Excimer, laser femto-seconde, hansatome, microkératome, phakoémulsificateur,

etc...) les tests de contrôles doivent être réalisés et validés avant l'entrée du patient en salle d'intervention. Vérification de la cohérence de l'énergie réellement délivrée par rapport à l'énergie théoriquement délivrée, vérification des sensors de rétrocontrôles, vérification mécanique des appareils fonctionnant avec des systèmes de rails ou d'entraînement, et de l'ensemble des appareils techniques nécessaires, tout doit être validé avant de pouvoir procéder à l'intervention. Les validations doivent être réalisées par le personnel en charge de la maintenance quotidienne du bloc opératoire, puis contrôlées à nouveau par les opérateurs avant chaque intervention. Car une mesure de fluence anormalement haute ou basse ou un mauvais alignement des mires de visée et de contrôle entraînerait la réalisation d'un traitement ne correspondant plus aux données de programmation saisies, et des conséquences dramatiques pour le patient. Même chose pour un microkératome dont le passage serait bloqué sur la cornée à cause d'une déficience mécanique, ou pour un laser femtoseconde dont l'énergie délivrée ne serait pas suffisante pour réaliser une coupe de qualité du volet.

Après la vérification des appareils vient enfin la vérification des interfaces, qui vont relier le patient aux machines. Afin d'obtenir des découpes ou des traitements de qualité, il est nécessaire que l'infirmier et l'opérateur en charge de l'intervention vérifient sur les différents écrans de contrôle la qualité des interfaces et éliminent d'éventuels résidus qui, s'ils étaient laissés en place, entraîneraient des coupes ou des traitements de mauvaise qualité. Il est à noter que le personnel en charge de la maintenance quotidienne du bloc opératoire devra avoir préalablement vérifié la concordance des images visualisées sur écran (des déficiences de caméra, d'optiques, de câbles, ou de réglages de définition pourraient également entraîner l'apparition d'images aberrantes ou bien laisser passer inaperçus des résidus nuisant à la qualité des interfaces).

■ Vérification du déroulement du processus technique

Le dernier élément important à prendre en compte lors de l'intervention sera la vérification du déroulement du processus technique. Peu de machines en effet indiquent de manière sonore à l'opérateur, concentré sur les paramètres de réalisation de l'intervention (interface de qualité, coopération du patient, visée convenable, etc.), le fait que le déroulement du traitement complet soit achevé. Il est donc nécessaire que l'infirmier de salle d'opération puisse confirmer à l'opérateur la fin effective de la réalisation du traitement

laser et le bon déroulement du processus dans son intégralité. Durant le traitement laser, plusieurs paramètres peuvent stopper l'exécution du processus : modification de la position du patient et perte des repères de positionnement enregistrés par la machine, trémulations enregistrées par un capteur sur une pédale, perte de connexion à un réseau entraînant l'impossibilité de charger des données de programmation entre la réalisation du traitement sur les deux yeux du patient, modification de l'énergie délivrée détectée par un rétrocontrôleur de l'appareil, etc. Nombreux sont donc les paramètres que les chirurgiens tout comme les personnels infirmiers de salle se doivent de connaître afin de pouvoir les identifier rapidement et adopter une attitude permettant de résoudre les problèmes rencontrés durant l'intervention. Là encore, chaque manipulation devra être dans ce cas vérifiée par le chirurgien et l'infirmier afin de ne pas risquer de modifier les données préalablement programmées.

Afin de réaliser les interventions les plus sécurisées et de limiter au maximum les risques inhérents à ce type de chirurgie et à l'usage de nombreux appareils de haute technologie, il est donc impératif que le chirurgien et l'infirmier de bloc opératoire travaillent en binôme durant tout le processus opératoire, de l'accueil du patient, à la vérification des programmations, du fonctionnement des différentes machines au déroulement du processus technique. Le fait de ne pas réaliser de *cross-checking* durant chaque étape du déroulement opératoire ne peut être que préjudiciable et risquer d'entraîner de graves conséquences pour les patients et les chirurgiens. Il serait nuisible à la bonne prise en charge des patients que le partage et la vérification des informations, programmations et des éléments techniques et biomédicaux ne soient pas faits de manière systématique par les chirurgiens et les infirmiers. Si chacun pense avoir fait correctement son travail, l'expérience du quotidien nous montre la nécessité de contrôler et de reconstruire chaque élément afin de minimiser le plus possible les risques d'erreur ou d'interprétation de signaux inhabituels. La répétitivité des déroulements opératoires et la courte durée des interventions exigent une attention de tous les instants, parfaitement constante, et partagée par le chirurgien et l'infirmier avec lequel il participe à la réalisation technique de l'intervention.

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



P. LEVY, S. PELLEN
Clinique de la Vision, MONTPELLIER.
levypierre34@gmail.com

Chirurgie réfractive et film lacrymal : nouvelles approches diagnostiques et thérapeutiques

Le syndrome sec oculaire a des étiologies multiples, intriquées qui s'auto entretiennent dans un cercle vicieux. Cette pathologie multifactorielle connaît aujourd'hui un regain d'intérêt, lié à plusieurs facteurs. Sa prévalence dans la population générale est très importante. Selon les études et les critères retenus, on retrouve entre 5 et 30 % de patients porteurs d'un syndrome sec, symptomatique ou non [1, 2].

Une étude réalisée au Canada a montré que 25 % des patients consultant un optométriste et soumis à un questionnaire de confort, présentaient des signes fonctionnels de sécheresse oculaire [3]. Son impact sociétal est majeur, puisque selon l'étude CALLIOPE [4], 66 % des patients définissent leur sécheresse comme une gêne, 20 % comme une maladie et 12 % comme un vrai handicap. L'étude montre un impact professionnel négatif chez 1 patient sur 5 et un impact dans les loisirs chez 1 patient sur 4. L'étude CALLIOPE a aussi montré que 1/3 des patients souffrant de sécheresse oculaire avaient consulté au moins 2 à 3 spécialistes avant d'avoir le bon diagnostic avec un délai dans la prise en charge pouvant aller de 7 à plus de 25 mois.

Son impact en terme d'économie de santé est majeur. Yu en 2011 a estimé que la prise en charge annuelle aux USA d'un patient souffrant de sécheresse oculaire était d'environ 783 \$ ce qui représentait à l'échelle du pays une dépense de santé annuelle estimée à 3,84 billions \$ [5]. Les mécanismes qui aboutissent à la sécheresse oculaire sont depuis peu mieux cernés, l'étude internationale (DEWS, 2007) [6] a permis de donner une définition récente (l'œil sec est une maladie multifactorielle des larmes et de la surface oculaire qui entraîne des symptômes d'inconfort, des perturbations visuelles et une instabilité du film lacrymal. L'œil sec s'accompagne d'une augmentation de l'osmolarité du film lacrymal, d'une inflammation de la surface oculaire ainsi qu'une classification (arbitraire) en 2 groupes bien connus (les sécheresses par hypo-sécrétion et les sécheresses par évaporation).

Le dysfonctionnement meibomien (sécheresse évaporative) est présent chez 86 % des patients porteurs d'un syndrome sec [7] et coexiste souvent avec un déficit aqueux. Il est multifactoriel, chronique et progressif.

La meilleure compréhension des mécanismes a permis de faire des avancées significatives en terme de moyens diagnostiques. Des avancées thérapeutiques significatives ont aussi, grâce à ces progrès, récemment vu le jour, permettant d'introduire un nouveau concept de traitement personnalisé de l'œil sec en fonction des résultats des tests diagnostiques.

L'article présenté a pour but de fournir aux lecteurs des données cliniques et paracliniques accessibles et de dégager des attitudes thérapeutiques pratiques.

■ Notions générales sur la sécheresse oculaire au cours de la chirurgie réfractive

La sécheresse oculaire est la complication la plus fréquente de la chirurgie réfractive, et la cause majeure d'une insatisfaction postopératoire malgré un résultat réfractif excellent [8].

Près de 20 % des patients ayant eu une chirurgie du cristallin et 50 % des patients opérés par LASIK présentent une sécheresse postopératoire [9] et certainement autant voire plus chez les patients opérés par *Inlays* cornéens. Un chiffre de 3,7 % de syndrome sec sévère postLASIK est rapporté [10].

Certains éléments sont à souligner d'emblée :

Un facteur de risque majeur de développement d'un syndrome sec postopératoire invalidant est l'existence d'un syndrome sec préopératoire [11].

Le syndrome sec postchirurgie réfractive n'est pas une fatalité car différentes études montrent que la prévalence de la sécheresse oculaire est très importante chez les candidats à une chirurgie réfractive. Près de 70 % des patients candidats à une chirurgie réfractive présenteraient des signes fonctionnels ou cliniques de sécheresse oculaire et 50 % une hyperosmolarité des larmes [12].

De nombreuses études ont montré que l'œil sec bien qu'existant en préopératoire était souvent asymptomatique et pouvait échapper à notre vigilance. Le chiffre de 30 % de patients candidats à la chirurgie réfractive, asymptomatiques et présentant des signes cliniques de sécheresse au moment du bilan, est reconnu [12]. Nous avons mené une étude dans notre centre de Montpellier qui a montré que 68 % des patients candidats à une chirurgie réfractive à l'âge de la presbytie, asymptomatiques ou très peu symptomatiques, présentaient un DGM (dysfonctionnement des glandes de Meibomius), ce qui représente un risque majeur de décompensation postopératoire. D'où l'importance d'anticiper les problèmes par un bilan préopératoire drastique.

Le syndrome sec postopératoire est connu pour avoir un impact sur la fluctuation du résultat réfractif postopératoire. Il ne faut pas oublier que la sécheresse préopératoire peut aussi avoir des conséquences négatives sur le résultat final en dehors de la sécheresse postopératoire, notamment au niveau du manque de précision dans l'évaluation de l'amétropie à traiter au laser ou dans le calcul biométrique en cas de chirurgie réfractive du cristallin.

Nous sommes sans doute au début de l'histoire car tout laisse à penser que ce phénomène va s'amplifier dans les années à venir et ce pour de nombreuses raisons, dont celles-ci :

Il existe une "épidémie de myopie", plus importante en Asie mais présente dans tous les pays développés, qui semble indiquer que les volumes de chirurgie réfractive vont augmenter dans un avenir proche, ce qui, corrélé aux nouvelles habitudes de vie développées plus bas, risque d'être pourvoyeur de sécheresse oculaire chez de plus en plus de patients candidats à une chirurgie réfractive.

La prise en charge des amétropies par lentilles de contact intervient chez des patients de plus en plus jeunes. On voit aujourd'hui de nombreux patients de 25/30 ans porteurs de lentilles depuis près de 15 ans, et compte tenu de leur âge, pas toujours dans des conditions d'hygiène correcte et de respect des durées de port préconisées. Le port des lentilles de contact est un facteur

de risque bien connu des syndromes secs pré et postopératoires. L'existence d'une intolérance aux lentilles de contact par sécheresse est le facteur de risque le plus important pour le développement d'une sécheresse postchirurgie réfractive.

La chirurgie de la presbytie gagne du terrain, elle concerne des patients qui présentent des facteurs de risque reconnus de développement d'un syndrome sec postopératoire, comme l'âge, l'hyperœstrogénie des traitements substitutifs de la ménopause, l'hypoandrogénie, la laxité palpébrale.

Le mode de vie des patients, notamment à l'heure du tout numérique, a aujourd'hui, beaucoup changé. Ces habitudes de vie ont des conséquences maintenant bien connues sur le développement des syndromes secs, même chez les jeunes patients, en raison, le plus souvent, d'un dysfonctionnement voire d'une atrophie des glandes de Meibomius.

Le travail sur écran, tablette, smartphone, est non seulement générateur de myopie mais, du fait de la rareté des clignements induite par la fixation, entraîne une mauvaise vidange des glandes Meibomius pouvant aller jusqu'à l'obstruction voire l'atrophie de celles-ci (DGM).

Le port précoce et prolongé de lentilles de contact, du fait de l'hyposensibilité cornéenne induite, entraîne une rareté du clignement qui peut conduire également au DGM.

D'autres facteurs sont encore cités pouvant avoir un impact sur l'hyposécrétion et/ou l'évaporation des larmes :

- la pollution ;
- le cannabis ;
- la climatisation, la ventilation et le réchauffement climatique ;
- les facteurs alimentaires ;
- la prise en charge de l'acné juvénile par les rétinoïdes ;
- l'augmentation du nombre de patients allergiques et de leur prise en charge par antihistaminiques oraux ;
- les collyres au long cours avec conservateurs ;
- les prostaglandines en collyre.

■ Nouvelles approches diagnostiques

Le but de ce chapitre n'est pas de détailler l'ensemble des examens permettant de diagnostiquer le syndrome sec que nous pratiquons tous dans nos cabinets, à savoir l'analyse quantitative de la sécrétion réflexe par test de Schirmer, l'analyse de la stabilité du film lacrymal par le TBUT, l'analyse de l'imprégnation cornéo-conjonctivale par colorants vitaux

amenant à une classification type Oxford, l'examen palpébral et des glandes de Meibomius. Ces examens ont leurs limites, ils ne sont pas toujours réalisés dans de bonnes conditions et ne montrent pas toujours une reproductibilité satisfaisante. Nous souhaitons pointer les nouveaux moyens de diagnostic à notre disposition, qui offrent le plus souvent une analyse qualitative, permettant ensuite d'orienter les traitements spécifiques.

1. Questionnaire

Il a été démontré qu'il n'y a pas toujours de corrélation entre les symptômes de l'œil sec et les tests objectifs. Certes, nous interrogeons le plus souvent nos patients, mais pas toujours de façon spécifique. Ainsi, il apparaît que la réponse des patients à des questionnaires spécifiquement orientés sur les symptômes liés à la sécheresse oculaire serait plus fiable que les tests objectifs [13].

Il existe plusieurs questionnaires reconnus, notamment l'OSDI comportant 12 questions ; nous utilisons à la CLV de Montpellier le questionnaire SPEED qui en comporte 8.

2. PRT Test

La mesure de la sécrétion réflexe est le plus souvent faite avec le test de Schirmer. Nous avons la possibilité d'utiliser un nouveau test, le PRT (*Phenol Red Thread*), qui a montré dans les études une excellente corrélation avec les résultats du test de Schirmer [14].

Il a l'avantage d'être moins gênant, beaucoup plus rapide (15 secondes contre 5 minutes), d'entraîner moins de réflexes de larmoiement et de donner des résultats conformes à ceux du Schirmer.

3. Osmolarité

L'augmentation de l'osmolarité des larmes entre aujourd'hui dans la définition du syndrome sec, comme énoncé précédemment dans l'introduction. L'hyperosmolarité altère la surface épithéliale, entraînant une cascade de réactions inflammatoires et une libération de médiateurs.

L'hyperosmolarité des larmes et l'inflammation de la surface oculaire sont le socle de la sécheresse oculaire.

L'osmolarité des larmes est le seul signe dont l'augmentation est directement corrélée à la sévérité du syndrome sec. Une osmolarité supérieure à 300 mOsm/l et une différence inter yeux > 8 mOsm/l témoignent d'une instabilité du film lacrymal par syndrome sec.

Sa mesure était autrefois complexe et faite en laboratoire, Il existe aujourd'hui un appareil disponible en cabinet (TearLab), qui permet de faire, par capillarité, un dosage rapide au cabinet et directement interprété.

Il permet une mesure précise (CV < 1,5 %) et prédictive (valeur prédictive positive de 89 %), qui se révèle supérieure aux autres tests dans les sécheresses débutantes et modérées. En revanche, les résultats sont moins reproductibles en cas d'osmolarité importante dans les syndromes secs sévères [15].

Il existe, en cours de commercialisation, de nouveaux appareils portables et facilement utilisables, qui seront sans doute prochainement sur le marché en France.

4. MMP-9

L'hyperosmolarité, du fait de son action délétère sur les cellules épithéliales, entraîne une production de cytokines inflammatoires, notamment de métalloprotéinases (MMP-9), qui contribue au dérèglement de la barrière épithéliale, entraînant une instabilité du film lacrymal qui augmente l'osmolarité, ce qui constitue un cercle vicieux.

La MMP-9 est donc un marqueur inflammatoire constamment présent dans les larmes des patients présentant un syndrome sec ; une concentration de MMP-9 > 40 ng/ml est corrélée à la présence d'un syndrome sec. Il permettrait un diagnostic plus précis que les seuls tests cliniques [16].

Il existe un appareil très facilement utilisable en cabinet, non encore commercialisé en France, l'*InflammaDry* de la société RPS, permettant, en 10 minutes, la mesure de la concentration en MMP-9, et qui pourrait rendre accessible à tous ce nouveau moyen diagnostique.

Ce test aurait une sensibilité annoncée de 85 % et une spécificité de 94 %.

L'utilisation de médicaments anti-inflammatoires corticoïdes et cyclosporine par voie locale et de doxycycline par voie générale a montré une diminution des taux de MMP-9 détectés avec cet appareil [17].

5. OQAS (*Optical Quality Analysis System*)

L'OQAS peut être utilisé éventuellement pour détecter un syndrome sec et surtout pour mesurer l'impact d'un film lacrymal déficient sur la qualité de vision.

La mesure de l'OSI (*Objective Scatter Index*) entre 2 clignements a montré dans plusieurs études une élévation significative et une variabilité plus importante des scores sur les yeux secs [18].

6. Interférométrie

Le système LIPIVIEW, commercialisé par Tear science, propose une application intéressante par la mesure de l'épaisseur de la couche lipidique par interférométrie en analysant la réflexion spéculaire et en la comparant à une échelle de couleur type. Comme indiqué précédemment, 86 % des patients souffrant de sécheresse oculaire présentent un DGM. Il a été démontré [19] que l'épaisseur de la couche lipidique est plus épaisse chez les patients ne présentant pas d'obstruction meibomienne.

L'examen donne une mesure en nanomètre. Une épaisseur lipidique inférieure à 60 nm est très insuffisante pour lubrifier correctement la surface oculaire. Une épaisseur comprise entre 60 et 100 nm n'est pas optimale et une épaisseur lipidique supérieure à 100 nm est considérée comme correcte.

La mesure de la couche lipidique ne doit pas être considérée seule mais toujours corrélée à la fonction meibomienne. Le patient ne doit pas se frotter les yeux avant l'examen au risque d'exercer une pression excessive sur les glandes de Meibomius et de fausser la mesure.

7. Meibographie

L'imagerie des glandes de Meibomius appelé DMI (*Dynamic Meibomian Imaging*) par le système LIPIVIEW permet une visualisation des structures meibomiennes. L'intérêt de la visualisation réside dans le fait que l'obstruction des glandes de Meibomius mène à l'atrophie [20-21].

Il est donc, dans un premier temps, indispensable de vérifier que les glandes ne sont pas obstruées par des bouchons de meibum afin de prévenir l'évolution de la maladie.

Ensuite, il faudra évaluer une éventuelle atrophie des glandes de Meibomius, signe de dysfonctionnement meibomien. Le meibograde établi par D. Korb et C. Blakie est un système de graduation qui permet de regrouper les différents stades d'atrophie (*fig. 1*).

Outre son intérêt dans le diagnostic du DGM, la meibographie constitue pour les patients un outil didactique, qui leur

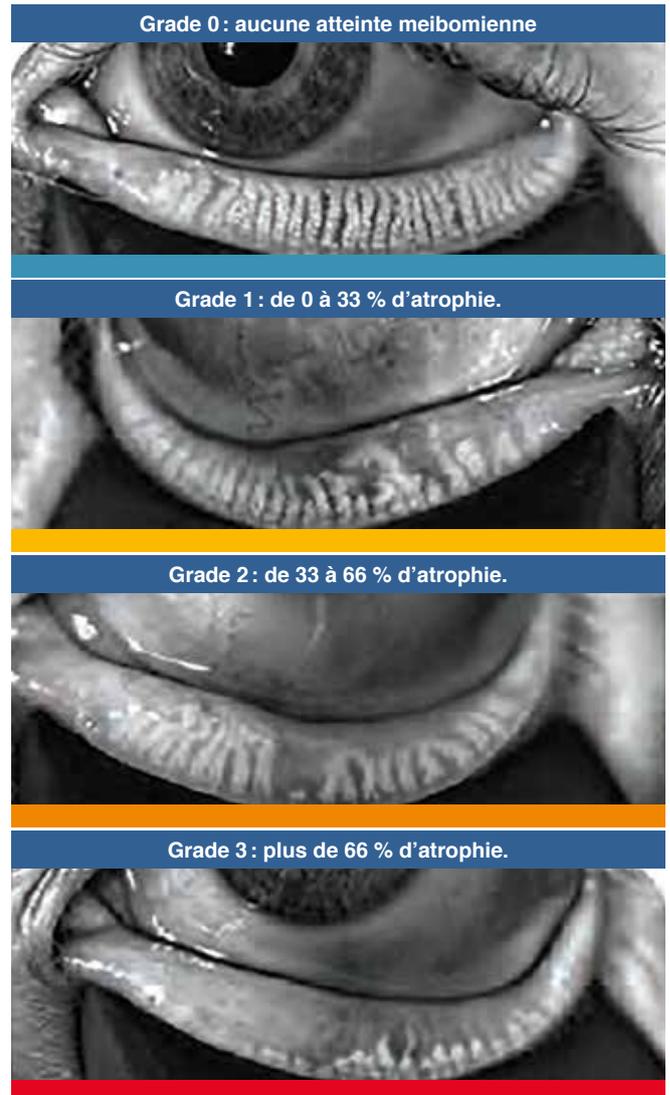


Fig. 1 : Meibograde.

permet de mieux comprendre l'utilité et l'importance du système meibomien.

8. Analyse quantitative et qualitative de la dynamique palpébrale

L'importance du clignement est trop souvent sous-estimée. En effet, c'est sous l'impulsion du clignement et lors de l'occlusion complète des paupières que la sécrétion meibomienne s'exprime.

En l'absence de stimulation palpébrale, les glandes de Meibomius ne se vident plus, ce qui conduit dans un premier temps à leur obstruction et, secondairement, en cas de pérennisation du phénomène, à leur atrophie [20, 21].

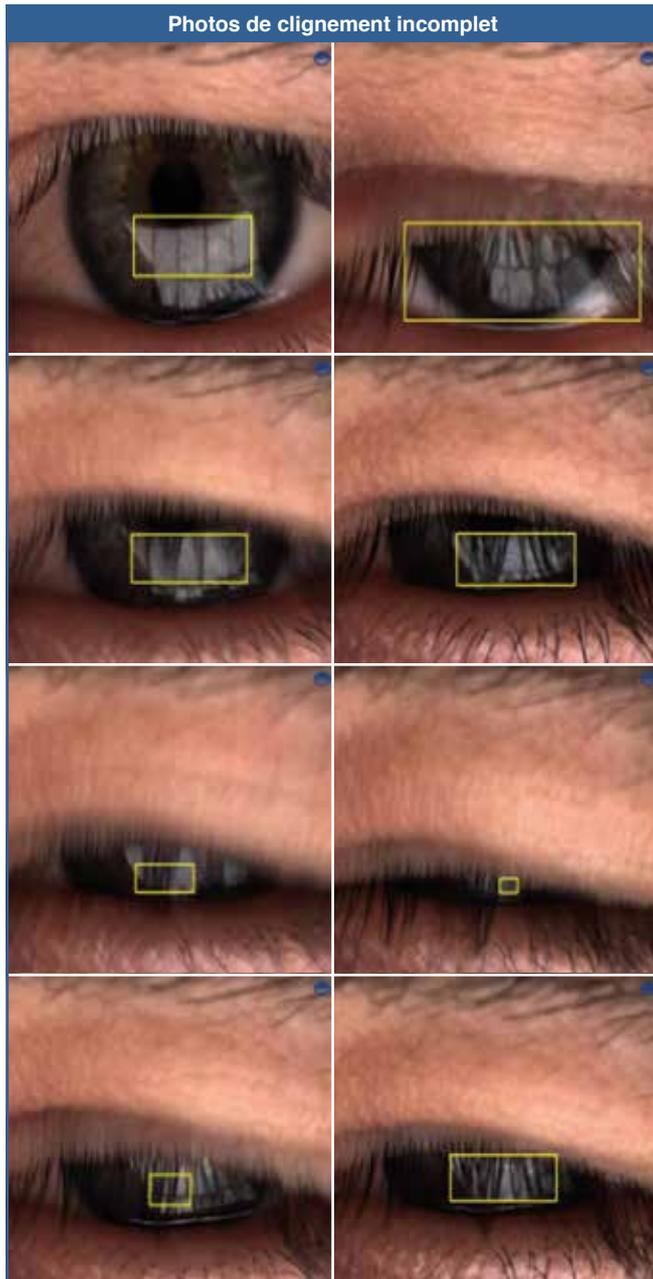


Fig. 2 : Exemple de clignement incomplet.

Comme évoqué précédemment, les activités de la vie moderne telles que la lecture sur smartphone, tablette ou écran d'ordinateur ainsi que le port de plus en plus précoce des lentilles de contact induisent un dérèglement très courant du clignement. Le LIPIVIEW réalise un enregistrement vidéo de 20 secondes et quantifie le nombre de clignements réalisé par le patient. De plus, l'appareil est capable d'analyser la qualité des clignements c'est-à-dire d'isoler le nombre de clignements qui sont incomplets sur le nombre total de clignements observés (fig. 2).

Il faut ensuite faire un *ratio* en pourcentage. Au-delà de 40 % de clignements incomplets, le dérèglement du clignement est avéré.

Un très grand nombre de patients souffrent de dérèglement du clignement, nous aborderons une méthode très simple à pratiquer pour réhabiliter la dynamique palpébrale.

9. Évaluation quantitative et qualitative de la sécrétion meibomienne

La fonction meibomienne est l'élément principal à évaluer pour confirmer la présence d'un DGM. Le MGE (*Meibomian Gland Evaluator*) permet de simuler la pression exercée par un clignement, sur la paupière inférieure.

La dimension et la pression exercées par le MGE sont calibrées pour stimuler 5 glandes de Meibomius sur chaque zone, le MGE est positionné en nasal, ensuite en central puis en temporal. Ensuite, le nombre de glandes exprimant une sécrétion est comptabilisé (fig. 3).



Fig. 3 : Le MGE (*Meibomian Gland Evaluator*).

Nous pouvons considérer que la fonction est :

- altérée : si 6 ou moins de 6 glandes sécrètent ;
- moyenne : entre 7 et 10 glandes sécrètent ;
- optimale : au-dessus de 11 glandes sécrètent.

Lors de l'examen, il est également important de relever la qualité des sécrétions exprimées.

En effet, la qualité des sécrétions peut varier de claire à trouble ou même pâteuse. La qualité des sécrétions est à considérer dans la prise en charge globale du DGM car des sécrétions de mauvaise qualité auront un impact certain quant à l'évolution de la maladie.

■ Nouvelles approches thérapeutiques

1. Substituts lacrymaux

Ces substituts sont très connus et très employés depuis bien longtemps. Le concept de simple compensation mécanique du manque de larmes a évolué depuis la meilleure compréhension des facteurs physiopathologiques de la sécheresse oculaire.

On sait aujourd'hui que les substituts lacrymaux peuvent aussi, outre la compensation du manque de larmes, jouer un rôle par la dilution des facteurs inflammatoires et par la diminution de l'osmolarité des larmes, ces 2 éléments étant prépondérants dans l'auto entretien de l'œil sec.

La tendance actuelle est de personnaliser (*customiser*) les substituts en fonction des perturbations retrouvées lors du bilan réalisé et des mécanismes mis en jeu. Il est possible d'utiliser, en fonction de l'osmolarité retrouvée, des substituts iso voir hypotoniques et, en fonction de l'origine évaporative ou non, des substituts lipophiliques (base lipidique) ou hydrophiliques (base aqueuse).

Une nouvelle perspective existe avec un collyre venant d'être commercialisé et qui est composé d'une association de thréa-lose et d'acide hyaluronique. Le thréa-lose est un bioprotecteur naturel qui est à la fois osmorégulateur et protecteur des structures oculaires. Une étude récente a montré son bénéfice sur le maintien dans le temps de l'épaisseur du film lacrymal [22].

2. Anti-inflammatoires locaux

L'inflammation est au centre de la physiopathologie de l'œil sec.

Les corticoïdes locaux sont bien connus et peuvent être utilisés de façon sporadique pour en éviter les complications, permettant ainsi de passer un cap.

Ce qui est moins connu notamment en France et plus récent :

Une cyclosporine en collyre vient d'être commercialisée en France, à la concentration de 0,1 % (Ikervis).

La cyclosporine est un agent immunosuppresseur (utilisé en ophtalmologie pour ses propriétés anti-inflammatoires), qui agit par diminution de l'inflammation locale et de l'apoptose mais aussi par stimulation de la sécrétion lacrymale.

Son indication est réservée au syndrome sec sévère, supérieur au grade 3 de la classification d'Oxford.

La cyclosporine en collyre, très utilisée notamment aux États-Unis, a montré une amélioration des symptômes chez près de 60 % des patients traités après 1 mois [23].

La cyclosporine est un traitement qui est considéré comme un épargneur de corticoïdes dans les syndromes secs sévères.

Un collyre corticoïdes original, l'étabonate de lotéprednol (Lotemax, laboratoire Bausch et Lomb, non commercialisé en France). Il s'agit de corticoïdes naturellement inactivés par les estérases au niveau de la chambre antérieure. Il y a donc une action au niveau de la surface oculaire et une plus grande innocuité par rapport aux corticoïdes locaux utilisés du fait de son inactivation intraoculaire.

Une nouvelle molécule originale vient d'être agréée par la FDA (*Food and Drug Administration*) en juillet 2016. Le lifitegrast (Xiidra collyre) est une nouvelle classe thérapeutique qui agit sur le recrutement et l'activation des lymphocytes T. Elle agit de façon originale à la fois sur les signes et les symptômes de l'œil sec et semble ouvrir de nouvelles perspectives.

3. Antibiotiques par voie générale

Il est reconnu que certains antibiotiques, administrés par voie générale, à faible dose, ont une action anti-inflammatoire, bénéfique à la fonction meibomienne.

La doxycycline (20 ou 40 mg, plutôt que les doses usuellement prescrites de 200 mg) et l'azithromycine sont les plus employés. Il existe aussi des protocoles d'utilisation locale de l'azithromycine à raison de 1 instillation de collyre par jour [24].

4. Les sécrétagogues

L'effet de la pilocarpine sur la production de larmes est connu depuis longtemps, bien qu'exceptionnellement utilisé. L'effet sécrétagogue de la cyclosporine a déjà été évoqué dans cet article. Deux nouvelles molécules, non commercialisées en France, semblent ouvrir de nouvelles perspectives :

- le rebamipide 2 % suspension ophtalmique (commercialisée au Japon en 2012) : il s’agit d’une molécule initialement utilisée pour ses propriétés antiulcéreuses gastriques par production de mucine qui, en utilisation oculaire locale, augmenterait à la fois la production aqueuse des larmes et la sécrétion de mucus. Elle aurait aussi un rôle anti-inflammatoire local. C’est devenu une molécule de choix dans le traitement de l’œil sec au Japon, efficace à la fois sur l’amélioration des paramètres de stabilité du film lacrymal, sur l’amélioration de la qualité de vision (OSI) et sur l’amélioration des symptômes [25,26] ;
- le diquafosol 3 % suspension ophtalmique (commercialisée au Japon en 2010, Diquas Laboratoire Santen) : il s’agit d’une molécule qui agit sur les récepteurs P2Y2. Il agit à la fois sur les productions aqueuse et mucinique qui sont stimulées. La molécule aurait aussi un rôle sur la sécrétion de la phase lipidique, et agirait à la fois sur les signes et symptômes de l’œil sec [27] ;
- *Oculeve intranasal tear neurostimulator* : (vient d’être soumis à la FDA). Allergan développe un stimulateur endonasal qui aurait une action sécrétagogue et qui augmenterait la production naturelle des larmes. 2 études prospectives randomisées multicentriques montrent l’efficacité de cet appareil portable.

5. Les bouchons méatiques

Ils sont connus depuis longtemps et de nombreuses publications font état de leur efficacité dans le syndrome sec post-chirurgie réfractive [28].

Certaines notions concernant les bouchons méatiques sont plus récentes :

- il existe maintenant des occlusions canaliculaires résorbables en quelques mois qui peuvent permettre de passer un cap difficile ;
- les bouchons ne doivent pas être proposés avant que l’inflammation de surface ne soit traitée ;
- il est souvent utile de réaliser l’occlusion du méat inférieur et supérieur pour obtenir une amélioration de la qualité de vision [29] ;
- l’effet sécrétagogue de la cyclosporine n’est pas retrouvé en cas de bouchons méatiques.

6. Alimentation, hygiène de vie, *habitus*

Les mesures environnementales (évitement des expositions environnementales à impact négatif, hygiène des paupières, etc.) pouvant influencer l’évolution d’une sécheresse

oculaire sont bien connues. Nous citerons quelques nouvelles voies qui ont fait l’objet de publications récentes :

- l’augmentation de l’hydratation par voie orale a fait la preuve de son efficacité selon une étude publiée récemment [30] ;
- le rôle des omégas 3 (HDA, EPA, ALA) a été prouvé à des doses comprises entre 1 000 et 3 000 mg [31] ;
- la lactoferrine, administrée oralement, permet d’une part, en combattant l’effet oxydatif, de diminuer l’inflammation de la glande lacrymale, d’autre part la stabilisation du film lacrymal [32]. La réduction du stress oxydatif par les compléments antioxydants est peut-être aussi une nouvelle direction à suivre [3]. Les régimes hypocaloriques pourraient être aussi une stratégie de maintien de la fonction lacrymale [34].

7. Rééducation du clignement

Comme évoqué précédemment, le dérèglement de la dynamique palpébrale est très courant. Des exercices simples de réhabilitation du clignement peuvent être proposés en préopératoire dans le cas d’une chirurgie réfractive. Il s’agit de demander au patient de fermer les yeux et compter jusqu’à trois. Ensuite le patient exerce une pression plus importante sur ses paupières et compte à nouveau jusqu’à trois. Enfin le patient ouvre les yeux et termine en comptant à nouveau jusqu’à trois. L’exercice doit être répété 5 fois d’affilée et il est préconisé de le réaliser 10 fois par jour (*fig. 4*). À la Clinique de la Vision de Montpellier, nous observons de nombreuses améliorations de la dynamique palpébrale chez les patients qui pratiquent ce genre d’exercice régulièrement.

8. LipiFlow

Par le passé, le seul traitement de l’obstruction des glandes de Meibomius était l’expression manuelle. Même si celle-ci



Fig. 4 : Exercice de réhabilitation du clignement.

pouvait donner de bons résultats, il a été démontré que la première limitation de ce traitement était la douleur exprimée par le patient [35].

Certes le soin habituel préconisé pour le DGM reste l'hygiène palpébrale avec le chauffage et le massage des paupières inférieures et supérieures. Néanmoins, les masques chauffants ou les compresses délivrent une chaleur restreinte et diffuse ayant l'inconvénient de ne pas être localisée précisément sur les points d'obstruction [36].

Le LIPIFLOW, commercialisé par Tear Science, est un appareil qui apporte une solution thérapeutique aux patients atteint de DGM.

Cet appareil utilise la technologie VTP (*Vectoral Thermal Pulsation*). Des coques à usage unique appelées "activateurs" sont placées sur l'œil du patient et l'appareil délivre une chaleur de 42,5° directement à l'intérieur des paupières supérieures et inférieures. Conjointement à la diffusion de chaleur, des massages mécaniques par palier sont réalisés sur l'extérieur des paupières. La combinaison de chaleur et de pressions mécaniques permet de libérer et relancer la production lipidique.

Le traitement est réalisé facilement au cabinet, il dure 12 minutes et n'est pas douloureux, les patients rapportant le plus souvent une sensation de confort per et post-traitement. De nombreuses études ont mis en évidence l'efficacité du traitement LIPIFLOW. En juillet 2016, les résultats de l'une d'entre elles, menée sur 200 patients après traitement LIPIFLOW a montré que la fonction meibomienne a été multipliée presque par 3 et les symptômes ont été réduits de moitié à un an [37].

Une autre étude a été présentée par l'équipe du CHU de Brest, lors de la Safir 2016. Le Pr B. Cochener a montré que les patients ayant bénéficié du traitement LIPIFLOW dans le cadre d'une chirurgie réfractive présentent moins de symptômes à 1 et 3 mois que le groupe témoin qui n'en a pas bénéficié. La fonction lipidique augmente également chez le groupe des patients traités et tend à diminuer pour le groupe témoin [38].

II Conclusion

La sécheresse oculaire est une réelle préoccupation dans le cadre d'une chirurgie réfractive, et la principale cause de mécontentement postopératoire. Nous disposons aujourd'hui

d'un arsenal diagnostique plus précis, qui permet de déterminer quelles sont la ou les causes de ce syndrome sec et d'adapter, grâce aux nouveaux traitements, une thérapeutique ciblée.

Nous n'insisterons jamais assez sur la nécessité d'avoir une attitude proactive, de faire le bilan de l'état préopératoire de la surface oculaire, de définir les facteurs de risques en transparence avec le patient, de mettre en place les traitements préopératoires et, si nécessaire, de choisir la technique chirurgicale la moins agressive possible voire de récuser l'indication d'une chirurgie réfractive quand le risque de décompensation d'une sécheresse oculaire nous semblera une potentialité envisageable.

Bibliographie

1. PY Y, SY T, CY C *et al.* Prevalence of dry eye among an elderly Chinese population in Taiwan: the Shihpai Eye Study. *Ophthalmology*, 2003;110:1096-1101.
2. MCCARTY CA, BANSAL AK, LIVINGSTON PM *et al.* The epidemiology of dry eye in Melbourne, Australia. *Ophthalmology*, 1998;105:1114-1149.
3. DOUGHTY MJ, FONN D, RICHTER D *et al.* A patient questionnaire approach to estimating the prevalence of dry eye symptoms in patients presenting to optometric practices across Canada. *Optom Vis Sci*, 1997;74:624-631.
4. Sécheresse oculaire : comment s'y retrouver ? *Réflexions Ophtalmologiques*, 2016;21.
5. YU J, ASCHE CV, FAIRCHILD CJ. The economic burden of dry eye disease in the United States : a decision tree analysis. *Cornea*, 2011;30:379-387.
6. Rapport du DEWS 2007.
7. LEMP MA, CREWS LA, BRON AJ *et al.* Distribution of aqueous-deficient and evaporative dry eye in a clinic-based patient cohort: a retrospective study. *Cornea*, 2012;31:472-478.
8. WOODWARD *et al.* 2009; LEVINSON *et al.* 2009; NETTUNE AND PFLUGFELDER 2010; GAYTON 2009) Dry eye can affect patient satisfaction especially post cataract and refractive surgery. Dry eye a practical approach.
9. Sécheresse oculaire : comment s'y retrouver ? *Réflexions Ophtalmologiques*, 2016;21.
10. TORRICELLI AA, BECHARA SJ, WILSON SE. Screening of refractive surgery candidates for LASIK and PRK. *Cornea*, 2014;33:1051-1055.
11. TODA I, ASANO-KATO N, HORI-KOMAI Y *et al.* Laser-assisted in situ keratomileusis for patients with dry eye. *Arch Ophthalmol*, 2002;120:1024-1028.
12. GRISE DULAC A, GATINEL D. Sécheresse oculaire et chirurgie réfractive. *Réalités Ophtalmologiques*, 2015.
13. NICHOLS KK, NICHOLS JJ, MITCHELL GL. The lack of association between signs and symptoms in patients with dry eye disease. *Cornea*, 2004;23:762-770.
14. VASHIST S, SINGH S. Evaluation of Phenol Red Thread test versus Shirmer test in dry eyes : A comparative study. *Int J Appl Basic Med Res*, 2011;1:40-42.
15. LEMP *et al.* 2011, KASTELAN *et al.* 2013, Gracia *et al.* 2014. Dry eye a practical approach. P 41.
16. CHOTIKAVANICH S, DE PAIVA CS, LI DE Q *et al.* Production and activity of matrix metalloproteinase-9 on the ocular surface increase in dysfunctional tear syndrome. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:3203-3209.
17. KAUFMAN HE. The practical detection of mmp-9 diagnoses ocular surface disease and may help prevent its complications. *Cornea*, 2013;32:211-216.
18. HYE MIN JEON MD, DONG JUN LEE MD. Objective Optical Quality Analysis in Dry Eye Syndrome. *J Korean Ophthalmol Soc*, 2014;55:1600-1605.
19. (A) (YOUNGSUB E, JONG-SUK L, SU-YEON K *et al.* 2013 01 008.)
20. NICHOLS *et al.* MG Obstruction leads to gland atrophy, 2014.
21. SUHALIM *et al.* MG Obstruction leads to gland atrophy, 2014.
22. SCHMIDL D, SCHMETTERER L, WITKOWSKA KJ *et al.* Tear film thickness after treatment with artificial tears in patients with moderate dry eye disease. *Cornea*, 2015;34:421-426.
23. STEVENSON D, TAUBER J, REIS BL *et al.* Efficacy and safety of cyclosporin A ophthalmic emulsion in the treatment of moderate-to-severe dry eye disease: a dose-ranging, randomized trial. The Cyclosporin A Phase 2 Study Group. *Ophthalmology*, 2000;107:967-974.

24. FOULKS GN, BORCHMAN D, YAPPERT M *et al.* Topical azithromycin therapy for meibomian gland dysfunction: clinical response and lipid alterations. *Cornea*, 2010;29:781-788.
25. KAORI U, WATARU M, KEIKO O *et al.* Effectiveness and relevant factors of 2% rebamipide ophthalmic suspension treatment in dry eye. *BMC Ophthalmol*, 2015;15:58.
26. IGARASHI A1, KAMIYA K, KOBASHI H *et al.* Effect of Rebamipide Ophthalmic Suspension on Intraocular Light Scattering for Dry Eye After Corneal Refractive Surgery. *Cornea*, 2015;34:895-900.
27. KEATING GM. Diquafosol ophthalmic solution 3%: a review of its use in dry eye. *Drugs*, 2015;75:911-922.
28. ERVIN AM, WOJCIECHOWSKI R, SCHEIN O. Punctal occlusion for dry eye syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*, 2010;9:CD006775.
29. KAIDO M, ISHIDA R, DOGRU M *et al.* Visual function changes after punctal occlusion with the treatment of short BUT type of dry eye. *Cornea*, 2012;31:1009-1013.
30. KHAN C *et al.* Increased Hydration May Improve Dry Eye Symptoms July 2016. Therapeutic effect of increased hydration for plasma osmolarity, tear osmolarity and tear stability in dry eye patients. Optometry's meeting: June 29-July 2, 2016; Boston.
31. EPITROPOULOS AT1, DONNENFELD ED, SHAH ZA *et al.* Effect of Oral Re-esterified Omega-3 Nutritional Supplementation on Dry Eyes. *Cornea*, 2016;35:1185-1191.
32. DOGRU M, MATSUMOTO Y, YAMAMOTO Y *et al.* Lactoferrin in Sjogren's Syndrome. *Ophthalmology* 2007;114:2366-2367.
33. HIGUCHI A, TAKAHASHI K, HIRASHIMA M *et al.* Selenoprotein P controls oxidative stress in *Cornea*, 2010;5:e9911.
34. KAWASHIMA M, KAWAKITA T, OKADA N *et al.* Calorie restriction: A new therapeutic intervention for age-related dry eye disease in rats. *Biochem Biophys Res Commun*, 2010;397:724-728.
35. KORB DR, BLACKIE CA. Meibomian gland therapeutic expression: quantifying the applied pressure and the limitation of resulting pain. *Eye Contact Lens*, 2011;37:298-301.
36. BLACKIE CA SOLOMON JD, GREINER JV *et al.* Inner eyelid surface temperature as a function of warm compress methodology. *Optom Vis*. 2008;85:675-683.
37. BLACKIE CA, COLEMAN CA, HOLLAND EJ. The sustained effect (12 months) of a single-dose vectored thermal pulsation procedure for meibomian gland dysfunction and evaporative dry eye. *Clinical Ophthalmology*, 2016;10:1385-1396.
38. OMIEL L, CASSAN A, COCHENER B. Intérêt du traitement du dysfonctionnement meibomien avant chirurgie réfractive. Présentation orale Safir 2016.

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



C. ALBOU-GANEM
Clinique de la Vision, PARIS.
cati.ganem@wanadoo.fr

SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*): technique, résultats à 5 ans et avantages

La correction réfractive au seul laser femtoseconde VisuMax (Carl Zeiss Meditec) SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) consiste à découper au laser femtoseconde 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.

■ Technique chirurgicale

Un cône d'aplanation courbe qui épouse la forme de la cornée sans l'aplanir avec un anneau de succion intégré est placé sous la tête du laser. Il est maintenu par aspiration. Cette succion se fait au niveau du limbe. Elle est douce et a pour avantage d'éviter les hémorragies sous-conjonctivales et, le plus longtemps possible, la perte de la vision pendant la découpe d'autant plus que celle-ci se fait en spirale de la périphérie vers le centre. Le cône d'aplanation est centré sur l'axe visuel, en demandant au patient de fixer un point vert clignotant. La succion est verrouillée une fois l'aplanation obtenue sur toute la surface du cône et le centrage assuré. Elle persiste pendant toute la durée de la procédure.

Celle-ci se fait en 4 temps programmés et pilotés par informatique (*fig. 1*):

- découpe du plan postérieur du lenticule en spirale de la périphérie vers le centre ;
- découpe verticale circulaire sur 360° de l'épaisseur du bord du lenticule (environ 15 microns) ;
- découpe du plan antérieur du lenticule réfractif, d'un diamètre supérieur d'1 mm à celui du lenticule en spirale, du centre vers la périphérie ;
- découpe d'une incision de longueur variable, entre 2,5 et 6 mm, située sur le méridien désiré, reliant la surface cornéenne au bord du lenticule réfractif.

Le laser délivre une énergie moyenne de 170 nJ avec une fréquence de 500 kHz. La durée de la procédure est de 24 secondes quelle que soit l'erreur réfractive à corriger. La face antérieure du lenticule est programmée à une profondeur variant de 110 à 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 de 16 microns pour les suivantes. L'incision est de 3 mm de long, centrée sur l'axe 120° pour faciliter la dissection. La succion lâche immédiatement une fois le dernier *spot* délivré. Le traitement laser est ensuite réalisé sur le deuxième œil.

Le patient est alors placé sous le microscope opératoire du laser pour le retrait chirurgical du lenticule. La dissection du lenticule commence par l'ouverture de l'incision à l'aide d'une courte spatule qui est également utilisée pour individualiser le bord du lenticule. Une spatule mousse plus longue est utilisée pour le clivage du plan antérieur du lenticule afin de le séparer de la cornée sus-jacente. Le plan postérieur du lenticule est ensuite disséqué et séparé de la cornée sous-jacente. Une fois le lenticule libéré de

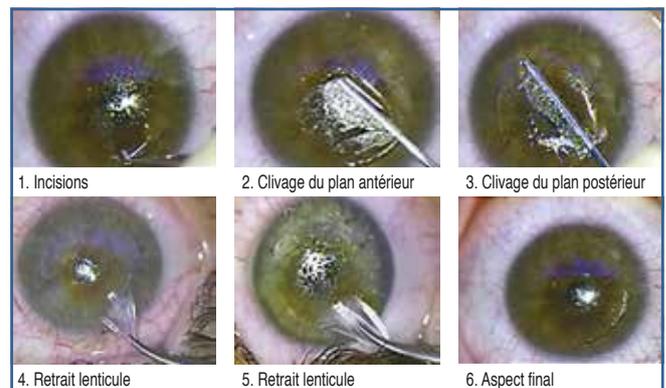


Fig. 1 : Les différentes étapes chirurgicales.

ses attaches supérieures et inférieures, il est extrait. L'interface est ensuite rincée au BSS (*Balanced Salt Solution*) et une goutte de collyre d'antibiotique ainsi que d'anti-inflammatoire sont instillées et poursuivies pendant 6 jours. Le lentille est ensuite retiré selon la même procédure sur l'œil controlatéral.

■ Résultats

Les résultats à 5 ans d'une étude portant sur 106 yeux de 54 patients (16 hommes et 38 femmes), myopes ou myopes et astigmatiques avec un équivalent sphérique inférieur à -10 D avec un recul minimum de 3 mois sont rapportés (*tableau I*). L'âge moyen des patients est de 33 ± 9 (20-54) ans. Les critères d'inclusions étaient les mêmes que ceux du LASIK en particulier : patients âgés de plus de 20 ans, acuité visuelle de loin corrigée supérieure à 8/10, modification de la réfraction inférieure ou égale à -0.25 D sur 1 an, pachymétrie cornéenne centrale supérieure à 500 microns, morphologie cornéenne normale. L'examen ophtalmologique était par ailleurs strictement normal et les patients n'avaient aucun antécédent particulier.

8 yeux ont été volontairement sous corrigés dans le but de créer une monovision pour compenser la presbytie. Tous les

Paramètre	Moyenne \pm DS	Écart
Âge (année)	33 ± 9	20-54
Équivalent Sphérique (D)	-6.22 ± 1.6	-3 à -9.75
Sphère (D)	-5.88 ± 1.52	-3 à -9.75
Cylindre (D)	-0.68 ± -0.58	0 à -2.25

Tableau I : Caractéristiques préopératoires des patients.

Délai/Paramètre	Moyenne \pm DS	Écart	P	IC 95 %
J1 n = 106				
Équivalent Sphérique cible (D)	$-0.16 \pm 0.35^*$	-1.38 à 0.88	$6,78 \times 10^{-6}$	$[-0,23; -0,09]$
Sphère cible (D)	0.00 ± 0.34	-1.25 à 1		
Cylindre (D)	-0.31 ± 0.37	-1.5 à 0		
M2-M3 n = 91				
Équivalent Sphérique cible (D)	-0.16 ± 0.36	-1.38 à 0.88		
Sphère cible (D)	0.03 ± 0.34	-1.25 à 1		
Cylindre (D)	-0.37 ± 0.35	-1.25 à 0		
1 an n = 28				
Équivalent Sphérique cible (D)	-0.04 ± 0.30	-0.75 à 0.5		
Sphère cible (D)	0.15 ± 0.29	-0.5 à 0.75		
Cylindre (D)	-0.38 ± 0.35	-1 à 0		

Tableau II : Écart entre la réfraction obtenue et la réfraction cible en équivalent sphérique à J1, à M2-M3 et à un an. Le lendemain de l'opération, tous les patients étaient à ± 2 D de la réfraction cible et tous sauf 2 patients (1,92 %) étaient à ± 1 D de la réfraction cible. Ces résultats restent stables à 3 mois comme à 1 an.

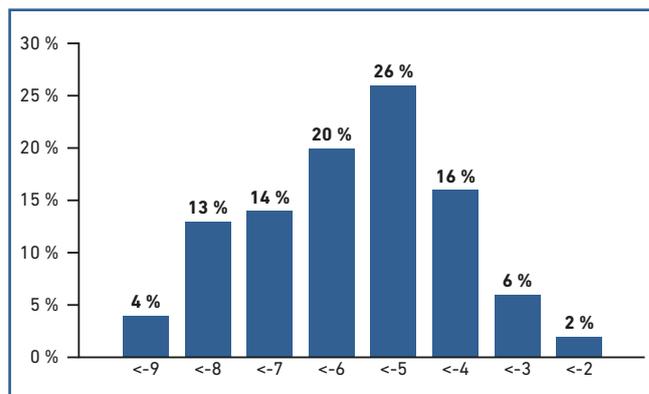


Fig. 2 : Répartition des équivalents sphériques préopératoires : plus de la moitié des patients ont une amétropie supérieure à -6 dioptries.

patients concernés avaient plus de 40 ans et la sous correction visée s'échelonnait entre -1.5 et -2 D. Parmi les 106 yeux initiaux, 22 yeux ont en préopératoire une amétropie purement sphérique et 84 une amétropie sphéro-cylindrique. L'équivalent sphérique préopératoire moyen est de -6.22 ± 1.6 (-3 à -9.75), avec une sphère moyenne de -5.88 ± 1.52 (-3 à -9.75) et un cylindre moyen de -0.68 ± -0.58 (0 à -2.25). Plus de la moitié des patients avaient une amétropie initiale supérieure à -6 D (*fig. 2*). Tous les patients avaient avant chirurgie une meilleure acuité visuelle corrigée à 10/10 hormis 2 patients qui avaient 8/10 et 9/10 à l'œil droit et à l'œil gauche.

1. Prédicibilité

Le lendemain de l'opération, tous les patients étaient à ± 2 D de la réfraction cible et tous sauf 2 patients (1,92 %) étaient à ± 1 D de la réfraction cible. Ces résultats restent stables

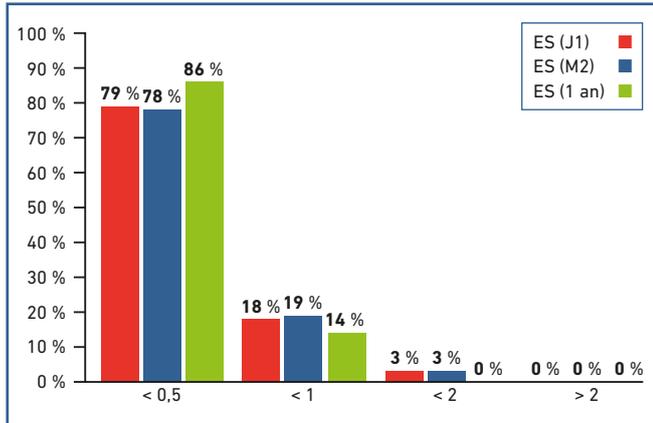


Fig. 3 : Prédicibilité en équivalent sphérique à J1, à M2-M3 et à 1 an.

à 3 mois comme à 1 an (*tableau II*). À 3 mois, 78 % des patients ont un équivalent sphérique inférieur à ± 0.5 D de l'emmétropie et 97 % sont à ± 1 D. À 1 an, 86 % des patients ont un équivalent sphérique inférieur à ± 0.5 D de l'emmétropie, et 100 % sont à ± 1 D. La *figure 3* montre la prédictibilité des résultats réfractifs (équivalent sphérique) à 3 mois. Notons que la prédictibilité semble indépendante de l'importance de l'amétropie initiale à corriger. La *figure 4* représente la régression linéaire obtenue en calculant la correction en terme d'équivalent sphérique cible à J1 en fonction de l'équivalent sphérique initial à corriger.

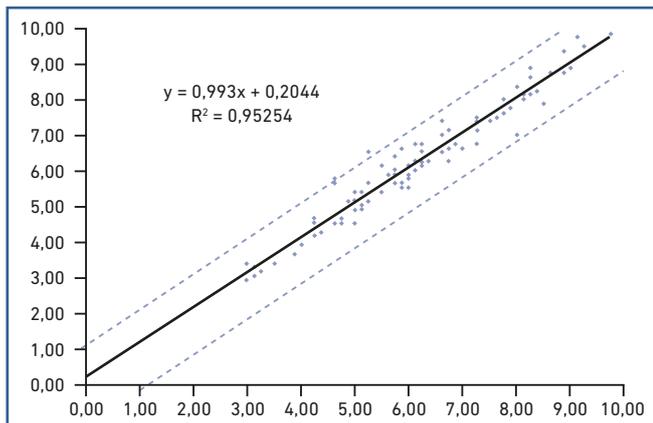


Fig. 4 : Régression linéaire obtenue en calculant la correction en termes d'équivalent sphérique cible à J1 en fonction de l'ES initial à corriger.

Concernant l'astigmatisme, sur les 106 yeux opérés, 22 avaient en préopératoire une amétropie purement sphérique et 84 une amétropie sphérocyindrique. Le cylindre moyen en postopératoire à J1 était au réfracteur de -0.22 D ± 0.29 pour le groupe des 22 yeux qui avait un défaut initial purement sphérique, et de -0.34 D ± 0.39 à J1 en postopératoire pour le groupe des 84 yeux qui avait un défaut réfractif initial sphérocyindrique (*fig. 5*).

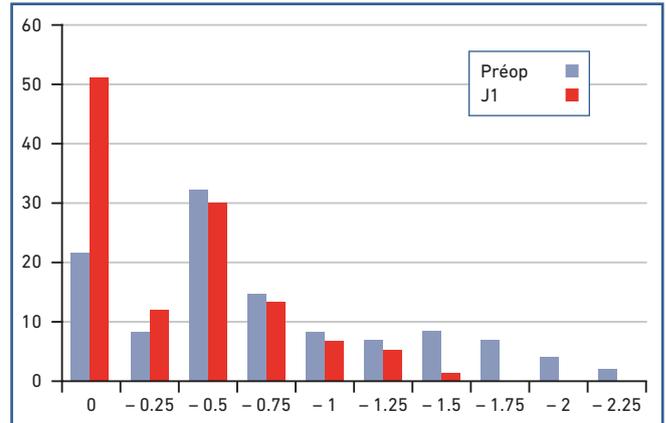


Fig. 5 : Répartition de l'astigmatisme en préopératoire et en postopératoire à J1.

2. Stabilité

La réfraction est stable entre le 1^{er} jour postopératoire, le 3^e mois et le contrôle à 5 ans avec une différence réfractive de moins de 0.25 D (*fig. 6*).

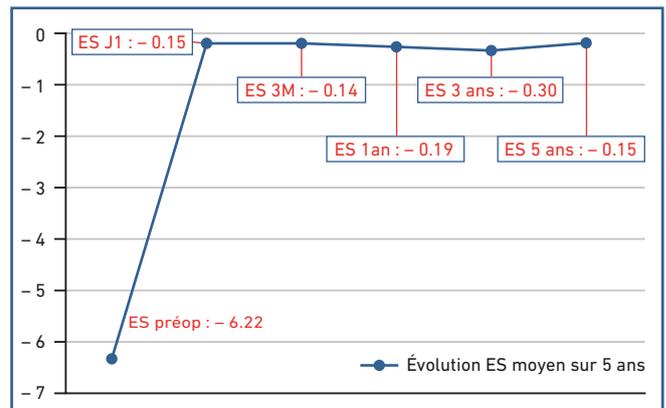


Fig. 6 : Évolution de la moyenne de l'équivalent sphérique cible ainsi que l'évolution des valeurs minimales et maximales de l'équivalent sphérique cible, entre le préopératoire et au postopératoire à 1 an.

3. Efficacité

L'efficacité correspond au pourcentage des yeux ayant atteint la réfraction visée. À 3 mois, 71 % des yeux ont atteint la réfraction cible avec une acuité visuelle sans correction monoculaire supérieure ou égale à 10/10 et 97 % ont une acuité visuelle supérieure ou égale à 8/10 (*fig. 7*).

À 1 an, 77 % des yeux dont on possède les données ont atteint la réfraction cible et 100 % ont une acuité visuelle non corrigée monoculaire supérieure à 8/10 (3 ont 8/10 et 2 ont 9/10). À 5 ans ($n = 38$), les résultats sont stables : l'AVSC moyenne de loin est à 0.97 avec une sphère moyenne corrigée (corrigée

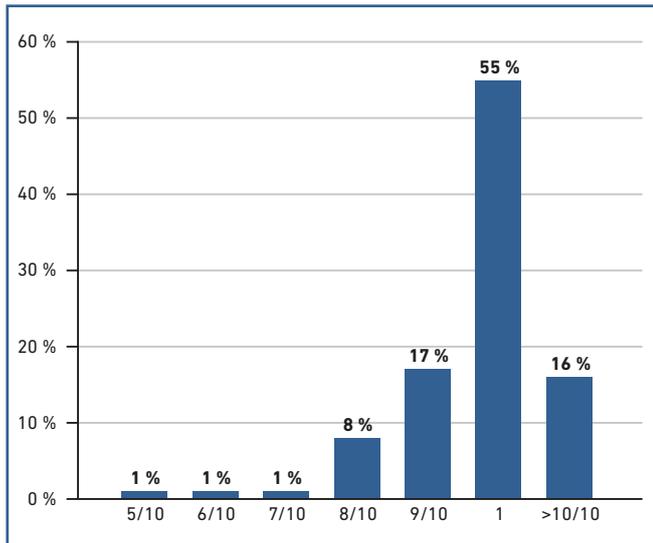


Fig. 7 : Efficacité : AVNC à 2-3 mois de l'intervention des yeux pour lesquels l'objectif réfractif était l'emmétropie (n = 83).

en fonction du résultat réfractif souhaité) de 0.01 ± 0.43 D (-1.25 à $+0.75$) avec un cylindre moyen à -0.45 ± 0.34 D (0 à -1.5).

■ Sécurité

Aucun œil ne présente de baisse de la MAVC (meilleure acuité visuelle corrigée) supérieure à 2 lignes (fig. 8) ; 3 yeux ont perdu 2 lignes et 2 yeux 1 ligne.

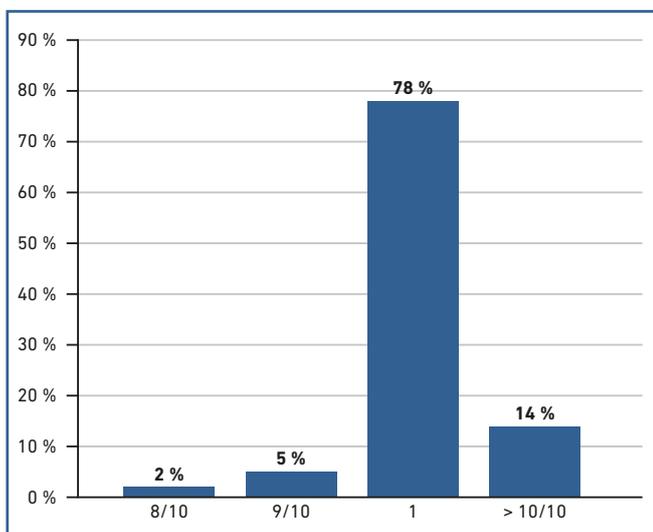


Fig. 8 : Sécurité : MAVC (meilleure acuité visuelle corrigée) à 2-3 mois de l'intervention pour l'ensemble des patients (n = 91). À noter que, comme précisé en début de section, 2 patients avaient initialement une MAVC inférieure à 10/10, respectivement 8/10 et 9/10.

■ Complications

Elles sont encore plus rares qu'en LASIK. Sur les 106 yeux traités, aucune perte de succion peropératoire, mais, sur 2 yeux de 2 patients faisant partie des 20 premiers traités, un repli conjonctival a recouvert le site de l'incision au moment de la découpe de celle-ci. Les 2 yeux ont été traités en PKR avec un très bon résultat, immédiatement pour l'un et 1 mois après pour l'autre avec adjonction de mitomycine car la myopie était de -6 dioptries. L'œil controlatéral a été opéré en SMILE sans incident. Nous n'avons noté aucune invasion épithéliale, aucune aggravation de l'éventuelle sécheresse oculaire, aucune hypertension liée au traitement corticoïde local, aucune inflammation de l'interface (DLK: *diffuse lamellar keratitis*), aucun *transient light-sensitivity syndrome* (TLSC), aucune hémorragie sous-conjonctivale, aucune ectasie, aucune infection.

Le seul aléa que nous avons noté est une récupération légèrement retardée avec une acuité visuelle à J1 comprise entre 6 et 7/10 dans 6 cas. Tous les patients rapportent alors une récupération fonctionnelle totale dans la semaine postopératoire.

■ Avantages

>>> Cette technique présente de nombreux avantages :

1. La précision : les découpes au laser femtoseconde sont reproductibles et précises, avec une déviation standard de l'ordre de 5 à 10 microns.
2. La rapidité : au cours de cette technique, le patient n'a pas à être déplacé d'un laser femtoseconde à un laser Excimer tel que pour un femto-LASIK, ce qui diminue d'autant le temps de la procédure. Le traitement laser dure le même temps quelle que soit la puissance réfractive à corriger (moins de 25 secondes par procédure).
3. 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.
4. 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.

5. La maintenance de la biomécanique de la cornée : le laser agissant par photodisruption et non par évaporation, le lenticule peut être plus proche de l'endothélium. Ce maintien de la biomécanique de la cornée est l'un des avantages majeurs de cette technique par l'absence de volet ainsi que par la localisation intrastromale du lenticule. Les notions d'épaisseur cornéenne et surtout de mur résiduel postérieur sont ainsi remises en cause au profit du concept de résistance cornéenne comme l'a démontré Dan Z. Reinstein. La partie antérieure des lamelles stromales et la membrane de Bowman sont en effet épargnées et restent intactes en dehors de la zone de l'incision. Or, J.-B. Randleman a démontré que la résistance cornéenne dépendait surtout du stroma antérieur (les 40 % antérieurs) 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). Ces notions ont attesté la nécessité de réaliser des photoablations dont la profondeur était contenue dans le 1/3 antérieur de la cornée pour qu'une partie du stroma résistant soit encore intact. Dans le cas du LASIK, il est nécessaire d'ajouter l'épaisseur du volet à la photoablation pour le calcul du mur résiduel cornéen postérieur. En effet, le volet ne participe pas à la tension cornéenne postopératoire même après la cicatrisation qui est obtenue en moyenne à 3,5 ans.

Dans le cadre de la chirurgie réfractive par extraction d'un lenticule réfractif intrastromal à travers une petite incision, la notion de mur résiduel postérieur ne s'applique pas puisque la cornée antérieure n'est pas touchée en dehors de l'incision. Cynthia Roberts a comparé la modification de la tension cornéenne en surface et au niveau du stroma résiduel induite par un LASIK et un SMILE pour une correction myopique identique – 9 D en profondeur et diamètre et a montré que la tension cornéenne se rapproche en SMILE de celle de la cornée témoin non opérée. Une autre étude menée par Moones Abdalla a comparé hystérésis (*Corneal Hysteresis*) et résistance cornéenne (CRF) mesurées à l'ORA après un LASIK (30 yeux) et après SMILE (30 yeux) pour une correction myopique identique entre – 3 et – 5 D. Le CH moyen diminue de 6,7 % dans le groupe SMILE et de 17,4 % dans le groupe LASIK sans qu'on retrouve de corrélation avec la profondeur de la photoablation, la zone optique ou l'âge. Quant au CRF moyen, il diminue de 9,7 % dans le groupe SMILE et de 22 % dans le groupe LASIK. Ces études permettent de conclure qu'en chirurgie réfractive, la sécurité ne doit pas

reposer sur la quantité d'ablation mais plutôt sur la qualité du respect de la résistance cornéenne. Cet objectif chirurgical moderne, histologique et physiologique est enfin accessible par la réalisation et l'ablation d'un lenticule intrastromal. Cette technique est d'autant plus sûre que l'application du laser femtoseconde est programmée à distance du plan cornéen antérieur. Elle maintiendrait mieux l'architecture de la cornée que le LASIK et la PKR et, selon Dan Z. Reinstein, il faudrait programmer une myopie supérieure d'environ 7 dioptries pour réduire la tension superficielle de la cornée d'une manière équivalente à celle d'un LASIK. Par ailleurs, la tension superficielle mesurée avec le même modèle mathématique et résultant d'une ablation stromale de 100 microns sur une cornée dont l'épaisseur centrale est de 550 microns, est de 54 % en LASIK sous un volet de 100 microns, de 68 % en PKR et de 75 % en SMILE.

6. Le respect du plexus nerveux cornéen : la découpe du lenticule, localisée dans une zone moins importante pour la résistance cornéenne, respecte par ailleurs le plexus nerveux stromal antérieur, réduisant ainsi la sécheresse oculaire due à l'hypoesthésie cornéenne.

7. L'asepsie est davantage renforcée car certaines manipulations sont évitées.

8. 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).

9. La précision des résultats : les résultats réfractifs de cette étude sont identiques à ceux publiés dans d'autres séries, et 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.

Il est à noter que les résultats présentés sont ceux du premier et seul geste opératoire et qu'aucun patient n'a nécessité de retouche. Par ailleurs, l'amplitude de l'amétropie initiale à corriger ne semble pas intervenir dans la précision du résultat final.

>>> Ces avantages se font-ils au prix d'une détérioration de la qualité de vision ?

Une étude présentée à la Safir en 2016 par L. Trinh et l'équipe de C. 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.

Quant aux aberrations optiques, des études ont démontré la diminution des aberrations optiques induites par rapport au LASIK. 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.

II Conclusion

Le SMILE est une technique efficace, prédictible, sûre et stable à 5 ans pour la correction des amétropies sphérocylin-driques myopiques. Ses 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 *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 techniques less disruptive. *Oph Times Europe* March 13.
- ROBERTS C. Biomechanical Advantages of ReLEx SMILE as a refractive procedure. *Cat Ref Surg*, 2012.
- RANDELMAN JB, DAWSON DG, GROSSNIKLAUS HE *et al.* Depth-dependent cohesive tensile strength in human donor corneas: implications for refractive surgery. *J Refract Surg*, 2008;24:S85-89.
- REINSTEIN DZ, ARCHER TJ, RANDELMAN 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;21:433-445.
- 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;30:1-7.
- 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, GRØNBECHE 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.

L'auteure est consultant Zeiss et Physiol, collaborateur Théa, Tear Sciences, Abbott et Alcon.



J.-L. FEBBRARO¹, H. PICARD²

¹ Fondation Rothschild, PARIS,

² Service de recherche clinique, Fondation Rothschild, PARIS.

jl_febbraro@hotmail.com

Comparaison des profondeurs d'ablation estimée et objective chez les patients opérés de LASIK myopique

La profondeur d'ablation du laser Excimer est une donnée essentielle à considérer lors de la chirurgie LASIK myopique. Elle conditionne l'épaisseur du mur postérieur résiduel et guide de ce fait le chirurgien dans la prévention du risque d'ectasie cornéenne [1]. Elle dépend de plusieurs facteurs, tels que l'amétropie de départ, la zone optique ou le type de profil d'ablation. Avec les lasers de premières générations et leur profil d'ablation simple, son calcul était simple et obéissait à la loi de Munnerlyn. Les lasers plus récents proposent des profils plus complexes, conçus pour optimiser la qualité de vision et la consommation stromale par rapport l'amétropie corrigée. De ce fait, le chirurgien est informé de la consommation stromale estimée lors de la programmation sur la plateforme laser.

Nous avons comparé les profondeurs d'ablation estimées par la plateforme laser (EX500 Wavelight, Alcon) et celles mesurées objectivement par tomographie à cohérence optique en peropératoire (OCP) et pachymétrie topographique différentielle pré- et postopératoire avec l'Orbscan et le Pentacam.

■ Matériel et méthodes

L'étude prospective a porté sur 100 yeux myopes opérés par femtoLASIK avec la suite Wavelight Alcon. Cette plateforme est composée d'un laser femtoseconde FS200 pour la découpe lamellaire et d'un laser Excimer EX500 pour la photoablation. Les volets cornéens avaient un diamètre de 9 mm et une épaisseur de 120 μm . La zone optique de photoablation était de 6,50 mm, en respectant un mur postérieur estimé de 300 μm .

La sphère moyenne préopératoire était de -4.18 ± 1.80 D, le cylindre moyen -0.66 ± -0.57 D.

Les profondeurs d'ablation objectives ont été obtenues par calculs différentiels de l'épaisseur cornéenne centrale mesurée par l'Orbscan et le Pentacam en pré- et postopératoire à 1 mois, et par l'OCP en peropératoire. Ces dernières correspondent à la moyenne d'une série de 3 mesures centrales avant et après la photoablation capot soulevé. Ces mesures objectives ont été comparées aux profondeurs d'ablation estimées par la plateforme laser lors de la programmation.

■ Résultats

La profondeur d'ablation mesurée en OCP est en moyenne supérieure à celle estimée par le laser. La différence moyenne est de 23,47 μm . ($p < 0,0001$) (minimum: 23,47 μm , maximum: 50 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne: 21,25 à 25,67 μm (*fig. 1*). Quel que soit le groupe de myopie, cette différence reste hautement significative, et plus la myopie est forte et plus l'écart entre l'OCP et le laser est important (*fig. 2*).

La profondeur d'ablation mesurée à l'Orbscan est également supérieure à celle du laser. La moyenne est de 23,39 μm . ($p < 0,0001$) (minimum: -13 μm , maximum: 69 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne: 18,81 μm à 27,96 μm (*fig. 3*). Cette différence reste significative dans les trois sous-groupes de myopies et tend à augmenter avec le degré de myopie (*fig. 4*).

La profondeur d'ablation mesurée au Pentacam est supérieure à celle estimée par le laser sur le plan statistique, mais cliniquement négligeable. La différence moyenne est de 2,25 μm . ($p = 0,028$) (minimum: -16 μm , maximum: 22 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne: 0,23 μm à 4,26 μm (*fig. 5*). Cette différence est également statistiquement significative dans le sous-groupe de myopies fortes

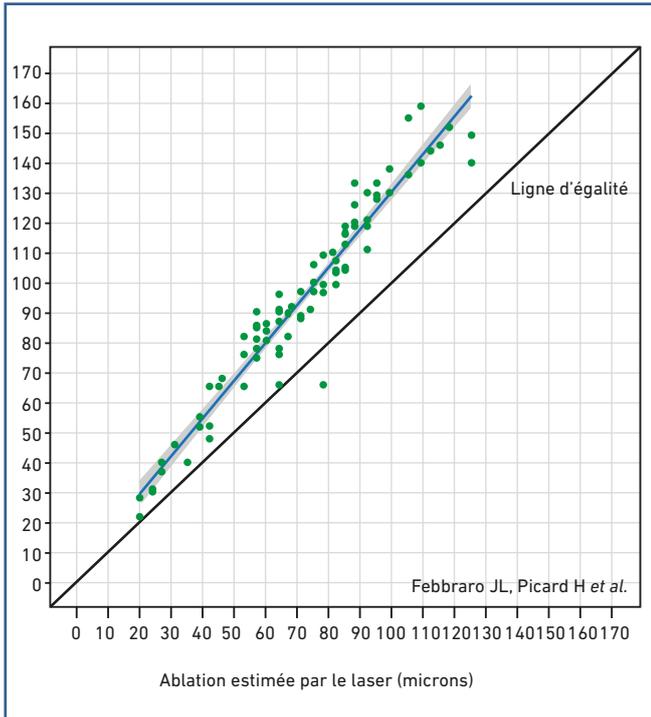


Fig. 1 : Comparaison ablation estimée laser et ablation calculée en OCP.

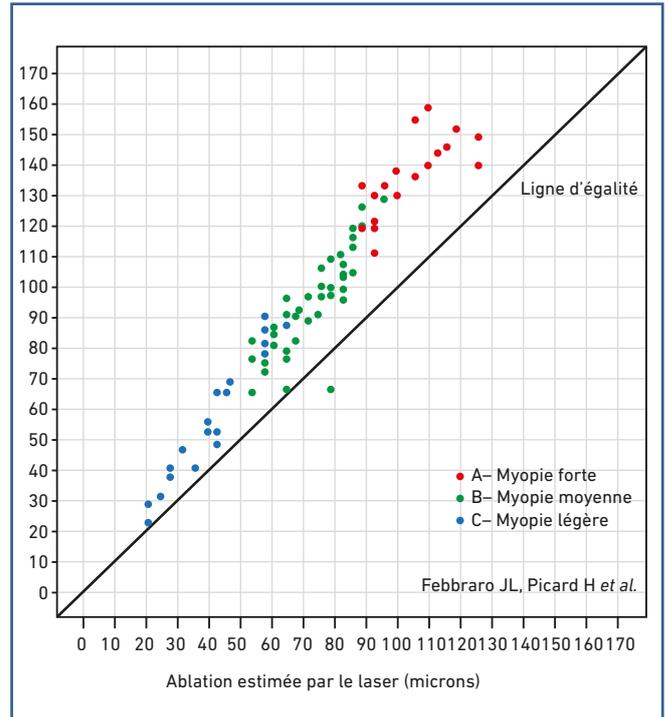


Fig. 2 : Comparaison profondeur d'ablation estimée laser et calculée en OCP selon le degré de myopie.

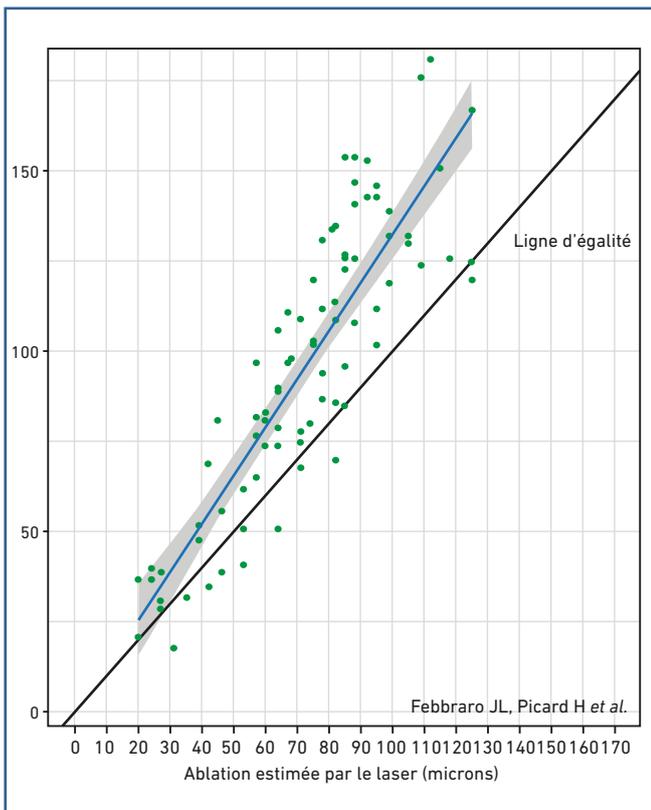


Fig. 3 : Comparaison profondeur d'ablation estimée laser et calculée à l'Orbscan.

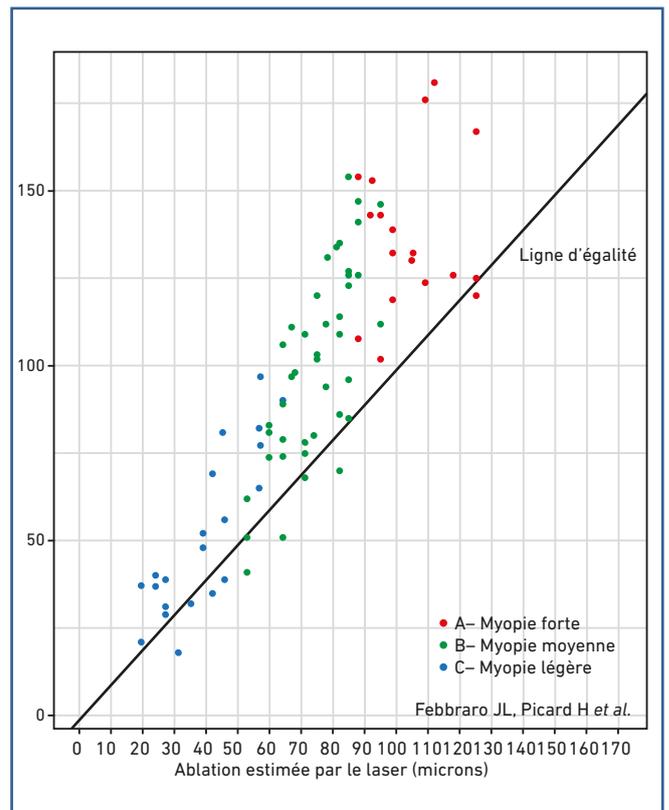


Fig. 4 : Comparaison profondeur d'ablation estimée laser et calculée à l'Orbscan selon le degré de myopie.

(8 μm), mais avec un intérêt clinique limité, alors qu'elle n'est pas significative dans les sous-groupes de myopies légère et moyenne (fig. 6).

L'estimation laser de la consommation stromale moyenne par dioptrie est pour une zone optique programmée de 6,50 mm égale à 15,38 μm (minimum : 13,16 μm , maximum : 26,67 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne : 14,98 à 15,78 μm .

Le calcul retrouvé avec le Pentacam est quasiment identique : 15,30 μm (minimum : 6 μm , maximum : 25,75 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne : 14,78 μm à 15,81 μm). La différence avec l'estimation laser n'est pas significative.

Les valeurs de consommation retrouvée à l'OCP sont supérieures : 20,49 μm (minimum : 12,57 μm , maximum : 32 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne : 19,86 μm à 21,11 μm). La différence avec l'estimation laser est hautement significative ($p < 0,0001$).

Les valeurs retrouvées à l'Orbscan sont également supérieures et proches de celles de l'Orbscan : 20,26

μm (minimum : 10,29 μm , maximum : 49,33 μm), intervalle de confiance à 95 % de la moyenne : 19,06 à 21,45 μm). La différence avec l'estimation laser est également très significative ($p < 0,0001$).

Discussion

Les mesures de profondeurs d'ablations calculées par la plateforme laser guident désormais le chirurgien pour garantir la justesse de l'indication opératoire, notamment chez les patients ayant des cornées fines et des amétropies élevées. Ces informations précieuses nous permettent de réduire en cas de besoin, l'épaisseur du capot et le diamètre de la zone optique pour gagner quelques dizaines de microns, et de maintenir un mur postérieur de sécurité proche de 300 μm . Les mesures objectives, basées sur l'OCP en peropératoire, et l'Orbscan et le Pentacam en pré et postopératoire, nous renseignent également sur l'épaisseur cornéenne centrale, celle du mur postérieur et la consommation tissulaire. Les mesures topographiques ont désormais remplacé les mesures pachymétriques à ultrasons pour des raisons pratiques.

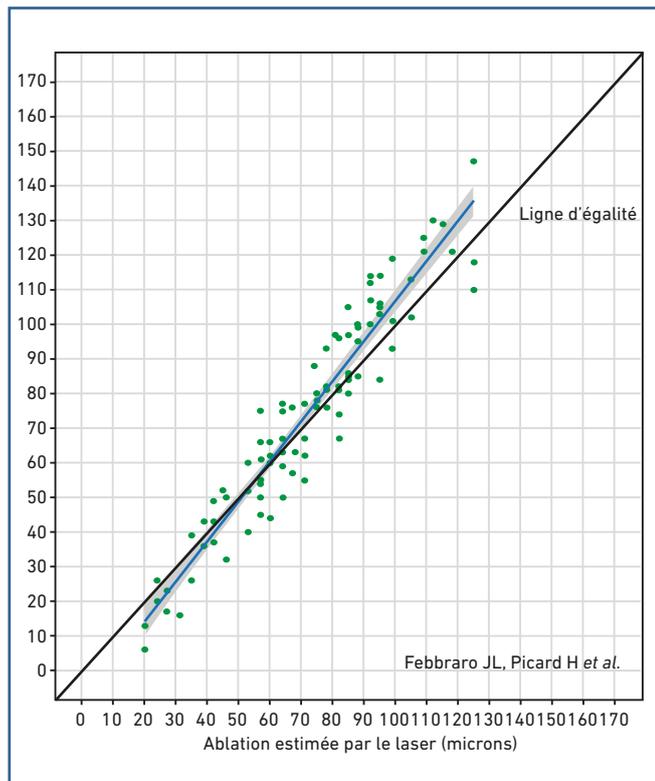


Fig. 5 : Comparaison profondeur d'ablation estimée laser et calculée au Pentacam.

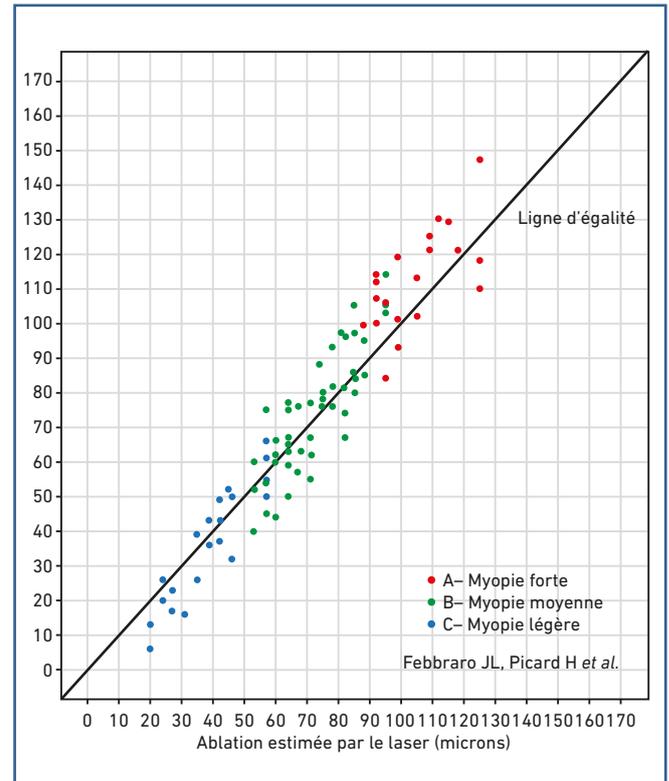


Fig. 6 : Comparaison profondeur d'ablation estimée laser et calculée au Pentacam selon le degré de myopie.

Notre étude comparative entre l'estimation de profondeur d'ablation stromale livrée par la plateforme laser et les différentes mesures objectives retrouvées a montré que seul le Pentacam est très proche, malgré la très légère surestimation de $2\ \mu\text{m}$, en moyenne statistiquement significative mais négligeable sur le plan clinique. Cette concordance de résultats est valable pour les trois sous-groupes de myopies. En revanche, les valeurs retrouvées avec l'OCP en peropératoire et l'Orbscan en postopératoire montrent une surestimation hautement significative des profondeurs d'ablation, égale à $23\ \mu\text{m}$ en moyenne avec les deux types de mesures. Cette surestimation est d'autant plus importante que la myopie est élevée.

La surestimation de l'OCP pourrait s'expliquer par une déshydratation stromale lors de la photoablation, qui serait d'autant plus marquée pour les amétropies importantes [2]. De ce fait, la mesure du mur postérieur en peropératoire peut être sous-évaluée, surtout chez les myopes forts.

Les valeurs plus élevées retrouvées à l'Orbscan en postopératoire pourraient être expliquées par les limites de l'appareil à mesurer précisément l'épaisseur cornéenne en présence d'une interface. Une étude précédente comparant les pachymétries préopératoires centrales mesurées objectivement avec Orbscan, Pentacam et OCP n'avait pas retrouvé de différence entre les appareils. Plusieurs études ont montré que les valeurs pachymétriques ultrasoniques et du Pentacam sont comparables en pré et postopératoire. Des études comparatives avec l'Orbscan en préopératoire retrouvent soit des valeurs comparables, soit supérieures aux valeurs de référence ultrasoniques. La différence peut être réglée par un ajustement du facteur acoustique de l'appareil. Cependant, en postopératoire, ces études montrent que l'Orbscan sous-estime l'épaisseur cornéenne, indépendamment du réglage du facteur acoustique [3].

Les calculs de profondeurs d'ablation stromale par dioptrie traitée reflètent les valeurs précédemment énoncées. Elles concernent des ablations programmées avec une zone optique de $6,50\ \text{mm}$. Les profondeurs dérivées de l'estimation laser

et du Pentacam sont de $15,38\ \mu\text{m}$ et $15,30\ \mu\text{m}$ respectivement, sans différence statistique. En revanche, elles sont statistiquement supérieures avec l'Orbscan ($20,26\ \mu\text{m}$) et l'OCP ($20,49\ \mu\text{m}$), avec une moyenne de surestimation de $5\ \mu\text{m}$ pour ces deux appareils par rapport à l'estimation laser.

■ Conclusion

Nous avons retrouvé des profondeurs d'ablations comparables entre l'estimation délivrée par la plateforme laser et les calculs différentiels pachymétriques du topographe Pentacam. Les deux autres méthodes objectives, mesurées avec l'Orbscan en postopératoire et l'OCP en peropératoire surestiment les profondeurs d'ablation, en moyenne de $23\ \mu\text{m}$. Cette différence est d'autant plus marquée que la myopie est élevée. La consommation stromale par dioptrie reflète ces différences de profondeurs d'ablation. Elle est en moyenne égale à $15\ \mu\text{m}$ avec l'estimation laser et le Pentacam, alors qu'elle atteint plus de $20\ \mu\text{m}$ pour les mesures de l'OCP et de l'Orbscan pour une zone optique programmée de $6,5\ \text{mm}$.

■ Bibliographie

1. RANDLEMAN JB. Post-laser in-situ keratomileusis ectasia : current understanding and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*, 2006;17:406-412.
2. CUMMINGS AB, CUMMINGS BK, KELLY G. Predictability of corneal flap thickness in laser in situ keratomileusis using a 200 kHz femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:378-385.
3. FARAMAZI A, KARIMIAN F, REZA JAFARINASAB M *et al*. Central corneal thickness measurements after myopic photorefractive keratectomy using Scheimpflug Imaging, scanning-slit topography, and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:1543-1549.

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



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

Que reste-t-il des complications des photoablations de surface?

La photokératectomie réfractive (PKR) a été pratiquée dès le début des années 1990, il y a plus de 35 ans. Des revues de la littérature en ont régulièrement analysé les résultats. Il est intéressant de constater l'évolution de ces derniers avec le temps [1-4]. Des régressions réfractives peuvent être observées [5] mais l'analyse des résultats à long terme (plus de dix ans) confirme un niveau élevé de sécurité à la fois fonctionnelle et anatomique, y compris pour des cornées de fine épaisseur inférieure à 500 microns [3,6]. La sécurité de résultat des photoablations de surface ne cesse de s'améliorer avec le temps parallèlement au pronostic et à l'incidence des complications dont la prévention et le traitement ont beaucoup évolués. Nous évoquerons successivement les complications fonctionnelles visuelles, le *haze* pathologique et l'ectasie cornéenne secondaire.

■ Les complications fonctionnelles des photoablations réfractives ne sont pas spécifiques des techniques de surface

Il s'agit des troubles visuels non reliés à une opacité cornéenne (*haze*), pouvant associer diversement après un délai d'au moins six mois, des pertes de lignes d'acuités visuelles corrigées, une altération des contrastes, des troubles de la vision nocturne avec perception de halos ou de diffractions autour des sources lumineuses ponctuelles. Ils peuvent être provoqués par un décentrement de la zone de traitement ou une irrégularité de la surface de la cornée (îlot de bombement localisé). Leur incidence clinique actuelle est faible grâce à l'évolution technologique continue des lasers au fil des ans. Les photoablations personnalisées guidées par la topographie ou l'aberrométrie en constituent le traitement réparateur.

>>> Les décentrements de photoablations sont devenus rares. Leur incidence n'est pas chiffrée dans la revue de TANERI publiée en 2011 [4]. Les décentrements d'1 millimètre ou

plus qui ont pu être décrits dans les années 1990 ne sont pratiquement plus observés à notre connaissance avec l'utilisation préventive de zones optiques de grand diamètre (6 mm minimum), les systèmes d'asservissement des faisceaux laser (*eye-tracking*) à très hautes fréquences tridimensionnels et rotatifs, mais aussi l'utilisation très répandue de la reconnaissance biométrique de l'iris qui permet d'appliquer au mieux le traitement en fonction des repères anatomiques du segment antérieur. Les reprises chirurgicales par photoablation guidée par la topographie ou l'aberrométrie représentent le traitement des décentrements [7,8].

>>> L'évolution des profils de photoablation a aussi contribué à réduire l'incidence des troubles fonctionnels. Initialement sphériques et réduits à une unique zone optique de petit diamètre avec les premières générations de lasers Excimer [2,5], ils ont rapidement été améliorés avec l'élargissement des zones optiques et la création de zones de transition rendant plus progressives les modifications topographiques entre la zone optique centrale et la cornée périphérique non traitée. Les zones de transitions efficaces actuelles peuvent aller de sept à plus de dix millimètres de diamètre. Les systèmes de délivrance à balayage du faisceau laser permettent les photoablations très régulières et contribuent avec les profils de traitement asphériques éventuellement associés aux traitements personnalisés aberrométriques (proposés au cours des années 2000), à éviter ou limiter l'augmentation des aberrations optiques de haut degré (troisième ou quatrième ordre), donc à préserver la qualité de vision [9].

■ Le *haze* pathologique, complication spécifique de la photoablation de surface

L'opacité cornéenne sous-épithéliale dénommée couramment sous le nom anglo-saxon de *haze*, correspond à une fibrose

cicatricielle qui est spécifique aux techniques de surface. Le rapport de la Société Française d'Ophtalmologie publié en 2001 en a décrit tous les aspects expérimentaux et cliniques, histopathologiques et ultrastructuraux [2]. Cette opacité est quasi constante dans les suites opératoires précoces avec un pic d'apparition entre le premier et le troisième mois. Le *haze* apparaît dans les deux semaines suivant l'opération puis disparaît dans un délai de six à douze mois [4]. En fonction de sa densité (*fig. 1, 2 et 3*), cette opacité est classée de zéro (cornée claire ou absence de *haze*) à quatre (opacité blanchâtre fibreuse dense). Seuls les niveaux gradués trois et quatre ont un retentissement fonctionnel visuel qui peut prendre les formes diversement associées cliniquement de perte de lignes d'acuité visuelle corrigée, d'altération de la sensibilité aux contrastes ou de la qualité de vision nocturne. Dans ces derniers cas, on parle de *haze* pathologique (*fig. 3*), complication spécifique de la photoablation de surface.

Les principaux facteurs connus influençant la survenue et la densité du *haze* sont [10]:

- la profondeur de photoablation qui est proportionnelle au degré de sévérité de l'amétropie à corriger et au diamètre de la zone optique (plus elle est large plus la photoablation est profonde);
- le profil de photoablation en cas d'absence de zone de transition;
- le mode de délivrance des faisceaux laser, les faisceaux pleins abandonnés aujourd'hui, était davantage pourvoyeurs de *haze* que les faisceaux à balayages équipant tous les lasers actuels;
- l'exposition aux ultraviolets dans les semaines suivant l'opération;
- la modulation thérapeutique de la cicatrisation par l'application possible en fin d'opération de mitomycine C à la concentration 0,02 % (agent antimitotique réduisant la densité des fibrocytes, donc l'activité fibroblastique du stroma cornéen) et par l'instillation de collyres anti-inflammatoires stéroïdiens dans les suites opératoires, qui contribue aussi à réduire l'incidence et la sévérité du *haze*;
- ajoutons les terrains favorisants comme les cornées déjà opérées de chirurgie réfractive.

En conséquence, la prévention du *haze* après photoablation de surface est assurée en pratique par:

- le fait de privilégier dans les indications les amétropies faibles à modérées pour éviter les photoablations trop profondes;
- l'intégration systématique dans les protocoles de photoablation d'une zone de transition entre la zone optique et la zone cornéenne périphérique non traitée;

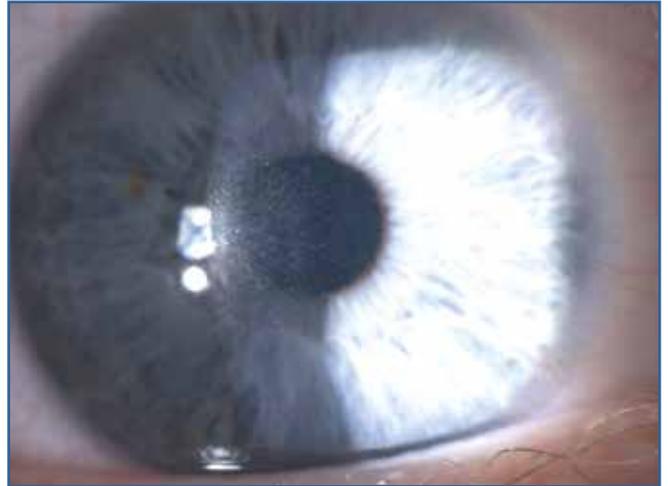


Fig. 1 : *Haze* très discret habituellement observé un mois après l'opération.



Fig. 2 : *Haze* assez dense à faible retentissement visuel et de bon pronostic.

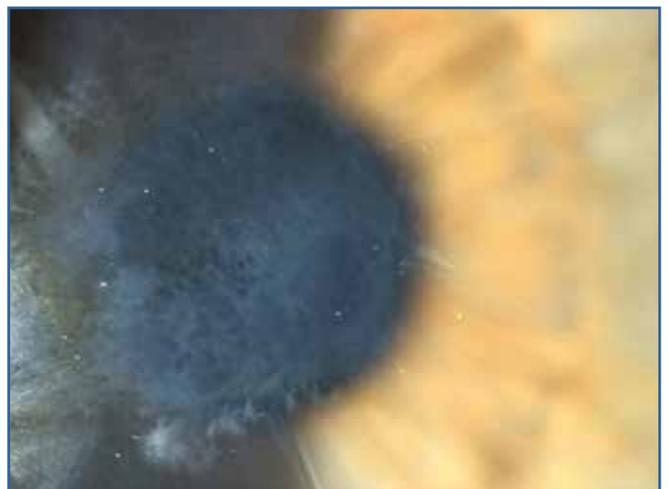


Fig. 3 : *Haze* pathologique limitant l'acuité visuelle observé après PKR sur une cornée antérieurement opérée par kératotomies radiaires.

- l'utilisation systématique aujourd'hui d'un laser délivrant un faisceau à balayage ;
- le choix par certains chirurgiens d'utiliser la mitomycine en fin d'intervention notamment lorsque l'amétropie à corriger est supérieure à quatre dioptries en équivalent sphérique, de nombreuses publications ayant confirmé la bonne tolérance de l'endothélium cornéen dans ces dosages et conditions d'application [11] ;
- la prescription d'un collyre anti-inflammatoire stéroïdien à doses progressivement dégressives sur une durée de quelques semaines ;
- une protection des ultraviolets solaires par des verres filtrants pendant quelques semaines.

■ L'infection bactérienne après PKR est très rare

Dans sa revue de la littérature, TANERI [3] indique un risque variable d'infection allant de 0,01 % à 1 %. Il est favorisé par les abrasions épithéliales larges et l'application d'une lentille de contact thérapeutique à port permanent en fin d'intervention. Le traitement est guidé par les prélèvements bactériologiques qui sont facilement réalisés après photoablation de surface, ce qui en améliore le pronostic.

■ L'ectasie cornéenne secondaire après photoablation de surface relève avant tout de la prévention

Il s'agit d'une complication rare. La PKR représente 4 % des ectasies dans la revue publiée par TANERI [4]. Les cas d'ectasie cornéenne secondaire après photoablation de surface ont été décrits essentiellement sur des yeux présentant une forme suspecte de kératocône sur la topographie préopératoire [12] et leur prévention passe par une sélection préopératoire rigoureuse des indications basée sur la topographie cornéenne (*fig. 4*). La prise en charge thérapeutique est de plus en plus efficace. Elle est identique à celle des kératocônes [13].

■ La PKR dans les métiers de sécurité ayant des normes d'aptitude visuelle

Du fait de sa sécurité de résultat la PKR est admise chez les pilotes de l'aviation militaire dans différents pays [14], secteur d'activité connu pour être le plus sélectif voire le plus restrictif dans l'aptitude.

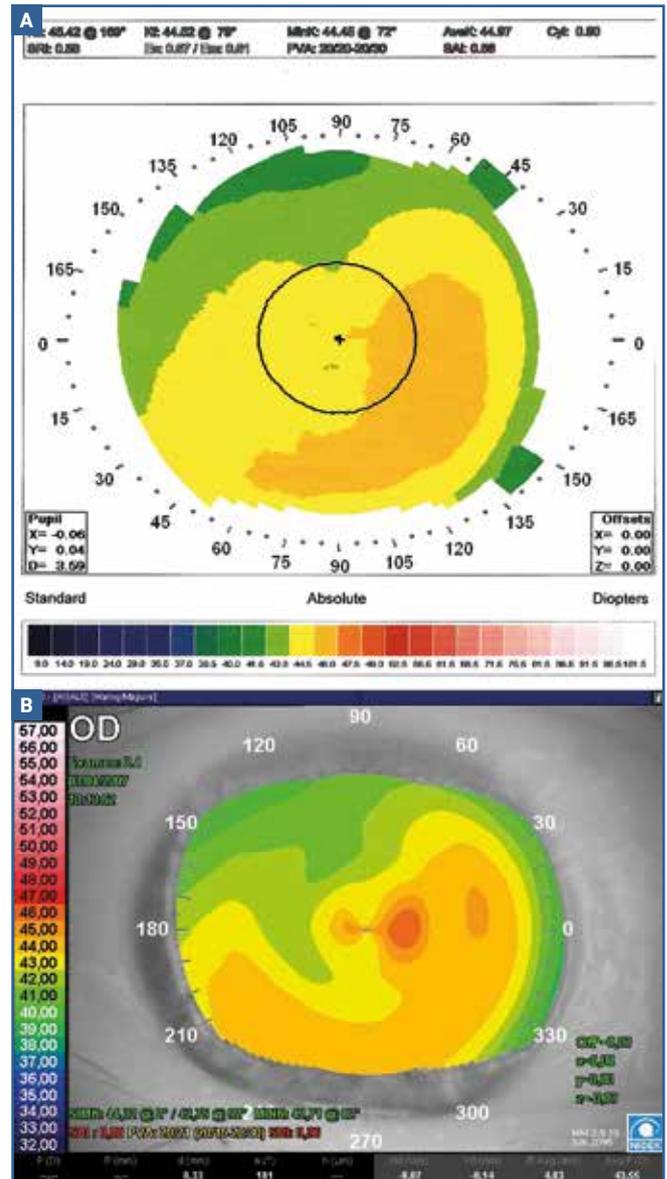


Fig. 4 : Kératocône suspect topographique (A) et ectasie évoluant sur le même œil près PKR (B). À noter que le suivi à long terme a montré une évolution très lente et une bonne acuité visuelle corrigée par lentille de contact sans nécessité d'un traitement chirurgical.

Pour souligner cette sécurité de résultat des photoablations de surface, il est intéressant de résumer la publication de SIA [11]. Il s'agit d'une étude réalisée dans le cadre d'un programme d'analyse et de recherche, mené chez les militaires combattants par le département médical des forces armées américaines. L'étude est prospective, randomisée, contrôlée et concerne 167 soldats âgés de 21 ans ou plus, présentant une myopie initiale moyenne de -6 dioptries (-3,88 à -9,38), dont l'œil dominant était opéré par soit par photokératome réfractif (PKR) avec mitomycine C à 0,02 % soit

par LASEK et dont l'œil non dominant était toujours opéré par PKR sans mitomycine. À 12 mois les résultats fonctionnels étaient comparables pour chaque groupe en ce qui concerne la réfraction, l'acuité visuelle sans correction (97 % avaient 10/10) et la sensibilité aux contrastes (paramètre clinique très important chez les militaires amenés à combattre dans des conditions particulièrement difficiles, notamment la nuit). 5 opérés (3 %) représentant 4 yeux opérés par PKR sans mitomycine et 2 yeux opérés par LASEK, ont développé un *haze* s'accompagnant d'une perte de lignes d'acuité visuelle. 3 des 5 patients ont été traités par grattage épithélial et application de mitomycine ayant entraîné la régression du *haze* et l'amélioration de l'acuité visuelle.

■ Conclusion

Plus de trente-cinq ans après son introduction en chirurgie réfractive cornéenne, la PKR reste grâce à son haut niveau d'efficacité et de sécurité, une technique de référence très largement pratiquée en 2017. Les photoablations de surface ont également de nombreuses applications thérapeutiques dans les pathologies des couches antérieures de la cornée.

Bibliographie

1. ANAES. Correction des troubles de la réfraction par laser Excimer. *Photokératectomie réfractive et Lasik*. Avril 2000.
2. SARAGOUSSI JJ, ARNÉ JL, COLIN J *et al*. Chirurgie réfractive. Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie 2001. Masson (Paris).
3. CONDON PI. Twelve year follow-up of photorefractive keratotomy for low to moderate myopia. *J Refract Surg*, 2006;22:871-877.
4. TANERI S, WEISBERG M, AZAR DT. Surface ablation techniques. *J Cat Refract Surg*, 2011;37:392-408.
5. ALIO JL, SORIA FA, ABOUDA A *et al*. Fifteen years follow-up of photorefractive keratotomy up to 10 D of myopic outcomes and analysis of refractive regression. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100:626-632.
6. DE BENITO-LLOPIS L. Ten years follow-up of excimer laser surface ablation for myopia in thin corneas. *Am J Ophthalmol*, 2009,147:768-773.
7. ALESSIO G, BOSCIA F, LA TEGOLA MG *et al*. Topography-driven excimer laser for the treatment of decentralized myopic photorefractive keratectomy. *Ophthalmology*, 2001;108:1695-1703.
8. TODA I, YAMAMOTO T, ITO M *et al*. Topography-guided ablation for treatment of patients with irregular astigmatism. *J Refract Surg*, 2007;23:118-125.
9. DAUSCH D, DAUSCH S, SCHRODER E. Wave-front supported photorefractive keratectomy: 12 months follow-up. *J Refract Surg*, 2003;19:405-411.
10. PROUST H, HOFFART L. Chirurgie réfractive cornéenne. Traitement de surface. *Encyclopédie Médico-chirurgicale Ophthalmologie*, 2013 Elsevier Masson.
11. SIA RK, RYAN DS, EDWARDS JD *et al*. The US army surface ablation study: comparison of PRK, MMC-PRK, and Lasek in moderate to high myopia. *J Refract Surg*, 2014;30:256-264.
12. MALECAZE F, COULLET J, CALVAS P *et al*. Corneal ectasia after photorefractive keratectomy for low myopia. *Ophthalmology*, 2006;113:742-746.
13. WOODWARD MA, RANDLEMAN JB, RUSSEL B *et al*. Visual rehabilitation and outcomes for ectasia after corneal refractive surgery. *J Cat Refract Surg*, 2008;34:383-388.
14. MOON CH. Four year visual outcomes after photorefractive keratotomy in pilots with low-moderate myopia. *Br J Ophthalmol*, 2016;100:253-257.

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

Le Match des 500 Hz : Teneo TVPV-B+L 317 Z vs Wavelight Alcon EX500

La Clinique de la Vision Paris (groupe Visya) est équipée avec 5 lasers Excimer, très représentatifs du marché mondial actuel de la chirurgie réfractive ablative cornéenne :

- VisX S4 (VisX)
- Mel80 (Zeiss Meditec)
- 217 Z 100 (Bausch + Lomb)
- EX500 Wavelight Allegretto (Alcon/Novartis) (*fig. 1A*).
- TeneoB+ L317 Z (TecnoVisionPV, Bausch+ Lomb) (*fig. 1B*).

Les deux derniers, dont la photoablation est cadencée à 500 Hz, sont de loin les plus utilisés, par habitude ou par préférence, par les 102 chirurgiens de la Clinique de la Vision Paris.

Cet article fait le point de notre expérience acquise ces deux dernières années sur ces deux machines pour tenter de présenter un comparatif utile.

■ Design général

>>> Allegretto EX500

Le laser Wavelight Allegretto EX500 est une machine déjà classique, très appréciée des utilisateurs pour le traitement des fortes amétropies sphériques (myopie et hypermétropie).

Plusieurs aspects techniques expliquent son excellente stabilité énergétique et sa fiabilité pour ce type de traitements :

- fréquence 500 Hz ;
- parcours optique hermétique avec contrôle de la fluence en temps réel durant le traitement (3 capteurs d'énergie) (*fig. 2A*) ;
- parcours optique purgé en continu par azote ;
- générateur d'azote intégré ;
- calibration automatisée ;
- rapidité des traitements.



Fig. 1A : Wavelight Allegretto Alcon EX500



Fig. 1B : Teneo B+L 317 Z

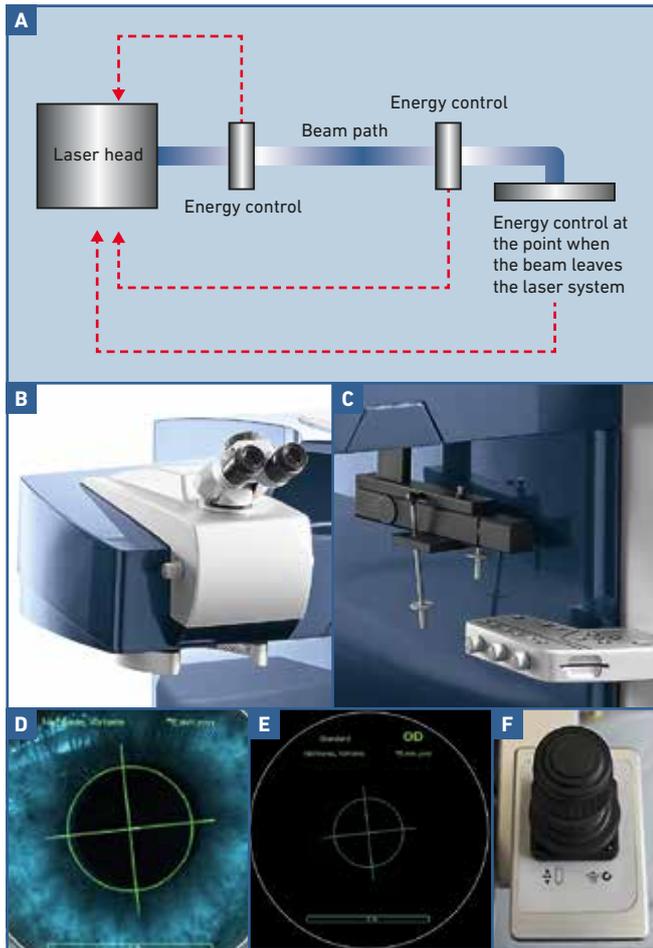


Fig. 2 : Ergonomie et design : EX500 Allegretto.

Sur le plan ergonomique, ce laser présente également des atouts certains (fig. 2B, C, D, E, F) :

- pachymètre non contact dynamique durant le traitement (optionnel) ;
- affichage intégré dans les oculaires (*head up display* indiquant l'identité du patient, sa date de naissance, le côté opéré, le type de traitement, la qualité du *tracking* et la durée restante du traitement) ;
- projecteur à fente à fibre optique avec source lumineuse à LED ;
- contrôle de la mise au point accéléré par *joystick* "turbo" ;
- distance de travail augmentée (25 cm) ;
- système vidéo haute résolution ;
- pilotage simplifié du lit chirurgical (position de l'œil, sortie du patient, passage au femtoseconde) ;
- les contrôles du laser à mettre en œuvre avant utilisation sont limités à un test de fluence et une vérification de l'*eyetracker* 1 fois par jour et à une vérification de l'énergie affichée par rapport à l'énergie cible à chaque patient.

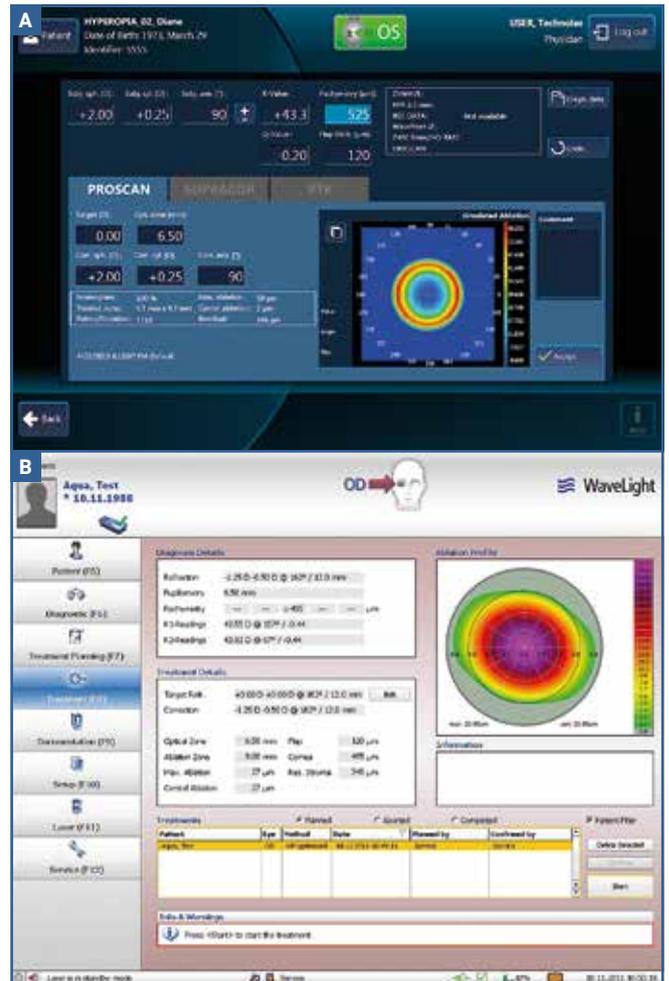


Fig. 3 : Ergonomie visuelle de l'écran de traitement.

Dans sa version initiale, toujours installée dans de nombreux centres, la saisie manuelle du traitement souffrait cependant d'un clavier inamovible étanche particulièrement peu ergonomique et peu fiable (pas de contrôle tactile des touches, source de nombreuses erreurs de saisie) et d'un écran informatique également inamovible, situé à plus de 80 cm de l'opérateur de saisie, présentant une ergonomie visuelle très encombrée et fastidieuse, également source d'erreur de saisie (fig. 4). Cette malencontreuse combinaison était donc particulièrement inadaptée à l'objectif de sécurité de la chirurgie, d'autant que le laser ne possède pas de système de reconnaissance du patient ou de l'œil traité.

Ce problème a été résolu en partie dans la nouvelle version, par la mise à disposition d'un transfert des données patients par le Réseau WaveNet afin de réduire les erreurs de transcription des données, le temps de planification des traitements et d'optimiser le flux patient et la sécurité des traitements.

>>> Teneo 317 Z

Le Teneo 317 Z est une évolution du laser 217 Z 100 Hz.

Le laser 217 Z a séduit immédiatement les utilisateurs exigeants par sa fiabilité et sa précision, notamment pour la correction des astigmatismes. Il garde aujourd'hui la confiance et parfois la préférence de très nombreux chirurgiens pour les myopes astigmatiques.

Le laser 217 Z 100 présente cependant les caractéristiques suivantes qui méritaient d'être améliorées dans un nouveau modèle :

- fréquence peu élevée à 100 Hz conditionnant des traitements plus longs ;
- profil de faisceau laser gaussien tronqué de 2 mm et 1 mm nécessitant une carte optique Z-Card pour ajuster le faisceau de 2 à 1 mm ;
- trajet optique du laser non étanche et non purgé à l'azote responsable de fluctuation de l'énergie et nécessitant un contrôle de la fluence tous les 2 yeux ;
- reconnaissance irienne et contrôle de la cyclotorsion statique et dynamique ;
- pas d'évacuation des fumées (du fait de la fréquence basse) ;
- programmation au clavier ou par réseau interne ;
- petit écran de contrôle sous DOS non tactile ;

- hauteur du lit chirurgical un peu élevée ;
- illumination infrarouge par des tubes flexibles de part et d'autre de la tête, ajustables à la main ;
- nomogramme spécifique pour le Supracor ;
- microscope non orientable ;
- encombrement au sol assez important.

Le laser 317 Z a donc apporté les progrès suivants :

- fréquence de 500 Hz pour des temps de traitement très réduits ;
- faisceau gaussien tronqué de 1 mm fixe avec une ouverture optique fixe ne nécessitant plus de carte Z-Card ;
- chemin optique étanche purgé à l'azote afin de stabiliser l'énergie, d'éviter le contrôle de la fluence et de réduire le nombre de maintenances ;
- contrôles redondants d'énergie par 3 moniteurs (système d'évacuation des fumées) ;
- contrôle par écran tactile intuitif (icônes, étapes prédéterminées) et par système iDrive (lumière, position) ;
- microscope orientable à 360° avec 10 niveaux de grandissement (*fig. 4A*) ;
- encombrement au sol le plus réduit du marché (*fig. 4B*) ;
- meilleure accessibilité pour le patient et l'équipe chirurgicale grâce à un design plus ouvert, un lit plus bas, un chemin optique plus fin et plus bas, une hauteur de microscope

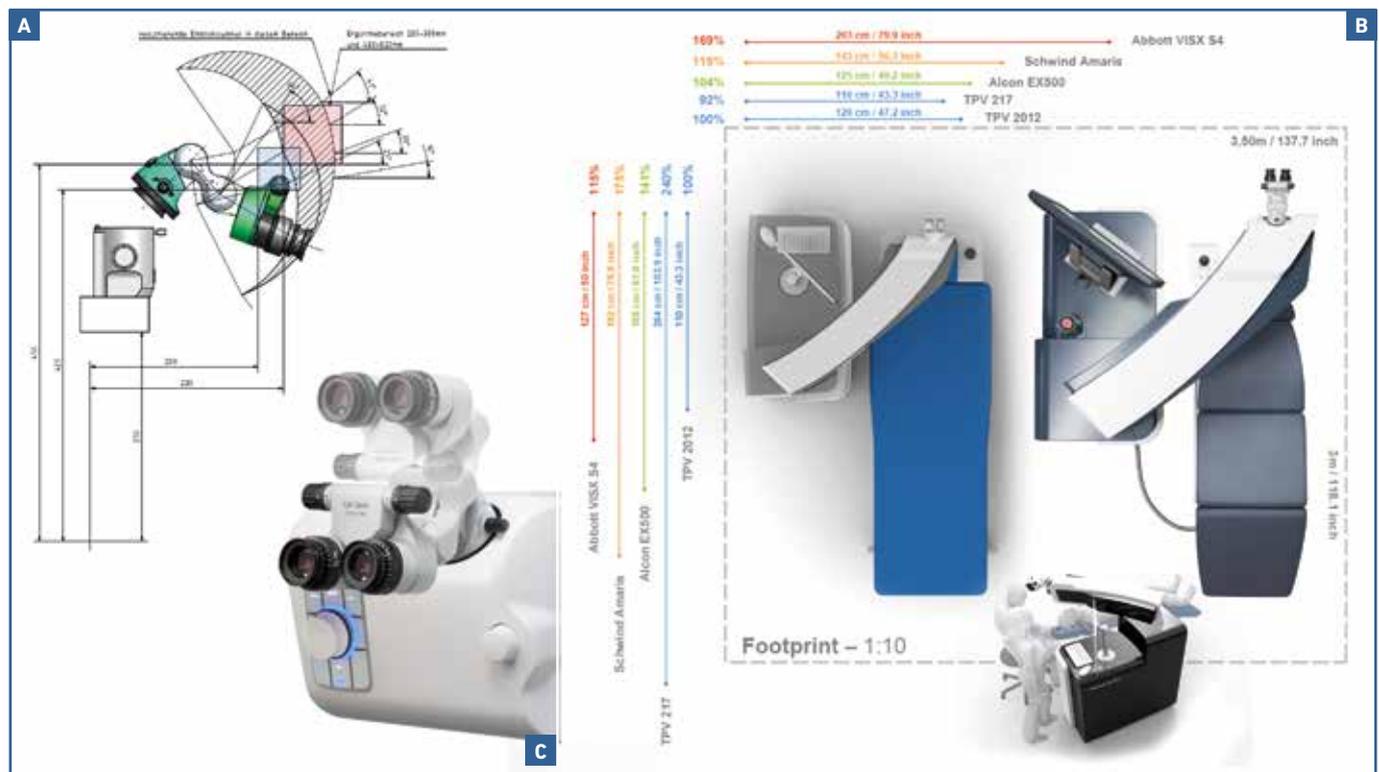


Fig. 4 : Ergonomie et design (Teneo).

ajustable (70 % des chirurgiens de plus de 55 ans ont des problèmes de dos selon un récent rapport de l'*American Academy of Ophthalmology*) (**fig. 4C**);

– automatisation de l'enregistrement de la procédure, de la reconnaissance du patient et de l'œil, du contrôle de l'énergie.

Ces améliorations font du 317 Z un outil très rapide à mettre en œuvre, très confortable à utiliser, qui permet surtout d'exclure les erreurs de saisie, source actuelle principale des erreurs de traitement (erreur de patient, erreur de côté, erreur de réfraction) observées avec les autres lasers.

■ Vitesse de traitement

>>> Allegretto

L'Allegretto est une machine particulièrement rapide avec un temps d'ablation moyen de 1,4 s par dioptrie pour une ZO de 6 mm en traitement myopique (exemple 15,90 s pour – 10 D 6 mm/6,5 mm 123 μ m) et de 38 secondes par D pour ZO de 6,5 mm en traitement hypermétropique (exemple 19,33 s pour + 5 D 6,5 mm/8,9 mm 81 μ m).

>>> Teneo

L'augmentation de la fréquence de 100 à 500 Hz a réduit considérablement la durée des traitements. Pour une myopie de – 6.00 D et une zone optique nominale de 6 mm, la durée est passée de 27,7 s pour les 217 Z à 18,07 s pour le Teneo 317 Z.

■ Profils de traitement

Les profils de traitement des deux lasers sont illustrés dans la **figure 5A et 5B**.

>>> Allegretto

Le laser Allegretto utilise un faisceau gaussien plus petit (0,9 mm) dont la superposition des impacts au cours du temps favorise l'obtention d'une surface lisse.

Un principe de compensation de la perte d'efficacité ablative en périphérie est mis en œuvre (augmentation de l'énergie du faisceau en périphérie en fonction de la courbure de la cornée pour tenir compte de la réflexion partielle de l'énergie du faisceau laser par la surface cornéenne en fonction de sa topographie) (**fig. 6**).

>>> Teneo

Le laser Teneo utilise un profil gaussien tronqué de 1 mm pour

limiter la différence d'énergie entre le centre et la périphérie du faisceau et éviter les surablations centrales, source potentielle d'irrégularités de surface.

■ Séquence de délivrance des impacts

La séquence de délivrance des impacts est illustrée dans la **figure 5B** comparant les deux lasers. Cette séquence est optimisée pour augmenter la vitesse et limiter l'effet thermique ou mécanique afin de limiter le risque de surcorrection.

Les impacts laser sont distribués sur la surface de traitement de façon aléatoire pour éviter l'accumulation d'énergie mécanique dans la cornée et de fumées au-dessus de la zone d'ablation.

Dans le laser Allegretto EX500, le cinquième impact laser empiète sur le précédent.

Dans le laser Teneo 317 Z, le seizième impact empiète sur le précédent. La forme des impacts est générée par un nouvel élément optique diffractif remplaçant la Z-Card du 217 Z (*Diffractive Optical Element - DOE*).

>>> Allegretto

L'*eyetracker* multidimensionnel de l'EX500 est cadencé à la fréquence de 1 050 Hz avec un temps de réponse de 2 ms également.

Longtemps en retard sur celui du 217 Z et du 317 Z du fait de l'absence de prise en compte de la cyclotorsion et du *shift* pupillaire, l'*eyetracker* du EX500 s'est aligné récemment sur le cahier des charges ambitieux de son concurrent direct.

La zone de suivi de l'œil varie de 1,5 à 8 mm (sans dilatation). Trois sources infrarouges indépendantes et angulées permettent de suivre la position de la pupille dans les 6 directions de l'espace (translation horizontale et verticale, torsion horizontale et verticale, cyclotorsion statique et dynamique, compensation active de la focalisation) (**fig. 7A**) et la compensation du *shift* pupillaire pour un centrage optimal (**fig. 7C**).

>>> Eyetracker Teneo

L'*eyetracker* du Teneo 317 Z a été très notablement amélioré par rapport à celui du 217 Z.

L'optimisation du contre-infrarouge (LED) permet une capture quasi immédiate de la reconnaissance irienne (celle du 217 Z pouvait être particulièrement fastidieuse).

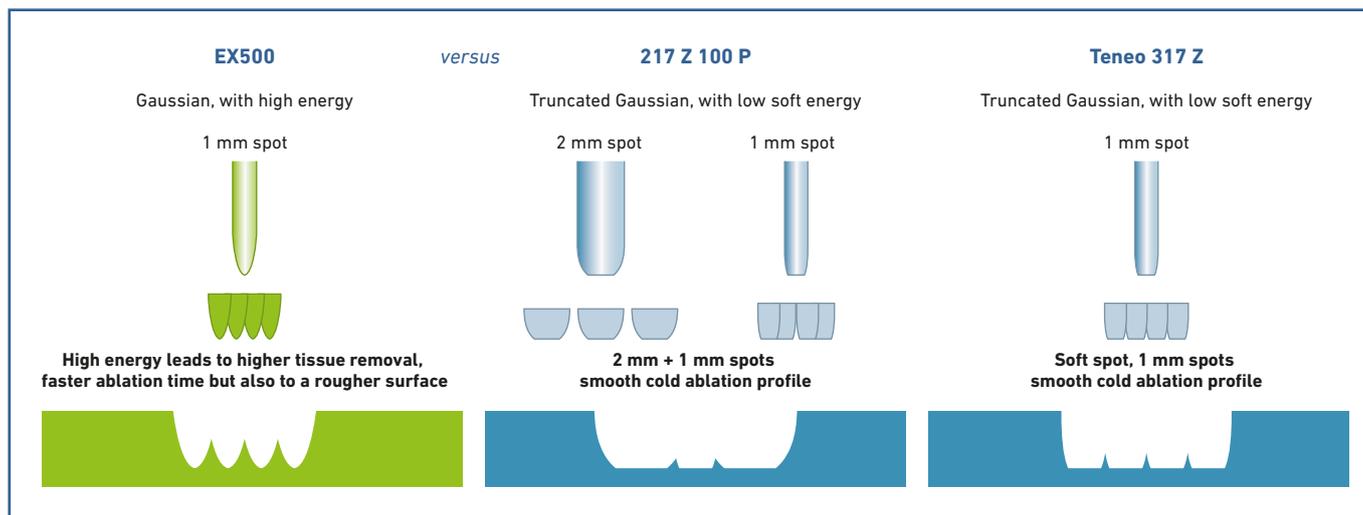


Fig. 5A : Profils des traitements.

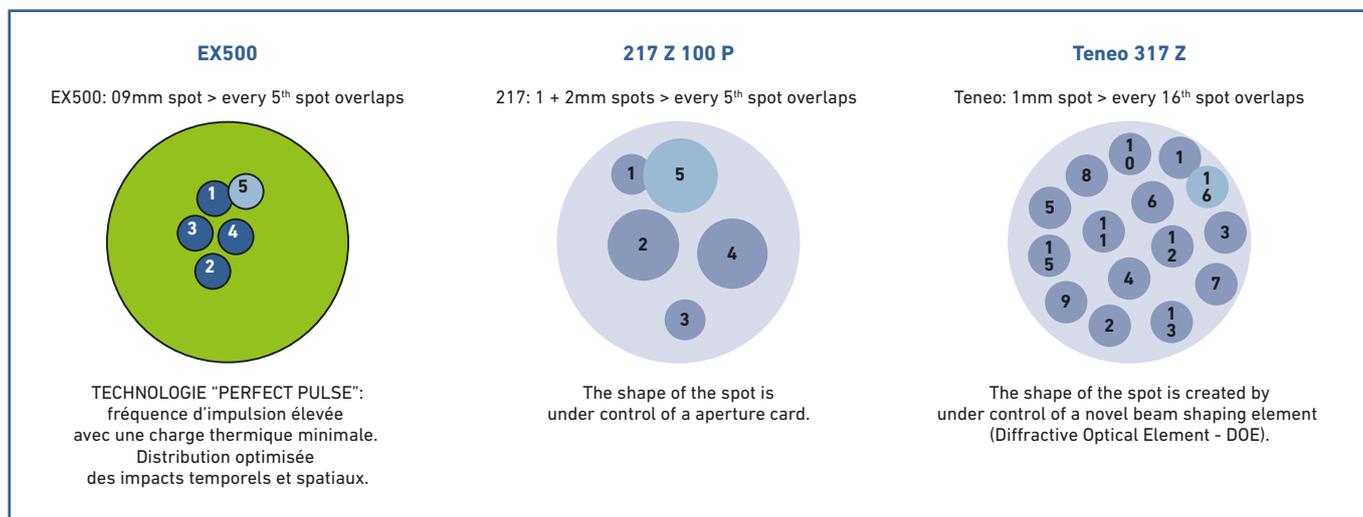


Fig. 5B : Faisceaux et séquences des traitements.

La rapidité du *tracker* (500 Hz) et son temps de réponse (< 2 ms) sont très efficaces.

Le *tracker* multidimensionnel (X/Y/Z, cyclotorsion statique et dynamique, compensation du *shift* pupillaire) et la caméra co-axiale (qui réduit le risque de décentrement en cas de défocalisation axiale Z) permettent d'ajuster la précision du tir photoablatif, quel que soit le type de mouvement intraoculaire peropératoire, avec une efficacité remarquable.

Le système psychosensoriel de *neurotracking* (fig. 7B) améliore la stabilisation spontanée de l'œil pendant l'intervention, un avantage très perceptible par rapport au laser 217 Z (moins par rapport au 317 Z).

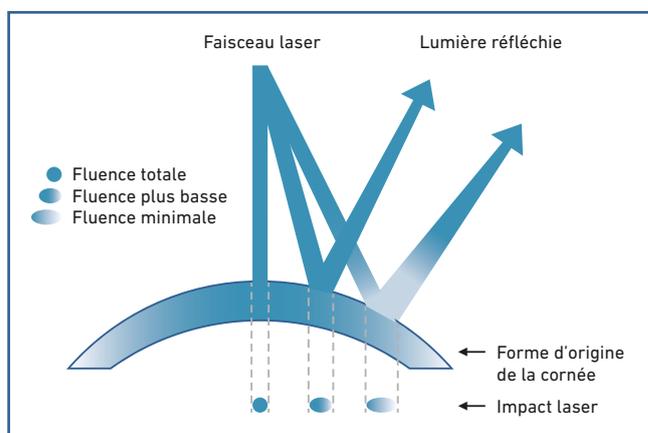


Fig. 6 : Profils des traitements EX500 : compensation de la perte d'énergie.

■ Station diagnostic et modes de traitement

En chirurgie ablative classique :

- le profil ablatif est le plus souvent défini par la réfraction subjective du patient ;
- le centrage des traitements est le plus souvent effectué sur l'axe pupillaire, une procédure simple avec les *eyetrackers* de toutes les plateformes.

Les stations diagnostic dédiées aux lasers Excimer permettent d'affiner cette démarche en offrant plusieurs fonctions complémentaires capables d'intégrer les spécificités anatomiques et optiques de chaque œil individuel.

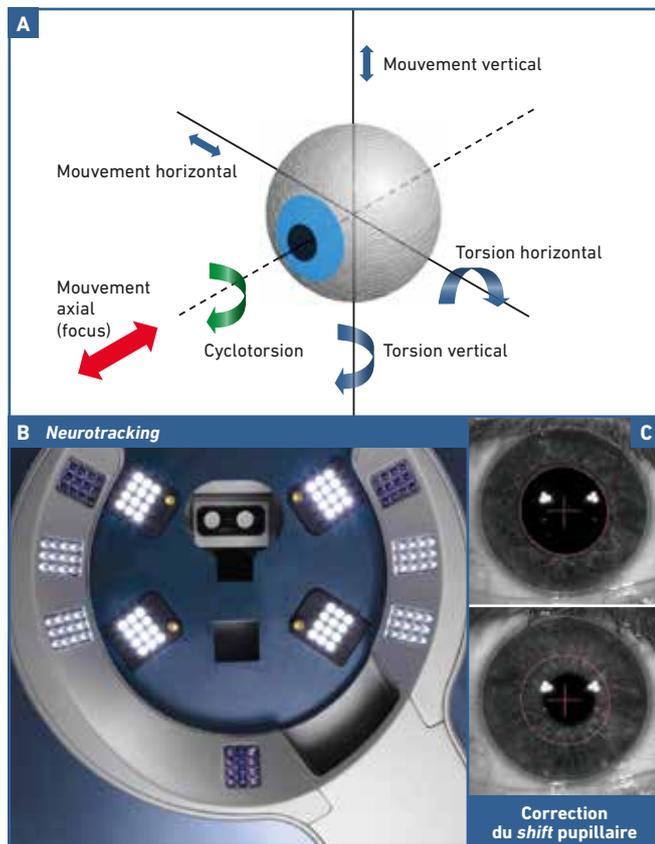


Fig. 7A, B et C : Eyetracker EX500, compensation active dans 6 directions.

>>> Teneo

La station diagnostic Dual Station (topographie Orbscan IIz et aberromètre Zywave) permet de traiter l'œil du patient selon 2 modes principaux (chacun avec ou sans mode d'économie tissulaire) :

- mode asphérique en fonction de la réfraction subjective du patient ;

– mode guidé par l'aberrométrie, en fonction de la cartographie du front d'onde reconstruite par l'aberromètre Zywave. Ce mode de traitement est particulièrement efficace pour le traitement des cornées moins régulières et des astigmatismes variant avec le diamètre de la pupille, ainsi que pour les patients présentant un haut niveau d'aberrations optiques d'ordre supérieur préopératoire. Lié à la reconnaissance de l'iris, il permet de s'assurer de l'identité du patient, du côté à opérer et de l'absence d'erreur de saisie des paramètres du traitement, ainsi que de l'alignement parfait du traitement sur l'axe du cylindre pendant l'intervention, avec compensation du décalage pupillaire (*pupil shift*) et de la cyclotorsion dynamique. Ces fonctions offrent une grande sécurité. En revanche, la précision réfractive finale du traitement est fonction du nomogramme établi par l'utilisateur en fonction des réglages de l'énergie et les premiers cas peuvent parfois réserver des surprises réfractives, qui ont pu (parfois) alors refroidir l'enthousiasme des utilisateurs habituels du modèle 217 Z.

Le mode de traitement asphérique pour la presbytie est intégré directement dans l'interface utilisateur et nécessite simplement de choisir entre le mode *Supracor Regular* (traitement classique pour la vision de près) ou *Mild* (traitement atténué pour la vision intermédiaire) et de cocher la case correspondante.

>>> Allegretto

La station diagnostic *Topolyser Vario* permet de centrer le traitement sur l'axe visuel en intégrant 2 paramètres importants :

- le décalage (*shift*) pupillaire en fonction du diamètre de la pupille ;
- l'angle Kappa (angle entre axe optique et centre pupillaire) lorsque celui-ci est important, source d'induction d'astigmatisme et d'aberrations optiques d'ordre supérieure significatives (HOA asymétriques : Coma et Trefoil).

Ce mode de traitement est recommandé pour les fortes hypermétropies et les astigmatismes de haut degré.

Le pachymètre Non Contact (*OLCR-Optical Low-Coherence Reflectometry*) permet la mesure statique et dynamique de l'épaisseur cornéenne durant le traitement.

Le mode de traitement asphérique pour la presbytie est modulable en fonction de l'expérience de l'utilisateur et des paramètres préopératoires du patient (modulation du facteur Q).

Le mode guidé par la topographie (à partir de la topographie *Oculyser* ou *Topolyser*) s'applique à des situations particulières ou l'irrégularité cornéenne trop importante ne permet pas un traitement réfractif simple ou guidé par l'aberrométrie.

	317 Z	EX500
Encombrement	Équivalent	Équivalent
Accessibilité	Équivalent	Équivalent
Delivery system	Stable, purgé à l'azote	Stable, purgé à l'azote
Faisceau laser	Gaussien tronqué 1 mm, <i>overlap</i> 1/16	Gaussien 0,9 mm, <i>overlap</i> 1/5, compensation de la perte d'énergie périphérique
Eyetracker	Multidimensionnel (× 7) 500 Hz, réponse 2 ms	Multidimensionnel (× 7) 1050 Hz, réponse 2 ms, <i>neurotracking</i>
Saisie et sélection du traitement	Très rapide et efficace, facilitées par le transfert de données Dual-station	Fastidieuse et peu efficace sur le laser, facilitées par le transfert de données <i>Wavenet</i>
Interface utilisateur	Très lisible et pratique	Peu lisible et peu pratique
Sécurité de la saisie du traitement	Excellente (reconnaissance de l'œil, transfert automatique du traitement guidé par l'aberrométrie)	Risque important d'erreurs de saisie (clavier peu fiable, interface peu lisible, peu ergonomique et peu sécurisée, pas de reconnaissance de l'œil)
Microscope	Confortable (10 rapports de grossissement, compensation des erreurs chromatiques des lentilles Lumière Blanche LED, positionnement amélioré : latéral et axial, distance de travail 21 cm)	Efficace (<i>head up display</i> , <i>joystick turbo</i> , qualité de vision opératoire, distance de travail 25 cm, lampe à fente) mais position basse peu ergonomique pour le confort des chirurgiens de taille moyenne ou grande
Aberromètre	Zywave	Wavelight Analyser
Topographe	Orbscan liz (<i>Placido/Scanning slit</i>)	<i>Topolyser Oculyser</i> (Pentacam, Scheimflug)
Pachymétrie en temps réel	Non	Oui
Traitement des amétropies modérées	Équivalent	Équivalent
Traitement des myopies fortes	Moins performant	Très performant
Traitement des hypermétropies	Moins performant	Très performant
Traitement des astigmatismes	Moins performant que la version 217 Z antérieure	Amélioré par le mode de reconnaissance <i>Topolyser Oculyser</i> intégrant la cyclotorsion
Traitement de la presbytie	Préprogrammé (<i>regular</i> ou <i>mild</i>), plutôt surcorrecteur	Programmable avec de l'expérience, plutôt sous-correcteur
Traitement guidé par l'aberrométrie	Oui, performant si maintenance parfaite	Non
Traitement guidé par la topographie	Non	Oui, assez performant avec de l'expérience
Redevance à la procédure	Oui	Non

Tableau I

■ Conclusion

Les deux lasers intègrent donc les derniers perfectionnements de la technologie et de l'ergonomie chirurgicale de façon très comparable (*tableau I*), et notamment :

- un encombrement réduit ;
- une maintenance simplifiée grâce à une meilleure architecture fonctionnelle du chemin optique et un meilleur contrôle de l'énergie du laser ;
- une ergonomie chirurgicale plus confortable ;
- une grande rapidité de traitement, tout à fait comparable pour les deux machines ;
- des *eyetrackers* multidimensionnels très performants intégrant les 6 directions de l'espace et permettant la compensation active du *pupil shift* et de la focalisation.

Ces deux lasers présentent cependant des différences de concepts et d'utilisation en ce qui concerne :

- la reconnaissance irienne automatisée (disponible sur le 317 Z mais pas sur le EX500) ;

- le traitement de la presbytie (préprogrammé sur le 317 Z et modulable par l'utilisateur sur le EX500) ;
- les traitements des cornées irrégulières (guidés par l'aberrométrie pour les formes modérées avec le 317 Z et guidés par la topographie pour les formes plus sévères avec le EX500).

Ces différences les rendent assez complémentaires et permettent de choisir pour chaque patient une stratégie de traitement optimale. En pratique, comme de nombreux utilisateurs ayant accès aux deux lasers, j'utilise préférentiellement :

- le laser EX500 pour le traitement des fortes amétropies sphériques, le traitement de la presbytie chez le non astigmaté et les traitements guidés par la topographie ;
- le laser 317 Z (ou très souvent encore le 217 Z) pour le traitement des astigmatismes et pour le traitement guidé par l'aberrométrie des myopes astigmatés ou présentant des aberrations optiques d'ordre supérieur préopératoire élevé.

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



F. AUCLIN
CHNO des Quinze-Vingts, Clinique Lamartine, PARIS.
f.auclin@gmail.com

Que reste-t-il des désavantages, ennuis et complications de la PKR ?

La photo kératectomie réfractive est une technique qui est apparue en ophtalmologie pour traiter la myopie dans les années 1987. Elle a comme immense avantage sa simplicité de réalisation et son coût relativement réduit. Elle est devenue au début des années 2000, un passage obligé de la formation des soldats myopes dans beaucoup d'armées notamment l'*US Army*. Rappelons que la myopie touche une partie non négligeable des garçons et des filles en état de servir leur pays, les excluant ainsi pour la défense de leur pays. Cette proportion peut atteindre jusqu'à près de 40 % chez les Singapouriens chinois [1]. La PRK a permis de traiter avec succès des millions de patients atteints d'amétropies. Cette technique du fait de l'inconfort pour le patient, de la récupération visuelle retardée et de la cicatrice formée a toujours été décriée. De même, le suivi pour le médecin est plus compliqué et nécessite de sa part une disponibilité plus importante. Depuis plus de 25ans, tous les médecins ont essayé de mettre au point et de faire émerger d'autres techniques plus confortables, plus efficaces, plus complexes. Cependant, presque 30 ans après, que reste-t-il de cette vieille technique et de ses désagréments ?

■ Efficacité

L'évolution des lasers avec des faisceaux mieux maîtrisés, des zones de traitement plus larges, des profils d'ablation asphériques voire personnalisés, avec des zones de transition, associés à un *eye tracker* de plus en plus performant a permis d'améliorer les résultats. Dans la plupart des publications récentes [2], les résultats sont tout à fait comparables aux résultats du LASIK. 80 à 90 % à plus ou moins 0.5 dioptrie de l'emmétropie. Les pertes de meilleure acuité visuelle corrigée sont rares.

On peut même traiter avec succès et sans augmentation des complications [3], des patients porteurs de maladie auto-immune

type lupus érythémateux, polyarthrite rhumatoïde, sarcoïdose, rhumatisme psoriasique, SPA qui sont équilibrés sous traitement et qui, jusqu'à présent, restaient des contre-indications à la PKR.

■ Douleur

La douleur survient immédiatement après l'intervention et dure le temps de la ré épithélialisation soit environ 48 à 72 heures. Elle est variable selon les patients mais peut être très intense. Elle est responsable de la mauvaise réputation de la PKR. Son traitement repose sur la mise en place d'une lentille et le traitement par collyres AINS associé à un traitement antalgique par voie générale. Les AINS sont plus efficaces que la cycloplégie [4]. Cependant, ils retardent la réépithélialisation de la cornée et peuvent être responsables de perforation cornéenne lorsqu'ils sont associés à une sécheresse oculaire. Il est donc indispensable de les utiliser uniquement au début et avec une fréquence limitée (pour ma part trois fois par jour pendant trois jours). La bonne gestion de la douleur est un élément clé de la bonne acceptation de la technique par le patient.

■ Cicatrice

La formation d'une cicatrice appelé *haze* après PKR résulte des processus de cicatrisation (*fig. 1*). Les kératocytes cornéens sont activés avec relargage de facteurs de croissance, de médiateurs de l'inflammation responsables de prolifération de myofibroblastes pour réparer le stroma. Tous ces phénomènes créent cette cicatrice cornéenne qui est plus ou moins importante selon les patients. Son évolution est maximale à 3 mois et diminue spontanément, la cornée s'éclaircissant en 12 mois [5]. Le facteur de risque principal favorisant cette cicatrice est la puissance de la myopie et de l'astigmatisme c'est-à-dire plus la myopie est forte, plus la quantité de

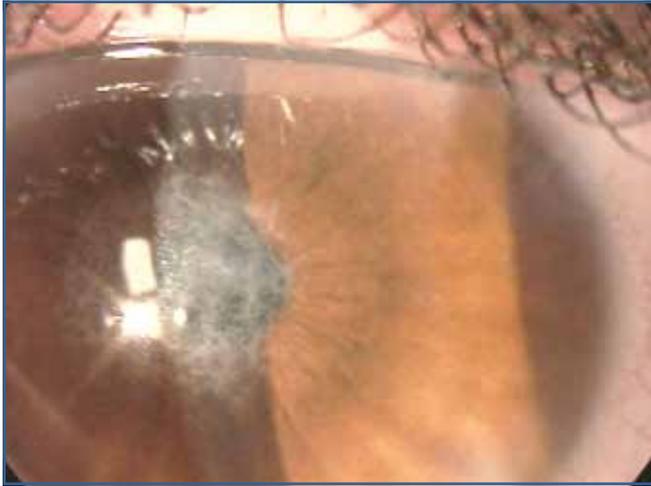


Fig. 1 : Haze très important cornéen après une PKR sans mitomycine.

tissu ablaté est importante. Les sujets de race noire sont plus à risque. L'exposition au soleil favorise la formation de ce haze. L'âge élevé est protecteur contre la survenue du haze. La cicatrice cornéenne est la cause certes rare mais principale de perte de meilleure acuité visuelle corrigée lors de la PKR.

Le meilleur traitement est le traitement préventif par application de mitomycine C à 0,02 % durant 20 secondes avant rinçage abondant [6]. Beaucoup de protocoles sont décrits, notamment pour les temps d'application qui peuvent varier de 15 secondes à une minute. Le premier à décrire ce protocole et à montrer son efficacité fut Carones en 2002 [7]. L'utilisation de mitomycine permet donc de diminuer de façon considérable cette complication. La mitomycine doit être utilisée chez les sujets jeunes, chez les sujets de race noire et dès que la myopie dépasse 4 dioptries.

■ Ectasie induite

Plusieurs millions de PKR ont été réalisées depuis près de trente ans. Seules quelques publications mettent en évidence la survenue d'une ectasie post PKR. Une étude parue récemment dans l'*American Journal of Ophthalmology* sur la survenue du kératocône a porté sur une population de 4,4 millions de patients âgés de 10 à 40 ans suivis dans le système de santé hollandais [8]. L'incidence c'est-à-dire le nombre de nouveau cas chaque année est de 1 pour 7 500 patients. La prévalence c'est-à-dire le nombre de patients atteints entre 10 et 40 ans est de 1 pour 375. L'âge moyen de découverte du kératocône est de 28,5 ans et la maladie atteint plus les hommes que les femmes (60,6 %). Si on avait extrapolé ces chiffres sur 10 millions de traitements et si la technique PKR est neutre sur la survenue du kératocône, on aurait dû

diagnostiquer plus de 1300 cas d'ectasie sur cornée traitée par PKR. En France, on devrait avoir environ 10 cas chaque année d'ectasie sur PKR. Ce qui n'est à l'évidence pas le cas.

L'effet protecteur de la PKR n'est pas démontré mais est fortement probable. Il s'expliquerait par la cicatrice fibreuse sous épithéliale qui renforcerait la résistance de la cornée. D'ailleurs, le traitement actuel du kératocône est la photoablation limitée à 50 microns sur le sommet du cône pour régulariser la cornée (fig. 2).

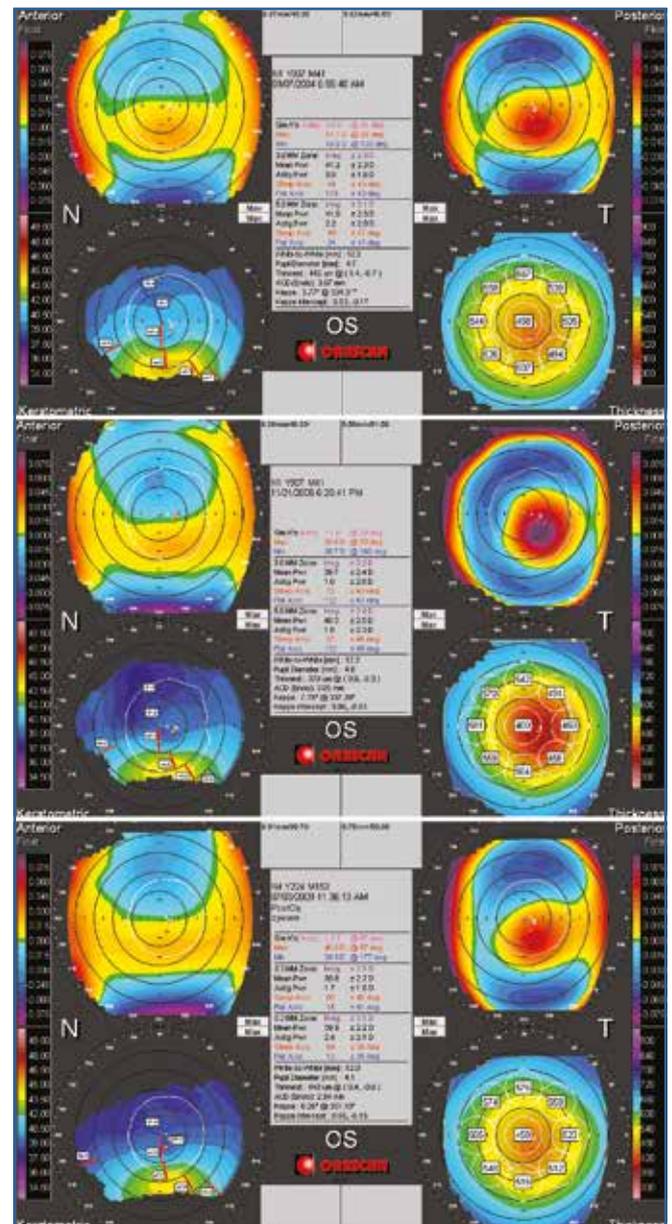


Fig. 1 : A : Patient 10/10 -2.25 (-1 à 115) topographie preop 2004 kératocône. B : Patient opéré de PKR en 2004 topo postop 10/10 sc. C : Topographie 5 ans après PKR inchangée.

■ Conclusion

Pour répondre à la question : que reste-il-des désavantages, ennuis et complications de la PKR ? Ma réponse est simple : rien ou presque rien en dehors de l'inconfort passager pour le patient. La PKR est une technique efficace, rapide, sans courbe d'apprentissage, peu coûteuse et dont les complications ne sont que très rares. Elle reste donc une technique qui malgré la douleur est fortement recommandée. Elle est tout à fait compétitive dans l'arsenal thérapeutique actuel.

Bibliographie

1. ANG BC, FOO RC, LIM EW *et al.* Risk factors for early-onset corneal haze after photorefractive keratectomy in an Asian population: Outcomes from the Singapore Armed Forces Corneal Refractive Surgery Programme 2006 to 2013. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:710-716.
2. LUGER M HA, EWERING T, ARBA-MOSQUERA S. Myopie correction with transepithelial photorefractive keratectomy versus femtosecond assisted laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2016;11:1579-1587.
3. SCHALBORN J, SCHALBORN S. Outcomes and complications of excimer laser surgery in patients with collagen vascular and other immune-mediated inflammatory diseases. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1742-1752.
4. ABRI AGHDAM K, AGHAEI H, SHOKROLLAHI S *et al.* Comparison of the effect of cycloplegic versus NSAID eye drops on pain after photorefractive keratectomy. *J Curr Ophthalmol*, 2016;8:87-91.
5. AMANO S, SHIMIZU K. Excimer laser photorefractive keratectomy for myopia: two years follow up. *J Refract Surg*, 1995;11:S253-260.
6. PAREKH P, DAVIS EA. Prevention and treatment of haze in refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin*, 2008;48:29-40.
7. CARONES F, VIGO L, SCANDOLA E *et al.* Evaluation of the prophylactic use of mitomycin-C to inhibit haze formation after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg*, 2002;28:2088-2095.
8. GODEFROOIJ DA, DE WIT GA, UTERWAAL CS *et al.* Age-specific Incidence and Prevalence of Keratoconus: A Nationwide Registration Study. *Am J Ophthalmol*, 2017;175:169-172.

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



B. AMÉLINE-CHALUMEAU
CHNO des Quinze-Vingts, PARIS.
ophthlmo@ameline.com

La monovision en chirurgie réfractive : faut-il s'en méfier ?

Il s'agit de la technique la plus ancienne de compensation de la presbytie, appliquée autant en chirurgie de la cataracte, chez les porteurs de lentilles depuis plus de 50 ans, puis en chirurgie réfractive depuis ses débuts.

Elle est plus appréciée chez nos collègues anglo-saxons (80 % des équipements de lentilles de presbytie) alors qu'elle ne représente que 20 % en France. En chirurgie, elle est utilisée seule ou associée à la multifocalité.

Une question de terminologie	
Motrices	Œil directeur = Dominant eye conserve la fixation ou la reprend le plus vite lors de l'interposition d'un prisme sur l'autre œil
	Œil de visée = Sighting eye est préféré lors de la visée en binoculaire
Sensorielles	Œil dominant = Ocular prevalence possède la meilleure acuité visuelle en vision binoculaire pour une distance donnée
	Œil préféré = test du flou réfractif (+ 0.75 D) que l'on préfère utiliser pour une tâche monoculaire

Remerciement au D^r C. Peyre.

■ Le compromis

Comme toutes les techniques actuellement disponibles, elle ne peut offrir qu'une compensation partielle. Ce sera en vision soit intermédiaire, soit de près, en fonction de la myopie unilatérale choisie. Ses conséquences incluent une part d'altération de la vision binoculaire (stéréo-acuité) et donc de la perception des distances ainsi que du relief et des contrastes. La suppression incomplète de l'image floue de l'œil destiné à la vision de près peut aussi entraîner la perception de halos. Elle est enfin décrite comme pouvant diminuer la performance manuelle dans les métiers avec tâches répétitives.

Les facteurs de succès sont :

- une dominance moyenne ;
- une capacité à neutraliser ;
- l'absence de phorie/tropie importante ;
- des contraintes professionnelles compatibles.

En pratique, ces facteurs prédictifs sont... peu prédictifs !

- dominance trop forte ou trop faible : c'est souvent un diagnostic *a posteriori* ;
- ésochorie méconnue... la corrélation n'est pas systématique ;
- travail de précision ou activités de plein air... idem ;
- le profil psychologique et l'âge réservent bien des surprises.

La notion de confort visuel est subjective et seul le patient peut dicter ses conditions.

On s'en tient donc à quelques contre-indications :

- les antécédents de strabisme, de phories sévères ayant nécessité une rééducation ;
- l'amblyopie relative ;
- certains métiers de conduite (nocturne) et de sécurité ;
- et comme souvent les incompréhensions ou les attentes irréalistes.

■ Les taux de succès

Le taux de succès postchirurgie réfractive est d'environ 90 %. Il est donc un peu supérieur à celui des lentilles (80-85 %), peut-être en raison de la constance et de la stabilité de la correction. (Miranda 2004 : 92,5 %, Jain 2001 : 88 %, Wright 1999 : 90,2 %, Reilly 2006 : 94 % et enfin Goldberg 2001 : 89 %).

>>> Chez le **pseudophaque**, où les tests préalables ne sont le plus souvent pas une option, on observe une amélioration de l'efficacité avec le temps (Ito Shimizu, 2012 : les patients

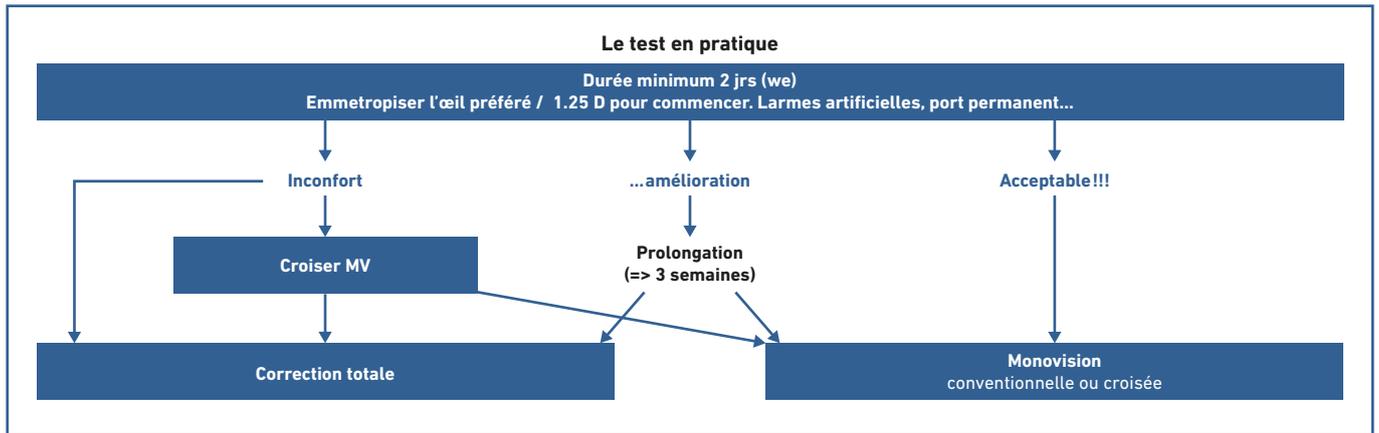


Fig. 1 : Le test en pratique.

ayant besoin de lunettes en préopératoire étaient 88 %, 41 % à 1 an et 22 % à 5 ans).

>>> Chez l'**hypermétrope**, c'est aussi une option : contrairement à une idée reçue, elle ne convient pas exclusivement aux myopes. Les hypermétropes et même les emmétropes peuvent être de bons candidats (Goldberg, 2003). Les niveaux de satisfaction sont comparables.

>>> Elle peut enfin être évoquée avant l'heure de la presbytie chez les patients qui mettent en avant l'indépendance face à la correction plutôt que la performance visuelle.

■ Les échecs

Ils peuvent venir du non respect des contre-indications, de la qualité des mesures préopératoires ou plus souvent d'une amétropie résiduelle. Les erreurs de mesures préopératoires comportent des erreurs réfractives : difficulté des mesures et contradiction fréquente entre les mesures avec et sans cycloplégie, pouvant conduire à une sous-estimation de l'hypermétropie. Il peut aussi s'agir d'erreur de choix de latéralité entre la monovision simple et la monovision croisée, d'où l'intérêt des tests.

En cas d'intolérance postopératoire, il faut avant tout chercher l'amétropie résiduelle.

L'œil de loin doit être parfait ce qui conduit à de fréquentes reprises, même pour une faible amétropie résiduelle surtout si elle comporte une part d'astigmatisme. Plus rarement c'est l'œil de près qui nécessite une reprise en cas d'anisométrie plus importante que prévue.

D'une façon générale, les taux de reprise s'approchent souvent de 10 voire 20 % dans la littérature. Mieux vaut avoir donné cette information au patient lors du bilan préopératoire.

■ Quelle information ?

>>> D'abord faire parler

Le métier et les activités extra-professionnelles sont une porte d'entrée précieuse dans la discussion : préférence pour la vision de loin en cas de pratique de sports de plein air, règlements propres à certains métiers, dont le patient doit prendre connaissance lui-même (métiers de conduite ou de sécurité) Le niveau d'exigence du patient est à deviner pour guider le discours d'information.

>>> Ensuite informer

Lors de la détermination de l'œil fixateur, pendant la réfraction, il est possible de faire remarquer le principe de la dominance. Entrer dans les explications de la presbytie peut se révéler très consommateur de temps. Le discours est très différent chez un myope et chez un hypermétrope, celui-ci n'ayant bien souvent pas conscience de son amétropie de loin. Pour finir, on explique les modalités et le sens du test en lentilles. On rassure le patient sur la reproductibilité entre les résultats du test et ceux de la chirurgie, puis on lui explique les modalités pratiques (fig. 1).

>>> Utilité de la simulation en lentilles

L'intérêt est qu'elle est fiable à quasi 100 % et qu'elle permet de customiser la monovision en multipliant pour les patients

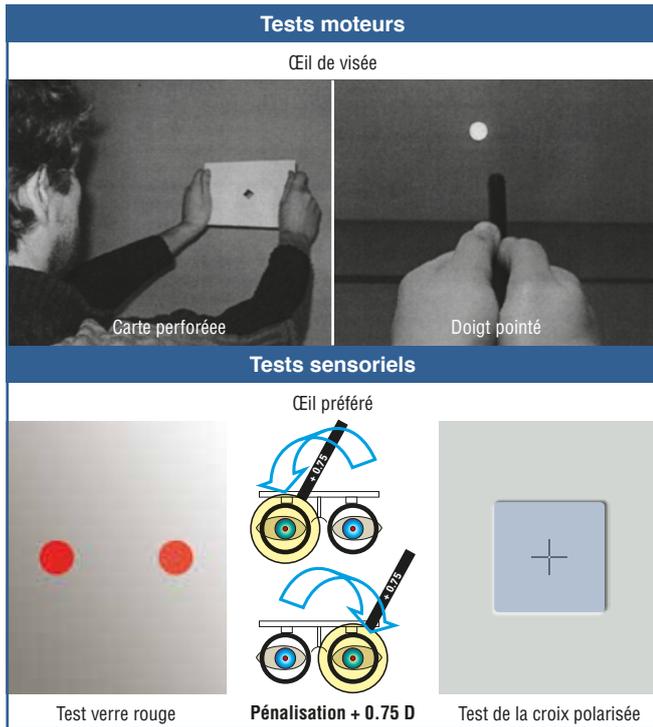


Fig. 2 : Les différentes façons de tester la latéralité.

Remerciement au D^r C. Peyre.

qui le souhaitent les tests en préopératoire (choix du côté et choix de l'amétropie visée pour l'œil de près : -1.25 pour la vision intermédiaire / -2 pour une vision à 50 cm). Enfin, elle peut s'avérer très didactique (prise de conscience par le patient de la situation à venir).

Elle est grandement facilitée chez porteur de lentilles, qui sont nombreux chez les candidats à la chirurgie réfractive. Elle représente une contrainte relativement faible compte tenu de l'enjeu.

Choisir en pratique le côté à tester (en premier) (fig. 2) :

1. Faire un test polarisé pour s'assurer de la binocularité ++ et éliminer une trop forte dominance (Kommerel 2003, Handa 2004);
2. Faire un test du "flou réfractif" avec une pénalisation $+0.75$ D alternativement devant chaque œil (œil préféré) (fig. 2);
3. Éventuellement un test du carton troué (œil de visée) (fig. 1).

Les résultats souvent ne sont pas liés à la dominance manuelle : on trouve environ 40 % des yeux droits préférés, 20 % des gauches et pas de dominance marquée dans les 40 % qui restent.

■ En conclusion

Objectivement, la monovision repousse la dépendance aux lunettes. On peut la proposer chez les myopes, les hypermétropes voire les emmétropes. Ses échecs sont évitables lors du bilan et des tests préopératoires. Elle présente 4 qualités qui lui ont conféré sa longévité : elle est simple, simulable, réversible et enfin associable à d'autres techniques induisant une part de multifocalité. Enfin, elle laisse toute liberté pour la chirurgie ultérieure du cristallin dans le choix des implants.

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



A. DENOYER
Ophtalmologie, CHU Robert Debré, Université Reims Champagne-Ardenne, REIMS,
Institut de la Vision, INSERM UMRS968, PARIS.
alexandre.denoyer@gmail.com

Un avenir pour la femtocataracte?

La chirurgie de la cataracte assistée au laser femtoseconde — ou femtocataracte — se développe depuis quelques années, outre-Atlantique plus qu'en Europe, sur la base d'une assistance préalable, standardisée et sécurisée, réalisée par une plateforme laser avant la chirurgie proprement dite. Les lasers femtoseconde développés en ce sens permettent les incisions cornéennes, la capsulotomie, ainsi qu'une (pré) fragmentation du cristallin. Les différentes plateformes se différencient par leur ergonomie au niveau de l'interface entre le patient et la machine, par l'imagerie des structures oculaires, les motifs disponibles de fragmentation cristallinienne, et enfin l'encombrement et l'ergonomie physique. Aujourd'hui, la technologie est au point, le confort chirurgical procuré est évident, mais la femtocataracte se heurte à des contraintes de coût, de temps opératoires et d'organisation du bloc qui entravent son essor en France.

■ Comment choisir son laser?

Les 5 plateformes bénéficiant du marquage CE en 2017 sont le LenSx (Alcon, USA), le Lensar (Topcon, Japon), le Catalys (Optimedica/AMO, USA), le Victus (Bausch + Lomb, USA), et le Z8 (Ziemer/Ophtha France, Allemagne). Chacune se distingue par des choix technologiques et ergonomiques qui lui sont propres, et chaque opérateur devrait idéalement essayer chacune d'elles pour en comprendre les bénéfices et les défauts. Pour résumer, les principales caractéristiques des lasers sont détaillées dans le **tableau 1**. L'encombrement, le temps de procédure, les compétences hors cataracte et l'ergonomie sont autant de paramètres qui déterminent le temps opératoire global et le flux patient, donc le (sur) coût engendré par la procédure laser additionnelle.

	LenSx (Alcon)	Victus (Bausch + Lomb)	Catalys (Optimedica / AMO)	Catalys (Optimedica / AMO)	Z8 (Ziemer / Ophtha France)
Docking	Contact via lentille souple	Semi-liquide via ménisque aqueux / contact direct pour la phase cornéenne	Immersion liquide	Immersion liquide	Immersion liquide
Imagerie des structures oculaires	OCT <i>spectral domain</i>	OCT <i>spectral domain</i>	OCT <i>spectral domain</i>	Caméra Scheimpflug	OCT <i>spectral domain</i>
Imagerie per-procédure	Non	Oui	Non	Non	Non
Ergonomie	• Pas de changement de lit (lit opératoire sous le laser)	• Changement de lit (lit solidaire du laser)	• Changement de lit (lit solidaire du laser)	• Pas de changement de lit (lit opératoire sous le laser) • Laser Mobile	• Pas de déplacement du patient (laser <i>via</i> bras articulé sous le microscope opératoire) • Laser mobile
Spécificités	Compensation de la cyclorotation par reconnaissance limbique (système couplé Verion)	Polyvalence : LASIK, kératoplasties, anneaux	Compensation de la cyclorotation par kératométrie intégrée	Imagerie Scheimpflug	Capsulotomie réalisée après la fragmentation Bras articulé

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des différentes plateformes de femtocataracte.

■ Comment réaliser une femtocataracte en pratique ?

La chirurgie de la cataracte assistée au laser femtoseconde se décompose en deux temps : le prétraitement au laser, puis la chirurgie proprement dite. Au cours du premier temps, le laser va travailler sur certaines structures oculaires de manière automatisée et reproductible, pour faciliter et préparer le second temps. La technologie femtoseconde réalise les incisions cornéennes principales et secondaires pour la chirurgie, éventuellement des incisions arciformes pour diminuer l'astigmatisme cornéen, la capsulotomie et la fragmentation du cristallin. Le second temps pourrait s'apparenter à une phacoémulsification conventionnelle, avec ou sans complément de pulvérisation aux ultrasons, aspiration du cristallin, lavage du cortex et mise en place de l'implant.

Le temps chirurgical se décompose ainsi :

1. Ouverture des incisions prédécoupées au micromanipulateur/crochet ;
2. Contrôle de la capsulotomie, à la pince ou avec la pointe de la pièce-à-main ;
3. Hydrodissection et évacuation des bulles de cavitation piégées en arrière du noyau ;
4. *Cracking* et aspiration du noyau avec ou sans US selon les technologies utilisées ;
5. Aspiration des masses ;
6. Implantation.

Contrairement à certaines idées reçues, essentiellement nourries par les débuts de la femtocataracte au cours desquels ni les machines ni les chirurgiens n'étaient au point, la capsulotomie est linéaire et complète dans 99 % des cas, l'hydrodissection n'est pas dangereuse, et il n'y a plus de myosis spécifiquement induit par le laser.

■ Pourquoi l'expansion de la pratique femtocataracte est-elle en panne ?

La chirurgie assistée au laser femtoseconde requiert l'achat d'une machine onéreuse ainsi que de son consommable, un temps opératoire supplémentaire (mais pas forcément additionné, cf. infra), l'apprentissage de nouveaux gestes par le chirurgien et la formation des futurs chirurgiens, et enfin la démonstration de sa supériorité en termes de bénéfices/sécurité pour le patient qui seule garantira la pérennité de cette nouvelle pratique déjà menacée.

Ainsi, un certain nombre de stratégies techniques, organisationnelles et financières doivent être repensées pour parvenir à une pratique routinière de la femtocataracte :

1. Repenser le circuit patient et transférer les compétences

Deux grands schémas d'organisation de bloc opératoire s'opposent : le laser dans une salle indépendante et dédiée ou le laser en salle opératoire. Dans la première option, le laser est placé dans la même salle opératoire, et le chirurgien réalise donc successivement l'étape femto puis la chirurgie. Un des lasers disponibles équipé d'un bras articulé a d'ailleurs été pensé pour opérer directement le patient déjà installé pour la chirurgie d'aval. L'intérêt est de ne pas déplacer le patient, donc limiter les surcoûts liés au brancardage et à la perte de surface et de temps. Les deux principaux inconvénients reposent sur l'impossibilité de partager le laser entre plusieurs chirurgiens opérant en même temps, et surtout l'obligatoire linéarité des deux temps opératoires dont la durée s'additionne.

Dans la seconde option, la machine femtoseconde est placée dans une salle dédiée au prétraitement et permet de distribuer les patients ayant bénéficié de la découpe laser vers d'autres salles opératoires pour la procédure chirurgicale. L'ensemble de la structure opératoire ne nécessite qu'une seule machine qui peut être utilisée par plusieurs chirurgiens travaillant dans plusieurs salles opératoires. La limite de ce schéma repose sur les déplacements du patient (et les changements de lits parfois selon le modèle de laser utilisé) et la nécessité pour le chirurgien de réaliser ses procédures laser en alternance avec ses chirurgies. À moins que l'étape femto puisse être déléguée à un tiers, un interne dans les CHU, et pourquoi pas un paramédical qualifié pour cela quelle que soit la structure ?

2. Miser sur la mutualisation et la polyvalence

Comme évoqué plus haut, le coût de la plateforme, de sa maintenance et du consommable doivent être partagés par plusieurs opérateurs, qui peuvent même utiliser le laser au même moment en fonction du schéma organisationnel choisi. En outre, certains lasers réalisant la femtocataracte peuvent aussi effectuer d'autres procédures, comme la découpe des capots de LASIK, l'aide aux greffes de cornées ou à la mise en place d'anneaux intracornéens, et les incisions cornéennes non-transfixiantes quelles que soient leur orientation et leur fonction.

3. Valoriser la technologie et réduire le coût chirurgical

Un des bénéfices évident de la femtocatarracte repose sur la capacité à réaliser des incisions arciformes au laser dans le même temps opératoire, sans outil additionnel, et avec une précision inégalée. L'objectif est le traitement des astigmatismes cornéens minimes à modérés afin d'améliorer le résultat réfractif final, ou bien afin de pouvoir implanter une optique multifocale non torique dans des cas non accessibles auparavant (astigmatisme cornéen > 0.5 D mais < 1.5 D). Notons aussi que la réalisation d'une capsulotomie de position et diamètre calibrés pourrait aussi améliorer la stabilité rotationnelle des implants toriques, mais pas le *tilt* ni les décentrement liés à des scléroses du sac à moyen ou long terme. On remarque ainsi que la valorisation de la technologie, essentiellement dans le cadre d'une chirurgie *premium* déjà définie ou bien par extension des indications *premium* permet de compenser, au moins pour part, le surcoût inhérent.

En parallèle, la fragmentation du cristallin au laser s'est considérablement améliorée. Aujourd'hui, certains motifs comme la découpe en cube de 300 à 400 μm d'arrête autorisent une chirurgie en aspiration pure et sans ultrason, quel que soit le grade de la cataracte. Un laboratoire a ainsi développé une pièce à main sans ultrason, dont l'adéquation avec la prédécoupe d'une part et le phacoémulsificateur (ou plutôt "aspirateur") d'autre part autorise une chirurgie 100 % usage unique, sans pièce-à-main traditionnelle, donc sans structure onéreuse de stérilisation. Ici, le surcoût lié au laser se compense par l'optimisation de l'ensemble de la structure opératoire, laquelle pourrait à l'avenir ressembler à un bloc indépendant, sans stérilisation et hors établissement de santé.

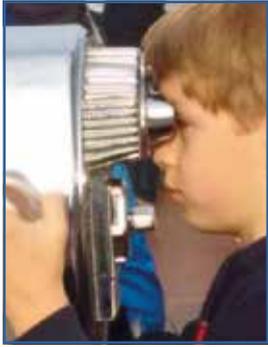
■ Quel rôle pour les leaders et les universitaires ?

Chacun doit réussir à faire la part des choses entre la pression exercée par notre modèle de société et les exigences des patients, la pression de l'industrie, et enfin celle des pouvoirs publics. La primauté du service médical rendu demeure la règle, même si les notions de progrès et de plaisir ne doivent pas être oubliées. La démonstration scientifique et pragmatique des bénéfices éventuels de la femtocatarracte par rapport à la phacoémulsification conventionnelle sera probablement garante du développement futur de cette nouvelle pratique. D'une part, seules des études cliniques objectives et de grande ampleur pourront apporter les preuves ou non de sa supériorité. Par exemple, il nous reste encore à démontrer que l'absence de recours aux ultrasons est un gage de sécurité endothéliale, qui fait ainsi de la femtocatarracte une indication de référence pour certaines pathologies et une indication de choix pour tous. D'autre part, la modélisation des flux patients et l'étude rigoureuse des temps opératoires, des temps de salle et du personnel dédié permettront de définir la meilleure stratégie à adopter pour valoriser la technologie.

Enfin, sur le plan hospitalo-universitaire seule la formation organisée et systématique des futurs chirurgiens à la femtocatarracte pourra faire de cette procédure encore confidentielle aujourd'hui la référence de demain.

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

L'auteur remercie les Docteurs Trinh et Auclin ainsi que le Professeur Baudouin pour leur collaboration à cet article.



M. RIVIÈRE
Consultant économique.
scratchon@hotmail.com

Impact économique du laser femtoseconde pour la chirurgie du cristallin en 2017

Le laser femtoseconde pour la chirurgie du cristallin est une avancée chirurgicale. Les avantages techniques sont réels mais encore relativement ténus, en revanche les coûts sont élevés. Mais les avantages cliniques sont si fins que la meilleure conclusion a été faite en 2016 par Day dans une analyse Cochrane : *“The evidence from the 16 randomised controlled trials could not determine the equivalence or superiority of laser-assisted cataract surgery compared to standard manual phacoemulsification for our chosen outcomes due to the low to very low certainty of the evidence available from these studies. As complications occur rarely, large, adequately powered, well designed, independent RCTs comparing the safety and efficacy of laser-assisted cataract surgery with standard phacoemulsification cataract surgery are needed. Standardised reporting of complications and visual and refractive outcomes for cataract surgery would facilitate future synthesis. Data on patient-reported outcomes and cost-effectiveness are needed. Paired-eye studies should be analysed and reported appropriately.”*

Le retour sur investissement suppose des négociations globales avec le fabricant, un soutien de l'établissement, un marketing spécifique et sûrement, en libéral, une participation sollicitée par un “reste à charge” auprès des patients ou d'une mutuelle sous une forme ou une autre.

■ La nouveauté opérationnelle

Le laser femtoseconde permet la réalisation du début de l'opération de la cataracte : incisions, capsulorhexis et fragmentation ou ébranlement du noyau et cortex antérieur du cristallin. La précision, la qualité et la régularité des coupes sont patentées, la réduction des manœuvres est évidente et surtout la répétabilité est une franche sécurité. En revanche, l'effet sur la matière du cristallin est variable et dépend de

la dureté et du type de faisceau employé. À cet égard, il n'y a pas de réponse homogène même si des études avancent une baisse de l'énergie déployée pour la phacoémulsification. Le reste de l'intervention demeure donc manuelle et instrumentale.

■ Les avantages

Nous sommes dans les asymptotes. Mettre en exergue des bénéfices patents, perceptibles et “démarquants” est ardu. Les procédés actuels procurent déjà des réussites dépassant de façon peu invasive le taux de 98 %. C'est donc dans le champ de la précision, de la sécurité et de la facilitation postopératoire qu'il faut aller chercher ces avantages. Pour chacun de ces items, il est certain que le laser femtoseconde apporte un plus mais il est ténu et encore très dépendant de la propédeutique des gestes et réglages, de la machine elle-même, du type de cataracte et des conditions anatomiques adjacentes. Ce n'est pas un dispositif universel car beaucoup de cas difficiles ne sont justement pas accessibles (petites pupilles, leucome cornéen...). À l'inverse, des formes particulières, comme les cataractes uvéales, bénéficient du FLACS.

Lorsqu'on lit les publications des premières séries, on est frappé par le pathétique effort tendant à décrire de meilleurs résultats avec des variations minimales... Plus central que central, plus rond que rond... Pour autant, on ne peut pas réfuter ces données car toute amélioration participe au succès. Réduire le nombre de traits de refend n'est pas négligeable, surtout pour les maladroits et les malchanceux. Un atout non négligeable est le sentiment personnel éprouvé par des opérateurs charmés d'employer une machine moderne. D'autant que cet attrait correspond à la demande du patient désireux du procédé “laser”, considéré par lui comme gage de précision, de qualité et de sécurité.

■ Le caillou dans la chaussure

Le concept est onéreux. Si ce n'était pas le cas, les lasers fleuriraient. Le coût catalogue dépasse vite les 450 000 € avec maintenance annuelle à 10 % et la dépense par acte se situe (au moins vers) au minimum autour de 200-300 €. Bien entendu, tout est négociable et négocié. Les compagnies savent qu'en France, ce surcoût n'est pas absorbable par un établissement de santé si les volumes ou les réductions ne sont pas au rendez-vous. La CCAM ne prévoit pas une surcotation pour les progrès techniques, surtout pour cette chirurgie qu'elle juge surcodifiée. Le patient peut être taxé d'une somme forfaitaire pour accès à la méthode. C'est un peu ce qui se passe avec les implants premium, mais d'une part, c'est une astuce hors réglementation qui suppose une attitude passive des caisses et, d'autre part, l'ouverture ne joue que pour les patients les plus aisés. Les objectifs en 2013 de Santéclair étaient "de démocratiser la chirurgie réfractive en proposant l'intervention au LASIK femtoseconde, réalisée par des chirurgiens chevronnés, à 1 500 € pour les deux yeux". En 4 ans, on ne peut pas dire que le but soit atteint. Par exemple, à Paris, un établissement discute avec le réseau de soins un accord dont le périmètre échappe à la connaissance de la majorité des opérateurs.

Les quelques centres déjà équipés en secteur libéral chargent le supplément dans les dépassements d'honoraires mais l'avenant 8 ruine cette option. Dans les deux secteurs, les dispositifs pilotes ou de démonstration peuvent compter sur des conditions malléables assorties ou non d'un renvoi d'ascenseur : publications, communications, vidéo, cours... Parfois, des conditions de tarifications de matériels ou de lentilles intraoculaires peuvent huiler les négociations. Enfin, en secteur public, un établissement important peut trouver des sources de financement auprès des diverses tutelles ou organismes nationaux ou territoriaux, ce qui permet d'ouvrir un marché au nom du progrès et de l'innovation, le tout "tartiné" de notion d'accès aux soins. Enfin, l'actuelle étude commune à plusieurs centres, dont on attend toujours qu'elle trouve un vrai justificatif sensé à ces lasers, permettra-t-elle une réponse financière de la SS pour mettre la main à la poche ? Nous voyons donc qu'il faut distinguer une analyse comptable où le retour sur investissement est une nécessité et un positionnement marketing et innovation où le retour est élargi et étiré dans un bilan globalisé.

L'option B est que les fabricants baissent les prix, ce n'est pas vraiment leurs choix. L'option C est que les établissements payent : aisé en public, plus aléatoire en privé. Dans les pays avancés, une trouvaille permise par les nomenclatures locales ouvre des remboursements par le biais de la cotation d'actes

associés aux premiers plans desquels on trouve les incisions anti-astigmatismes.

La majorité des centres anglo-saxons et nordiques ajustent un supplément de 700 à 1 100 € par œil. Toutefois, dans les FLACS, il existe souvent une surcharge par emploi d'une lentille intraoculaire torique ou multifocale. Le différentiel n'est donc pas uniquement à rapporter au laser. Schématiquement, les honoraires du médecin sont relativement plus élevés en phaco conventionnelle + premium que sur FLACS + premium.

Enfin le fameux rapport coût/qualité de vie ne plaide pas pour le FLACS mais il est vrai qu'il est rare (que ce ne soit pas le cas) qu'il en soit autrement en comparant une nouvelle méthode et une autre largement éprouvée.

La motivation au changement : tout le monde cherche le *remake* de la phacoémulsification, des implants, du laser Excimer... *in fine*, le coût élevé n'est pas le fond de la question. Investir est à la portée d'un grand nombre de sites opératoires, ce qui est plus aléatoire, c'est la réponse : est-ce que cela vaut la peine ? Maintenant ? Un abord de réponse est possible par la chirurgie réfractive du cristallin clair. Conceptuellement, cette opération ne se conçoit que réussie et parfaite. Le laser femtoseconde concourt à ce résultat et le surcoût est bien accepté par le patient. Notons que l'annonce laser est depuis 30 ans un atout dans la présentation d'une offre chirurgicale. Somme toute, c'est en quittant la cataracte classique que le financement devient plus simple.

■ Une autre question est celle du moment : quand acquérir ?

Soit immédiatement pour vouloir être le premier, soit demeurer en *stand-by* dans l'attente d'un modèle un peu plus évolué. La réponse dépend des recrutements et de l'analyse des besoins locaux. Une mise à disposition avec paiement par acte est une option raisonnable, les labos soutiennent ce type de démarrage. L'idée est celle de l'addiction : dévoiler une existence, apporter un bénéfice, créer une dépendance et maintenir les retours.

■ Que penser ?

Des années seront nécessaires avant d'équiper les blocs et de former les opérateurs. Toutes les machines ne seront pas à l'arrivée. Il est évident que les structures à débit important et au système économique solide seront les plus aptes à gérer

cet outil. Elles sont aussi les mieux placées pour négocier les coûts avec les fabricants, au besoin en s'aidant de marchés annexés. Le défi économique dépend en partie d'une stabilisation des autres dépenses. À l'instar des pays étrangers, il serait très souhaitable que le revenu individuel de l'opérateur soit exalté, mais en ce domaine, notre pays prend plutôt le chemin inverse. Cette perspective estompée ne doit pas cacher le succès de plusieurs centres reposant sur le modèle unique FLACS, mais ce n'est pas neutre financièrement. On peut admettre un surcroît si l'ergonomie trouvée est localement efficace et si le chirurgien trouve un plaisir à travailler avec cet appareillage. Mais en général, l'induction réside essentiellement dans une volonté de la structure pariant sur le développement de la pratique. Sinon l'arbitre sera la poche du patient ou du contribuable et peut-être celle du chirurgien.

Pour en savoir plus

- AKER A. Femto-cataract : why the business model works. *Ophthalmol Times*, 2015;40:20-21.
- CONRAD-HENGERER I, AL SHEIKH M, HENGERER FH *et al.* Comparison of visual recovery and refractive stability between femtosecond laser-assisted cataract surgery and standard phacoemulsification : six-month follow-up. *J.Cataract Refract Surg*, 2015;41:1356-1364.
- CORCORAN KJ. Macroeconomic landscape of refractive surgery in the United States. *Curr Opin Ophthalmol*, 2015;26:249-254.
- 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.
- FELDMAN BH. Femtosecond laser will not be a standard method for cataract extraction ten years from now. *Surv Ophthalmol*, 2015;60:360-365.
- GREWAL DS, SCHULTZ T, BASTI S *et al.* Femtosecond laser-assisted cataract surgery—current status and future directions. *Surv Ophthalmol*, 2016;61:103-131.
- HANSEN MS, HARDTEN DR. Financially efficient cataract surgery in today's healthcare environment. *Curr Opin Ophthalmol*, 2015;26:61-65.
- LEBUISSON DA. Impact économique du laser femtoseconde en chirurgie du cristallin. *Reflexions*, 2013.
- RANKA M, DONNENFELD ED. Femtosecond laser will be the standard method for cataract extraction ten years from now. *Surv Ophthalmol*, 2015;60:356-360.
- SCHWEITZER C, HAYES N, BREZIN A *et al.* Re: ABELL RG *et al.* Cost-effectiveness of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus phacoemulsification cataract surgery. (*Ophthalmology*, 2014; 21:10-16). *Ophthalmology*, 2014;121:53-54.
- ROBERTS TV, LAWLESS M, SUTTON G *et al.* Update and clinical utility of the LenSx femtosecond laser in cataract surgery. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:2021-2029.

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

L'auteur remercie le Dr A. Lebuissou pour ses commentaires et ses corrections.



J.-L. FEBBRARO
Fondation Rothschild, PARIS.
jl_febbraro@hotmail.com

Comparaison des patterns de nucléofragmentation chez les patients opérés de cataracte dense par FLACS

Dans le domaine de la chirurgie de la cataracte, la phacoémulsification règne sans partage et demeure la référence incontestée alors qu'elle s'apprête à fêter son dixième quinquennat. Parallèlement, la seule technique innovante, basée sur la femtotechnologie (FLACS), tente toujours de s'imposer, 10 ans après son apparition [1]. Les plateformes laser ont bénéficié d'évolutions constantes afin d'optimiser la réalisation du capsulorhexis, la nucléofragmentation guidée par OCT, les incisions et découpes lamellaires cornéennes [2,3].

Nous avons pu évaluer différents *patterns* de fragmentation du noyau avec la plateforme femtolaser Victus couplée au phacoémulsificateur Stellaris de Bausch + Lomb. Dans cette étude, les patients opérés présentaient tous des cataractes denses, de grade supérieur ou égal à 3 selon la classification LOCS III.

■ Matériel et méthodes

Soixante yeux opérés de façon consécutive ont été inclus dans cette étude prospective. Trois *patterns* de fragmentation du noyau ont été testés: le type radiaire à 8 incisions pour les 20 premiers cas, puis la fragmentation en grille pour les 16 yeux suivants, et enfin de nouveau le mode radiaire à 16 incisions pour les 24 yeux suivants (*fig. 1*). Le temps de

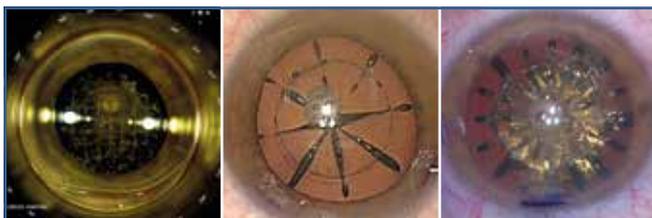


Fig 1 : Fragmentation du noyau en grille, 8 et 16 incisions radiaires.

délivrance laser, la faisabilité de la phacoexérèse sans ultrasons (US), le temps effectif d'US, et l'intensité moyenne d'US ont été mesurés.

1. Réglages du laser Victus

L'énergie laser programmée pour les différentes étapes laser a été identique dans les trois groupes. La capsulotomie a été réalisée avec une énergie de 6,5 μ J, la nucléofragmentation 7-8 μ J et les incisions cornéennes 2 μ J. Le diamètre des cubes de fragmentation, initialement réglé à 750 microns, a été réduit en cours d'étude à 350 microns. L'architecture des incisions cornéennes a été personnalisée en 3 plans et calibrée à 2,4 mm pour la principale, et en un seul plan de 1,2 mm pour la contre-incision. Les marges de sécurité respectées ont été fixées à 500 microns entre la capsule antérieure, le noyau et l'iris, et 700 microns entre le cristallin et la capsule postérieure (*fig. 2*).

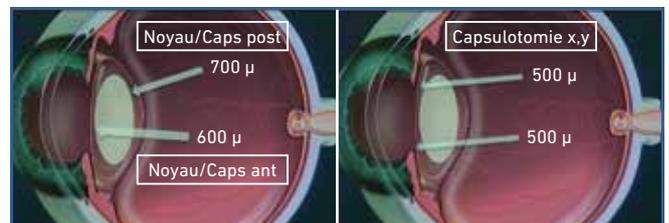


Fig 2 : Marges de sécurité de la nucléofragmentation.

2. Réglages du Stellaris

La plateforme phaco, munie d'une pompe de type Venturi, a été utilisée dans tous les cas. Une sonde IA Zero phaco à usage unique a été retenue en priorité pour la phase post-FLACS (*fig. 3*). La sonde phaco classique (avec US) a été utilisée uniquement en cas de besoin. Deux programmes US, avec des niveaux d'US croissants, ont été choisis en fonction de la

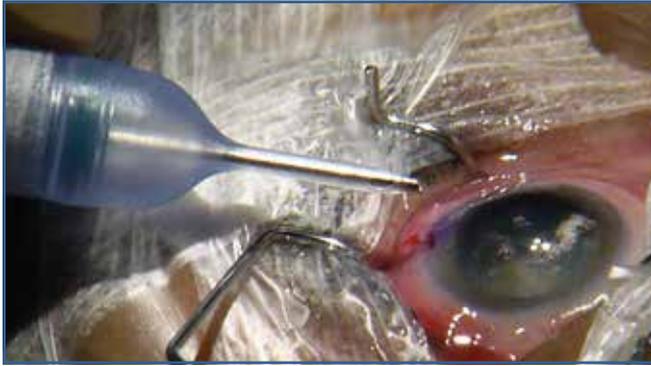


Fig 3 : Sonde Zero Phaco.

densité de la cataracte : le premier a été programmé avec une pédale en mode double linéaire, avec une émission d'US fractionnés limités à 20 %, alors que pour le second un réglage de pédale classique et des US plafonnés à 50 % ont été choisis. Les dix derniers cas ont été opérés sans *stable chamber* sur la ligne d'aspiration pour minorer le risque d'occlusion de la tubulure d'aspiration et une ligne d'infusion pressurisée a été ajoutée pour optimiser la stabilité de chambre antérieure. La technique de chop a été utilisée en priorité pour la phacoexérèse, à l'aide d'un crochet de Sinsky ou d'un *chopper* horizontal ou vertical en fonction de la dureté du noyau.

■ Résultats

Le grade moyen d'opacité cristalliniennne était de 3,76 (variable de 3 à 5 +) dans les trois groupes. Le temps moyen de fragmentation était de 12 secondes pour le *pattern* en 8 parts, 25 secondes pour le mode grille et 22 secondes pour la réalisation des 16 incisions.

La sonde Zero phaco a été efficace dans 4 cas sur 20, dans le groupe "8 incisions radiaires", chez des patients présentant des cataractes de grade 3. Elle a été utilisée avec succès dans 6 cas sur 10 dans le groupe "grille" et dans 16 cas sur 24 dans le groupe "16 incisions". Les cataractes étaient toutes de grade 3 dans ces deux groupes alors que 4 cataractes étaient de grade 4 dans le dernier groupe. Aucune des cataractes de grade 5 n'a pu être opérée avec la sonde Zero phaco seule.

Le programme double linéaire a été suffisant dans 10 cas dans le premier groupe, 2 cas dans le groupe 2, et 4 cas dans le dernier groupe. Les cataractes étaient de grades 3 ou 4 dans ces trois groupes. L'*effective power time* moyen (EPT) était de 2,5 secondes dans les trois groupes avec une intensité moyenne de 11 %.

Le programme US classique a été nécessaire dans 4 cas dans le groupe 1, 2 cas dans le groupe 2 et 4 cas dans le dernier groupe. Ce programme a été utilisé pour des cataractes de grade 4 à 5 +, ou bien en cas d'aspiration inefficace ou encore pour optimiser la sécurité opératoire en cas de myosis progressif peropératoire. L'intensité moyenne était de 20 % et l'EPT moyen de 5,25 secondes.

■ Discussion

La chirurgie de la cataracte par phacoémulsification a atteint un tel niveau de sécurité et d'efficacité qu'il semble difficile aujourd'hui de concevoir l'utilisation d'une autre technique. Cependant, on ne peut arrêter le progrès et la technologie laser demeure très séduisante dans son concept. Elle le deviendrait encore plus si elle pouvait s'affranchir d'ultrasons dans la phase post-FLACS, non seulement pour les cataractes peu denses mais aussi et surtout pour les formes plus avancées. Le concept de FLACS serait ainsi plus cohérent et s'imposerait plus facilement au sein d'un arsenal chirurgical ultrasonique moderne très performant. Il deviendrait même particulièrement indiqué pour certains patients, atteints de dystrophies cornéennes par exemple.

La sonde IA Zero phaco a été conçue dans ce but précis. Dans notre étude, elle s'est avérée efficace pour les cataractes de grade 3, voire 4 au centre, avec un cortex moins dense. La fragmentation laser doit être suffisamment diffuse et serrée pour réduire la taille des fragments cristalliniens à aspirer. Le *pattern* à 16 incisions nous a semblé préférable en termes d'efficacité et de sécurité et il assure une visibilité satisfaisante de la capsule antérieure et du cristallin. Les fragments radiaires sont de taille suffisamment réduite, compatible avec le diamètre interne de la sonde Zero phaco.

La phase post-FLACS est donc basée sur une phaco-aspiration, assurée par une sonde IA nourrie par le *chopper* qui complète le travail réalisé par le laser. Les niveaux d'aspiration sont plus élevés pour compenser l'absence d'ultrasons. La fluide intracaméculaire est essentielle pour garantir la stabilité de chambre. De ce fait, une pompe de type Venturi semble plus adaptée, car elle permet l'aspiration des fragments à distance, indépendamment de l'occlusion. Nous avons préféré ne pas utiliser la *stable chamber* pour réduire le risque d'occlusion des tubulures d'aspiration. Nous avons associé une pression assistée sur la ligne d'infusion pour optimiser la stabilité intracaméculaire et réduire le risque de surge. Cependant, le recours au US a été nécessaire en cas de

cataracte de grade 4 et surtout 5, même avec des fragmentations optimisées.

■ Conclusion

Les différents *patterns* de fragmentation du femtolaser permettent d'optimiser la préparation du cristallin pour la phase post-FLACS. En termes de sécurité, le guidage OCT assure des marges suffisantes entre le cristallin traité, l'iris et les capsules antérieure et postérieure. En termes d'efficacité, les différents *patterns* peuvent varier, notamment en fonction de la densité de la cataracte et de la technique utilisée pour l'extraire. Les modes de fragmentations les plus denses, tels que celui en grille ou à 16 incisions, nous ont semblé plus adaptés pour les cataractes denses et plus efficaces pour s'affranchir des ultrasons. Le mode 16 incisions permet également de préserver une visibilité optimale des limites du capsulorhexis et

du cristallin. Cependant, les cataractes de grade 4 ou plus nécessitent encore le plus souvent un minimum de complément d'ultrasons pour faciliter l'aspiration des fragments et optimiser la phacoexérèse. Dans le futur, de nouvelles évolutions technologiques, ciblées sur un meilleur couplage entre la reconnaissance de densité de la cataracte et le mode de fragmentation du noyau pourraient être bénéfiques pour le patient.

Bibliographie

1. PALANCKER DV *et al.* Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated Optical coherence tomography. *Sci Transl Med*, 2010;17;2:58-85.
2. MASKET S *et al.* Femtosecond laser assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:1048-1049.
3. NAGY Z *et al.* Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg*, 2011;1053-1060.

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



M. PORTERIE, F. MALECAZE
Service d'Ophthalmologie, CHU, TOULOUSE.
marie-porterie@hotmail.fr

Les implants multifocaux en *Piggy back*

Dans le domaine du traitement de la presbytie, l'implantation de lentilles intraoculaires multifocales (LIOM) dans le sac capsulaire permet de répondre aux exigences visuelles de certains patients. Malgré un niveau de précision élevée, la réfraction postopératoire n'est pas le seul facteur déterminant de satisfaction. De nombreuses études font état de bons résultats, dans la plupart des cas après implantation d'une LIOM [1]. Cependant, pour certains patients (jusqu'à 39 % selon les études) [2] et de façon non prévisible, la perception de phénomènes lumineux parasites peuvent alors être générateurs de mécontentement avec une altération importante de leur qualité de vie. La seule solution est alors de proposer à ces patients une explantation pouvant s'avérer difficile du fait d'une fibrose capsulaire, avec des risques de complications majorés tels que rupture capsulaire, déhiscence zonulaire ou décollement de rétine. Cette chirurgie d'explantation est donc proposée après évaluation du rapport bénéfice/risque. Elle est réalisée, selon les études, dans 4 % à 7 % des cas [3].

Ainsi, dans les années 2000, l'addition d'un implant multifocal dans le sulcus ciliaire a été développée comme alternative à l'implantation d'une LIOM dans le sac capsulaire. On parle d'implantation en *Piggy back* (superposition) ou encore

d'*Add-on* IOL (implant additionnel). L'implantation *Piggy back* multifocale correspond donc à l'implantation d'une lentille multifocale additionnelle dans le sulcus, positionnée en avant d'une LIO monofocale conventionnelle (*fig. 1*). En cas d'intolérance visuelle du patient, l'explantation de la LIOM devient un geste relativement simple, peu invasif, avec un risque moindre de complication.

■ Indications

Cette technique, initialement prévue pour corriger de fortes amétropies (> 30 D), a été ensuite étendue aux patients opérés de cataracte avec implantation monofocale et désireux de s'affranchir de leur correction de près en évitant une explantation. En 2000, afin d'éviter l'opacification interlenticulaire liée à ces implantations dans le sac capsulaire [4], Gayton propose alors d'implanter le premier implant dans le sac capsulaire puis de placer le second implant dans le sulcus ciliaire.

1. Le *Piggy back* multifocal de première intention

Lorsque l'implantation en *Piggy back* d'une LIOM est proposée en première intention, un implant standard monofocal (ou torique en cas d'astigmatisme) est alors inséré dans le sac capsulaire, associé à un implant multifocal de puissance nulle dans le sulcus ciliaire. Celui-ci offre alors la possibilité de retirer l'implant facilement à tout moment, en cas d'insatisfaction liée à la multifocalité, d'erreur réfractive ou de surveillance rétinienne dans les années futures (DMLA ou rétinopathie diabétique décompensée). Cette technique peut donc être proposée à des patients à risque de troubles photopiques (patients exigeants), aux patients aux antécédents de chirurgie réfractive désireux de multifocalité où le choix de l'implant peut être difficile du fait de la modification de l'asphéricité cornéenne.

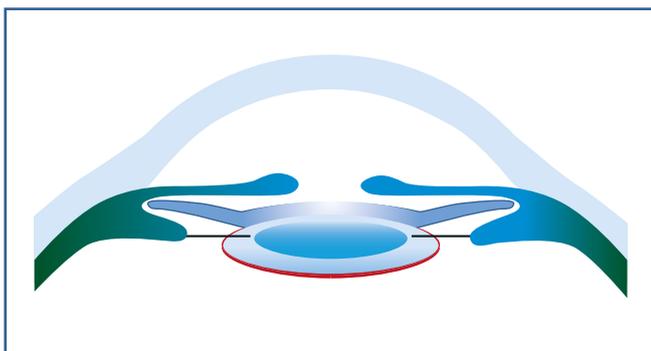


Fig. 1 : Représentation schématique de la position intraoculaire des 2 implants.

2. Le Piggy back multifocal de deuxième intention

Un implant multifocal peut être posé en *Piggy back* sur un implant monofocal chez un patient désireux de s'affranchir secondairement de ses verres correcteurs de près. Cette technique peut ainsi être proposée aux patients opérés de cataracte bilatérale avec mise en place d'implants monofocaux. Ceci est d'autant plus intéressant en cas d'amétropie résiduelle, la puissance de l'implant multifocal est alors calculée et adaptée à l'erreur réfractive.

■ Implants spécifiques du *Piggy back*

Actuellement, trois modèles d'implants multifocaux spécifiques ont été dessinés pour l'implantation en *Piggy back*. Ils possèdent des optiques de grand diamètre, une face postérieure concave pour éviter l'opacification interlenticulaire, des haptiques à angulation postérieure et un matériau lisse afin d'éviter une dispersion pigmentaire ou une éventuelle capture pupillaire. Ils répondent ainsi aux conflits anatomiques potentiels liés au *Piggy back*.

1. Implant Sulcoflex (Rayner, UK)

Le premier, à être commercialisé, fut l'implant Sulcoflex. Il s'agit d'un implant acrylique hydrophile monobloc. L'optique mesure 6,5 mm de diamètre avec une face antérieure convexe et une face postérieure concave. Dans sa version multifocale, cet implant possède une optique multifocale réfractive concentrique avec cinq zones autour d'une zone optique centrale de petit diamètre. Ses principaux avantages sont son implantation par une incision de 2,8 mm, une explantation aisée et une très bonne biocompatibilité [5]. Sa grande sensibilité au décentrement représente son principal inconvénient.

2. Implant Add-on Diffractive multifocal (HumanOptics, Allemagne)

L'implant Add-on multifocal de HumanOptics fut le deuxième implant spécifiquement conçu pour l'implantation en *Piggy back*. Il s'agit d'un implant en silicone avec des haptiques en PMMA pour assurer une bonne stabilité. Le diamètre de l'optique est de 7 mm pour un diamètre total de l'implant de 14 mm. Le système réfractif est de type diffractif et correspond à une addition de + 3,5 D. Il présente comme avantage sa grande stabilité et une réduction des éblouissements grâce à son grand diamètre. En revanche, il nécessite une grande incision (d'au moins 3 mm) pour son implantation et son explantation.

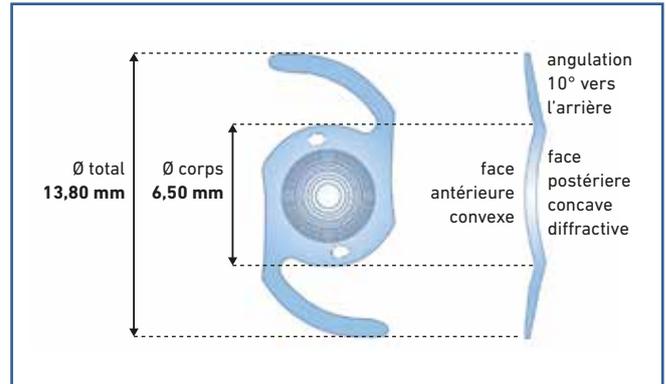


Fig. 2 : Dessin schématique de la LIOM Reverso.

3. Implant Reverso (Cristalens, France)

L'implant Reverso est une lentille intraoculaire acrylique hydrophile multifocale (fig. 2). Cet implant monobloc est sphérique à bords arrondis sur 360° avec des anses ouvertes pour éviter la capture pupillaire ou l'agression de l'iris. L'optique présente une surface antérieure convexe. Sa face postérieure concave multifocale diffractive garantit un espace entre les deux implants et un centrage parfait sur l'implant de sac. Son diamètre est de 6,5 mm pour un diamètre total de 13,8 mm, adapté à la taille du sulcus. L'apodisation des marches est de 3,00 à 4,5 mm de diamètre. Sa puissance dioptrique standard est de 0.0 D mais en cas d'implantation secondaire associée à une amétropie résiduelle, il est possible de customiser l'implant de - 3.00 à + 3.00 D par palier de 0.5 D. L'addition est de + 3 D dans tous les cas.

■ Résultats

1. Études pilotes évaluant les implants *Piggy back*

Un certain nombre d'études pilotes ont eu pour objectif d'évaluer l'efficacité et l'innocuité de ces implants. En 2014, Schrecker rapporte une série de 35 yeux implantés avec la LIOM Sulcoflex. À 3 mois de la chirurgie, 94 % des yeux ont une acuité visuelle de loin sans correction (AVSCL) de 0.1 logMAR (0,8 en décimale). 66 % des yeux ont une acuité visuelle sans correction de près (AVSCP) équivalente à Parinaud 2 [6].

En 2009, Georg Gerten évalue les résultats de l'Add-on multifocal diffractif. L'AVSCL en monoculaire est de 0.10 logMAR (0,80 en décimale). L'AVSCP en monoculaire est équivalente à Parinaud 2.

Il n'y a à ce jour aucune publication concernant l'implant Reverso. Nous avons mené une étude prospective bicentrique entre le CHU de Toulouse (F. Malecaze) et le Centre Hélios Ophtalmologie (L. Gauthier). Dans cette étude actuellement en soumission, 54 yeux ont été inclus. À 2 mois, l'AVSCL était en moyenne de 0.13 logMAR (0,8 en décimale). L'AVSCP était de 0.20 logMar (P2-P3 selon l'échelle de Parinaud).

Il n'y a pas eu de cas d'explantation. Il n'y pas eu de cas d'opacification interlenticulaire, ni de complications spécifiques dues à la présence dans le sulcus de l'implant additionnel (dispersion pigmentaire, glaucome, capture irienne, perte de profondeur de la chambre antérieure). Un contrôle d'imagerie UBM à 18 mois (*fig. 3*) a permis de mettre en évidence le bon espacement des 2 LIO et a confirmé la stabilité de l'implant Reverso sans fragilisation zonulaire. Il faut noter une fibrose périphérique mise en évidence chez certains patients.

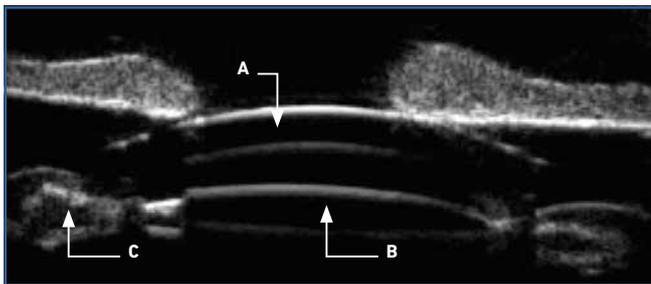


Fig. 3 : Image UBM.
A : Optique de grand diamètre de la LIO.
B : Absence de contact central avec la LIO monofocale dans le sac capsulaire.
C : Fibrose capsulaire.

2. Études comparatives entre implants multifocaux conventionnels et en *Piggy back*

L'équipe de Schreckner a mené plusieurs études pour comparer ces deux types d'implants [7,8]. Les résultats sur les acuités visuelles de loin, intermédiaire et de près et la qualité de vision sont comparables, ce qui est cohérent car les principes optiques de multifocalité sont identiques.

■ Conclusion

L'utilisation de LIOM en *Piggy back* est une option intéressante, dans le domaine de la compensation de la presbytie lors de la chirurgie de la cataracte. Cette procédure offre des

avantages particuliers tel qu'un acte chirurgical mini-invasif, une réversibilité aisée et une implantation secondaire possible à distance de l'acte chirurgical initial.

Les nouvelles LIOM additionnelles donnent des résultats en termes d'acuité visuelle et de qualité de vision qui sont comparables à ceux des LIOM classiques.

Si les avantages d'une implantation secondaire semblent évidents (erreur réfractive, correction de la presbytie du pseudophaque), l'implantation en *Piggy back* d'une LIOM en première intention est un nouveau concept qui doit trouver sa place. La réversibilité de sa procédure est alors un avantage indéniable, rendant aisée une éventuelle explantation. Il est d'autant plus intéressant que les controverses concernant les LIOM persistent. Ainsi, il permet d'élargir la population souvent restreinte de patients auxquels la multifocalité est proposée.

Un recul à plus long terme de ces implants est nécessaire pour confirmer leur bonne tolérance.

Bibliographie

1. PACKER M, CHU YR, WALTZ KL *et al.* Evaluation of the aspheric tecnis multifocal intraocular lens: one-year results from the first cohort of the food and drug administration clinical trial. *Am J Ophthalmol*, 2010;149:577-584.
2. DE VRIES NE, WEBERS CAB, TOUWSLAGER WRH *et al.* Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:859-865.
3. WOODWARD MA, RANDLEMAN JB, STULTING RD. Dissatisfaction after multifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:992-997.
4. SHUGAR JK, KEELER S. Interpseudophakos intraocular lens surface opacification as a late complication of piggyback acrylic posterior chamber lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2000;26:448-455.
5. ABELA-FORMANEK C, AMON M, SCHILD G *et al.* Uveal and capsular biocompatibility of hydrophilic acrylic, hydrophobic acrylic, and silicone intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2002;28:50-61.
6. SCHRECKER J, BLASS S, LANGENBUCHER A. Silicone-diffractive versus acrylic-refractive supplementary iols: visual performance and manual handling. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995, 2014;30:41-48.
7. SCHRECKER J, FEITH A, LANGENBUCHER A. Comparison of additional pseudophakic multifocal lenses and multifocal intraocular lens in the capsular bag. *Br J Ophthalmol*, 2014;98:915-919.
8. SCHRECKER J, KROEBER S, EPPIG T *et al.* Additional multifocal sulcus-based intraocular lens: alternative to multifocal intraocular lens in the capsular bag. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:548-555.

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



L. GAUTHIER-FOURNET
Espace Hélios, Layatz II, SAINT-JEAN-DE-LUZ.
docteurgauthier@ophtaluz.com

Le Piggy back : principes techniques et indications

Le *Piggy back* consiste à placer chez un sujet pseudo-phaque une deuxième lentille intraoculaire.

Cette technique avait été initialement utilisée pour compenser l'absence d'implant de très forte puissance lors de la chirurgie de la cataracte d'hypermétropes très forts et en espérant diminuer les aberrations de sphéricité par la répartition sur 2 implants de cette forte puissance.

L'arrivée d'implant de forte puissance asphériques a rendu cette indication marginale au profit d'indications d'amétropie résiduelle post chirurgie de la cataracte et de demande de multifocalité [1, 2].

Cette technique, initiée dans le début des années 2000, n'a pas été initialement dépourvue de complications en raison de l'inadéquation des implants utilisés ainsi que de la technique opératoire.

Les principaux problèmes initialement constatés sont les suivants :

- **le développement de membranules** entre les deux implants a été constaté lorsque les deux implants étaient mis dans le sac et encore plus fréquemment lorsque les deux lentilles intraoculaires étaient constituées du même matériau [3, 4]. Les techniques opératoires modernes préconisent l'implantation de deux implants, un dans le sac et le second dans le sulcus (*fig. 1*). On ne décrit aujourd'hui plus de membranules interlenticulaires si ces conditions sont respectées ;
- **le blocage et la capture pupillaire** : ils étaient eux aussi liés à l'utilisation de lentille de sulcus conventionnelle, ces phénomènes disparaissant avec des implants spécifiques de grand diamètre et avec angulation postérieure [5] ;
- **la dispersion pigmentaire** avec parfois augmentation de la pression intraoculaire était liée à la pose d'implants dans

le sulcus non spécifiquement conçus pour cette indication, avec un frottement entre la face antérieure de l'implant placé dans le sulcus et l'épithélium pigmentaire de l'iris [6, 7]. L'utilisation de lentille intraoculaire de géométrie adaptée au *Piggy back* permet d'éviter ce problème.

■ Technique opératoire

1. Le *Piggy Back* de deuxième intention

L'implantation de la deuxième lentille intraoculaire est réalisée à distance de l'intervention initiale de phacoexérèse avec pose du premier implant dans le sac, un délai minimal d'un mois étant en général respecté entre l'implantation initiale et l'implantation secondaire. Idéalement, l'incision de la plus petite taille possible est réalisée pouvant, pour certains implants, être limitée à 1,8 mm (implant hydrophile monobloc) mais pouvant aller jusqu'à 3,5 mm pour certains implants, en particulier ceux en silicone avec anses

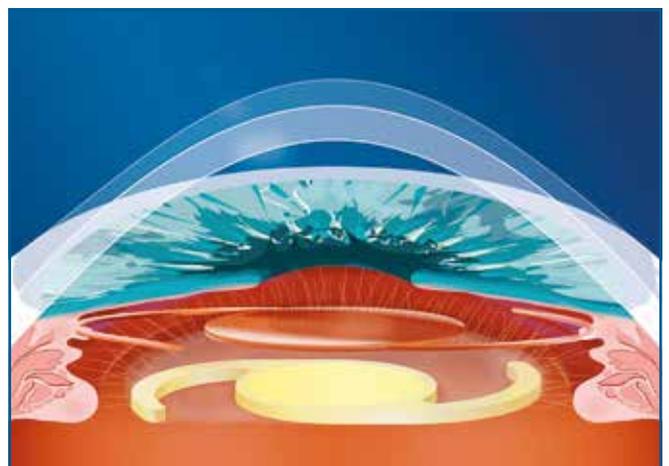


Fig. 1 : Le principe de *Piggy back*.

rapportées. La pupille aura été préalablement dilatée en utilisant la tropicamide et la néosynéphrine. Une bonne dilatation stable est souhaitable car le resserrement pupillaire est fréquent en peropératoire chez ces patients pseudophaques où les contacts iriens sont la règle pendant l'implantation.

Un produit viscoélastique dispersif sera utilisé pour restituer les espaces intraoculaires. On se méfiera d'un excès de produit visqueux pouvant favoriser par hyperpression une hernie de l'iris peropératoire toujours difficile à réincorporer et pouvant générer des atrophies sectorielles de l'iris, source d'éventuels préjudices esthétiques et/ou photophobie, en particulier sur des iris clairs.

L'implant sera ensuite idéalement injecté (parfois introduit à la pince en cas d'implant silicone) et glissé en rotation dans le sulcus. Une rotation est, en général, nécessaire pour glisser l'haptique proximale sous l'iris. Cette rotation devra être, d'au moins 180 degrés, afin de s'assurer qu'aucune haptique du nouvel implant ne vienne prendre appui sur la base de l'iris, ce qui se manifesterait par une ovalisation pupillaire peropératoire.

L'anesthésie topique pure n'est, en général, pas conseillée en raison du frottement de l'haptique sur les corps ciliaires générateurs d'une sensation douloureuse. L'anesthésie topique associée à l'injection intracaméculaire de xylocaïne sans conservateur permet de pallier cette difficulté.

Toute rotation antihoraire doit être évitée afin de ne pas léser par l'extrémité de l'haptique les fibres zonulaires. De la même manière, seront exclus de cette procédure les yeux à fragilité zonulaire potentielle.

Le lavage du visqueux sera réalisé en irrigation aspiration mécanique en prenant soin d'aspirer ce dernier entre les deux implants et dans la chambre antérieure. L'utilisation, parfois un peu généreuse, du produit viscoélastique doit rendre soigneuse cette phase au risque de la survenue d'une hypertonie postopératoire immédiate.

L'injection intracaméculaire d'un produit myotique sera, en général, réalisée afin d'une part, de vérifier par la constatation d'une pupille ronde la liberté des haptiques par rapport à la base de l'iris et d'autre part, d'éviter une capture pupillaire postopératoire immédiate pouvant être liée à une hypotémie par défaut d'étanchéité de l'incision. L'injection intracaméculaire d'antibiotique répondra à la même logique que l'injection réalisée dans le cadre de la chirurgie de la cataracte.

2. Le Piggy back de première intention

Dans le cadre de volonté de réversibilité d'une multifocalité portée par l'implant *Piggy back*, celui-ci pourra être implanté dans le même temps opératoire que la chirurgie de la cataracte avec pose d'implant dans le sac.

Les mêmes précautions que dans le cadre de la chirurgie secondaire quant à l'anesthésie intracaméculaire et la gestion du visqueux seront prises. Une précaution particulière sera prise quant à la dilatation préopératoire, la double implantation étant génératrice d'un myosis peropératoire. Le myotique intracaméculaire ainsi que l'injection d'antibiotique seront aussi utilisés.

II Le postopératoire

Il est, en général, peu différent du postopératoire d'une cataracte conventionnelle, avec une attention particulière au contrôle de la tension intraoculaire postopératoire immédiate. Un traitement associant corticoïdes et anti-inflammatoires non stéroïdiens est recommandé ; ces derniers ayant pour but de limiter la fréquence des œdèmes maculaires cystoïdes dont on sait qu'elle est plus importante en cas de chirurgie secondaire et ce, d'autant plus que la capsulotomie Yag aurait déjà été réalisée.

Le centrage de l'implant sera vérifié dès le premier jour car il constitue l'élément essentiel du contrôle postopératoire. Selon le type d'implant, certains décentrement mineurs ont pu être retrouvés, en général, sans conséquence fonctionnelle notable. Selon la conception de l'implant, celui-ci pourra soit être iconographié sans contact entre les deux implants, soit avec un contact périphérique entre l'implant du sulcus et du sac.

1. Les principaux implants disponibles

Trois principaux implants spécifiquement conçus pour le *Piggy back* sont couramment disponibles :

>>> Le Add-On de la société Human Optics (fig. 2)

Il s'agit d'un implant silicone de 6 ou 7 mm de diamètre avec des anses rapportées en C sans angulation.

Cet implant existe :

- en version monofocale sphérique ;
- en version monofocale torique ;
- en version multifocale : implant diffractif.



Fig. 2 : L'implant Add on (Human Optics).

Ces lentilles sont implantées par des incisions de 3,5 mm minimum, l'implant est plié à la pince. [5].

>>> **Le Sulcoflex de la société Rayner (fig. 3)**

Il s'agit d'un implant hydrophile monobloc avec anses en C, d'un diamètre total de 14 mm et d'un diamètre optique de 6,5 mm. Il est angulé à 10°.

Cet implant existe :

- en version monofocale sphérique ;
- en version monofocale torique ;
- en version multifocale : implant réfractif circulaire concentrique.

Ces lentilles peuvent être implantées par des incisions de 2,5 mm [8, 9].



Fig. 3 : L'implant Sulcoflex (Rayner).

>>> **Le REVERSO de la société Cristalens**

Il s'agit d'un implant hydrophile monobloc avec anses en C d'un diamètre total de 13,8 mm, d'un diamètre optique de 6,5 mm tronqué et d'une angulation postérieure de 10° (fig. 4).

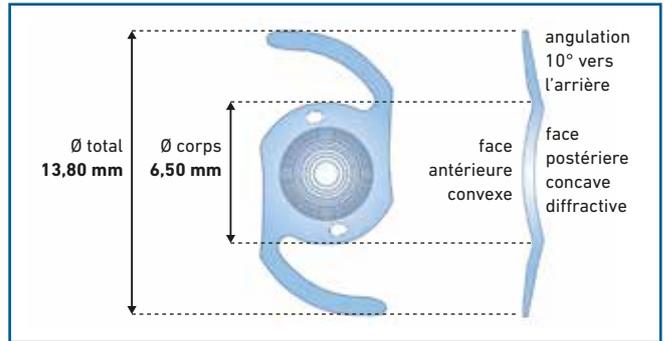


Fig. 4 : La conception de l'implant REVERSO.

Cet implant est en contact sur la périphérie avec l'implant dans le sac, il n'est pas en contact dans sa partie centrale (fig. 5). Deux trous réalisés à la périphérie de l'optique permettent la circulation d'humeur aqueuse entre les deux implants et évitent la formation d'un compartiment isolé entre les deux implants (fig. 6).

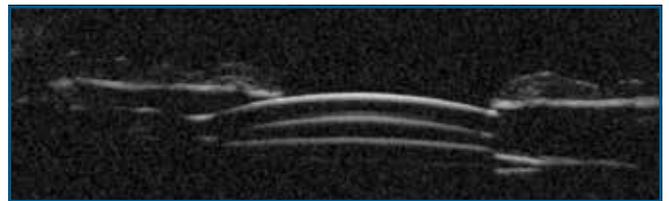


Fig. 5 : L'ubm REVERSO sans contact entre les 2 implants.

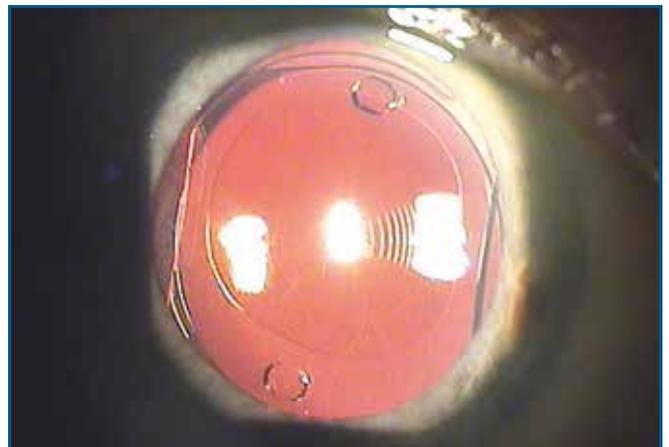


Fig. 6 : Le REVERSO intraoculaire.

Cet implant est multifocal diffractif apodisé avec une addition standard de 3 dioptries et sur demande : + 1.50 D / + 2.00 D / + 2.50 D / + 3.50 D.

Il est implantable par une incision de 1,8 mm.

2. Les indications

>>> La correction des erreurs réfractives après chirurgie de la cataracte

L'emmétropie est l'un des challenges majeurs de la chirurgie de la cataracte. Toutefois, celui-ci n'est pas toujours atteint en raison d'erreurs de biométrie préopératoire, de difficultés à appréhender l'exacte position de l'implant (ELP) ou, hélas, parfois d'erreurs dans la gestion des patients en périopératoire.

La chirurgie cornéenne sera très souvent préférée sur les faibles amétropies résiduelles si la cornée le permet.

En cas d'amétropie plus importante, le *Piggy back* permettra de corriger sans limite potentielle ces erreurs réfractives. Il sera, en général, beaucoup plus simple à réaliser qu'une explantation toujours plus périlleuse en raison du risque de rupture capsulaire et de désinsertion zonulaire. En cas d'explantation, il est souvent difficile de garder la taille d'incision initiale.

Certaines équipes proposent même ces implantations pour des amétropies à partir de 1 dioptrie. Le délai entre la chirurgie initiale et l'implantation secondaire devant être au moins d'un mois afin de s'assurer de la stabilité réfractive du premier implant.

La puissance de l'implant posé pourra être calculée selon diverses formules : les formules de Holladay II, le site du Dr Hill, les différents sites des fabricants d'implants.

Différentes séries publiées attestent de la performance en termes de prédictibilité et de sécurité de ce type de procédure qui doit faire partie intégrante de l'arsenal thérapeutique normal de tout chirurgien de la cataracte.

L'implant *Piggy back* peut également être torique, ce qui permet de corriger des astigmatismes pouvant être de très forts degrés. La stabilité rotationnelle de ces implants est bien sûr le problème fondamental. La potentialité correctrice de ces implants toriques est très importante mais la précision et la reproductibilité des chirurgies cornéennes ont rendu ses indications assez rares. Certaines séries publiées, en particulier, dans le cadre du traitement chirurgical de l'astigmatisme post

greffe de cornée, montrent des résultats intéressants mais irréguliers, parfois difficilement analysables sur ce type de terrain.

>>> La multifocalité secondaire

Différentes situations peuvent être rencontrées :

- La pseudophakie bilatérale emmétrope avec implant monofocal.

Il s'agit du cas où l'exigence de perfection est la plus importante. On pourra prévenir le patient qu'il peut avoir une discrète baisse de sensibilité au contraste de loin par rapport à sa situation antérieure. L'implant multifocal posé aura une puissance nulle en vision de loin, ce qui en rend son calcul d'autant plus facile.

- La pseudophakie bilatérale avec amétropie résiduelle et implant monofocal.

Il s'agit de l'indication la plus aisée et ce d'autant plus qu'il existe une petite hypermétropie résiduelle. En effet, cette dernière étant corrigée par l'implant *Piggy back*, les visions de loin et de près seront considérablement améliorées. Le patient sera alors gagnant dans tous les compartiments de son spectre visuel. Le calcul de la puissance de ces implants, en général, de très faible importance n'est pas source d'erreur réfractive significative. Des calculateurs sont mis à disposition par les fabricants et les sociétés savantes. Ils prennent en compte, outre certaines valeurs biométriques, l'amétropie résiduelle.

- La pseudophakie unilatérale monofocale avec nécessité d'opérer le deuxième œil de la cataracte.

On voit régulièrement des patients déjà opérés du premier œil de la cataracte désirant bénéficier, sur le deuxième côté, d'un implant multifocal. Jusqu'à présent, dans la plupart des cas, le chirurgien explique au patient que le même type d'implant devant être posé des deux côtés, il ne pourra pas bénéficier d'un implant multifocal sur sa deuxième chirurgie.

Cela n'est plus vrai puisqu'il suffira d'implanter en *Piggy back* sur le premier œil un implant multifocal corrigeant éventuellement une amétropie résiduelle, le second œil pourra ainsi bénéficier d'une chirurgie multifocale conventionnelle.

L'ordre des chirurgies (*Piggy back* du premier œil et chirurgie de la cataracte avec implant multifocal du deuxième œil) sera laissé à la discrétion du chirurgien.

Dans le cas d'un astigmatisme résiduel post pseudophakie monofocale, l'implantation d'un implant torique multifocal pourra être logique mais la disponibilité de tels implants est très faible et leur stabilité rotationnelle encore peu documentée [10, 11].

C'est la raison pour laquelle, une chirurgie cornéenne de type, en particulier, LASIK, pourra être réalisée après le *Piggy back* afin de corriger l'astigmatisme résiduel et une éventuelle amétropie sphérique réalisant ainsi un "tri-optique" élégant et efficace. Dans ce cas là, une myopisation du *Piggy back* sera recherchée car les astigmatismes myopiques sont encore plus facilement corrigés par les plateformes lasers disponibles.

>>> Le *Piggy back* multifocal de première intention : la réversibilité

Certains chirurgiens sont parfois réticents à utiliser des implants multifocaux en raison :

- du risque d'insatisfaction d'un patient qui ne s'accoutume pas à un système intraoculaire multifocal et ce, sans que cet évènement puisse être prédit.
- du risque d'évolution d'une pathologie oculaire intercurrente rendant peu souhaitable la présence d'un dispositif optique multifocal. C'est le cas de la cataracte du diabétique jeune qui est, par principe, intéressé par la multifocalité mais où la crainte de l'apparition d'une rétinopathie diabétique pousse à n'utiliser que des implants multifocaux. La pose dans le même temps opératoire d'un implant dans le sac et d'un *Piggy back* multifocal de puissance nulle permettra, en cas d'apparition lointaine d'une rétinopathie diabétique, d'explanter facilement cet implant de sulcus afin de revenir à une situation monofocale préférable dans ces situations ;
- en cas d'apparition de DMLA, l'explantation du *Piggy back* multifocal sera là aussi facile et bénéfique quant aux performances visuelles de ce type de patient.

■ Conclusion

La correction des amétropies post chirurgie de la cataracte reste la principale indication. Le droit aux remords, quant à l'absence multifocalité chez le pseudophaque, existe ; des implants spécialement conçus permettent quasiment de bénéficier des caractéristiques optiques multifocales des implants de sac de dernière génération. La réversibilité de ces implantations *Piggy back* peut également être intéressante chez une population potentiellement exposée à des désordres neurosensoriels ultérieurs, maculaires en particulier.

Bibliographie

1. GERTEN G, KERMANI O, SCHMIEDT K *et al.* Dual intraocular lens implantation: monofocal lens in the bag and additional diffractive multifocal lens in the sulcus. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:2136-2143.
2. KAHRAMAN G, AMON M. New supplementary intraocular lens for refractive enhancement in pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg*, 2010;36:1090-1094.
3. WERNER L, APPLE DJ, PANDEY SK *et al.* Analysis of elements of interlenticular opacification. *Am J Ophthalmol*, 2002;133:320-326.
4. WERNER L, SHUGAR JK, APPLE DJ *et al.* Opacification of piggyback IOLs associated with an amorphous material attached to interlenticular surfaces. *J Cataract Refract Surg*, 2000;26:1612-1619.
5. KIM SK, LANCIANO RC, SULEWSKI ME. Pupillary block glaucoma associated with a secondary piggyback intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 2007;33:1813-1814.
6. CHANG SHL, LIM G. Secondary pigmentary glaucoma associated with piggyback intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2004;30:2219-2222.
7. CHANG WH, WERNER L, FRY LL *et al.* Pigmentary dispersion syndrome with a secondary piggyback 3-piece hydrophobic acrylic lens: case report with clinicopathological correlation. *J Cataract Refract Surg*, 2007;33:1106-1109.
8. FALZON K, STEWART OG. Correction of undesirable pseudophakic refractive error with the Sulcoflex intraocular lens. *J Refract Surg*, 2012;28:614-619.
9. KHAN MI, MUHTASEB M. Performance of the Sulcoflex piggyback intraocular lens in pseudophakic patients. *J Refract Surg*, 2011;27:693-696.
10. RABSILBER TM, KRETZ FTA, HOLZER MP *et al.* Bilateral implantation of toric multifocal additive intraocular lenses in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:1495-1498.
11. THOMAS BC, AUFFARTH GU, REITER J *et al.* Implantation of Three-Piece Silicone Toric Additive IOLs in Challenging Clinical Cases with high astigmatism. *J Refract Surg*, 2012;29:187-193.

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

A. HAGEGE¹, O. CASADESSUS²

¹ Ophtalmologiste, Centre Laser Victor Hugo, PARIS,
alain@dr-hagege.com

² Ingénieur, Centre Laser Victor Hugo, PARIS.

Montrer la multifocalité : les nouvelles technologies au service de la simulation préopératoire

Bien que faisant partie du paysage de la chirurgie oculaire depuis plusieurs dizaines d'années, les solutions multifocales compensant l'absence d'accommodation [1] (chirurgies de la cataracte ou de la presbytie) ont jusqu'à présent souffert du manque de moyens pour montrer l'effet du traitement au patient. À l'occasion de la sortie récente ou imminente de plusieurs instruments conçus pour combler cette lacune, en offrant une simulation visuelle préopératoire, nous dressons ici un état des lieux des technologies employées à cet effet.

■ Introduction : problèmes posés par la chirurgie multifocale lors de la consultation préopératoire

Quel chirurgien effectuerait une chirurgie réfractive sans avoir testé au préalable la vision de son patient à l'aide de verres d'essai ? Ce test a le double rôle de présenter au patient la vision qu'il obtiendra une fois l'opération effectuée, mais aussi et surtout de permettre au chirurgien de paramétrer précisément son intervention et assurer l'obtention d'un résultat optimal. Il existe pourtant une classe de chirurgie réfractive pour laquelle cette étape apparemment élémentaire et incontournable est omise : la compensation multifocale du défaut d'accommodation.

Qu'il s'agisse de la pose d'implants intraoculaires ou intracornéens, d'un remodelage cornéen par réalisation d'incisions intrastromales ou par ablation de surface avec un laser Excimer, le chirurgien applique un traitement sans avoir la possibilité d'en montrer réellement les effets au patient avant de l'opérer. Ceci pose une double contrainte au praticien : le besoin d'expliquer au patient comment sera sa vision (ainsi que les éventuels compromis auxquels il devra consentir), mais aussi l'impossibilité de paramétrer finement sa chirurgie.

Les traitements multifocaux ont pour la plupart largement démontré leur efficacité, et le taux d'acceptation *a posteriori* est généralement très bon. Mais c'est bien là que le problème réside : ces résultats ne peuvent être attestés qu'après la chirurgie. Il en résulte la nécessité d'une évaluation fine des besoins visuels du patient mais aussi de son profil comportemental pour anticiper quelle solution pourrait lui convenir le mieux, et surtout s'il saura la supporter ! Cette étape est évidemment chronophage et suppose une sélection drastique des patients, quitte à écarter des sujets dont le bilan préopératoire était apparemment défavorable mais qui auraient peut-être été tout à fait satisfaits après la chirurgie.

Par ailleurs, à l'exception des bascules simples ou de la pose d'implants accommodatifs que l'on peut illustrer facilement, il faut employer des moyens détournés pour expliquer au patient quelle sera sa vision en postopératoire. Tandis que l'utilisation de verres d'essai différents en fonction de la distance de vision et/ou des conditions d'éclairage peut être très approximative et source de confusion chez le patient, le port de lentilles multifocales est un processus de test long qui n'est pas systématiquement représentatif de la solution chirurgicale adoptée. Par ailleurs, l'inconfort perçu chez certains sujets peu habitués au port de lentilles est potentiellement rédhibitoire en empêchant le patient de se concentrer pleinement sur l'effet visuel offert par la lentille, et biaisant ainsi son ressenti.

Un instrument agissant à la manière d'un phoroptère et capable de montrer la vision multifocale apporterait un vrai support au chirurgien ophtalmologiste en écartant les différents problèmes mentionnés précédemment, mais aussi en ouvrant la voie à une réelle personnalisation de la chirurgie. Il serait en effet alors possible, à la manière de l'ajustement de la correction sphérique ou cylindrique, de présenter différentes configurations de profils multifocaux et d'ajuster la

correction jusqu'à trouver la combinaison la plus confortable pour le patient.

■ Les instruments de simulation préopératoire

La chirurgie à visée compensatoire de la perte d'accommodation a beaucoup progressé ces dernières années, et les avancées théoriques et technologiques ont permis de mieux comprendre les effets optiques des différents traitements applicables et de les améliorer. En particulier, l'essor de l'optique adaptative dans le milieu ophtalmologique a conduit à de nets progrès dans la compréhension des mécanismes de la vision, mais a aussi posé les fondations de la simulation optique des effets de la multifocalité. Plusieurs instruments découlant de ces différentes recherches sont désormais disponibles sur le marché (ou le seront très prochainement) et sont annonciateurs d'une révolution de l'approche préopératoire des chirurgies multifocales.

1. Instruments reposant sur l'optique adaptative

L'optique adaptative est une technologie reposant sur la captation du front d'onde et de sa correction en temps réel, qui a été initialement développée pour l'imagerie céleste en permettant de s'affranchir des turbulences atmosphériques qui perturbaient la qualité des clichés réalisés. Les éléments principaux d'un instrument d'optique adaptative sont un analyseur de front d'onde (classiquement de type Shack-Hartmann), ainsi qu'un dispositif optique correcteur (miroir déformable ou modulateur spatial de lumière (*Spatial Light Modulator*, SLM)) qui va permettre de compenser les aberrations du front d'onde et le rendre "parfait" en sortie de l'instrument. Son adaptation à l'optique ophtalmologique remonte de manière effective au milieu des années 1990 [2], et a connu dès lors un développement technologique continu. Outre son application à la simulation visuelle, qui nous intéresse ici, l'optique adaptative est aussi utilisée pour l'obtention d'images hautement résolues de la rétine ainsi que pour l'étude intensive du système visuel [3].

>>> Le crx1 (Imagine Eyes, Orsay, France)

Le crx1 (*fig. 1*), développé par la société française Imagine Eyes, est le premier instrument d'optique adaptative introduit sur le marché ophtalmologique, et ce dès l'année 2006.

Il permet la caractérisation et la correction du front d'onde oculaire grâce à l'intégration d'un aberromètre Shack-Hartmann et d'un miroir déformable de haute performance. La forme



Fig. 1 : crx1 (Image aimablement fournie par Imagine Eyes).

de ce dernier est contrôlée par 52 actionneurs magnétiques et réalise la correction des défauts sphériques, cylindriques ainsi qu'une reproduction précise des aberrations exprimées sous forme de polynômes de Zernike jusqu'au 5^e ordre [4]. Le crx1 est capable d'opérer en boucle fermée (le front d'onde oculaire est mesuré et corrigé en temps réel) ou ouverte (une fois le front d'onde mesuré pour le caractériser, une correction statique est ensuite appliquée), et inclut un *eye-tracker* assurant le positionnement correct du motif aberrométrique dans le plan pupillaire [5].

L'instrument a été conçu pour permettre un large panel d'applications, d'où le choix d'une configuration logicielle très ouverte mais par conséquent réservée à l'utilisateur initié. L'instrument n'est actuellement plus proposé en catalogue, mais reste disponible sur demande et pourra bénéficier du support d'Imagine Eyes pour l'adapter à des besoins applicatifs spécifiques. Par ailleurs, la société concevant elle-même les différents éléments d'optique adaptative intégrés à l'instrument, celui-ci bénéficie de l'intégration des dernières versions en date.

>>> Le VAO (Voptica, Murcia, Espagne)

Le VAO (*Visual Adaptive Optics*) (*fig. 2*) est développé par la société Voptica, *spin-off* du Laboratoire d'Optique de l'Université de Murcia. Elle bénéficie de l'expérience de ce



Fig. 2 : VAO (Image extraite de <http://www.voptica.com/>).

laboratoire dans le domaine des sciences de la vision, qui a notamment développé le premier simulateur de vision basé sur l'optique adaptative [6].

Le VAO inclut un aberromètre de type Shack-Hartmann et un modulateur spatial de lumière reposant sur la technologie LCoS (*Liquid Crystal on Silicon*) [7]. Cette technologie consiste en une couche de cristaux liquides déposée sur un substrat de silicium, et dont les propriétés optiques (en particulier l'indice de réfraction effectif) sont contrôlées localement par le champ électrique délivré par une matrice d'électrodes en aluminium. Contrairement au miroir déformable qui ne peut être modifié que de façon régulière (la membrane du miroir se déforme continuellement), la technologie LCoS permet aussi de créer des motifs aberrométriques discontinus.

Tandis que l'aberromètre intégré caractérise le front d'onde oculaire et calcule une réfraction objective, la technologie d'optique adaptative permet de mesurer la réfraction subjective en modifiant les composantes d'ordre inférieur du front d'onde (corrigeant donc la sphère et le cylindre) en fonction du ressenti du patient jugeant de la netteté d'une cible affichée par un écran intégré dans l'appareil. Les aberrations du patient peuvent être aussi corrigées totalement, partiellement, ou bien un motif aberrométrique prédéfini peut lui être présenté par le renseignement dans le logiciel des coefficients de Zernike définissant ce motif ou sous forme d'un fichier ".csv".

Cet instrument a été spécialement développé pour la simulation visuelle, et bénéficie du marquage CE depuis la fin de l'année 2016. Ses applications principales sont ainsi la réalisation de bilans réfractifs, la prévisualisation de solutions

multifocales, mais aussi le test clinique pour le développement de nouvelles solutions de correction.

2. Autres technologies

Bien que les prix évoluent progressivement à la baisse, le coût d'une chaîne d'optique adaptative mais aussi son encombrement empêchent d'envisager, à l'heure actuelle, une solution binoculaire commercialisable. De plus, la technologie actuelle est limitée par des éléments optiques fonctionnant en réflexion, ce qui empêche une configuration en champ ouvert et limite la vision de cibles projetées sur un écran à des champs angulaires faibles (typiquement de l'ordre de 2 à 3°).

Les dispositifs présentés ci-après utilisent des technologies permettant de s'affranchir de ces différentes contraintes. Reposant sur des optiques transparentes, il est possible de voir directement au travers l'environnement sur des ouvertures angulaires de 20 à 30°. Par ailleurs, elles n'incluent pas d'aberromètre, partant du constat que les corrections multifocales actuelles consistent en l'application d'un profil optique (au moyen d'une ablation ou inscrit sur un implant) qui ne dépend pas *a priori* du front d'onde oculaire du patient. Cet allègement permet d'envisager une simulation binoculaire, plus adaptée à la réalité des corrections chirurgicales existantes qui incluent généralement une part de (micro-)monovision.

>>> Le VisionFit (Adaptica, Padoue, Italie)

La société Adaptica, *spin-off* de l'Université de Padoue, était initialement spécialisée dans le domaine de l'optique adaptative en application à l'industrie et à l'astronomie, avant de développer des solutions à destination du marché ophtalmologique. Elle a notamment développé le VisionFit (*fig. 3*) qui est un phoroptère portable se présentant sous la forme d'une monture d'essai à oculaires électroniques, reliée à une console de commande à distance.

La monture permet au patient de bouger la tête librement et de regarder l'environnement alentour. Chaque oculaire est constitué de 3 optiques juxtaposées : une lentille déformable qui contrôle la correction sphérique, deux lentilles cylindriques rotatives pour la correction de l'astigmatisme et enfin un dernier élément pouvant contrôler les aberrations de haut ordre. Il s'agit d'une lentille constituée d'un liquide emplissant l'espace séparant une membrane déformable d'une paroi de verre sur laquelle sont répartis 32 actionneurs transparents. La lentille aberrométrique du VisionFit est pour l'heure capable d'introduire de façon indépendante des quantités



Fig. 3 : En haut : la monture d'essai du VisionFit reposant sur la console de commande à distance. En bas : schéma représentant la succession des différents éléments optique de l'oculaire (1) lentille de contrôle de la sphère (2) lentille de contrôle de l'astigmatisme (3) lentille aberrométrique. Images extraites de <http://www.adaptica.com/>.

contrôlées d'aberration sphérique, de coma, de trefoil ou d'astigmatisme secondaire. Toutefois, de futures améliorations visent à permettre la génération de combinaisons de ces aberrations sur des amplitudes plus importantes (1 µm RMS contre 0,3 sur la version actuelle). Notons aussi que la partie logicielle pilotant cette lentille n'est encore qu'au début de son développement et sera grandement améliorée lors des prochaines mises à jour.

Pour terminer, nous mentionnerons l'existence d'une version VisionFit SC dont le casque sans fil n'autorise que le contrôle de la sphère et du cylindre, pilotables à l'aide d'une tablette.

Gageons que ces améliorations (suppression de la connexion filaire et contrôle logiciel par tablette) seront aussi implémentées sur la version permettant le contrôle des aberrations.

>>> Le SimVis (2EyesVision, Madrid, Espagne)

La stratégie adoptée par la société 2EyesVision, issue du Laboratoire d'Optique de la Vision et de Biophotonique (VioBioLab) de l'Institut d'Optique du CSIC, diffère des solutions vues précédemment qui s'attachaient à moduler spatialement le front d'onde lumineux. Le SimVis (*Simultaneous Vision*) (**fig. 4**), se présentant sous la forme d'un casque et dont le lancement est prévu à l'orée de la conférence de l'ES-CRS 2017, utilise le multiplexage temporel pour simuler un comportement optique multifocal.

La technologie du multiplexage temporel du SimVis repose sur une lentille à focale variable [8]. Le dispositif permet de simuler plusieurs profils multifocaux préenregistrés. Ces profils ont été préalablement analysés de façon à être convertis en séquences temporelles répartissant l'énergie lumineuse entre différents foyers, chaque foyer étant maintenu pendant un temps adéquat. Par exemple, pour simuler un profil bifocal 50/50, la focale de la lentille sera la moitié du temps fixée sur le premier foyer de vision, et l'autre moitié du temps sur le second foyer. La fréquence de répétition du cycle de la série de foyers permettant d'imiter le comportement multifocal est supérieure à 40Hz et par conséquent suffisamment élevée pour que le cerveau fasse une sommation des différentes intensités lumineuses perçues et superpose la vision issue des différents foyers [9].

Plusieurs types de profils multifocaux, diffractifs, réfractifs ou à profondeur de focalisation étendue, ont pu être simulés [10] et les premiers résultats cliniques comparant le SimVis



Fig. 4 : SimVis. Image extraite de <http://www.2eyesvision.com/>.

à des solutions multifocales réelles seront présentés lors des prochaines conventions de l'ARVO et de l'ESCRS.

■ Perspectives et voies d'amélioration

Après de longues années sans possibilité de montrer véritablement au patient ce qu'est la multifocalité (lentilles mises à part), le crx1, le VAO, le VisionFit et le SimVis ouvrent enfin la voie à la simulation préopératoire et représentent la première génération d'une nouvelle catégorie d'instruments de diagnostic. Toutefois, bien qu'un premier grand pas ait été franchi, plusieurs problématiques restent encore à éclaircir et certains obstacles doivent encore être dépassés.

La première de ces thématiques est la fidélité de la simulation. Il a été montré récemment que les simulations offertes par optique adaptative permettent de reproduire correctement le comportement optique de verres multifocaux réfractifs réels [11]. Il faudra bien entendu poursuivre de telles comparaisons avec d'autres types de profils multifocaux et pour les différentes technologies. Un instrument de simulation ne sera ensuite vraiment utile que si les simulations qu'il offre sont similaires aux profils optiques des différentes solutions multifocales existantes sur le marché. Ceci suppose que ces solutions aient pu être caractérisées complètement et/ou que les laboratoires à l'origine de ces corrections aient accepté de partager de telles informations avec les fabricants des instruments de simulation.

Mais la connaissance du profil optique de la correction est-elle suffisante? *A priori* non, car plusieurs autres facteurs peuvent intervenir lors de la réalisation chirurgicale et influenceront le résultat postopératoire. Nous pourrions citer à titre d'exemples la biomécanique cornéenne après réalisation d'une ablation Excimer, ou le positionnement réel d'un implant dans le sac capsulaire après phacoémulsification. Ces différents facteurs doivent être aussi caractérisés pour améliorer la précision des simulations.

Un autre point d'intérêt est le positionnement spatial de la simulation. Pour expliciter cela, prenons le cas spécifique de l'optique adaptative, qui repose sur la correction du front d'onde à partir de la mesure de ce dernier. La mesure aberrométrique est effectuée dans le plan pupillaire, et il faut donc vérifier que la correction soit par la suite assurée dans ce plan, en contrôlant l'alignement de l'axe optique de l'instrument avec la pupille. Tout d'abord, il faudra recalculer le front d'onde (ou son équivalent, selon la technologie de simulation

utilisée) associé à la correction simulée dans le plan de projection de la simulation, à savoir le plan pupillaire pour le crx1, le VAO et le SimVis, ou bien le plan des oculaires de la monture d'essai dans le cas du VisionFit. En effet, de façon similaire au recalcul d'une correction sphéro-cylindrique selon que le plan de correction est le plan cornéen (lentilles ou chirurgie Excimer) ou celui des verres (correction par lunettes), les coefficients de Zernike doivent être recalculés selon le plan dans lequel le front d'onde est appliqué [12]. Par ailleurs, l'alignement transversal devra aussi être pris en compte de façon à pouvoir caractériser la tolérance à un éventuel décentrement du motif multifocal mis en place lors de l'exécution chirurgicale (implant ou ablation Excimer...), décentrement qui pourra bien entendu impacter le résultat optique finalement obtenu [13].

La gestion de l'ouverture pupillaire est aussi importante, car la plupart des chirurgies multifocales actuelles utilise la constriction pupillaire comme sélecteur de distance de vision préférentielle. Il faudra dans ce cas recalculer, en fonction de la taille de pupille du patient (ce qui suppose de pouvoir la quantifier, idéalement à l'aide d'un *eye-tracker*), le motif multifocal appliqué lors de la simulation.

On pourra enfin se poser la question de l'efficacité de la simulation chez les sujets atteints de cataracte. Dans un entretien donné au magazine *Ophthalmology Business* [14], Susana Marcos du VioBioLab affirme que le SimVis fonctionne bien chez des patients avec un cristallin opaque, mais une plus grande précision du degré d'opacification admissible et sa caractérisation pour les autres technologies seront bienvenues.

Les problématiques évoquées précédemment sont généralement au moins partiellement prises en compte par chacun des instruments présentés dans cet article, en fonction des forces et des faiblesses de chacune des technologies utilisées. L'avenir résidera probablement dans l'association de plusieurs d'entre elles, comme par exemple l'utilisation simultanée d'une lentille à focale variable et d'un dispositif d'optique adaptative [15]. Chacune de ces technologies pourra aussi être améliorée de façon indépendante, conduisant par exemple à des solutions d'optique adaptative moins encombrantes pour permettre une simulation binoculaire [16], des modulateurs de phase adaptés fonctionnant en transparence et permettant une simulation plein champ, ou bien encore des lentilles à focale variable dont l'asphéricité pourra être aussi contrôlée pour induire des quantités maîtrisées d'aberration sphérique [17]. La technologie de la simulation peut encore beaucoup évoluer, et le fera certainement parallèlement aux techniques

chirurgicales. Nous espérons en effet l'émergence de vraies solutions personnalisées, tenant compte du profil aberrométrique natif de chacun pour optimiser le résultat visuel postopératoire, dont il a été démontré l'impact sur le ressenti subjectif du patient et qui peut différer grandement en fonction du sujet traité [18].

En conclusion, les instruments de simulation préopératoire présents ou sur le point d'apparaître sur le marché permettent d'effectuer un premier grand pas dans la démonstration de la multifocalité et la simplification des consultations préopératoires, mais ils ouvrent surtout la voie à l'émergence de vraies solutions chirurgicales adaptées au profil du patient.

Bibliographie

- HAGÈGE A, CASADESSUS O. Presbytie, effets optiques et stratégies de correction. *Pratiques Ophtalmol*, 2016;10:90-98.
- LIANG J, WILLIAMS DR, MILLER DT. Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics. *J Opt Soc Am A Image Sci Vis*, 1997;14:2884-2892.
- MARCOS S, WERNER JS, BURNS SA *et al.* Vision science and adaptive optics, the state of field. *Vision Res*, 2017;132:3-33.
- FERNANDEZ EJ, VABRE L, HERMANN B *et al.* Adaptive optics with a magnetic deformable mirror: applications in the human eye. *Opt Express*, 2006;14:8900-8917.
- ROCHA KM, VABRE L, HARMS F *et al.* Effects of Zernike wavefront aberrations on visual acuity measured using electromagnetic adaptive optics technology. *J Refract Surg*, 2007;23:953-959.
- FERNANDEZ EJ, MANZANERA S, PIERS P *et al.* Adaptive Optics Visual Simulator. *J Refract Surg*, 2002;18:S634-638.
- FERNANDEZ EJ, PRIETO PM, ARTAL P. Wave-aberration control with a liquid-crystal on silicon (LCOS) spatial phase modulator. *Opt Express*, 2009;17:11013-10325.
- BLUM M, BÜELER M, GRÄTZEL C *et al.* Optotune focus tunable lenses and laser speckle reduction based on electroactive polymers. *Proc. of SPIE*, 2012;8252:825207-1.
- DORRONSORO C, RADHAKRISHNAN A, RAMON J *et al.* Portable simultaneous vision device to simulate multifocal corrections. *Optica*, 2016;3:918-924.
- AKONDI V, DORRONSORO C, GAMBRA E *et al.* Temporal multiplexing and simulation of multifocal intraocular lenses. In *Frontiers in Optics 2016, OSA Technical Digest, FW2A.3*.
- VINAS M, DORRONSORO C, RADHAKRISHNAN A *et al.* Comparison of vision through surface modulated and spatial light modulated multifocal optics. *Biomed Opt Express*, 2017;8:2055-2068.
- DAI G, CAMPBELL CE, CHEN L *et al.* Wavefront propagation from one plane to another with the use of Zernike polynomials and Taylor monomials. *Appl Opt*, 2009;48:477-488.
- BARA S, MANCEBO T, MORENO-BARRIUSO E. Positioning tolerances for phase plates compensating aberrations of the human eye. *Appl Opt*, 2000;39:3413-3420.
- HILLMAN L. Portable device simulated different IOLs before surgery. *Ophthalmol Business*, 2016;25-26.
- PAPADATOU E, DEL AGUILA-CARRASCO AJ, MARIN-FRANCH I *et al.* Temporal multiplexing with adaptive optics for simultaneous vision. *Bio Opt Express*, 2016;7:4102-4113.
- FERNANDEZ EJ, PRIETO PM, ARTAL P. Adaptive optics binocular visual simulator to study stereopsis in the presence of aberrations. *J Opt Soc Am A*, 2010;27:A48-55.
- MISHRA K, MURADE C, CARREEL B *et al.* Optofluidic lens with tunable focal length and asphericity. *Sci Rep*, 2014;4:6378.
- CHEN L, ARTAL P, GUTTIERREZ D *et al.* Neural compensation for the best aberration correction. *J Vis*, 2007;7:1-9.

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



M. TIMSIT
VISYA – Clinique de la Vision, PARIS.
mt@ophthalmologie.fr

Opérer en même temps la myopie et la presbytie

Depuis que l'opération de la myopie est devenue courante, on entend souvent dire aux patients proches de la presbytie ou déjà presbytes qu'il est déconseillé de se faire opérer. Il est exact que, si la myopie est complètement corrigée sur les deux yeux, ces patients ressentiront au-delà de 45 ans le besoin de lunettes pour lire.

Pour retarder cette nécessité, la solution a toujours été la monovision. Elle 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.

Une technique récente, le PresbyLASIK myopique permet de pallier les inconvénients de la monovision en corrigeant à la fois la myopie et la presbytie sur le même œil. Avec cette technique, la vision de près est meilleure qu'avec la monovision et la différence de vision entre les deux yeux n'est plus gênante.

■ Qui peut actuellement bénéficier d'un PresbyLASIK myopique ?

Tous les sujets myopes après 40 ans désirant une opération de la myopie mais ne voulant pas mettre de lunettes pour lire. Il peut s'agir :

- d'un **myope de la quarantaine** ne voulant pas mettre de lunettes pour lire dans un avenir proche. Il lit sans lunettes et désire, bien entendu, conserver cet avantage ;
- d'un **myope de plus de 45 ans déjà presbyte** ne pouvant plus lire confortablement avec ses verres de loin et devant porter des verres progressifs ;
- d'un **myope déjà opéré** dans le jeune âge et devenu presbyte.

Nous allons illustrer ces trois cas de figure très courants par trois cas cliniques.

■ Rappel sur la monovision

La monovision est acceptable chez le sujet jeune, pendant quelques années après le début de la presbytie, mais, la presbytie augmentant, elle va se heurter soit à un problème d'insuffisance de vision de loin ou de vision de près, soit d'inconfort.

Rappelons les impératifs d'une monovision réussie :

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 myopie résiduelle est la mieux supportée en vision binoculaire.

Pour l'œil dominant, la vision de loin ne reposant que sur 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 myopie résiduelle est insuffisante (micromonovision), le résultat sur la presbytie sera décevant ou ne sera pas durable et le sujet devra reporter tôt ou tard des lunettes pour lire. Cette limitation peut rendre la monovision insuffisante pour compenser une presbytie complètement installée chez un myope plus âgé ;
- si la myopie résiduelle est trop importante (vraie monovision), il y aura une différence importante entre les deux yeux pouvant engendrer un inconfort, une fatigue oculaire, une

altération des performances visuelles pour les tâches complexes et la conduite nocturne, une baisse de la vision des contrastes, la décompensation d'une hétérophorie avec divergence possible, une altération du champ visuel, 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.

■ Avantages du PresbyLASIK sur la monovision :

- les deux yeux sont corrigés 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 mi-distance et la lecture ;
- la vision à mi-distance et la vision de près sont meilleures ;
- 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. Il est effectué souvent 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 (halos nocturnes, vision parfois un peu moins contrastée notamment en faible intensité lumineuse).

Chez les patients désirant la meilleure vision possible de loin, deux solutions sont possibles :

>>> Correction de l'œil dominant par un LASIK classique et correction de l'œil dominé par un PresbyLASIK. Il faudra que l'œil dominant soit très bien corrigé en particulier pour l'astigmatisme afin que le patient soit satisfait. Sur l'œil dominé, l'amplitude du PresbyLASIK peut être testée en préopératoire de façon à ne pas nuire à la vision de loin. Si l'amplitude du PresbyLASIK est peu importante (PresbyLASIK à multifocalité modérée), le patient doit être prévenu de l'éventualité d'une réintervention ultérieure en raison de l'évolution de la presbytie. Si l'amplitude du PresbyLASIK est plus importante (PresbyLASIK à multifocalité importante), le résultat en vision de près sera durable.

>>> Correction de l'œil dominant par un PresbyLASIK à multifocalité modérée pour préserver la vision de loin, correction de l'œil dominé par un PresbyLASIK à multifocalité plus importante pour obtenir une bonne profondeur de champ

et une bonne vision de près, qui soit durable dans le temps lorsque la presbytie évolue (associé éventuellement à une légère monovision).

Il faudra alors considérer avec précaution les sujets perfectionnistes, hyper exigeants, aux attentes démesurées (indépendance absolue aux lunettes, qualité de vision parfaite, vision de loin parfaite), non réceptifs à la notion de compromis, et les sujets exposés à des conditions visuelles exigeantes (pilotes, jurisprudence aéronautique, conducteurs professionnels, conducteurs de nuit, métiers ou occupations nécessitant de lire de façon prolongée, travail de haute précision...).

Le but est d'obtenir une autonomie sans l'aide de lunettes à toutes les distances : pour la vision de loin éloignée (conduite, moto), la vision de loin (sports), 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.

■ Déroulement de l'opération

Le PresbyLASIK exige un laser femtoseconde pour la découpe d'un volet cornéen précis, reproductible, large et bien centré (*IntraLase iFS Abbott Medical Optics*) [AMO]. Ensuite est effectué un traitement de la myopie pour la vision de loin, optimisé de façon très précise par un laser excimer de dernière génération, asphérique pour une meilleure qualité de vision. On lui ajoute une zone de traitement hyperprolate au centre de la cornée pour la vision de près. Cette zone très étroite (3 mm), impose un centrage parfait, centré sur la pupille. Le changement de courbure de la cornée permet d'accroître la profondeur de champ en créant une multifocalité cornéenne. On cherche à obtenir une transition progressive entre la zone de correction de loin et la zone de correction de près pour préserver la qualité de vision. La modification de l'asphéricité cornéenne est génératrice d'aberrations de sphéricité négatives (Z400) augmentant la profondeur de champ.

Le chirurgien doit savoir programmer et maîtriser le logiciel approprié car la précision réfractive est fondamentale, beaucoup plus que pour un traitement de myopie conventionnel. Le challenge est d'obtenir l'asphéricité optimale, compromis entre l'amélioration de la vision de près sans dégradation de la vision de loin. Les résultats et leur durabilité dans le temps dépendent beaucoup de son expérience, un retraitement ultérieur en cas de besoin étant possible mais difficile.

■ Observation 1 : le myope de la quarantaine

Ce patient de 41 ans, est myope de -3 D aux deux yeux avec un astigmatisme. Il consulte en vue d'une opération de sa myopie. Il ne souhaite pas avoir à porter de lunettes pour lire dans quelques années. Nous avons donc opté pour un traitement

monofocal sur l'œil droit dominant chez ce sujet actif désireux d'obtenir la meilleure vision possible de loin. Sur l'œil gauche dominé, un PresbyLASIK a été effectué. Une semaine après l'opération les objectifs sont totalement réalisés. Les deux yeux sont parfaitement corrigés de loin et de près, l'œil droit a une acuité visuelle de 20/10 P2, l'œil gauche a une acuité visuelle de 10/10 P1,5. Avec les deux yeux, la qualité de vision est excellente. La vision des contrastes, des couleurs et la vision nocturne sont très bonnes. La vision de près est excellente. L'équilibre entre les deux yeux est très satisfaisant. La satisfaction de ce patient est donc et restera très élevée.

L'OQAS montre la différence de parcours d'accommodation en vision de près entre l'œil droit ayant bénéficié d'un traitement classique (2,25 D) et l'œil gauche ayant bénéficié d'un PresbyLASIK myopique (3,25 D) (fig. 1 à 4).

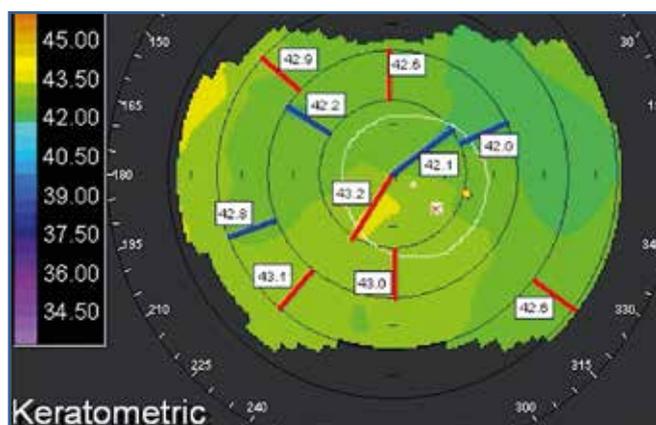


Fig. 1 : Topographie cornéenne postopératoire œil droit. Traitement optimisé de la myopie.

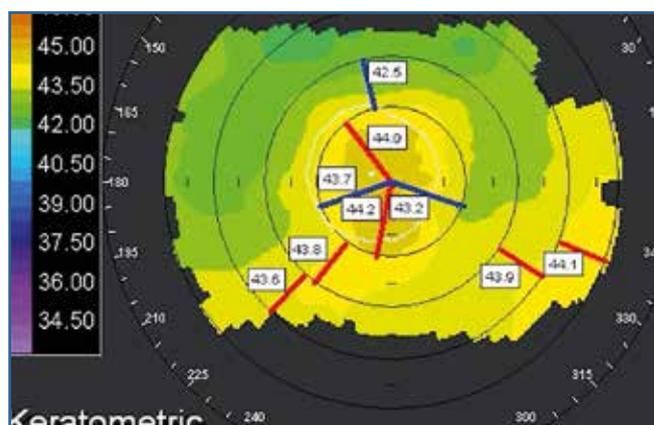


Fig. 2 : Topographie cornéenne postopératoire œil gauche. Bombement central du PresbyLASIK.

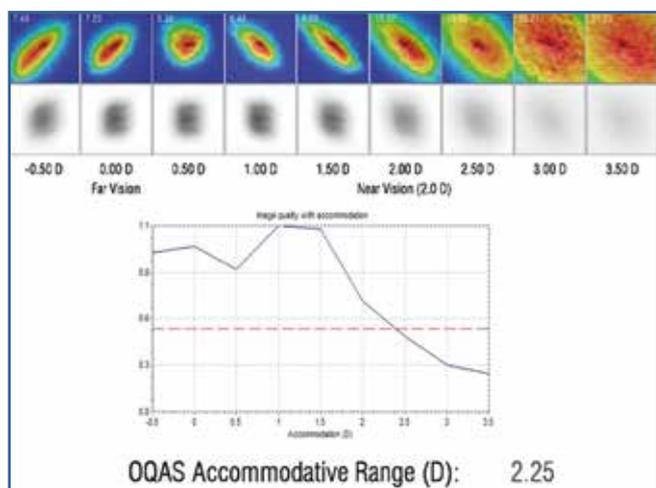


Fig. 3 : OQAS œil droit : parcours d'accommodation 2,25 D.

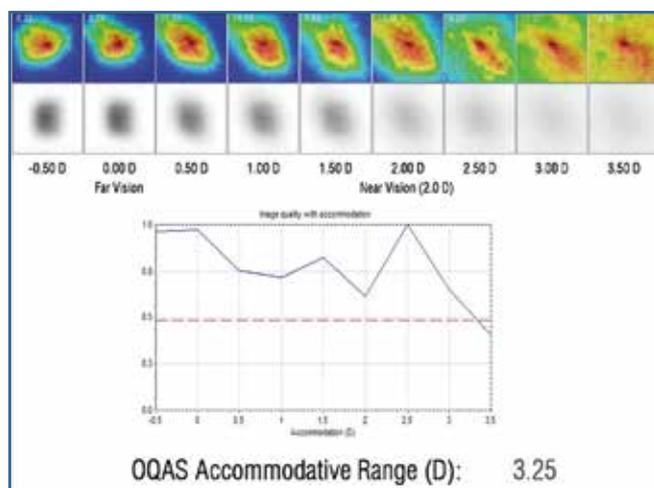


Fig. 4 : OQAS œil gauche : parcours d'accommodation 3,25 D.

■ Observation 2 : le myope plus âgé déjà presbyte

Cette patiente de 51 ans, est myope de -0,75 D avec un astigmatisme de 0,75 D à 135° à l'œil droit -0,50 D avec un astigmatisme de 1 D à 170° à l'œil gauche. Son acuité visuelle sans correction n'est bonne ni de loin ni de près (1/10 P4 à droite, 4/10 P4 à gauche). Elle porte des lunettes à foyers progressifs. Elle consulte en vue d'une amélioration de sa vision sans lunettes de loin et de près. Nous avons opté dans un premier temps pour un PresbyLASIK à multifocalité modérée sur l'œil gauche lui donnant une vision de 10/10 P2 et une bonne qualité de vision (fig. 5). Dans un deuxième temps, nous avons réalisé quinze jours après un PresbyLASIK à multifocalité plus importante à l'œil droit (fig. 6 et 7) pour obtenir une vision encore meilleure de près et se maintenant avec le temps malgré l'évolution de la presbytie. L'acuité visuelle obtenue sur cet œil est de 7/10 P1,5. Avec les deux yeux, l'acuité visuelle obtenue est de 10/10 P1,5. La vision de loin et la vision de près sont bonnes. L'équilibre entre les deux yeux est très satisfaisant. Sur un œil traité par PresbyLASIK,

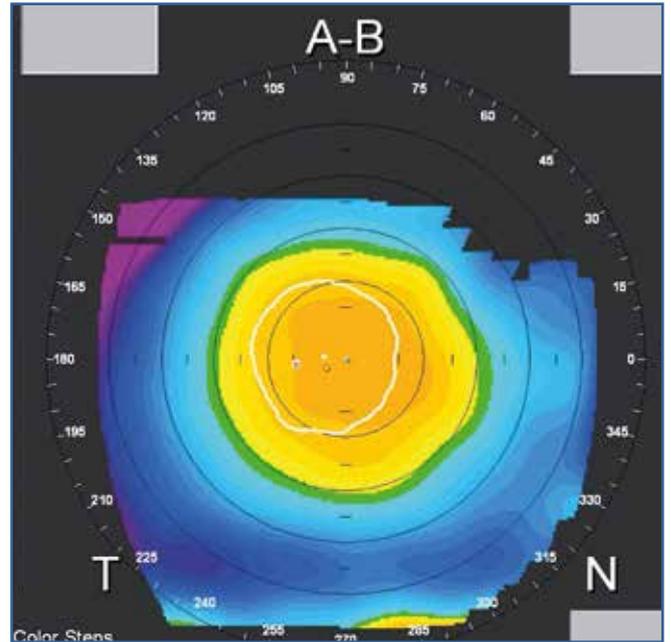


Fig. 6 : Topographie différentielle de l'œil droit montrant la différence de courbure de la cornée entre les topographies post et préopératoires. Bombement central, effet du PresbyLASIK.

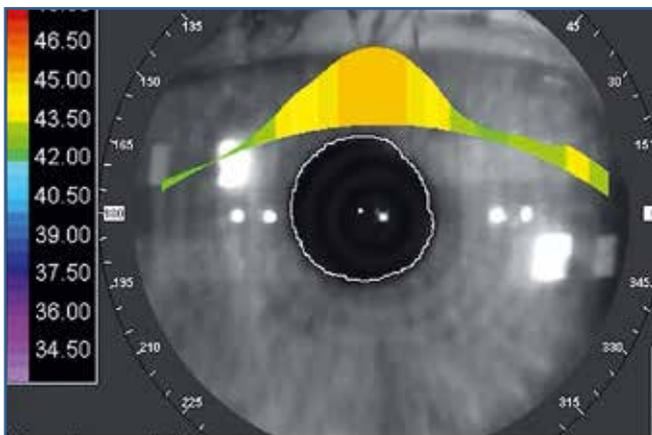
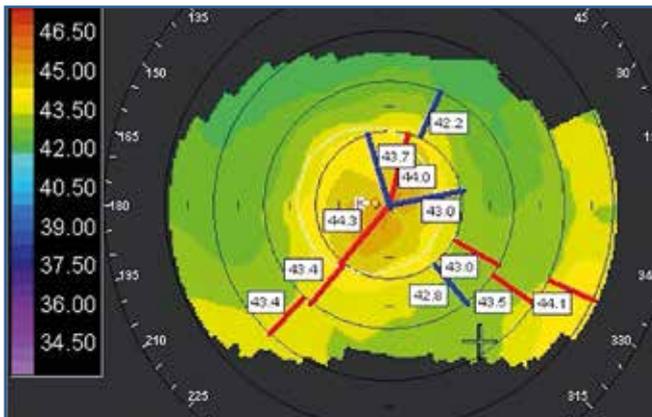


Fig. 5 : Topographie cornéenne postopératoire de l'œil gauche traité par un PresbyLASIK à multifocalité modérée de face (en haut) et de profil (en bas) montrant le bombement central modéré de la cornée.

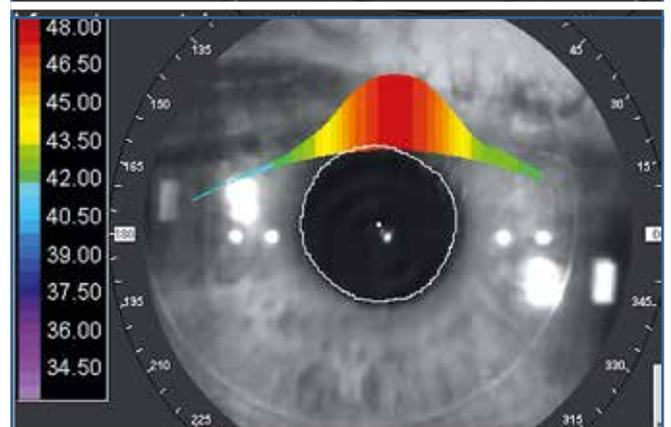
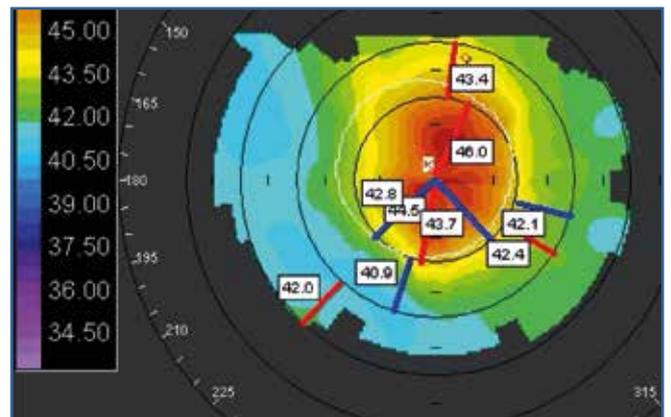


Fig. 7 : Topographie cornéenne postopératoire de l'œil droit traité par PresbyLASIK à multifocalité plus importante de face (en haut) et de profil (en bas) montrant le bombement central de la cornée plus important qu'à l'autre œil.



Fig.8 : Aberrométrie préopératoire (en haut) et postopératoire (en bas) de l'œil droit.

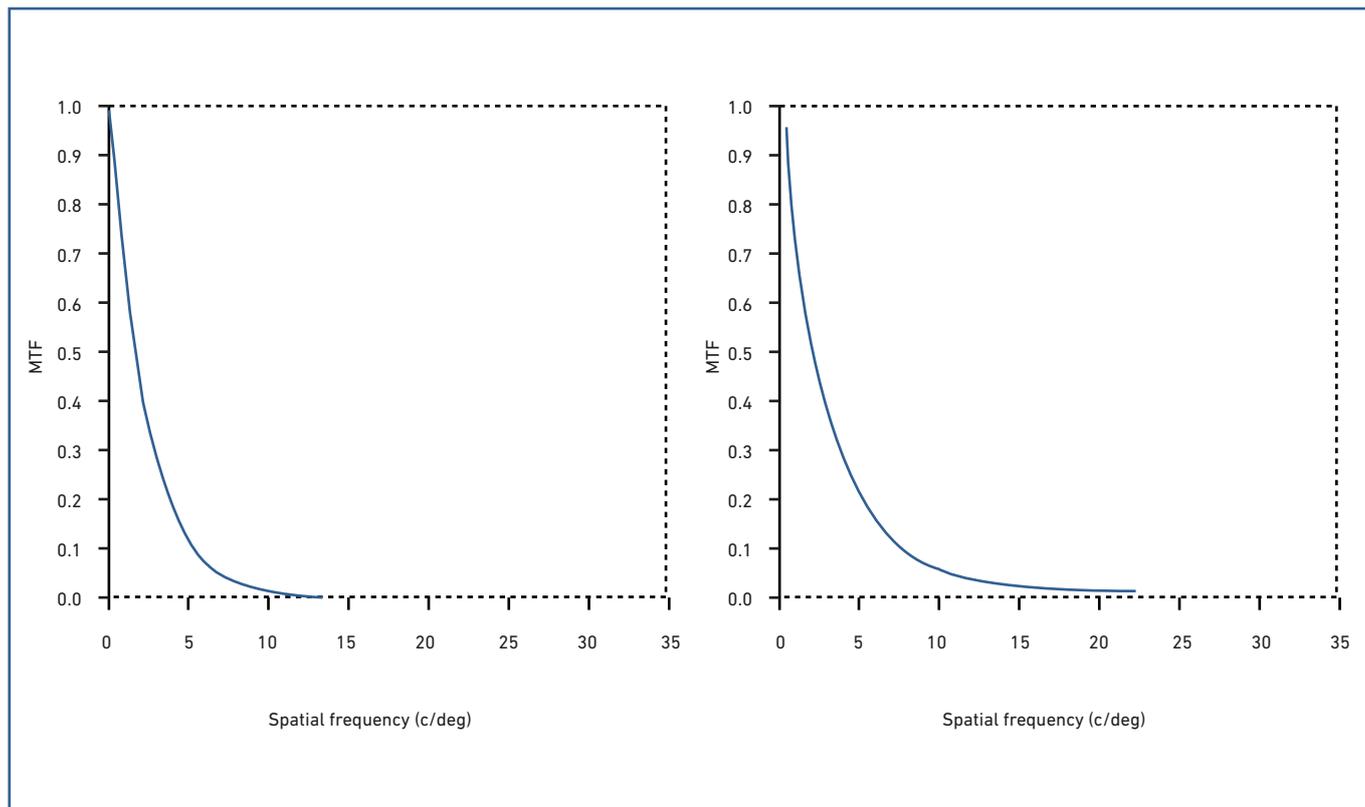


Fig. 9 : OSI postopératoire : à gauche, œil droit (OSI : 2,6) ; à droite, œil gauche (OSI : 1,7)

l'amélioration de la vision de près a généralement pour corollaire une réduction de la qualité de vision. Cela est peu sensible en vision avec les deux yeux si on a pris le soin d'effectuer sur l'œil dominant un traitement purement myopique ou un PresbyLASIK à multifocalité modérée comme dans ce cas et le cas précédent. Cette patiente a effectivement signalé en postopératoire immédiat, un dédoublement des lettres en vision de loin et des halos nocturnes autour de la lumière des phares de voitures. Comme ces symptômes n'existaient que sur un seul œil, l'œil droit traité avec une multifocalité importante, ils étaient non gênants en vision avec les deux yeux. Cet effet secondaire est normalement d'autant plus présent que l'on recherche une meilleure vision de près donc une plus grande multifocalité. Il peut être mis en évidence par la courbe d'étalement du point (PSF) et l'indice OSI de diffusion lumineuse à l'OQAS. On constate cependant ici des PSF peu perturbés en postopératoire (fig. 8) et une différence faible de l'indice OSI entre les deux yeux (fig. 9) ayant permis de rassurer très vite la patiente et de prédire que ces troubles seraient transitoires. Ils se sont effectivement pratiquement amendés en trois mois, délai après lequel

la satisfaction est totale. L'OQAS montre la différence de parcours d'accommodation entre l'œil gauche ayant bénéficié d'un PresbyLASIK myopique à multifocalité modérée et l'œil droit ayant bénéficié d'un PresbyLASIK myopique à multifocalité importante.

■ Observation 3 : le patient déjà opéré de sa myopie

Cette patiente de 50 ans, a été opérée dix ans auparavant par nos soins pour une correction totale de sa myopie de -3 D et astigmatisme aux deux yeux par LASIK femto-seconde avec un bon résultat visuel. Elle ne tolérait alors aucune monovision. Elle porte maintenant des lunettes pour lire et reconsulte en vue d'une opération de sa presbytie. Sa vision de loin est de 10/10 aux deux yeux. Sa vision de près est P6 à l'œil droit, P4 à l'œil gauche. Nous avons effectué un PresbyLASIK sur l'œil droit après resouèvement de son volet cornéen (fig. 10 et 11). Un mois après, l'œil opéré a une acuité visuelle de 8/10 de loin P1,5 de près lui

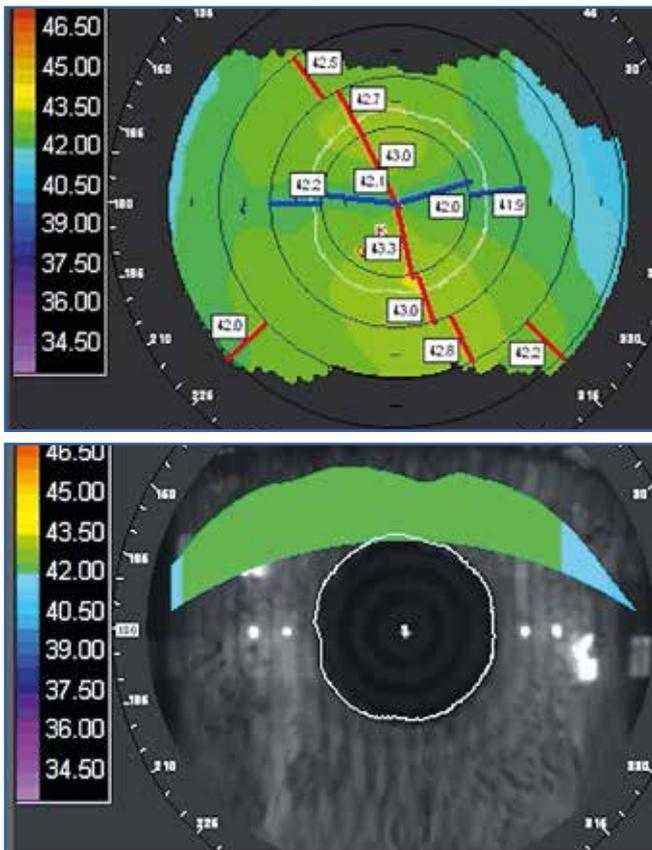


Fig. 10 : Topographie cornéenne préopératoire de face (en haut) et de profil (en bas).

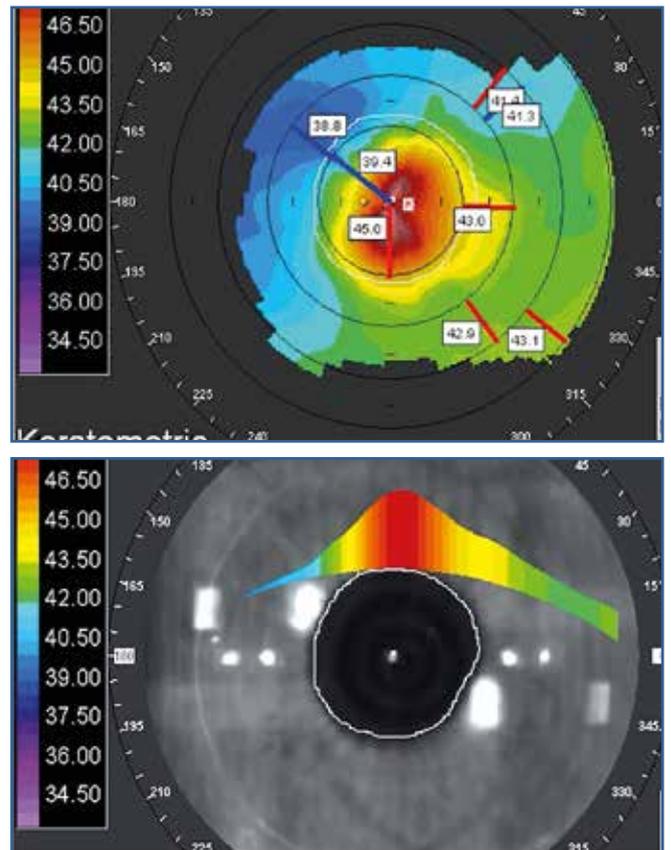


Fig. 11 : Topographie cornéenne immédiatement postopératoire, de face et de profil, montrant le bombement central de la cornée corrigeant la presbytie.

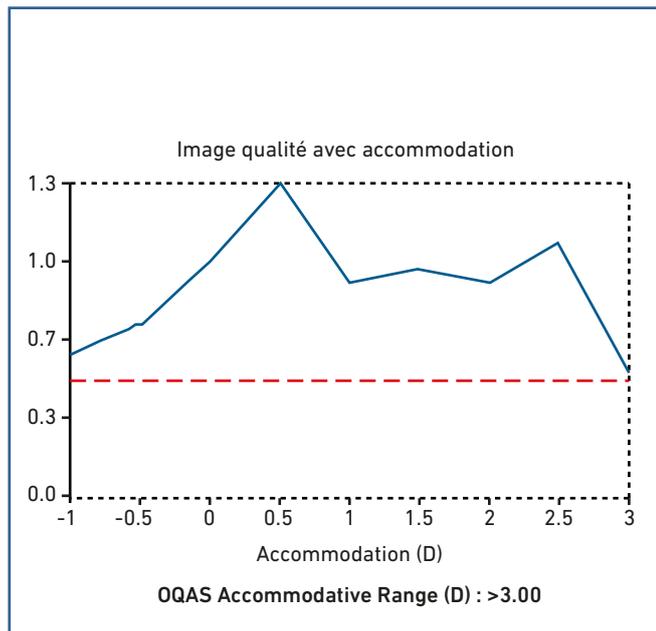


Fig. 12 : QQAS œil droit réopéré par PresbyLASIK.

permettant la lecture des toutes petites lettres. Le confort en vision binoculaire est très bon et la satisfaction totale avec la réopération d'un seul œil rendent inutile la réopération du deuxième œil. Ce résultat se maintiendra avec le temps malgré l'évolution de la presbytie, du fait de la multifocalité importante obtenue. L'OQAS montre la grande différence de parcours d'accommodation entre l'œil droit ayant bénéficié d'un PresbyLASIK myopique (fig. 12) et l'œil gauche n'ayant pas été réopéré pour la presbytie (fig. 13).

■ Conclusion

La chirurgie de la presbytie est en constante évolution, permettant maintenant aux patients myopes d'être opérés en

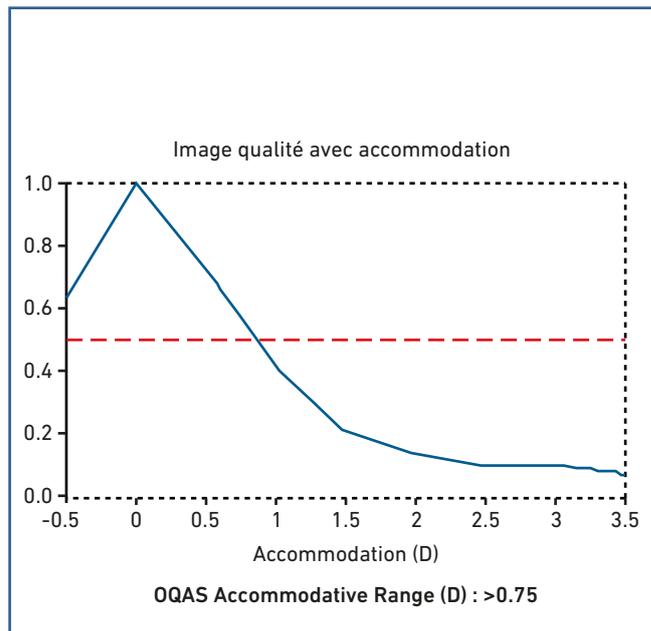


Fig. 13 : QQAS œil gauche non réopéré.

conservant l'avantage de lire sans lunettes. La presbytie peut être opérée chez le myope à tout âge comme cela est le cas depuis longtemps chez l'hypermétrope. De même, les progrès récents permettent aussi de corriger l'emmétrope voyant bien de loin. Les clés du succès résident dans le choix optimal de la stratégie thérapeutique adaptée à chacun et à chaque œil, l'information, la qualité de la chirurgie et le suivi postopératoire.

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



B. BRIAT, Clinique de la Vision, LA ROCHELLE,
benoit.briat@gmail.com
J. AGUSSAN, Orthoptiste spécialisé, Clinique de la Vision, LA ROCHELLE.
jerome.agussan@gmail.com

Choix crucial entre chirurgie cornéenne ablative, chirurgie lenticulaire autour de la soixantaine et HDA Analyser

Depuis l'évolution des technologies, avec l'avènement de la phacoémulsification et la réhabilitation visuelle précoce, ainsi que l'apparition des plateformes de laser réfractif aux profils innovants, la chirurgie est devenue réfractive.

Quoi de plus naturel aujourd'hui que de se poser de nouvelles questions face aux demandes de plus en plus fortes de nos patients concernant cette sacrée indépendance aux corrections

optiques. Les choix peuvent être simples mais aussi difficiles. Il en sera ainsi discuté face aux candidats autour de la soixantaine, au vu des technologies modernes d'analyse préopératoire et des techniques chirurgicales PresbyLASIK versus chirurgie réfractivo-lenticulaire.

Les indications frontières nous imposent de réfléchir afin d'apporter la plus grande satisfaction à nos patients. En effet, cette chirurgie est le grand challenge de la chirurgie réfractive avec des techniques en permanente évolution ainsi que de notre propre expérience face à cette restauration de pseudo accommodation sans la capacité à reproduire la véritable accommodation.

Effectivement, le PresbyLASIK, arrivé à maturité par les profils d'ablation asphérique, minimonovision, bascule, profondeur de champs, *blended vision* (fig. 1) avec performance réfractive de haut niveau tant en quantité qu'en qualité visuelle, a permis de reculer les frontières de cette chirurgie cornéenne ablative.

De même, la chirurgie implantatoire est en pleine expansion en France et bien sûr dans le monde entier. Les facteurs de cette poussée résident en l'aboutissement de biomatériaux reconnus, design et profil aboutis avec technicité diffractif bi-trifocaux (fig. 2), apodizé et gestion torique. L'abord préopératoire est facilité par un bilan exhaustif fin, une biométrie experte et une gestion de la toricité pré et peropératoire par *device* récent.



Fig. 2 : Lentille intraoculaire PHYSIOL FineVision diffractif trifocal.

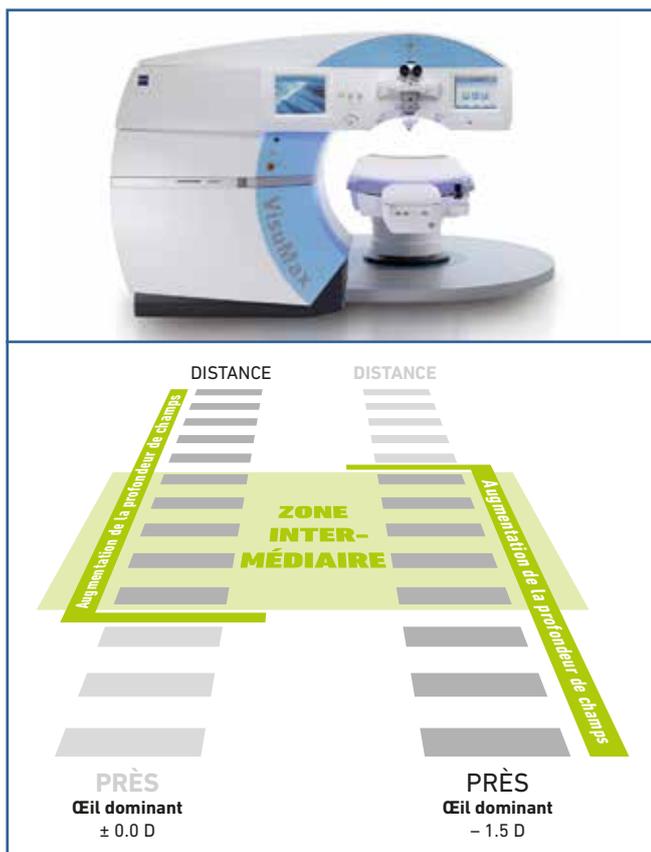


Fig. 1 : PresbyLASIK, LBV profondeur de champs associée à une bascule.

Rappel HDA Analyser

L'indice de diffusion lumineuse **OSI** (*Objective scattering Index*) autorise la quantification du degré de diffusion lumineuse secondaire à une perte de transparence des structures intraoculaires.

OSI : Paramètre majeur permettant de statuer sur l'état de diffusion lumineuse de nos patients candidats à une chirurgie réfractive. Il permettra de s'assurer de la bonne indication chirurgicale cornéenne. L'âge et le degré d'amétropie peuvent influencer sur la technique opératoire et faire renoncer à une chirurgie ablative cornéenne au bénéfice d'une chirurgie réfractivo-lenticulaire. Il existe effectivement une frontière difficile entre les deux techniques et l'OSI sera une aide à la décision d'opérer ou à la nécessité d'attendre et comparer les mesures OSI à deux temps différents. Il existe assez souvent une discordance entre acuité visuelle préservée et modification de la qualité de vision (vision nocturne, *glare*, éblouissement). En bref, l'OSI peut nous aider par quantification de la perte de transparence du cristallin à modifier le protocole chirurgical : chirurgie cornéenne *versus* chirurgie du cristallin clair *versus* chirurgie de la cataracte et définir un rôle médico-légal à ce process OQAS.

L'OQAS II HD *Analyser* apporte une véritable valeur ajoutée à l'arsenal diagnostique lors du bilan d'éligibilité à nos patients candidats à une chirurgie de la vision. L'appareil, facile d'utilisation, interprète la qualité de vision avec une cartographie objective, reproductible tant en pré qu'en postopératoire dans notre pratique quotidienne de chirurgien réfractif. Elle introduit la notion de diffusion oculaire lumineuse qui devrait prendre tout son essor dans les décisions de chirurgie intraoculaire statuant sur la perte ou non de transparence des tissus analysés. Nul doute à penser que cette entité de diffraction lumineuse apportera de ce fait un cadre médico-légal et juridique possible dans un avenir proche autour de cette chirurgie lenticulaire avec de nombreuses avancées françaises et européennes en cours.

■ Principes de la prise en charge des patients candidats à une chirurgie réfractive de l'âge mature

1. Méthodologie

Principe fondamental de la relation médecin-patient, classique, accentué de cette notion d'excellence de la prise en charge pré, per et post opératoire et du résultat escompté, ce principe est bien entendu plus difficile et plus fin de par l'exigence des patients et de la difficulté de la satisfaction à offrir par ce compromis chirurgical à l'âge de la presbytie bien installée.

>>> Écouter les patients, reconnaître et quantifier leur demande et exigence (activité professionnelle, sportive avec le lot du cahier des charges impliqué) afin d'approcher d'emblée nos chances d'apporter la satisfaction au candidat. La consultation doit être ouverte en discussion et souvent longue.

>>> Écouter leur parcours "optique", reconnaître les "mauvais candidats", le patient intolérant aux verres progressifs, l'intolérance aux lentilles aux compromis proposés, le demandeur d'un résultat extrême de loin comme de près... et les patients aux questions intarissables.

>>> Informer de façon claire les patients concernant les techniques possibles avec les risques et les complications. L'information préopératoire (ne pas hésiter à passer du temps, car il sera primordial pour le suivi postopératoire pour au final en gagner), le passage en revue des différentes complications et surtout des effets secondaires classiques connus (perte de contraste, halos nocturnes, compromis loin/près, plasticité cérébrale avec neuro-adaptation, syndrome sec, cataracte secondaire...) sont extrêmement importants car ils seront ressentis comme une étape normale en postopératoire et plus facile à gérer en diminuant ce sentiment de complication ou d'échec.

Ne sélectionner donc que les bons profils psychologiques qui après réflexion acceptent le compromis visuel. L'explication est parfois difficile.

>>> Savoir récuser un patient, laisser le temps de la réflexion, expliquer les possibles ajustements chirurgicaux après PresbyLASIK par reprise ou PRK après chirurgie implantatoire pour amétropie sphéro-cylindrique résiduelle non ciblée. Expliquer qu'une chirurgie de la cataracte sera nécessaire dans le futur de tout patient opéré par PresbyLASIK.

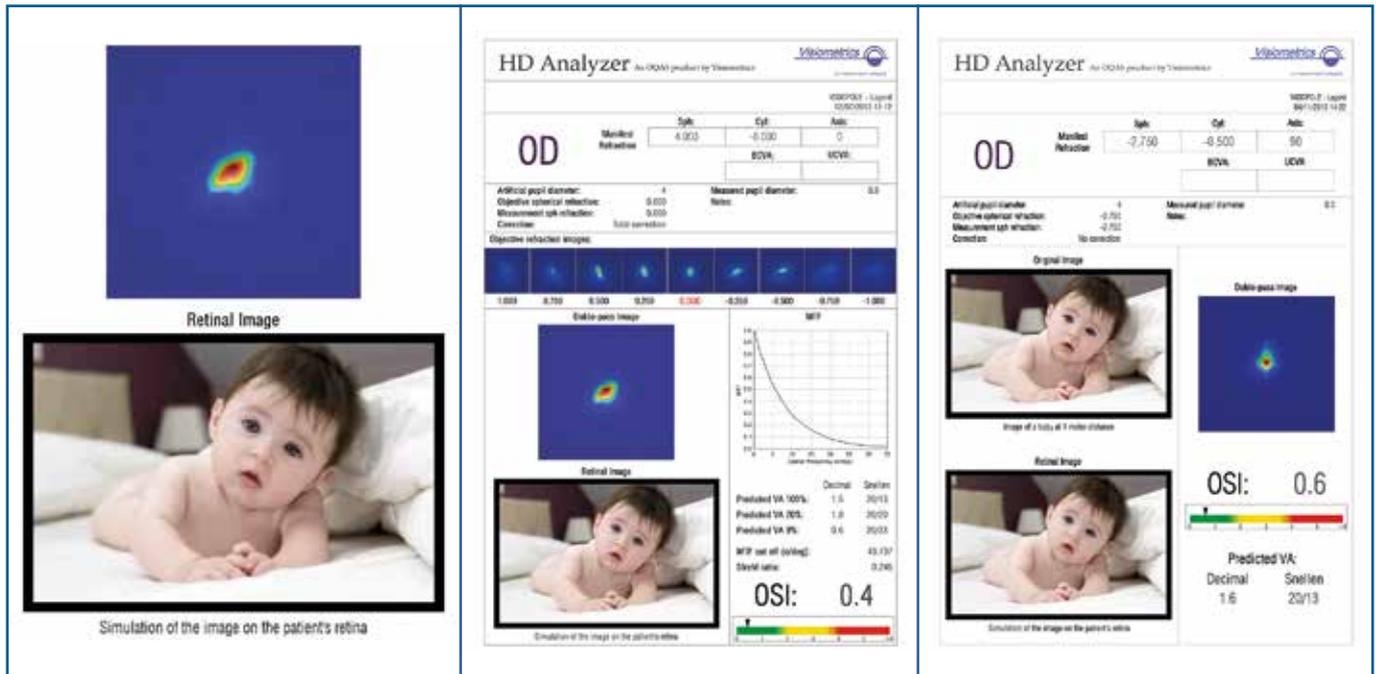


Fig. 4 : OSI, index de diffusion lumineuse objectivant la diffraction lumineuse lors de la perte de transparence des milieux oculaires, valeur normale inférieure à 0.8-1.00 et pathologique au dessus de 1.5.

2. Environnement médical préparé à cette activité chirurgicale

Assurer une formation du secrétariat, s’entourer d’assistants formés à l’excellence du bilan préopératoire et avoir un discours commun pour tous les membres du centre.

3. Bilan médical préopératoire complet, fondamental et classique de chirurgie réfractive

Éligibilité :

- réfraction objective/subjective, éliminer tout patient amblyope et toute absence de vision binoculaire, étude de la tolérance de bascule et de sa puissance en consultation : ne pas hésiter à tester le patient sur monture ou mieux par essai lentille (myopisation maximale de 1.25 à 1.50 D) en port permanent sur au moins une semaine, à tester en immersion d’ergonomie de vie quotidienne, privée et surtout professionnelle. Intérêt de faire participer le patient et si satisfaction réfractive, le consentement à la chirurgie sera fort avec résultat positif (principe de l’œil dominant de loin (analyse parfois difficile/œil fixateur et œil dominé) : ne pas hésiter à passer du temps pour confirmation) ;
- proposer un essai de lentilles si le patient est éventuellement demandeur ou non opposé afin d’éviter toute pression à la chirurgie à réserver si échec de port de lentille de contact ;



Fig. 3 : Nouvelle version de L'OQAS : HD Analyzer de Visiometrics.

- PIO, pachymétrie ;
- topographie d’élévation antérieure et postérieure avec critère ;
- microscopie spéculaire ;
- HDA Analyzer (OQAS) diffusiométrie indice OSI ++++ (fig. 3 et 4) ;
- fond d’œil dilaté, périphérie rétinienne, macula ;
- OCT NO et maculaire (traction vitréomaculaire, membrane épitréminienne) ;
- biométrie optique.

Cette éligibilité permet de vérifier la pertinence anatomique des 2 techniques PresbyLASIK *versus* chirurgie lenticulaire

monofocale par bascule ou multifocale et récuser les contre-indications anatomiques et de mauvaise compliance à la monovision stricte ou bascule avec hyperprolaxité cornéenne et profondeur de champs.

L'aide apportée par l'HDA Analyser est MAJEURE +++++	
< 55 ans et OQAS OSI > 1	
Faire patienter le patient, contre indiquer la chirurgie cornéenne, contrôle OQAS 1 an comparatif.	
< 55 ans et OQAS OSI < 1 (réserve accommodative encore présente)	
Chirurgie ablative, monovision ou PresbyLASIK en fonction de l'amétropie préopératoire (Emmétrope, hypermétrope < 3 D et myope faible à moyenne < 6 D si éligibilité anatomique, monovision acceptée).	
> 55 ans et OQAS OSI < 1	
Monovision LASIK si emmétrope, hypermétrope faible, éligibilité anatomique, monovision acceptée.	
Chir lens (Prelex Multifocal ± Toric) : – Éligibilité anatomique (OCT mac) – Hypermétrope ++	
Chir lens Monofocal ± Toric bascule si éligibilité anatomique (OCT mac et périphérie) et myopie moyenne à forte.	
> 55 ans et OQAS OSI > 1.50	
Chir lens (Prelex Multifocal ± Toric) si : – Éligibilité anatomique (OCT mac) – Hypermétrope ++	
Chir lens Monofocal ± Toric bascule si : – Éligibilité anatomique (OCT mac et périphérie) – Myopie moyenne à forte	

■ Décision de la technique opératoire

Après le bilan d'éligibilité psychique, anatomique, la possibilité de monovision, bascule, 4 facteurs prédominent dans l'arbre décisionnel :

- âge (frontière reconnue 55 ans) ;
- type d'amétropie ;
- degré d'amétropie ;
- résultat de l'OQAS, diffusiométrie OSI.

■ Conclusion

Après l'approche psychologique de l'éligibilité chirurgicale, le patient autour de 55-60 ans et demandeur d'indépendance aux corrections optiques, devra passer avec succès l'arsenal préopératoire de confirmation optique, anatomique à une chirurgie qu'elle soit ablative cornéenne ou intraoculaire réfractivo-lenticulaire. Le choix de la technique sera orienté selon l'âge, l'amétropie sphérocyindrique initiale et son degré. Concernant l'âge, l'aide à la décision apportée par l'HDA Analyser semble incontournable.

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



D. PIETRINI
PARIS.
docteurpietrini@gmail.com

Chirurgie laser non femtoseconde de la cataracte : expérience et réflexions au sujet du nanolaser YAG cetus

À la fin du siècle dernier, le premier pas du laser pour la chirurgie de la cataracte avait déjà été franchi mais malgré l'enthousiasme suscité par cette avancée, l'expérience et les travaux publiés ont conclu à son intérêt et à une efficacité certaine mais limitée et à la nécessité d'améliorer la technologie, en particulier la quantité d'énergie délivrée. Au cours de ces vingt dernières années, de nombreuses innovations sont survenues dans le domaine de la chirurgie de la cataracte et la recherche d'une alternative à l'utilisation des ultrasons s'est bien sûr tournée vers le laser dont on sait aujourd'hui qu'il deviendra le mode de chirurgie de la cataracte le plus évolué dans les prochaines années.

■ Histoire des lasers pour la chirurgie de la cataracte

1. Laser yag

C'est au docteur Jack Dodick qu'on doit les plus importants travaux concernant l'utilisation du laser YAG pour la chirurgie de la cataracte. Le laser, approuvé dès 1999 par la FDA, utilise le principe d'un tir laser dirigé vers une plaque de titane pour créer une onde de choc capable de fragmenter le cristallin. Les effets thermiques sont minimes tant au niveau de la sonde qu'à son extrémité. La création d'un plasma très localisé limite les lésions potentielles aux tissus avoisinants et en particulier à l'endothélium (*fig. 1*).

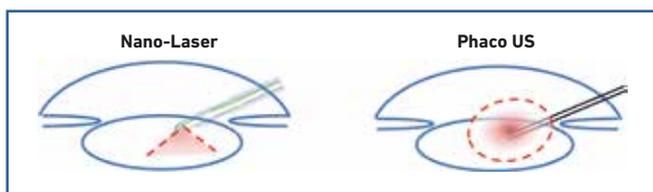


Fig 1 : YAG versus ultrasons

L'apport du laser, déjà à cette époque, est considérable puisqu'il permet, compte tenu de l'absence d'échauffement de la sonde, de réaliser la chirurgie par une très petite incision de 1,5 mm et ouvre la voie à la chirurgie avec infusion séparée. De nombreuses études confirment l'efficacité et la sécurité de la technique et son bénéfice en termes de sécurité endothéliale. En l'absence d'effet thermique, grâce à une diffusion très localisée de l'onde de choc et à de très faibles niveaux d'énergie requis, le laser rivalise avec la phacoémulsification, en particulier en termes de préservation endothéliale. Les premières pièces à main sont à usage unique et permettent de faire passer la fibre laser et le circuit d'aspiration à travers 1,5 mm.

De nombreuses études ont démontré la capacité du laser à traiter aisément les cataractes de grade 1 et 2 de la classification LOCS. Malgré une énergie délivrée inférieure de 83 % à l'énergie utilisée au cours d'une phacoémulsification standard, le traitement des noyaux de grade 3 et 4 nécessitait des temps opératoires plus longs (jusqu'à 8 minutes de photolyse pour les grades 3) et des volumes d'irrigation plus importants. C'est ce manque d'efficacité pour les noyaux de grade élevé qui a été le principal frein à l'essor du laser comme le moindre intérêt à l'époque pour les très petites incisions.

2. Femto folie

L'arrivée du laser femtoseconde – déjà mature grâce à son ancienneté et son expérience en chirurgie réfractive –, lancé par les compagnies "majors" a suscité un engouement plus large et surtout un grand écho médiatique. Véritable bistouri laser, le femtoseconde peut découper tous les tissus optiquement transparents et sa polyvalence permet les traitements cornéens, capsulaires et cristalliniens. Le femtolaser a montré sa supériorité sur la phacoémulsification manuelle pour certains temps opératoires :

- réalisation d'incisions calibrées parfaitement construites, meilleure gestion de l'astigmatisme induit et correction potentielle de l'astigmatisme préexistant grâce à la réalisation d'incisions limbiques relaxantes ;
- réalisation d'un capsulorhexis parfaitement circulaire centré à la demande du chirurgien et de diamètre précis supérieur en tous points au capsulorhexis manuel. Un débat persiste toutefois sur la solidité de ce mode d'ouverture capsulaire comparé à un capsulorhexis manuel ;
- préfragmentation du cristallin qui permet de réduire le temps de phacoémulsification demeurant nécessaire dans la plupart des cas de cataracte de grade supérieur à 2.

Son essor reste malheureusement limité par différents facteurs :

- le principal à l'heure actuelle reste le coût des lasers et le surcoût de la procédure pour les patients, ce qui limite l'offre, en particulier en France, où les organismes sociaux et les mutuelles ne prennent pas en charge le coût additionnel chez des patients peu enclins à financer les surcoûts technologiques ;
- la faible demande des patients encore peu informés et l'absence de supériorité clinique "palpable" par les patients ;
- la difficulté de mise en œuvre des circuits patients au bloc opératoire et un temps opératoire allongé.

■ Le nano laser YAG cetus (ARC Laser)

C'est l'évolution ultime du laser "Lyla photolysis", développé initialement par Jack Dodick et la société ARC Laser. C'est un laser YAG nanoseconde fonctionnant en mode pulsé conçu pour la photofragmentation du cristallin par impacts laser dirigés sur une plaque de titane située à l'extrémité de la sonde et générés par une fibre laser (*fig. 2 et 3*). Le cristallin est fragmenté par l'onde de choc et immédiatement aspiré à travers la pièce à main. Le générateur se présente sous la forme d'une simple console de dimensions réduites et d'environ 12 kg (*fig. 4*) facilement intégrable au bloc opératoire. Le laser émet à une longueur d'onde de 1064 nm, la durée d'un impact est de 5 nanosecondes et l'énergie peut être réglée entre 3 et 10 millijoules.

La console doit être couplée à un système de gestion des fluides (irrigation aspiration) qui peut être celle de tout phacoémulsificateur couramment utilisé. Grâce à un système de couplage au module de vitrectomie des appareils de phaco habituels, on peut, à la pédale, coupler le système d'irrigation aspiration à une gestion linéaire des impacts de laser. Le laser est donc facilement intégrable à la pratique quotidienne sans



Fig 2 : Extrémité de la sonde laser.

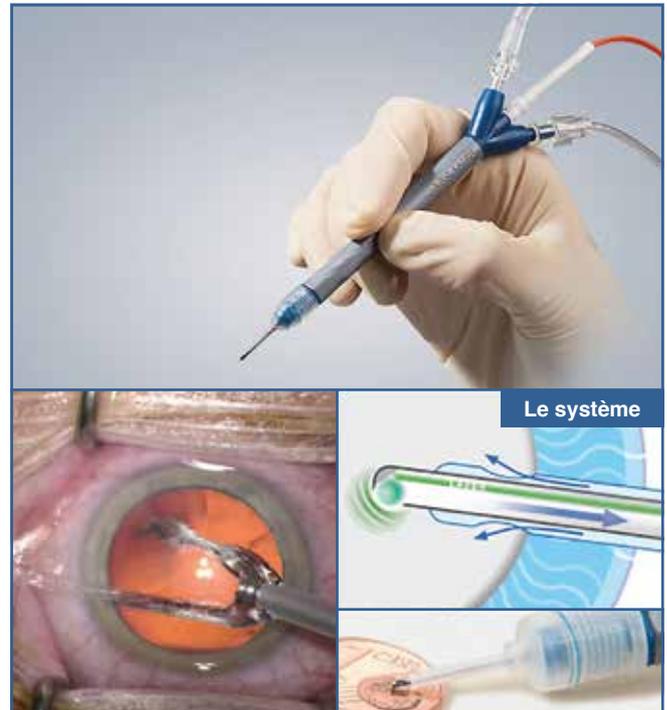


Fig 3 : Pièce à main UU irrigation aspiration laser.



Fig 4 : Console CETUS nanolaser et pièce à main.

aménagement particulier et à un coût raisonnable. C'est le seul appareil existant à l'heure actuelle capable de réaliser l'intégralité du traitement du noyau au laser.

La technique chirurgicale s'inspire de la phacoémulsification et ne nécessite pas une longue courbe d'apprentissage. Elle peut être coaxiale, réalisée par une incision de 2,2 mm en glissant la sonde laser dans un embout silicone adapté, ou bimanuelle en utilisant la même pièce à main (fibre laser + aspiration), à travers une incision de 1,5 mm et en séparant l'infusion. Compte tenu de l'absence d'échauffement de la sonde, aucune précaution particulière n'est requise. Le traitement du noyau repose de préférence sur les techniques de "chop" qui permettent de traiter secondairement les fragments au laser. Les appareils comportant une gestion de la pression intraoculaire (PIO) paraissent plus adaptés.

■ Caractéristiques techniques

Énergie maximale	10 mJ
Mode	pulsé
Fréquence de tir	10 Hz
Longueur d'onde	1 064 nm
Énergie d'un impact	3 mJ à 10 mJ
Durée d'un impact	5ns
Contrôle	Écran tactile 7 pouces
Dimensions	135 × 478 × 421 mm
Poids	12 kg

Notre expérience avec la nouvelle version du nano laser nous a permis de traiter désormais toutes les cataractes de grade 1 à 4 sans augmenter significativement le temps de traitement du noyau. Les cataractes les plus denses de type NO5CO5 et NO6CO6 (classification LOCS) nécessitent toujours des temps de photolyse et une irrigation accrues et sont toujours mieux traitées à ce jour par phacoémulsification. La conversion en phacoémulsification lors de l'apprentissage ou

en cas de sous-évaluation de la dureté du noyau reste simple et s'effectue par simple échange de pièce à main.

■ Nano versus phaco (tableau I)

1. Énergie

Dès 2001, Kannelopoulos *et al.* rapportent l'efficacité et la sécurité du laser pour le traitement des cataractes jusqu'au grade 3, avec une énergie moyenne par patient de 5,65 joules déjà très inférieure à l'énergie requise avec la phaco ultrasonique.

2. Endothélium

Dans une étude récente, Tanev *et al.* rapportent leur expérience du nanolaser et dans cette étude prospective comparant nanolaser et phacoémulsification ultrasonique, ils confirment l'efficacité du laser pour traiter les grades 3 et 4 avec une supériorité du laser en termes de densité endothéliale postopératoire et en termes de polymégatisme et de polymorphisme cellulaire(s).

■ Nano versus femto et femto + nanolaser

Comme pour le LASIK, l'association des lasers pourrait apporter le meilleur des deux technologies et l'équipe de Mastropasqua a combiné femto chirurgie pour le traitement cornéen incisionnel et la réalisation de l'ouverture capsulaire et le nanolaser pour la fragmentation nucléaire.

Dans cette étude prospective récente, Mastropasqua *et al.* ont comparé le retentissement endothélial des chirurgies nanolaser à celui des chirurgies femtoseconde chez 42 patients. Un œil opéré par femtoseconde plus phaco et le deuxième opéré par femtoseconde + nanolaser, réalisant ainsi la première véritable chirurgie tout laser. La meilleure acuité visuelle postopératoire était identique dans les deux groupes. Dans le groupe nanolaser, la perte endothéliale est significativement

Nano laser	Phaco US
Pièce à main et fibre laser à usage unique	Pièce à main réutilisable stérilisable
Cataractes grades 1 à 4	Tous types de cataractes
Temps de procédure accru	Plus grande rapidité
Pièce à main plastique et légère	Pièce à main métallique plus lourde
Pas de lésion thermique	Production de chaleur

Tableau I : Comparatif nanolaser versus phaco US.

moindre et les pachymétries cornéenne centrale et au site d'incision retournent aux niveaux préopératoire de façon plus rapide dans ce même groupe.

Ces différentes études semblent confirmer l'efficacité et la sécurité accrue d'une procédure sans ultrasons et de moindres lésions tissulaires en comparaison avec la phacoémulsification ultrasonique et la femto phaco pour les cataractes jusqu'au grade 4.

■ Nanolaser et capsulotomie laser

Une deuxième voie de recherche pour associer une capsulotomie parfaite et une faible énergie non ultrasonique pourra consister à l'avenir à associer une capsulotomie laser non femtoseconde à une fragmentation nucléaire tout laser non femtoseconde. Ainsi, un concept très récent de capsulotomie laser pourrait s'associer simplement au laser pour obtenir un capsulorhexis parfait en diamètre et en circularité avec une solidité des bords qui pourrait dépasser celle obtenue par section au laser femtoseconde et s'approcherait de ou égalerait celle d'un capsulorhexis manuel.

Le "Capsulaser" est une méthode simple et innovante pour réaliser une capsulotomie parfaitement circulaire et de diamètre choisi en moins de 2 secondes. Il s'agit d'un laser à faisceau rouge orangé fonctionnant en mode continu, simplement monté sur le microscope. Il découpe littéralement la capsule préalablement imprégnée par un chromophore (bleu trypan) et laisse un bord capsulaire solide et résistant (*fig. 5*).



Fig. 5 : Module Capsulaser et vue opératoire.

Une telle association représenterait une alternative simple et peu onéreuse pour réaliser une véritable chirurgie tout laser.

■ Conclusion

L'intérêt croissant pour la chirurgie laser de la cataracte va dans le sens d'une chirurgie toujours plus précise et moins invasive. Si la technologie ne s'est pas encore imposée, chacun entrevoit l'inéluctabilité de la domination du laser dans notre future chirurgie de la cataracte. La focalisation actuelle sur les lasers femtoseconde ne doit pas éclipser d'autres technologies qui méritent d'être évaluées. Si le laser femtoseconde représente pour le moment une phacoémulsification assistée par laser, l'option du nanolaser qui réalise une véritable chirurgie tout laser représente une alternative au moins aussi efficace à un coût très inférieur et une mise en œuvre aisée.

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



A. DANAN
Clinique de la Vision, PARIS.
danan.ophta@yahoo.fr

L'anneau de Malyugin

La médiocrité de la dilatation pupillaire, qu'elle soit spontanée ou liée à des synéchies postérieures post-inflammatoires, est toujours une circonstance potentiellement difficile en chirurgie de cataracte, risquant d'en compliquer le déroulement (*fig. 1A et 1B*).



Fig. 1A : Synéchies irido-cristalliniennes étendues sur un œil opéré de trabéculéctomie.

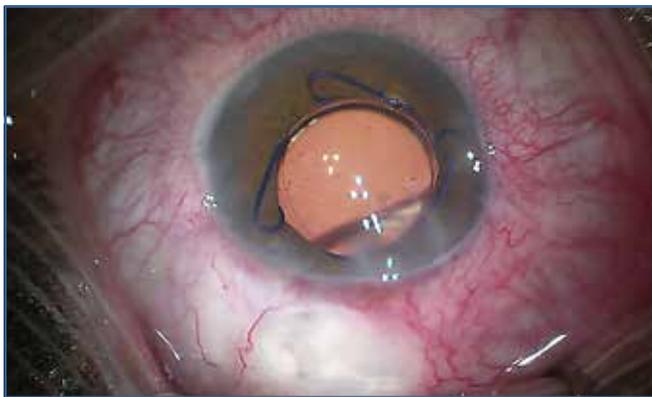


Fig. 1B : Même œil en fin d'intervention, avant le retrait de l'anneau.

Les iridotomies, pratiquées au laser quelques années avant la chirurgie en prévention d'un risque de fermeture de l'angle,

sont responsables d'un certain nombre de ces situations. Dès qu'il existe un degré certain d'opacification cristallinienne, ce risque de synéchies doit par ailleurs, faire discuter une phakoexérèse, encore plus efficace que l'iridotomie en matière de prévention du risque de fermeture de l'angle.

Ces situations de pupille étroite offrent aux chirurgiens plusieurs solutions pour mener à bien la chirurgie :

- on peut intervenir sans aucun geste d'élargissement pupillaire et réaliser ainsi des exploits chirurgicaux de niveau proportionnel à l'ego du chirurgien et inversement proportionnel au diamètre pupillaire, très consommateurs d'adrénaline pour les surrénales du chirurgien ;
- on peut réaliser, avec des instruments dédiés à cet usage, un *stretching* pupillaire en début d'intervention, complété par un approfondissement de la chambre antérieure sous viscoélastique. Cette solution, simple et rapide de mise en œuvre, a l'inconvénient d'entraîner le plus souvent une atonie irienne pouvant même être à l'origine de captures de l'optique de l'implant ;
- on peut utiliser des crochets de dilatation irienne, utilisés depuis de nombreuses années. Ils ont les mêmes inconvénients d'atonie irienne postopératoire et nécessitent en outre la réalisation d'un nombre supplémentaire d'incisions égal au nombre de crochets utilisés, c'est-à-dire quatre le plus souvent, sauf circonstances particulières ;
- on peut enfin utiliser une solution simple, efficace et élégante : l'anneau de Malyugin.

■ Description et mode d'emploi

Proposé par Boris Malyugin en 2008, l'anneau qui porte son nom est constitué d'un fil de Prolène 5/0 de couleur bleue, enroulé sur lui-même de façon à former à l'état déplié un carré présentant une boucle à chacun de ses 4 angles (*fig. 2*).

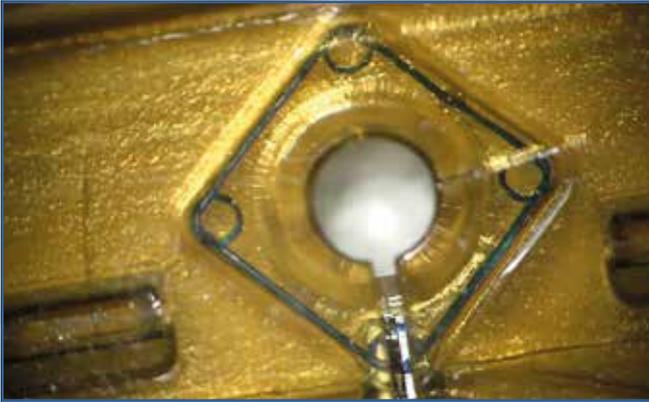


Fig. 2 : Anneau de Malyugin déplié.

Il existe sous deux diamètres distincts, respectivement de 7 mm et 6,25 mm, ce dernier représentant de loin le modèle le plus utilisé, le grand modèle étant l'exception utile pour des yeux présentant un très grand diamètre cornéen.

Présenté dans un dispositif prêt à être injecté (fig. 3), l'anneau est conditionné sous sa forme dépliée, prêt à être aspiré dans l'injecteur puis injecté en chambre antérieure.



Fig. 3 : Dispositif de présentation et d'injection de l'anneau de Malyugin.

L'injecteur est introduit au travers d'une incision de 2,2 mm puis l'anneau est injecté de façon lente de façon à crocheter le rebord pupillaire en bas et latéralement (fig. 4, 5 et 6).

La boucle supérieure est ensuite mise en place à l'aide d'un crochet de Sinsky (fig. 7) et l'installation de l'anneau est ainsi terminée (fig. 8), créant une néo-pupille de 6,25 mm, compatible avec une chirurgie réalisée dans des conditions normales de visibilité.

Après la mise en place de l'implant, le retrait de l'anneau se fait de façon simple, après avoir décroché les 4 anses du rebord pupillaire. On peut retirer l'anneau à l'aide d'une simple pince après avoir placé l'une des boucles en regard de l'incision principale.

On peut aussi, de façon plus élégante, réutiliser l'injecteur qui va crocheter la boucle supérieure (fig. 9) avant d'attirer l'anneau en le comprimant dans l'injecteur (fig. 10 et 11).

Dès l'anneau retiré, on constate que la pupille reprend immédiatement un aspect rond (fig. 12) et l'évolution postopératoire ne montre aucune trace de traumatisme du sphincter irien.

■ Avantages, précautions et limites

Après une très courte courbe d'apprentissage, la mise en place comme le retrait de l'anneau de Malyugin sont des gestes techniquement très accessibles, infiniment plus simples et moins traumatisants que les manœuvres peropératoires longues et dangereuses que peut nécessiter une mauvaise mydriase, *a fortiori* si elle s'associe à un syndrome de l'iris flasque.

Parce que ce dispositif est au contact direct de l'iris, il est sans doute plus prudent d'adjoindre à l'anesthésie topique une injection intracaméculaire de 0,4 à 0,5 cm³ de Xylocaïne à 1 % sans conservateur, ce que certains opérateurs font de toute façon systématiquement pour toutes les anesthésies topiques. Avec cette précaution, la mise en place de l'anneau avec mise en tension de l'iris, ne déclenche en général aucune sensation douloureuse.

Une fois l'anneau installé, la chirurgie se fait dans des conditions normales et aucune incision supplémentaire n'a été réalisée contrairement à ce qui se pratique si on utilise des crochets iriens.

La technique est, répétons-le, non traumatique pour l'iris et la pupille reprend une forme parfaitement ronde en postopératoire.

Il existe cependant un piège à connaître pour pouvoir l'éviter, en particulier lorsqu'on utilise un implant navette. Si la mise en place dans le sac de l'haptique inférieure ne présente aucune difficulté, il faut prendre garde, lors du placement de l'haptique supérieure, à ne pas exercer une pression verticale de haut en bas susceptible d'emmener la partie supérieure de l'anneau sous l'implant et dans le sac.

Il paraît même logique d'éviter les implants de forme navette lorsqu'on sait qu'on va utiliser un anneau de Malyugin mais ceci n'est évidemment pas rédhibitoire : si un implant navette est prévu, par exemple parce qu'on préfère ce design en matière d'implantation torique, il faut simplement rester

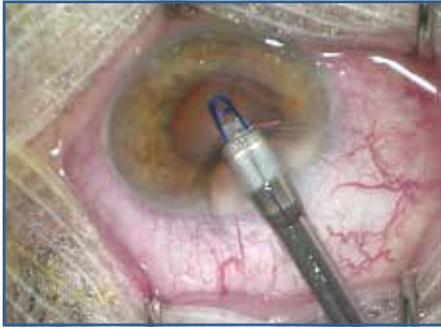


Fig. 4 : L’anneau, comprimé dans l’injecteur, commence à s’en extraire.

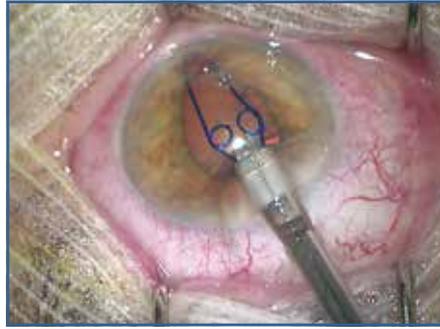


Fig. 5 : Le rebord pupillaire inférieur est accroché par la boucle inférieure.



Fig. 6 : Les boucles latérales accrochent le rebord pupillaire en temporal et en nasal.

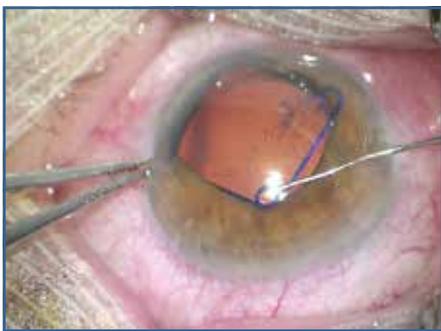


Fig. 7 : La boucle supérieure est mise en place à l’aide d’un crochet de Sinsky.

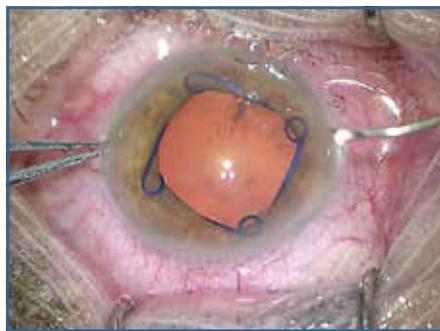


Fig. 8 : Anneau en place, permettant d’aborder le cristallin dans des conditions normales.

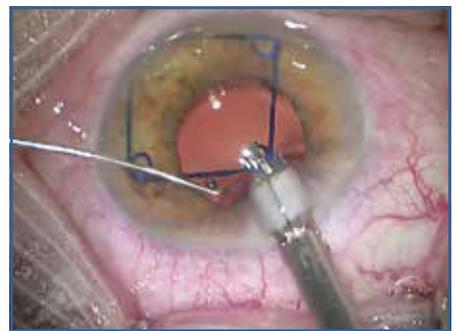


Fig. 9 : L’injecteur est réintroduit dans l’œil et la boucle supérieure de l’anneau est crochétée pour attirer l’anneau dans l’injecteur.



Fig. 10 : Début d’aspiration de l’anneau dans l’injecteur.



Fig. 11 : Fin d’aspiration de l’anneau dans l’injecteur.



Fig. 12 : Pupille parfaitement ronde dès le retrait de l’anneau.

vigilant et veiller à réaliser une manœuvre bimanuelle visant à retenir l’anneau au moment de l’insertion de la seconde haptique dans le sac capsulaire.

■ Conclusion

Simple, élégant, efficace et atraumatique, l’anneau de Malyugin a révolutionné la prise en charge chirurgicale des cataractes sur pupille étroite. Une fois qu’on en a acquis la

technique, on ne regrette jamais de l’avoir utilisé “à l’excès” pour une pupille de dimension presque praticable.

On peut cependant regretter d’en avoir fait l’économie quand, en début d’intervention, de telles pupilles se resserrent de façon importante au cours de la chirurgie, la rendant difficile et périlleuse.

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



J.-L. BOURGES
Ophtalmologie Paris Centre, Hôpital Hôtel-Dieu Cochin, PARIS.
drbourges@gmail.com

Instrumentation des kératoplasties lamellaires

L'instrumentation dédiée à la kératoplastie lamellaire varie selon le type de kératoplastie envisagé, la technique opératoire employée par le chirurgien, le caractère strictement nécessaire (+) ou plutôt optionnel de confort opératoire (+/-) et enfin selon l'évolution de l'instrumentation qui s'étoffe constamment. Une liste d'instrumentation chirurgicale est donc nécessairement subjective et incomplète. Elle ne peut être qu'indicative et se limiter aux instruments dédiés au geste de kératoplastie lui-même. Actuellement, toute la gamme des instruments nécessaires pour effectuer ces techniques chirurgicales est déclinée en usage unique par plusieurs fabricants (Malosa, Moria, BVI et d'autres). Les instruments à usage unique ne sont pas tous de qualité équivalente, mais les progrès impressionnants de ces dernières années permettent de rivaliser significativement avec l'usage standard pour grande majorité des instruments de greffe. Les fabricants mettent à disposition des packs d'instrumentation standard ou à usage unique dédiés à la kératoplastie lamellaire antérieure ou endothéliale.

■ Kératoplastie lamellaire antérieure

1. Préparation du greffon

Il peut se préparer mécaniquement ou par découpe laser femtoseconde. Dans le premier cas, l'utilisation d'un *punch* de trépanation s'impose. On peut opter pour une trépanation plus simple et plus rapide par voie endothéliale (*punch* de Hanna, de Moria, de Hessburg-Barron) ou plus congruente par voie épithéliale sur chambre antérieure (Katéna, Moria). Une cupule à usage unique permet de réserver le greffon préparé. La trépanation laser nécessite l'usage d'un laser femtoseconde (FS) équipé du programme de découpe cornéenne adapté aux kératoplasties. Pour effectuer la procédure, le *docking* du laser s'effectue en principe sur un greffon monté sur chambre artificielle,

elle-même remplie de produit viscoélastique. Lorsque la dissection lamellaire du patient est effectuée, le chirurgien pèle la couche endothélio-descemetique du greffon à l'aide d'une pince de Troutman, parfois après coloration au bleu trypan.

2. Trépanation receveur

Le premier temps de trépanation consiste à vérifier les mesures de pachymétrie préopératoires à l'aide d'un pachymètre ultrasonore à embout à usage unique, ou désormais, par l'intermédiaire d'un OCT embarqué. Il faut noter que contrairement aux OCT embarqués des lasers FS, ceux des microscopes ne fournissent pas (encore) de mesures quantitatives. Ensuite, le marquage cornéen utilise un marqueur à croisillons, afin de centrer la trépanation et de fournir des repères d'affrontement. La trépanation mécanique nécessite l'usage d'un trépan cornéen. Plusieurs modèles existent. Les plus utilisés sont le trépan de Moria de Hanna, sa version à usage unique (*fig. 1*) et le trépan de Barron.



Fig. 1 : Trépan restérilisable de Hanna et *punch* + trépan à usage unique de Moria dérivé du trépan de Hanna.

3. Dissection lamellaire

Elle peut être pratiquée selon deux techniques principales : la dissection pneumaérique (*big-bubble*) [1] ou la dissection couche par couche. La réalisation d'une *big-bubble* ne nécessite en soi qu'une aiguille 30 gauge et une seringue à vis 3 ou 5 ml une fois la trépanation effectuée. La dissection couche par couche se fait à l'aide d'une spatule à dissection lamellaire. L'opérateur pratique souvent initialement l'ablation du stroma antérieur (*debulking*). Elle débute au couteau *crescent up*. Il peut ensuite la compléter avec le couteau ou utiliser une pince de Barraquer à 12 dents obliques (*fig. 2 A2 et B2*) pour fixer le stroma et la sclère fermement puis peler le stroma par traction (*peel off*). Plusieurs modèles de spatules à dissection lamellaire sont disponibles, comme la large et sécuritaire spatule de Barraquer (*fig. 2 A3 et B3*), celle plus fine et plus disséquante de Renard (*fig. 2 A4 et B4*) ou celle polyvalente de Fontana (*fig. 3*). Pour initialiser la dissection, on trouve souvent l'usage d'un couteau 15° ou 30°, et celle d'un couteau type *crescent up*. Il est possible d'utiliser ensuite un dissecteur à capot de LASIK ou un micromanipulateur mousse de phacoémulsification, tant que l'introduction lamellaire des spatules larges mais moins perforantes reste difficile. La découpe du lit de greffe s'effectue ensuite aux ciseaux de Vannas et/ou de Katzin droit et gauche (*fig. 2 A8 et B8*).

4. Placement du greffon

Il est suturé sur son lit de greffe à l'aide d'une pince à griffe (Bonn, Colibri) et d'un porte aiguille court, permettant de multiples types de prise en main selon l'orientation des sutures à effectuer (*fig. 2 A6 et B6*).

Lorsque les sutures sont achevées, il est utile de contrôler l'astigmatisme induit et d'ajuster les sutures pour le réduire au maximum. Pour cela, il est possible d'utiliser un kératomètre à disques de Placido (*fig. 2 A7 et B7*), si le microscope ne projette pas lui-même de mire lumineuse circulaire sur la surface oculaire.

III Kératoplastie lamellaire endothéliale

>>> Descemet stripping assisted endothelial keratoplasty (DSAEK)

1. Préparation du greffon

La découpe lamellaire du greffon de DSAEK est désormais mécanisée. Elle fait appel à un microkératome mécanique à

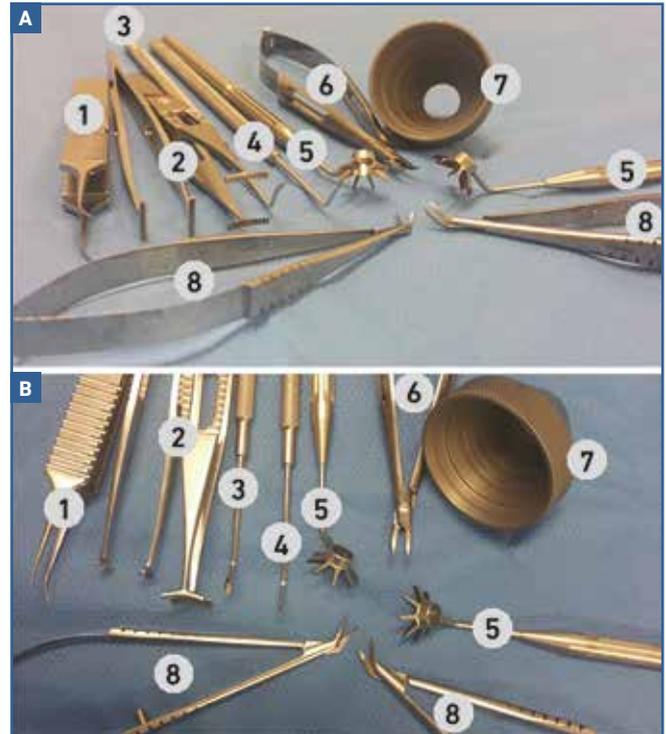


Fig. 2 : Kit d'instruments vus selon 2 points de vue différents (A et B) pour la réalisation d'une kératoplastie lamellaire antérieure (profonde). 1: Pince de Troutman. 2: Pince de Barraquer. 3: Spatule de Barraquer. 4: Spatule de Renard. 5: Marqueur à croisillons. 6: Porte aiguilles de Troutman-O'Brien Courbe sans verrou à mors ultra fins. 7: Kératomètre de Maloney. 8: Ciseaux de Katzin droit et gauche.

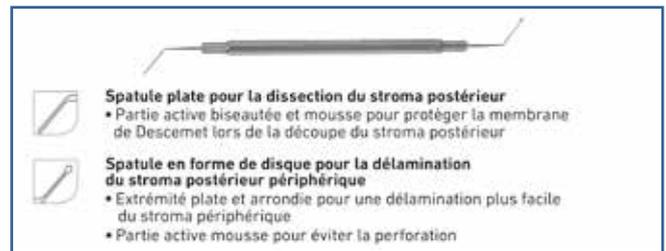


Fig. 3 : Spatule à dissection lamellaire stromale de Fontana (Moria).

translation ou à rotation qui ne fait pas parler à proprement dit de l'instrumentation de la procédure, mais plus généralement du matériel de salle opératoire. Cette étape peut être déléguée à l'établissement de banque tissulaire, qui dispense alors un greffon prédécoupé. La trépanation du greffon est généralement mécanique, effectuée à l'aide d'un *punch* de trépanation évoqué précédemment.

2. Descemétorhexis

Il est utile de marquer l'épithélium cornéen d'un cercle qui guide le descemétorhexis à l'aide d'un marqueur circulaire du diamètre souhaité (*fig. 4 et 5*). Le rhexis de la membrane de

Descemet se circonscrit et s'initialise avec un crochet inversé de Price. Il peut ensuite être complété avec un large crochet mousse afin de ne pas blesser le stroma postérieur œdémateux dans l'axe visuel. Il est conseillé de retirer l'endothéliodescemet soit avec le crochet inversé lui-même, soit avec une pince plate à commande distale.

3. Placement du greffon

Pour insérer le greffon en chambre antérieure après trépanation, il faut le séparer de son lenticule stromal antérieur avec une spatule plate de type Barraquer par exemple, puis il faut le charger dans une spatule-glissière. Plusieurs types existent. La spatule la plus répandue est celle de Busin. Il en existe plusieurs modèles à usage unique, dont certains possèdent un plateau rétractable qui se déploie avec le greffon en chambre antérieure. Pendant l'introduction du greffon, la chambre antérieure est maintenue grâce à une ligne d'infusion de 4 mm, crénelée afin de prévenir la luxation accidentelle. Le greffon est tiré à l'aide d'une aiguille dont le biseau est façonné ou avec une pince à commande distale. Une fois le greffon déployé en chambre antérieure, seules les manœuvres à l'aide de canules de Raycroft montées sur seringues d'air filtré et de BSS suffisent à plaquer le greffon dans sa position finale.

>>> Descemet's membrane endothelial keratoplasty (DMEK)

1. Préparation du greffon

Plusieurs techniques existent. La technique originale [2] consiste à désinsérer la membrane de Descemet (MD) de l'anneau trabéculaire avec un crochet de Sinskey, puis à

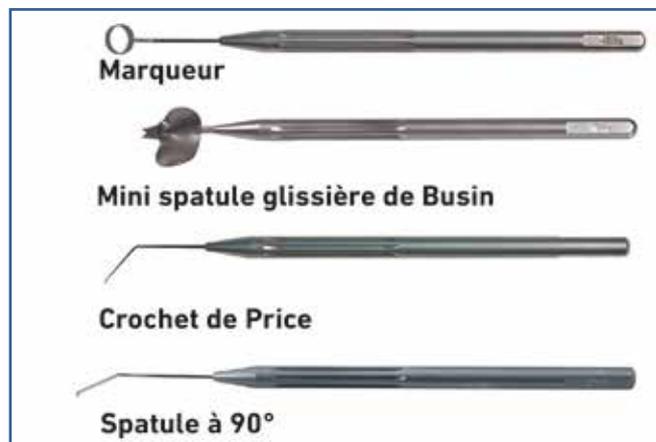


Fig. 4 : Instrumentation standard utile à la réalisation d'une kératoplastie lamellaire endothéliale (Source Moria).

la peler en une seule pièce sous BSS avec l'aide de pinces de Troutman ou d'une pince à DMEK de Kocaba, munie de deux plateaux distaux pour éviter les refends (fig. 6). La technique de Muraine consiste à prédécouper le greffon avec un *punch* gardé non circulaire [3]. La dissection

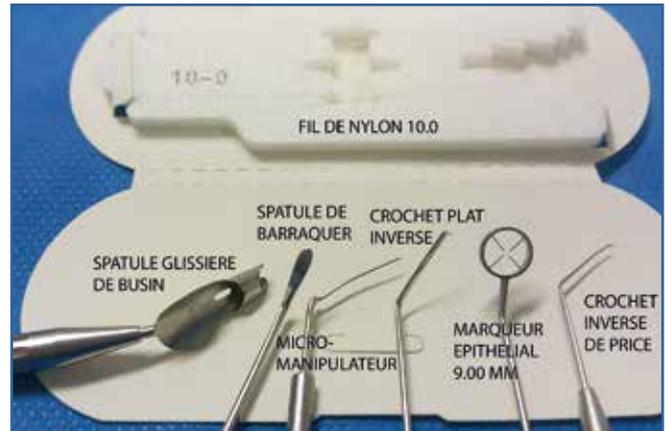


Fig. 5 : Instrumentation de bloc utile à la réalisation d'une DSAEK.

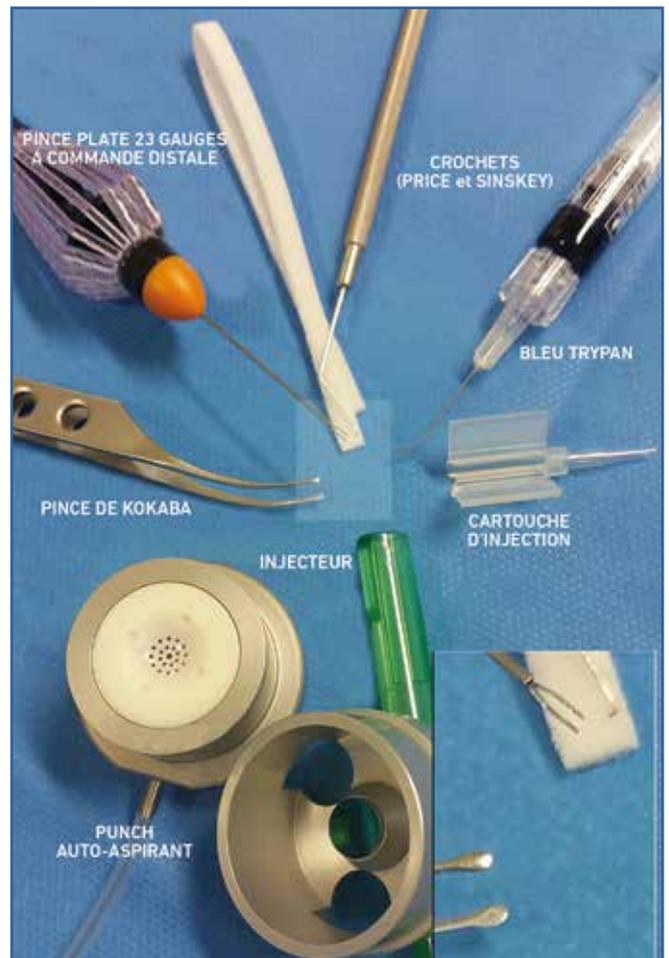


Fig. 6 : Instrumentation de bloc utile à la réalisation d'une DMEK.

se fait ensuite de proche en proche par hydrodissection avec une canule de type Raycroft ou à hydrodissection. Le greffon de MD peut aussi être séparé du stroma en banque tissulaire. Il est ensuite ajusté au diamètre souhaité avec un *punch* (*punch* de Barron, de Busin) ou plus simplement avec un couteau circulaire de trépan de Hanna, qui a l'intérêt de pouvoir être excentré en cas de nécessité (refend par exemple). Pour son introduction en chambre antérieure, le greffon est aspiré dans une canule de Geuder ou chargé dans une cartouche d'injection et son injecteur à usage unique en milieu liquide.

2. Descemétorhexis

Il est identique pour toutes les méthodes de kératoplastie lamellaire endothéliale.

3. Placement du greffon

Selon l'habitude du chirurgien, plusieurs incisions sont pratiquées au limbe à l'aide d'un couteau 15°, 30° ou pré-calibré de 1,8 mm. Le greffon de MD peut être injecté en chambre antérieure par le pilon d'un injecteur à usage unique ou tracté en chambre antérieure depuis sa canule avec une aiguille à rhexis ou une pince plate à commande distale 20, 23 ou 25 gauges. La réalisation d'un point de suture incisionnelle à ce stade nécessite l'usage d'un porte-aiguille et d'une pince de Bonn classique. Le placement du greffon de fait ensuite par manœuvres externes et *flush* internes avec des canules de type Raycroft en infusant du BSS ou de l'air.

>>> Pre Descemet endothelial keratoplasty (PDEK)

La PDEK se différencie de la DMEK par la préparation et la nature du greffon. La MD n'est pas décollée du stroma mécaniquement. On pratique une dissection lamellaire pneumatique, selon la technique de la *big-bubble*. Elle ne nécessite pas de matériel spécifique.

Pour conclure, pratiquer la greffe lamellaire, qu'elle soit antérieure ou postérieure, nécessite une instrumentation spécifique. Il est désormais possible de pratiquer ces gestes chirurgicaux avec une instrumentation à usage unique dans leur intégralité.

Bibliographie

1. ANWAR M, TEICHMANN KD. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. *Journal Of Cataract And Refractive Surgery*, 2002;28:398-403.
2. LIE JT, BIRBAL R, HAM L *et al.* Donor tissue preparation for Descemet membrane endothelial keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34:1578-1583.
3. MURAIN M, GUEUDRY J, HE Z *et al.* Novel technique for the preparation of corneal grafts for descemet membrane endothelial keratoplasty. *Am J Ophthalmol*, 2013;156:851-859.

L'auteur remercie les laboratoires d'instrumentation Malosa Medical et Moria pour leur gracieuse aide documentaire.

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, Fondation Rothschild, PARIS.
oprissant@gmail.com

DMEK : comment préparer le greffon endothélial?

L'émergence des techniques de greffes lamellaires de la cornée au cours des dernières années a considérablement révolutionné les indications et les résultats. L'avantage des greffes lamellaires par rapport à la KT (kératoplastie transfixiante) est de ne remplacer que la couche cornéenne pathologique.

Concernant les indications endothéliales (*fig. 1*) (dystrophies de Fuchs, décompensation endothéliale du pseudophaque...), 2 techniques existent : la DMEK (*Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty*) qui est une greffe endothéliale pure et la DSAEK dans laquelle le greffon est endothélio-stromal, beaucoup plus épais (80 à 200 microns d'épaisseur), préparé à l'aide d'un microkératome.

La DMEK tend à devenir la technique chirurgicale de référence au détriment de la DSAEK car elle présente de nombreux avantages :

- greffon beaucoup plus fin en DMEK (10 microns d'épaisseur) qu'en DSAEK (70 à 200 microns) (*fig. 2*) ;
- récupération visuelle de meilleure qualité en DMEK en raison de l'absence de l'interface stroma/stroma avec le greffon de DSAEK ;
- absence d'amétropie induite contrairement à la DSAEK qui induit une hypermétropisation liée au ménisque postérieur du greffon.

Néanmoins, la DMEK est une technique chirurgicale difficile nécessitant une courbe d'apprentissage souvent longue avant d'obtenir des résultats fiables et reproductibles.

Deux étapes sont particulièrement délicates à acquérir techniquement :

- la préparation du greffon endothélial ;
- la manipulation sans contact du greffon dans la chambre antérieure du receveur.

Le but de cet article est de détailler les étapes de la technique de prélèvement du greffon endothélial.

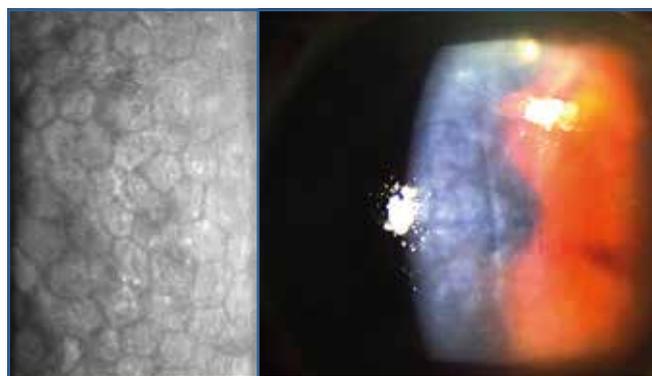


Fig. 1 : Œdème de la cornée d'origine endothéliale. Indications des greffes endothéliales de type DMEK : décompensation endothéliale du pseudophaque ou dystrophie de Fuchs.

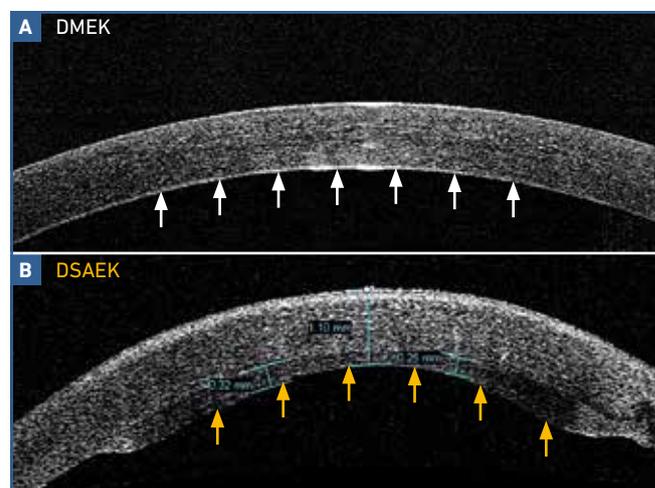


Fig. 2 : DMEK et DSAEK. L'OCT postopératoire montre avec la DMEK une restitution anatomique cornéenne *ad integrum*. Le greffon (flèches blanches) n'est pas visible. Au contraire, l'épaisseur du greffon de DSAEK est bien visible en OCT (flèches jaunes). L'interface stroma/stroma (ligne en pointillés rouges) réduit la qualité de vision postopératoire par rapport à la DMEK.

■ Pourquoi maîtriser la technique de prélèvement endothélial ?

L'une des étapes les plus difficiles et pourtant fondamentale de la DMEK est la préparation du greffon endothélial. Même si les banques des yeux envisagent à moyen terme de nous délivrer des greffons endothéliaux "prêts à l'emploi", préparés au sein même de la banque, il est indispensable de parfaitement maîtriser la technique de prélèvement du greffon endothélial. En effet, toute déchirure du greffon endothélial compromet l'intervention et oblige d'une part à renvoyer le patient chez lui et d'autre part à payer le greffon car la banque ne fournit en général pas de greffon de secours.

Par ailleurs, le succès de la DMEK repose en grande partie sur la qualité du greffon endothélial tant du point de vue de son intégrité anatomique que de la préservation d'un capital cellulaire endothélial maximal, compte-tenu de la perte cellulaire endothéliale de l'ordre de 30 % même pour une DMEK parfaitement réalisée !

Plusieurs techniques de prélèvement endothélial existent (technique "No touch" de Melles, technique de DMEK inversée de Marc Muraine...). Nous décrivons ici une technique proche de celle décrite par Gerrit Melles.

■ Anatomie du greffon endothélio-descémétique

Pour bien comprendre la logique du prélèvement endothélial, il est important de prendre en considération les trois éléments suivants :

1. Le sens de l'enroulement du greffon

Le greffon endothélio-descémétique a tendance à s'enrouler dans un sens tel que les cellules endothéliales sont situées à l'extérieur du rouleau (*fig. 3*). La force d'enroulement et donc la difficulté à dérouler le rouleau endothélio-descémétique, dépend de l'âge du donneur. Plus le donneur est jeune, plus le greffon a tendance à s'enrouler fortement et inversement. C'est la raison pour laquelle nous demandons pour une DMEK, un greffon provenant d'un donneur âgé de plus de 60 ans.

2. Le bleu trypan (Vision Blue) colore la face stromale du greffon

C'est la raison pour laquelle il ne sert à rien de colorer l'endothélium du greffon avant que la dissection n'ait commencé.

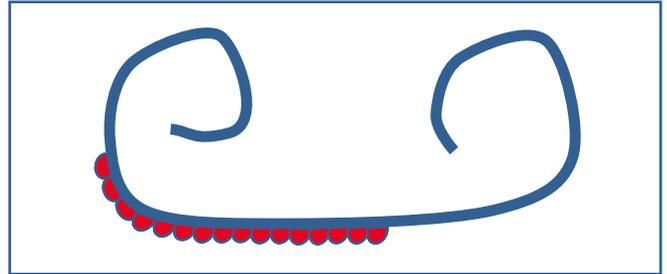


Fig. 3 : Sens d'enroulement du greffon endothélial. Ce schéma montre que l'endothélio-Descemet s'enroule spontanément de telle manière que les cellules endothéliales sont situées sur l'extérieur du rouleau. Le rouleau est d'autant plus serré que le donneur est jeune. Le bleu trypan (Vision Blue) ne colore pas l'endothélium mais la face stromale du greffon.

En revanche, l'utilisation répétitive de bleu trypan est fortement recommandée pour aider à visualiser l'endothélium au fur et à mesure que celui-ci est clivé du stroma sous-jacent.

3. La membrane de Descemet est plus adhérente en périphérie qu'au centre

Le clivage entre la membrane de Descemet et le stroma sous-jacent est plus délicat au niveau des 2 mm périphériques en raison d'une forte adhérence (*fig. 4*). C'est donc au début de la dissection qui démarre par la zone périphérique, qu'il faudra porter la plus grande attention pour ne pas créer de refends afin de ne pas déchirer le greffon endothélial.

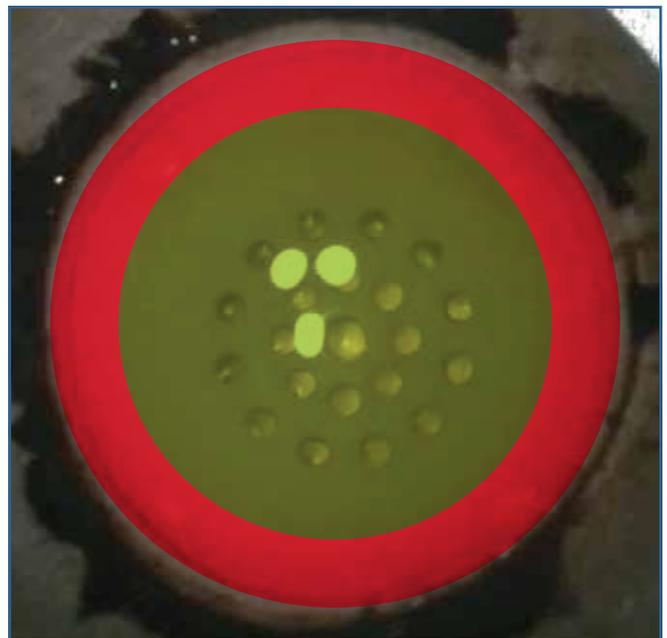


Fig. 4 : Zone d'adhérence de la membrane de Descemet. L'adhérence de la membrane de Descemet au stroma est plus forte en périphérie et plus lâche au centre. C'est surtout en périphérie qu'il faudra faire attention de ne pas générer de traits de refend au moment de la dissection.

■ Les étapes de la préparation du greffon endothélial

1. Comment choisir le donneur ?

Pour la DMEK, on demandera un greffon provenant d'un donneur âgé de plus de 60 ans afin que le rouleau endothélio-descemétique soit plus facile à dérouler. On demandera par ailleurs une densité cellulaire endothéliale la plus élevée possible (en pratique plus de 2 500 voire 2 700 cellules/mm²) pour tenir compte de la perte endothéliale pendant la DMEK qui est de l'ordre de 30 %.

2. Début de la dissection au crochet de Sinsky

Après avoir positionné le greffon face endothéliale vers le haut sur le trépan jetable et protégé l'endothélium à l'aide de BSS, on va démarrer la dissection du greffon endothélial à l'aide d'un crochet de Sinsky au niveau de l'anneau de Schwalb (*fig. 5*). Le geste doit être léger de manière à ne pas créer de traits de refends sur la Descemet, et circulaire sur 360°. Une coloration au bleu trypan (*fig. 6*) puis un rinçage au BSS permettent ensuite de visualiser la marque circulaire réalisée (*fig. 7*).

3. Dissection de la périphérie du greffon

Rappelons que ce sont les 2 mm périphériques qui correspondent à la plus forte zone d'adhérence de la membrane de Descemet (*fig. 7*). On va toujours à l'aide du crochet de Sinsky chercher à disséquer la partie périphérique du greffon d'une manière délicate et en faisant très attention à ne pas générer des traits de refend. Ce geste s'effectue d'une manière circulaire sur 360° à raison de 2 ou 3 tours complets. Entre chaque tour, on va colorer avec du bleu trypan puis rincer de manière à visualiser la zone périphérique décollée.

4. Décollement du greffon endothélial

Une fois cette zone périphérique décollée et bien colorée au bleu trypan, on va utiliser une pince à DMEK parfaitement plate pour soulever le greffon endothélial sans le déchirer (*fig. 8*). On attrape le greffon endothélial à une extrémité puis on le soulève de proche en proche en faisant très attention de ne pas générer un trait de refend qui pourrait, à ce stade du prélèvement, être fatal et obliger à annuler la greffe. Au fur et à mesure que le greffon endothélial est soulevé, on colore et on rince régulièrement à l'aide de bleu de trypan de manière à visualiser la zone endothéliale décollée.



Fig. 5 : Début de la dissection au crochet de Sinsky. Après avoir positionné le greffon sur le trépan de Moria à usage unique face endothéliale vers le haut, la dissection du greffon endothélial se fait à l'aide de l'extrémité d'un crochet de Sinsky et démarre au niveau de l'anneau de Schwalb.

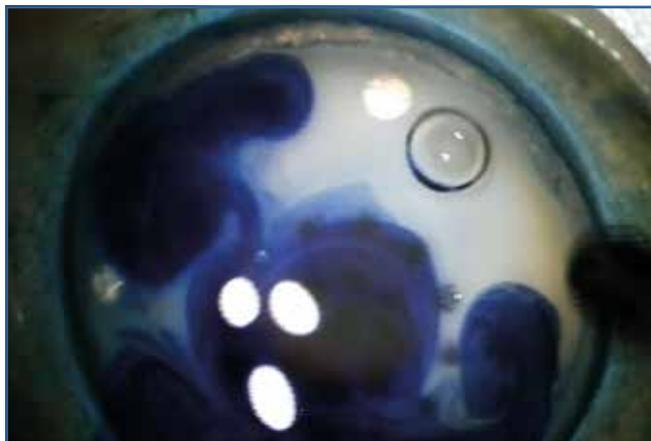


Fig. 6 : Coloration du greffon endothélial au bleu trypan (Vision Blue). Au fur et à mesure que la dissection se poursuit, le bleu trypan est utilisé pour colorer la partie décollée de l'endothélium. Le bleu trypan ne colore que la face stromale décollée du greffon.



Fig. 7 : Dissection de la zone périphérique. C'est la partie la plus délicate de la préparation du greffon en raison de l'adhérence plus forte en périphérie.

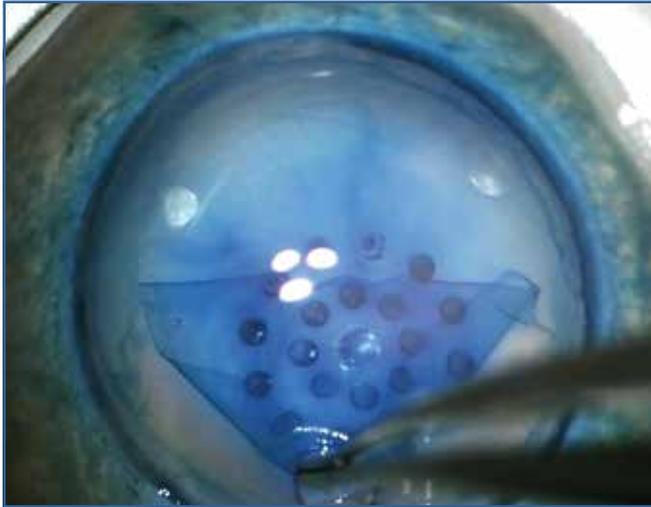


Fig. 8 : Décollement du greffon à la pince à DMEK. Une fois que la périphérie a bien été disséquée au crochet de Sinsky, le greffon est attrapé puis soulevé de proche en proche à l'aide d'une pince plate spéciale à DMEK.

5. Marquage du greffon endothélial

L'une des principales difficultés de la DMEK est de repérer dans la chambre antérieure du receveur si le greffon est face endothéliale vers le haut ou vers le bas. Plusieurs méthodes existent (OCT peropératoire, marquage du greffon, manœuvre de Moutsouris...).

L'une des méthodes pour faciliter ce repérage, est de marquer la face stromale du greffon à l'aide d'une lettre asymétrique (F par exemple) à l'aide de bleu gentiane (**fig. 9**). Lorsque les 2/3 du greffon endothélial ont été décollés et après avoir protégé la face endothéliale à l'aide de produit viscoélastique dispersif, celui-ci est replié en sandwich de manière à exposer sa face stromale. Après avoir séché cette face stromale à l'aide d'une micro-éponge humide, une marque asymétrique est délicatement effectuée au bleu gentiane. On peut utiliser l'extrémité du crochet de Sinsky ou un marqueur spécifique (lettre S ou F par exemple). Le greffon est ensuite repositionné et le produit viscoélastique abondamment rincé car ce dernier pourrait empêcher le greffon d'adhérer au stroma du receveur.

6. Trépanation du greffon au trépan jetable de Moria

Après avoir repositionné le greffon face endothéliale vers le haut et pompé le BSS à l'aide de micro-éponges humidifiées, une trépanation partielle est effectuée. Nous utilisons habituellement un trépan jetable de Moria de 8,25 ou 8,5 mm de diamètre (**fig. 10**).

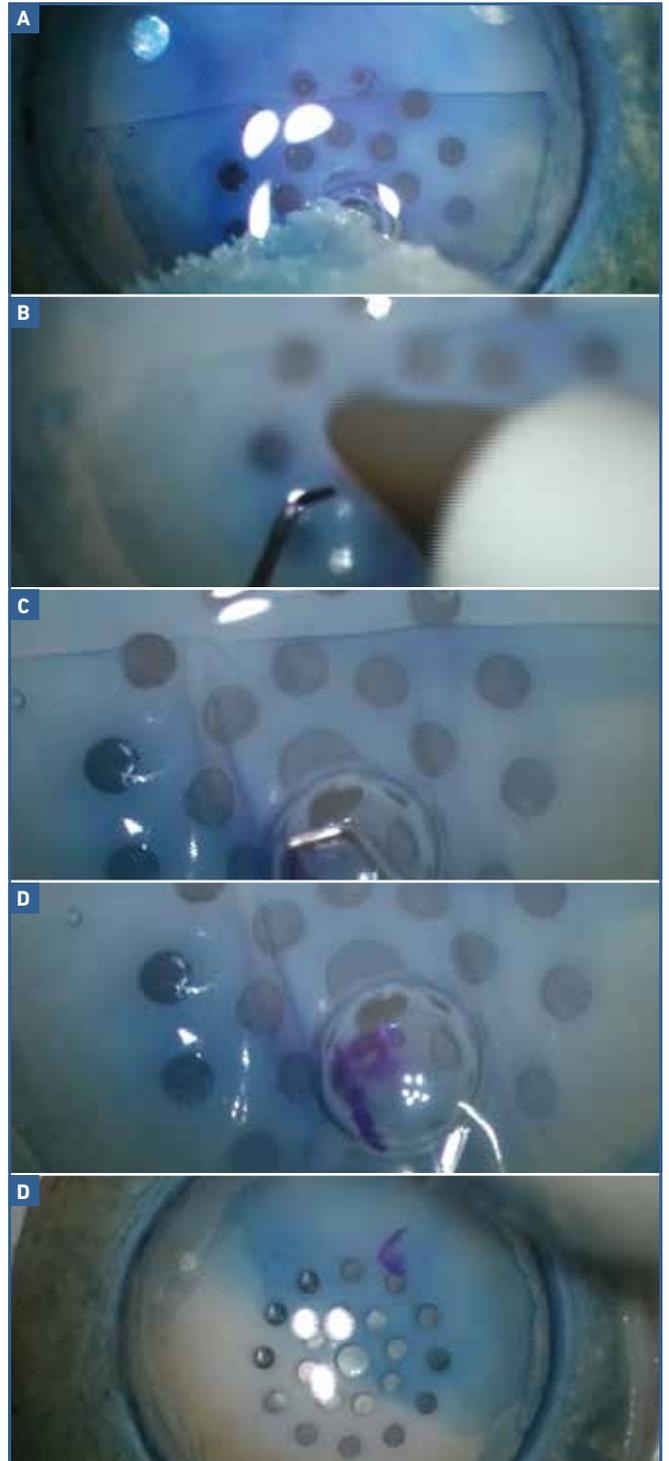


Fig. 9 : Marquage de la face stromale du greffon endothélial. Cette étape est importante afin de bien repérer où se trouve la face endothéliale du greffon lorsque celui-ci sera positionné dans la chambre antérieure du receveur. **A :** Séchage de la face stromale du greffon après l'avoir replié en "sandwich" et après avoir protégé l'endothélium avec du produit viscoélastique. **B, C, D :** Réalisation d'une petite marque asymétrique (ici un F sans la petite barre, dessiné au crochet de Sinsky) au bleu gentiane. Cette marque sera réalisée en dehors de l'axe optique. **E :** Le greffon est ensuite repositionné et le produit viscoélastique rincé. On peut voir la marque F réalisée au bleu gentiane.



Fig. 10 : Trépanation du greffon au trépan jetable de Moria de diamètre 8,5 mm.

7. Fin du prélèvement du greffon

Après ablation de l'anneau périphérique endothélial, nous attrapons le greffon endothélial à l'aide de la pince à DMEK de la manière la plus atraumatique possible. C'est en effet le seul moment où la pince va entrer en contact avec le greffon endothélial lui-même (fig. 11). À l'aide d'un mouvement lent et progressif, le greffon endothélial est cette fois totalement

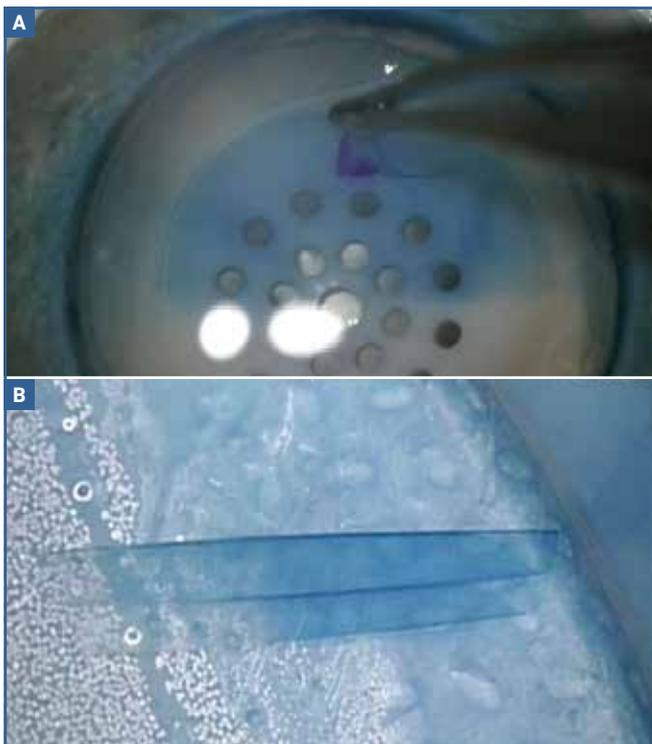


Fig. 11 : Fin du prélèvement à la pince à DMEK. On attrape délicatement le greffon avec la pince (A). C'est le seul moment de l'opération pendant lequel le greffon est touché par un instrument. Le greffon endothélial est cette fois totalement séparé du reste du greffon puis immergé dans une cupule en verre remplie de BSS. Il s'enroule alors en simple ou en double rouleau (B).

séparé du reste de la cornée donneuse puis immergé dans une cupule en verre remplie de BSS. On le voit alors s'enrouler sur lui-même en simple ou en double rouleau.

8. Coloration du greffon endothélial au bleu trypan

Avant d'être aspiré dans la cartouche en verre, le greffon est coloré le plus intensément possible au bleu trypan (fig. 12). Cette étape est fondamentale car plus le greffon sera bleuté, plus il sera visible et facile à manipuler dans la chambre antérieure à travers la cornée du receveur souvent œdémateuse limitant la visibilité. Le protocole de coloration est variable. Nous immergeons le greffon dans le Vision Blue pendant 3 minutes environ puis rinçons le bleu.

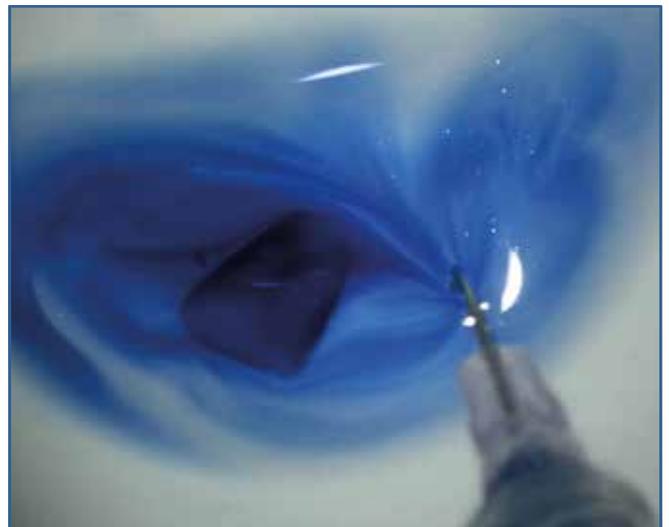


Fig. 12 : Coloration du greffon endothélial au bleu trypan. Coloration pendant 3 minutes, puis rinçage du greffon avant de l'aspirer dans la canule de Geuder.

9. Aspiration du greffon à l'aide d'une canule en verre

L'injection du greffon dans la chambre antérieure du receveur se fait à l'aide d'une canule en verre. En effet, les cellules endothéliales orientées à l'extérieur du rouleau seraient endommagées si une canule en plastique était utilisée. Nous utilisons la canule en verre de Geuder qui présente une extrémité large servant à aspirer le greffon et une extrémité étroite servant à l'injecter dans la chambre antérieure (fig. 13).

10. Repérage du sens du greffon endothélial

Cette étape est fondamentale afin de faciliter le positionnement du greffon endothélial dans la chambre antérieure. Le repérage du sens du greffon endothélial se fait dans la canule



Fig. 13 : Aspiration du greffon dans la canule en verre de Geuder. **A :** Le greffon est aspiré dans la canule en verre de Geuder à travers la large extrémité. **B :** Après avoir inversé la position de la seringue, le greffon est ensuite poussé vers l'extrémité la plus fine de la canule. **C :** Greffon en position dans la partie fine de la canule avant d'être injecté dans l'œil du receveur.

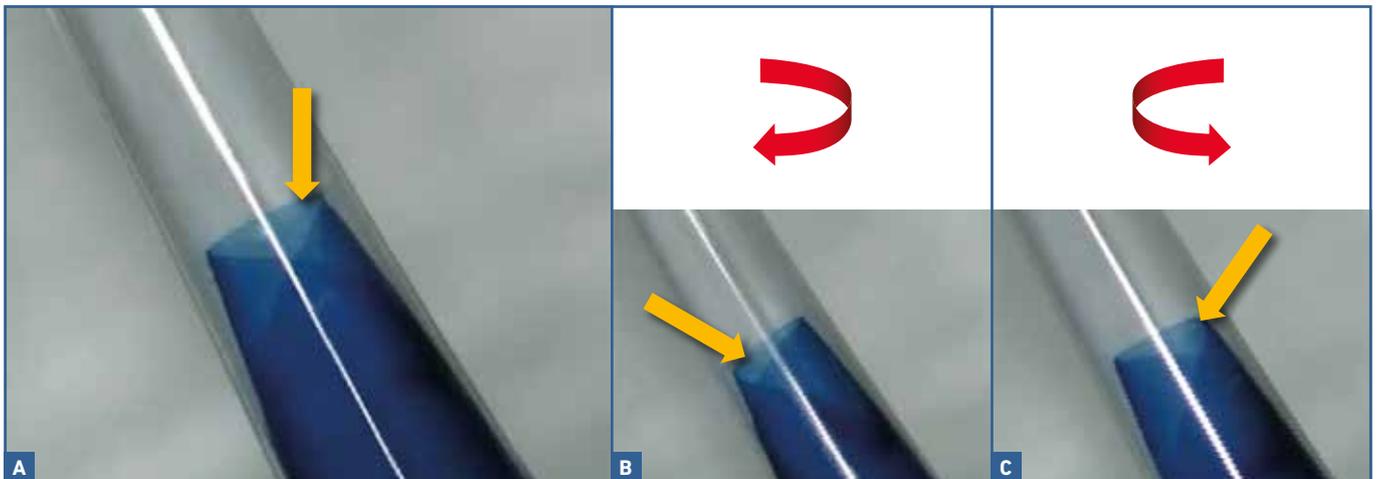


Fig. 14 : Repérage du sens du greffon dans la canule en verre. Avant d'injecter le greffon, il est important de repérer le sens de celui-ci dans l'injecteur (**A**). Cela fera en effet gagner beaucoup de temps et rendra plus facile le positionnement du greffon dans la chambre antérieure. Pour ce faire, on repère sous microscope opératoire à fort grossissement, l'extrémité du rouleau endothélial qui se présente comme un triangle isocèle (flèche jaune). On roule ensuite la canule vers la droite et vers la gauche. Le comportement de ce triangle permet de déduire dans quel sens est positionné le greffon (flèches jaunes sur **B** et **C**).

en verre sous microscope opératoire (*fig. 14*). Une fois que le sens est repéré, le greffon est poussé vers l'extrémité la plus fine de la canule, prêt à être injecté dans la chambre antérieure du receveur.

■ Conclusion

Le greffon endothélial est particulièrement fin et fragile ! La préparation de celui-ci doit être la plus atraumatique possible afin de ne pas le déchirer et de préserver au maximum la

mosaïque endothéliale. La technique de préparation doit être fiable et reproductible car les banques ne nous fournissent habituellement pas de greffon de secours. Une courbe d'apprentissage est nécessaire avant de se lancer dans une véritable DMEK. Une bonne occasion de s'entraîner au prélèvement du greffon endothélial est la préparation du greffon stromal au cours de la DALK (greffe lamellaire antérieure profonde pour kératocône).

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, Fondation Rothschild, PARIS.

oprisant@gmail.com

Greffes lamellaires de la cornée : un seul greffon = 1 DALK + 1 DMEK

Dans un contexte de pénurie de greffons cornéens en France, la possibilité de réaliser 2 greffes de cornée avec un seul greffon est une option intéressante. Les techniques de greffe lamellaire permettent en effet de ne remplacer que la seule couche pathologique de la cornée. Il est donc possible grâce au plan de clivage existant entre la membrane de Descemet et le stroma cornéen de séparer le greffon cornéen total en 2 greffons lamellaires : un greffon stromal pouvant être utilisé pour une DALK (= KLAP = greffe stromale ou lamellaire antérieure profonde, par exemple pour un kératocône) et un autre greffon endothélial pouvant être utilisé pour une DMEK (greffe endothéliale pure indiquée en cas de déficience endothéliale). Dans cet article, nous allons détailler les modalités pratiques de cette attitude chirurgicale, ses avantages et inconvénients.

■ Principe anatomique

Il existe un plan de clivage anatomique entre la membrane de Descemet et le stroma cornéen qui permet de séparer ces 2 couches aussi bien sur le greffon que sur la cornée du receveur (*fig. 1*).

■ Clivage anatomique sur le receveur

Dans le cadre d'une greffe lamellaire antérieure profonde pour pathologie stromale type kératocône (DALK), le clivage entre le stroma pathologique à remplacer et l'endothélio-Descemet à conserver, s'effectue grâce à la technique de la "big bubble"

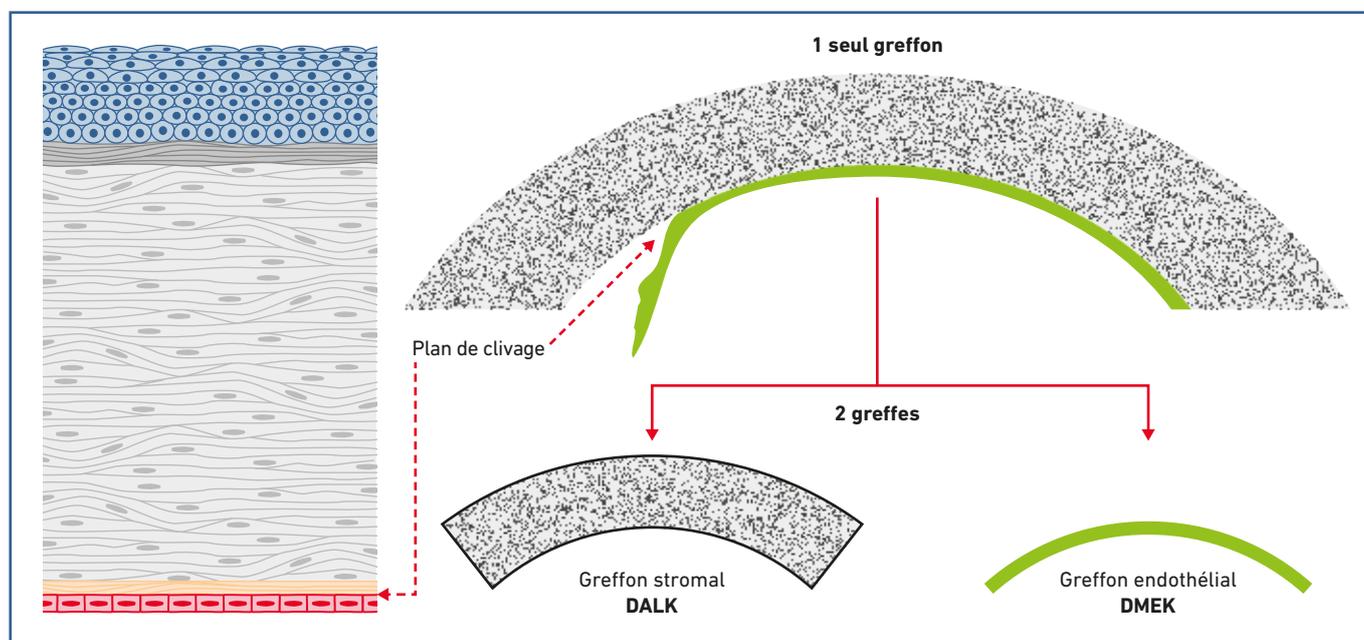


Fig. 1 : Un seul greffon pour 2 patients. Le plan de clivage entre stroma et Descemet permet de préparer à partir d'un seul greffon un greffon lamellaire stromal utilisé pour une greffe stromale (DALK) et un greffon lamellaire endothélial utilisé pour une greffe endothéliale pure (DMEK).

qui est une aérodisssection sous forte pression (*fig. 2*). Dans le cadre d'une greffe endothéliale type DMEK, ce plan de clivage permet de retirer aisément l'endothélium pathologique (endothéliorhexis réalisé sous bulle d'air grâce à un crochet de Sinsky inversé) (*fig. 3*).

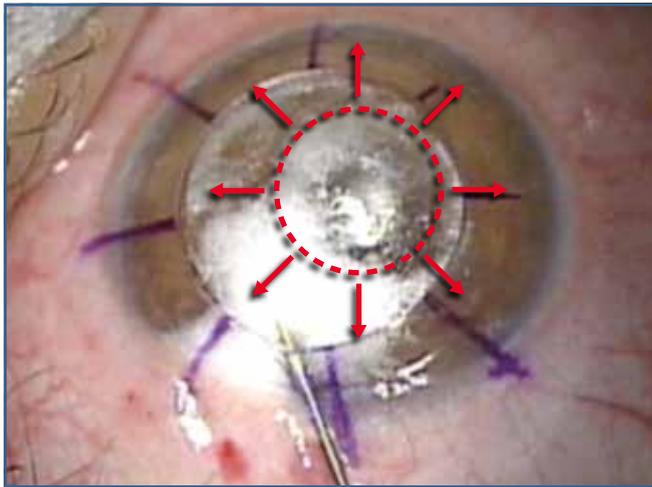


Fig. 2 : DALK : aérodisssection de la Descemet sur le receveur (*big bubble*).

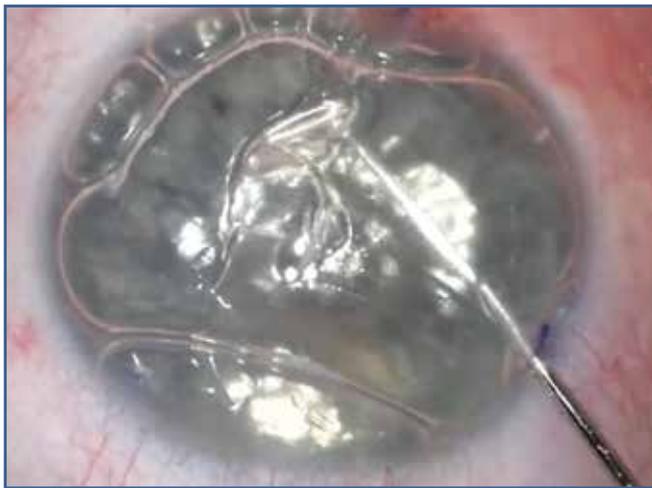


Fig. 3 : DMEK : endothéliorhexis sous air. Le plan de clivage permet de retirer aisément la Descemet pathologique à l'aide d'un crochet de Sinsky inversé. Cette dissection se fait alors que la chambre antérieure est remplie pour une meilleure visibilité.

■ Clivage anatomique sur le greffon

La séparation entre stroma et endothélio-Descemet est délicate mais peut se faire à l'aide d'un crochet de Sinsky et d'une pince plate à DMEK (*fig. 4*). Ainsi, il est possible à partir d'un seul greffon cornéen de préparer 2 greffons lamellaires : un greffon stromal qui pourra être utilisé pour une greffe

stromale (DALK) et un greffon endothélio-descemetique pur qui sera utilisé pour une greffe endothéliale (DMEK). Le principe est donc de coupler sur le même programme opératoire 2 patients à greffer, l'un en DALK et l'autre en DMEK, de manière à n'utiliser qu'un seul greffon pour les 2 patients.

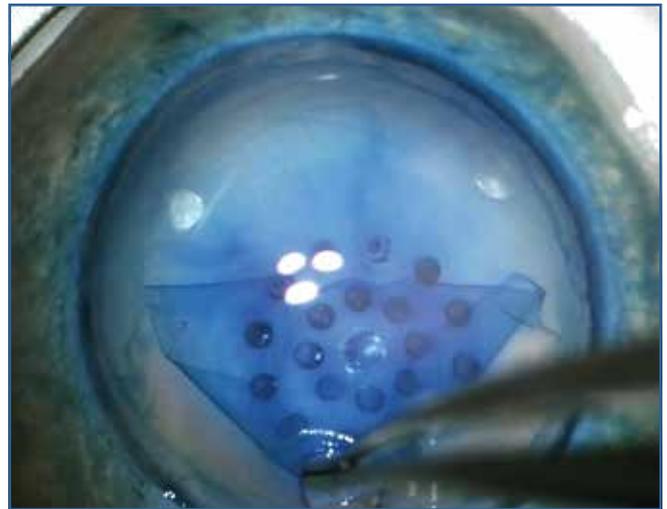


Fig. 4 : Séparation de la Descemet du stroma sur le greffon. Le plan de clivage permet de décoller la Descemet du stroma du greffon, sans la déchirer.

■ Dans quel ordre faut-il réaliser les greffes ?

Deux attitudes sont possibles : soit DMEK puis DALK, soit DALK puis DMEK. Nous préférons réaliser la DALK puis la DMEK. En effet, concernant la DALK, en cas d'échec de la "big bubble" (5 % des cas), il faudra réaliser une KT et donc utiliser le 1^{er} greffon en totalité sans enlever l'endothélium. Inversement, en cas de succès de la "big bubble" (95 % des cas), nous aurons 2 chances pour réussir le prélèvement du greffon endothélial, sur le 1^{er} greffon et en cas d'échec, sur le 2^e greffon. Inversement, si on réalise la DMEK en premier, en cas d'échec de prélèvement du greffon endothélial, on ne pourrait faire un 2^e essai de prélèvement endothélial sur le 2^e greffon réservé à la DALK, car on ne pourrait alors plus réaliser de KT si la "big bubble" échouait sur le 2^e patient DALK.

■ Réalisation pratique en 4 étapes

Pour réaliser cette approche chirurgicale, nous programmons donc dans la même session opératoire une DALK puis juste après, une DMEK. Nous commandons un greffon pour chacune de ces 2 greffes.

La chirurgie se fait en 4 étapes :

>>> 1^{re} étape : DALK : préparation du receveur (fig. 5A à 5E)

Le receveur DALK (patient kératocônique le plus souvent) est préparé selon la technique habituelle : prétrépanation à 450 microns, réalisation de la *big bubble* à l'aide d'une canule de Fontana, ablation du stroma superficiel, ouverture de la bulle puis ablation du toit de la bulle (stroma résiduel).

>>> 2^e étape : préparation des greffons (fig. 6A à 6C)

Une fois que le stroma pathologique du receveur DALK a été entièrement retiré, on peut démarrer la préparation des 2 greffons (stromal pour le 1^{er} patient et endothélial pour le 2^e patient qui attend) à partir du 1^{er} greffon prévu pour le patient DALK.

La séparation des couches endothéliale et stromale est réalisée selon la technique habituelle de préparation du greffon de DMEK (crochet de Sinsky, pince plate à DMEK). La trépanation est réalisée d'une manière transfixiante (attention, pas de rotation du trépan pour ne pas déchirer le greffon endothélial) à l'aide d'un trépan Moria jetable diamètre 8,5 mm. Dans cette approche, les diamètres du greffon stromal et endothélial seront donc les mêmes.

La préparation des greffons se fait sur une table opératoire différente de celle utilisée pour la DALK, de manière à ce que les instruments qui ont touché le 1^{er} patient DALK ne soient jamais en contact avec ce qui touchera le 2^e patient DMEK et inversement.

Le greffon endothélial est délicatement immergé dans une cupule en verre remplie de BSS et conservé d'une manière stérile en attendant d'être utilisé pour le 2^e patient DMEK (délai inférieur à 1 heure).

>>> 3^e étape : fin de la DALK : suture du greffon stromal (fig. 7)

Le greffon stromal est suturé au lit du receveur par 16 points de monofil enfouis en faisant bien attention de ne pas perforer la membrane de Descemet.

>>> 4^e étape : réalisation de la DMEK (fig. 8A à 8E)

La DMEK est ensuite réalisée sur le 2^e patient, le greffon endothélial étant déjà prêt ce qui fera gagner du temps sur la réalisation de la DMEK. Après préparation du receveur

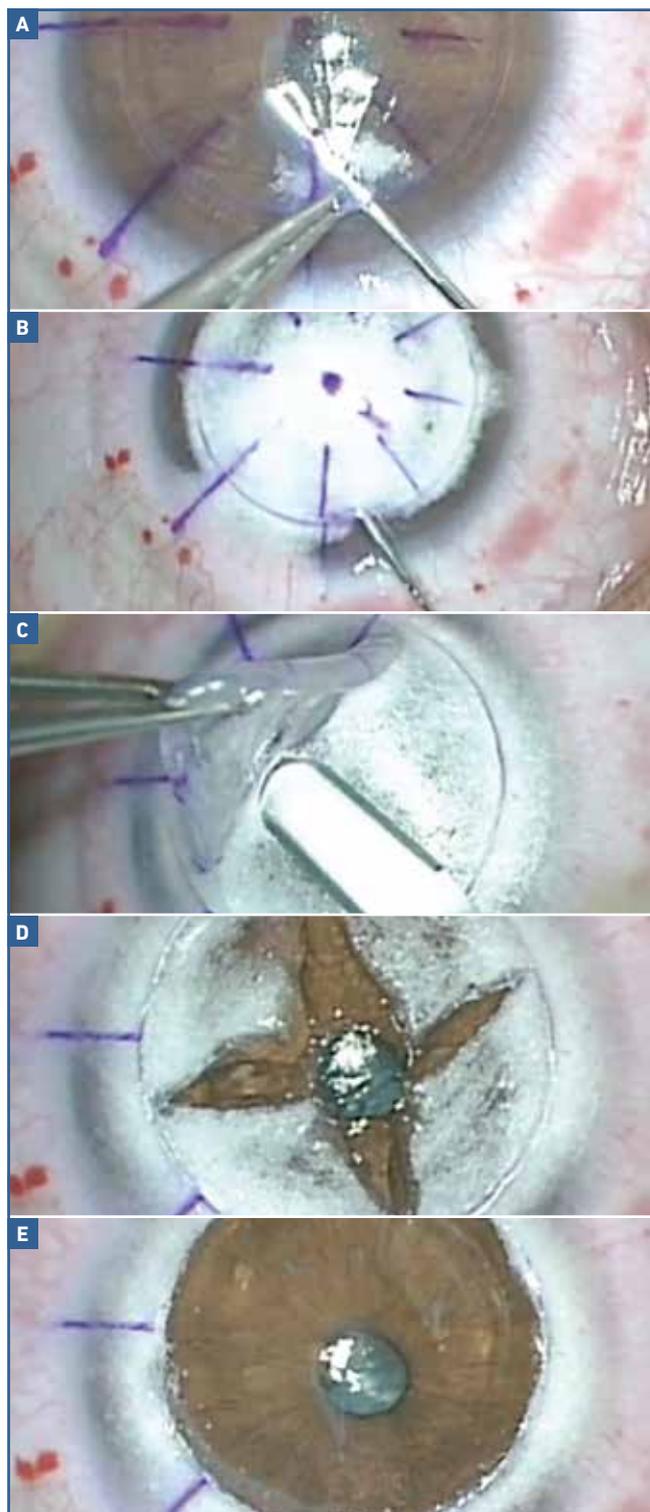


Fig. 5 : Première étape : DALK : préparation du receveur. Après prétrépanation (450 microns) et introduction d'une canule de Fontana au niveau de l'interface stroma/Descemet (5A), une aérodissection sous forte pression (5B) permet sous forme d'une "big bubble" de séparer la Descemet (plancher de la bulle) du stroma cornéen (toit de la bulle). Après ablation du stroma superficiel au couteau de Crescent (5C), la bulle est ouverte (5D) puis le stroma profond enlevé laissant à nu la Descemet saine du receveur (5E).

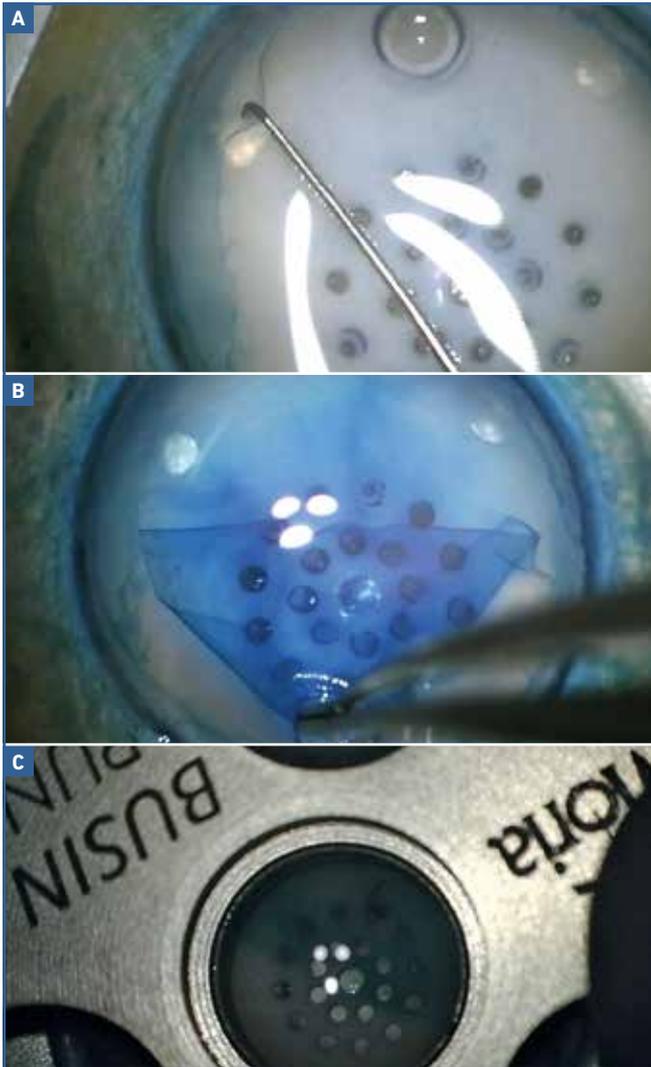


Fig. 6 : 2^e étape : préparation des greffons. Après décollement de la Descemet au crochet de Sinskey (5A) puis à la pince à DMEK (5B), une trépanation (trépan jetable de Moria, diamètre 8,5 mm) est réalisée d'une manière transfixiante permettant d'isoler les 2 greffons, endothélial et stromal (5C).

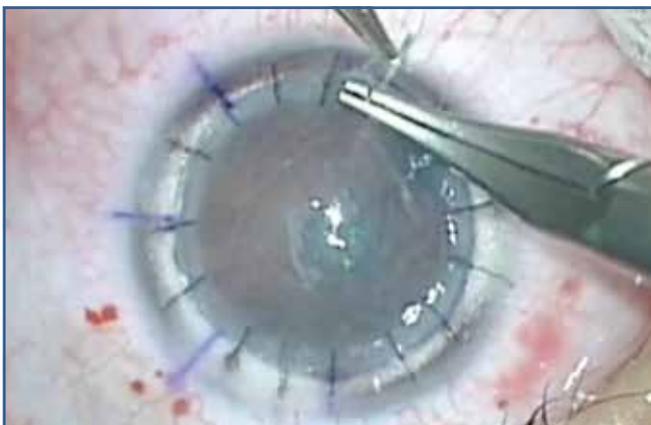


Fig. 7 : 3^e étape : DALK : suture du greffon.

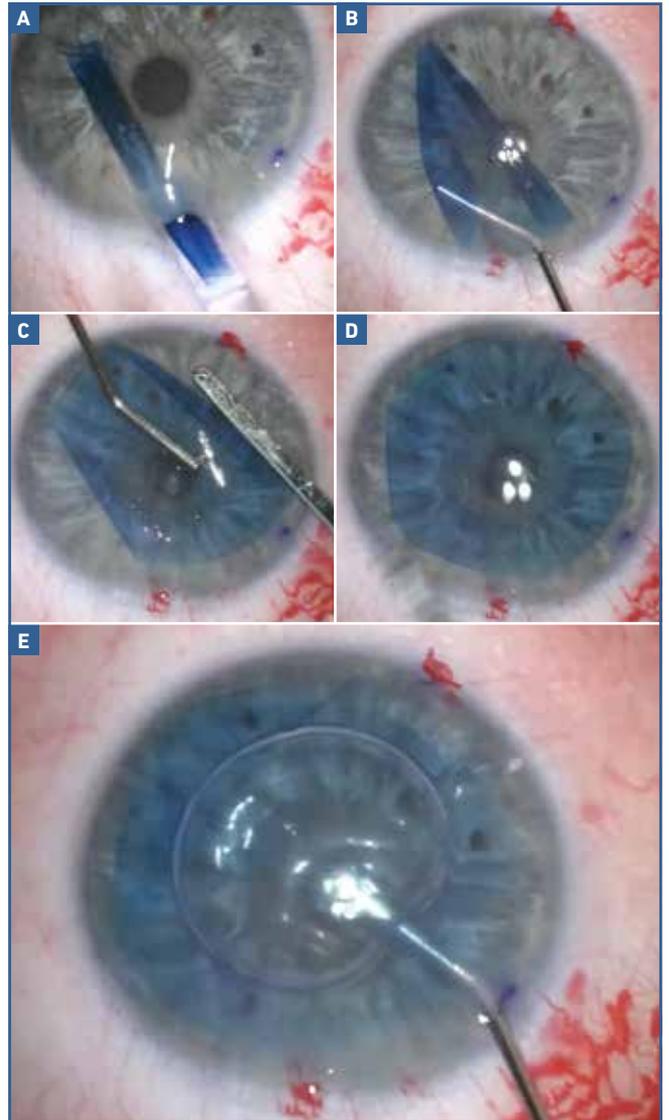


Fig. 8 : 4^e étape : DMEK. Après ablation de l'endothélium déficient du receveur, le greffon endothélial coloré au bleu trypan (Vision Blue) est injecté dans la chambre antérieure à l'aide d'une canule en verre de Geuder (8A). **Fig. 8B :** vérification de l'orientation du greffon (cellules endothéliales vers l'iris) grâce à la manœuvre de Moutsouris (l'extrémité de la canule apparaît bleue) (8B). Après déroulement du greffon à l'aide de manœuvres externes (8C), le greffon est bien centré (8D). Une bulle d'air est injectée lentement sous le greffon (8E) de manière à le plaquer contre le stroma du receveur.

(réalisation des incisions et de l'endothéliorhexis sous bulle d'air à l'aide d'un crochet de Sinskey inversé), le greffon endothélial est coloré pendant 3 minutes au bleu trypan puis aspiré dans une canule en verre de Geuder (de manière à léser le moins possible de cellules endothéliales). Il est ensuite injecté en chambre antérieure, puis déroulé, positionné endothélium vers l'iris, centré puis plaqué contre le stroma du receveur à l'aide d'une bulle d'air qui se résorbera en 48 heures, le patient étant allongé en position horizontale stricte.

■ Aspects juridiques

Sur le plan juridique, aucun texte ne s'oppose à la préparation à partir du même greffon cornéen de 2 greffons lamellaires destinés à 2 receveurs différents (Arrêté du 30 août 1999, JORF n° 202 du 1^{er} septembre 1999). D'ailleurs, un même donneur fournit 2 cornées destinées à 2 receveurs différents. Il est donc dans la même logique qu'une même cornée puisse servir pour plusieurs receveurs différents. En revanche, les banques des yeux soulignent un problème de traçabilité informatique lorsqu'un même greffon est attribué à 2 receveurs différents.

Ce point est en cours de discussion afin de mettre en place une solution informatique satisfaisante.

■ Inconvénients

Deux types de risques pourraient être discutés devant cette pratique chirurgicale :

>>> Risque infectieux, en particulier pour le 2^e greffon, pour lequel on pourrait imaginer un risque plus élevé de contamination en raison du délai entre le déconditionnement et la pose du greffon. À cet égard, on peut préciser que ce délai est toujours inférieur à 1 heure. Le matériel chirurgical ayant été en contact avec le premier patient n'entre à aucun moment en contact avec le 2^e greffon (endothélial) ou le receveur DMEK et inversement. Le 2^e greffon (endothélial) une fois préparé, est conservé dans du BSS dans des conditions stériles en attendant d'être implanté.

>>> Risque de perte endothéliale sur le 2^e greffon, très limité en raison de la conservation de ce greffon pendant peu de temps dans une cupule en verre.

■ Avantages

L'utilisation d'un seul greffon pour réaliser 2 greffes présente les avantages suivants :

- il résout partiellement le problème de la pénurie de greffons en permettant de greffer un patient de plus ;
- lorsque la DALK est réalisée avant la DMEK, le 2^e greffon peut servir de «greffon de secours» concernant le prélèvement endothélial dont nous savons qu'il peut échouer dans 5 à 10 % des cas ;
- gain de temps sur la 2^e greffe (endothéliale), le greffon endothélial étant déjà prêt lorsque le patient entre en salle d'opération ;
- avantage financier pour l'établissement de santé qui ne paie qu'un seul greffon pour 2 patients, l'économie réalisée étant de l'ordre de 1600 à 1800 euros (prix d'un greffon).

■ Conclusion

Le plan de clivage entre la membrane de Descemet et le stroma cornéen permet de préparer à partir d'un seul greffon, 2 greffons lamellaires, l'un stromal, pouvant être utilisé pour une greffe lamellaire antérieure profonde (DALK) et l'autre, endothélial, pouvant être utilisé pour une greffe endothéliale (DMEK). Le principal intérêt de cette pratique est de pouvoir opérer plus de patients en tenant compte de la pénurie de greffons souvent rencontrée. Lorsque l'on programme 2 patients DALK et DMEK susceptibles de pouvoir bénéficier du même greffon, il faut penser à demander un greffon qui remplisse aussi bien les critères d'une DALK (greffon déturgé) et ceux d'une DMEK (donneur âgé > 55 ans et plus de 2500 cellules/mm²).

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

Perspectives en chirurgie de la presbytie

En 2017, le marché de la compensation chirurgicale de la presbytie est en plein essor. Les analystes prédisent que la population des presbytes passera de 1,4 milliards (2005) à 3,3 milliards d'individus en 2025. En 2020, le marché potentiel devrait atteindre environ 140 Mds de dollars (110 en 2010) tandis que le chiffre d'affaire effectif devrait offrir une croissance à 2 chiffres et avoisiner 5 Mds de dollars en 2025. Ces projections financières paraissent particulièrement prudentes si l'on considère la rapidité de l'innovation et la qualité actuelle des solutions chirurgicales déjà proposées pour les presbytes.

Le marché mondial est cependant très hétérogène. La proportion de presbytes dans la population varie de 21 % en Inde à 47 % au Japon. L'âge de début de la presbytie est également variable selon l'ethnie (37 ans en Inde, 39 ans à Porto Rico, 41 ans en Israël, 42 ans au Japon, 45 ans en Angleterre, 46 ans en Norvège). Enfin, la demande de chirurgie réfractive est encore très étroitement corrélée au niveau de vie, aux facteurs culturels ou médiatiques et à l'acceptabilité des méthodes proposées. En 2016, on notait par exemple une importante baisse du nombre de procédures myopiques aux USA (1 350 000 en 2007 à 620 000 en 2016), une meilleure stabilité en Europe de l'Ouest (autour de 600 000 cas/an) et une forte progression en Chine (de 600 000 en 2007 à 900 000 cas en 2016).

Les indications opératoires ont évolué ces dernières années en faveur des techniques de chirurgie cristallinienne avec mise en place d'implants multifocaux au détriment des méthodes photoablatives de type PresbyLASIK.

La notion récente de syndrome de dysfonction cristallinienne, proposée par un collège d'experts américains, établit un *continuum* clinique sans limites précises, traduisant la perte de fonctionnalité progressive du cristallin, de la presbytie à la cataracte. Cette approche clinique contribue à légitimer ainsi la chirurgie cristallinienne comme méthode de choix pour la compensation

chirurgicale de la presbytie, avant même l'apparition d'opacités réduisant la qualité ou la quantité de vision corrigée.

Les outils diagnostiques ont également évolué récemment pour permettre une appréciation plus objective de l'opacification cristallinienne liée à la cataracte débutante. L'*Optical Scattering Index* (OSI) mesuré par méthode polarimétrique dans l'aberromètre OQAS et la densitométrie cristallinienne évaluée par caméra Scheimflug dans le topographe Pentacam (*fig. 1*) fournissent une évaluation qualitative et quantitative de la cataracte. La station topoaberrométrique I-trace fournit également un index de dysfonction cristallinienne (*Dysfunctional Lens Index* DLS) objectif étroitement corrélé à la classification clinique subjective LOCS III, ainsi qu'une cartographie des opacités cristalliniennes.

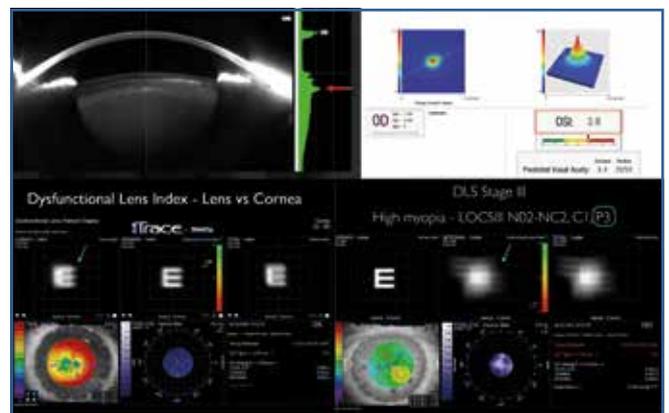


Fig. 1 : Diagnostic : Pentacam, OQAS, I-trace. dr.assouline@gmail.com

Les méthodes potentielles de compensation chirurgicale de la presbytie ont été largement explorées depuis plus de 20 ans et les principes généraux théoriques sont bien identifiés à présent :

- modulation de la puissance cristallinienne ou d'un implant cristallinien ;

- multifocalisation du cristallin ou d'un implant cristallinien ;
- mobilisation du cristallin ou d'un implant cristallinien le long de l'axe visuel avec l'accommodation résiduelle ;
- modulation de la courbure cornéenne ;
- modulation de la longueur axiale ;
- amélioration de la profondeur de champ par la modulation de l'astigmatisme ou des aberrations optiques d'ordre supérieur ;
- amélioration de la profondeur de champ par la réduction de la pupille d'entrée (effet sténopéique).

De ces principes généraux dérivent les méthodes principalement étudiées à ce jour.

>>> Méthodes cornéennes

- Photoablation réfractive (LASIK, PKR, SMILE)
 - Monovision ou mini-monovision
 - Aberration sphérique induite
 - Combinaison des deux précédentes
- Intracor
- Kératoplastie conductive
- *Inlays* cornéens intrastromaux
 - Sténopéiques
 - Non réfractifs (modification courbure)
 - Réfractifs

>>> Méthodes lenticulaires

- Implants bifocaux, trifocaux, multifocaux asphérique
- Implants asphériques ajustables (par la lumière, par le laser femtoseconde)
- Implants accommodatifs
- Modification anatomique intra cristallinienne (par le laser femtoseconde, par méthode électromagnétique)

>>> Méthodes sclérales

- Explants scléraux
- Traitement laser pour relaxation sclérale

■ *Inlays* réfractifs : Raindrop, Flexivue et Icolens

En 2017, l'acceptabilité clinique et le développement commercial des *inlays* réfractifs disponibles (Raindrop, Flexivue et Icolens) (*fig. 2*) sont toujours pénalisés par deux problèmes principaux :

- la capacité du chirurgien à centrer correctement l'*inlay* dans la poche stromale, qui bénéficie à présent d'outils de vérification *a priori* (Acutarget) et *a posteriori* (I-trace) ;
- la perméabilité à l'oxygène et aux nutriments de l'*inlay* : "la cornée respire dans les larmes et se nourrit dans l'humeur

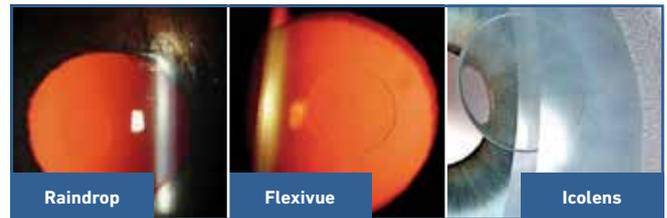


Fig. 2: *Inlays* réfractifs.

dr.assouline@gmail.com

aqueuse" (M. Assouline) et toute interférence physique avec ces flux intracornéens favorise le risque de nécrose stromale antérieure aseptique à long terme.

Moins d'une dizaine de publications référencées attestent de l'efficacité et de l'innocuité de l'implant Raindrop (ReVision Optics, Lake Forest, CA), le plus avancé sur le plan clinique. Le gain d'acuité de près sur l'œil non dominant opéré correspond à une compensation moyenne de la presbytie de 1.6 D. Au total, dans l'étude la plus récente, 97 % des patients obtiennent une acuité supérieure à 6/10 (0.2 logMAR) de loin, en vision intermédiaire et de près. Dans une autre étude, sur 340 yeux implantés, 18 *inlays* ont été remplacé pour décentrement et 11 *inlays* ont été enlevés, sans séquelle visuelle particulière. La tolérance était excellente, plus de 95 % des patients déclarant l'absence ou le caractère modéré des effets secondaires (éblouissement, sécheresse...).

Seulement 7 publications référencées rapportent l'expérience du Flexivue Microlens (Presbia Coöperatief U.A., Amsterdam, Netherlands) dont 3 études cliniques portant respectivement sur 15, 81 et 47 yeux respectivement. Dans l'étude initiale, la vision de près était de 02 logMAR (6/10) dans 75 % des cas. Dans l'étude la plus importante, 6 yeux sur 81 ont été explantés pour halos, éblouissement et baisse de la meilleure acuité de loin.

■ *Inlays* sténopéiques : Kamra

L'implant Kamra (nouveau modèle ACI7000PDT) est un disque de 3,8 mm et 6 μm d'épaisseur (l'ancien modèle faisait 10 μm), microperforé (8400 trous de 5 à 11 μm) avec une ouverture centrale sténopéique de 1,6 mm. Le matériau est en polyvinylidène fluorure et nanoparticules de carbone (*fig. 3*). Le site d'implantation recommandé est plus profond (au moins 220 μm de la surface cornéenne ou 100 μm sous l'interface d'un LASIK éventuellement associé) pour favoriser les flux de nutriments transcornéens par contournement de l'implant vers la surface.

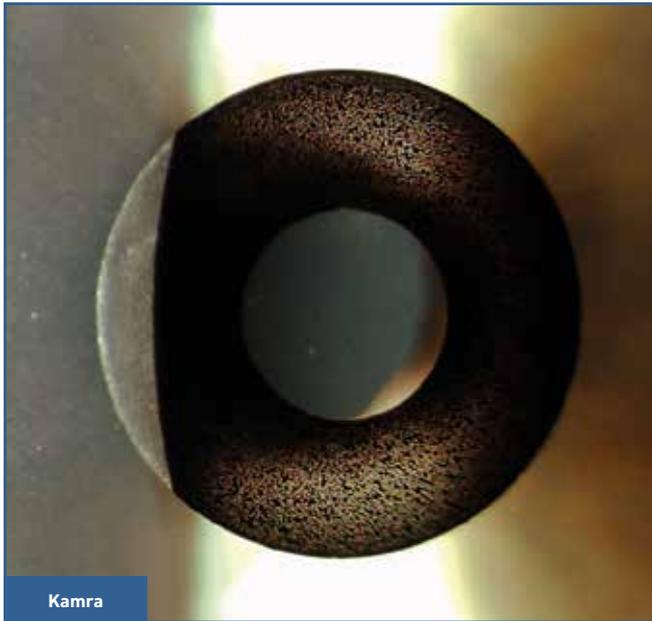


Fig. 3 : Inlays sténopéïques Kamra (Acufocus).

Une quarantaine de publications référencées sont disponibles, dont 15 études cliniques décrivant les résultats. Dans une étude portant sur 223 cas implantés avec le modèle récent et suivi 2 ans, 83 % des yeux atteignent une acuité de près de 01 logMAR (p2) ou mieux sans correction, un résultat bien meilleur que ceux observés avec les *inlays* réfractifs. Par ailleurs, la majorité des études confirment une absence de retentissement sur la vision binoculaire. Enfin, la sensibilité au contraste est meilleure avec l'implant sténopéïque qu'avec les implants multifocaux ou accommodatifs.

La sécurité de l'implant et les effets secondaires ont été étudiés à long terme avec le modèle initial. À 3 ans, plus de 60 % des patients rapportaient des problèmes de vision nocturne, (sévères dans 15,6 % de l'échantillon). À 4 ans, 27 % avaient perdu plus d'une ligne d'acuité corrigée de loin. Dans une étude sur les cas explantés, la réversibilité paraissait excellente jusqu'à 6 mois (pas de séquelles visuelles, pas de conséquence topographique), mais plus médiocre au-delà.

■ Inlays allogéniques: Transform (Allotex)

Cette nouvelle approche utilise les avancées d'usinage du tissu cornéen humain de donneur par le laser femtoseconde et le laser Excimer pour façonner jusqu'à 200 explants de stroma cornéen allogénique par cornée humaine. Ces explants pourraient être utilisés sous forme d'*inlays* intrastromaux ou d'*onlays* épiconéens (fig. 4).



Fig. 4 : Inlays & onlays Transform (Allotex). dr.assouline@gmail.com

■ Implants multifocaux

Nous avons présenté les années précédentes dans cette revue nos résultats comparatifs des principaux implants multifocaux utilisés en France pour la chirurgie de la cataracte (fig. 5).

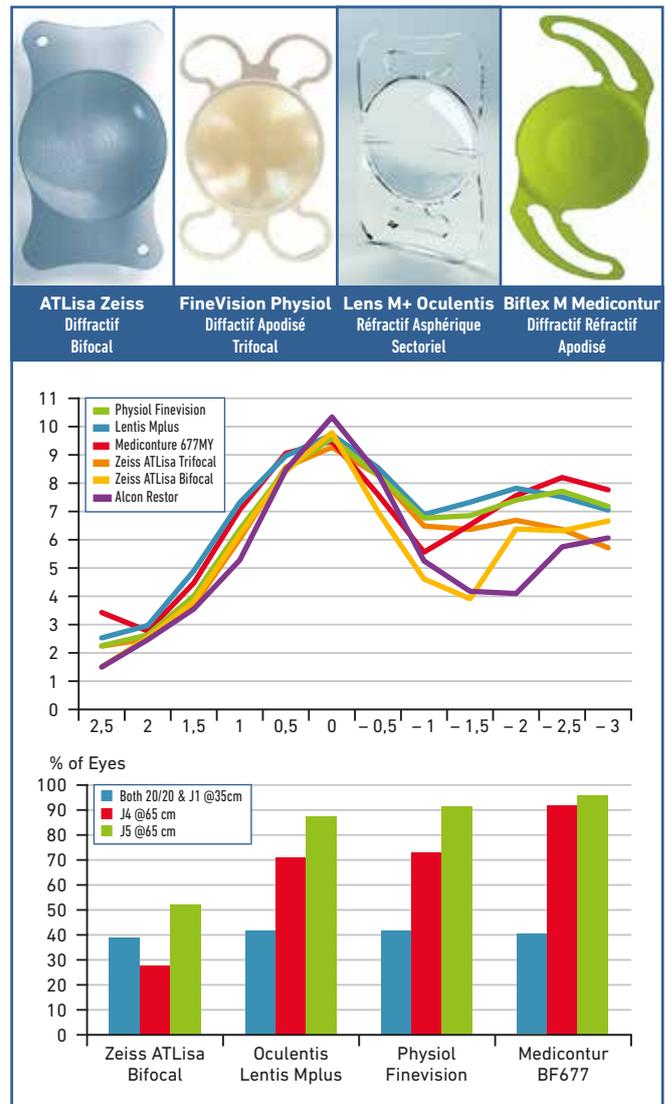


Fig. 5 : Étude rétrospective : courbes de défocalisation et acuité non corrigée monoculaire (n = 1189, ©Assouline 2016). dr.assouline@gmail.com

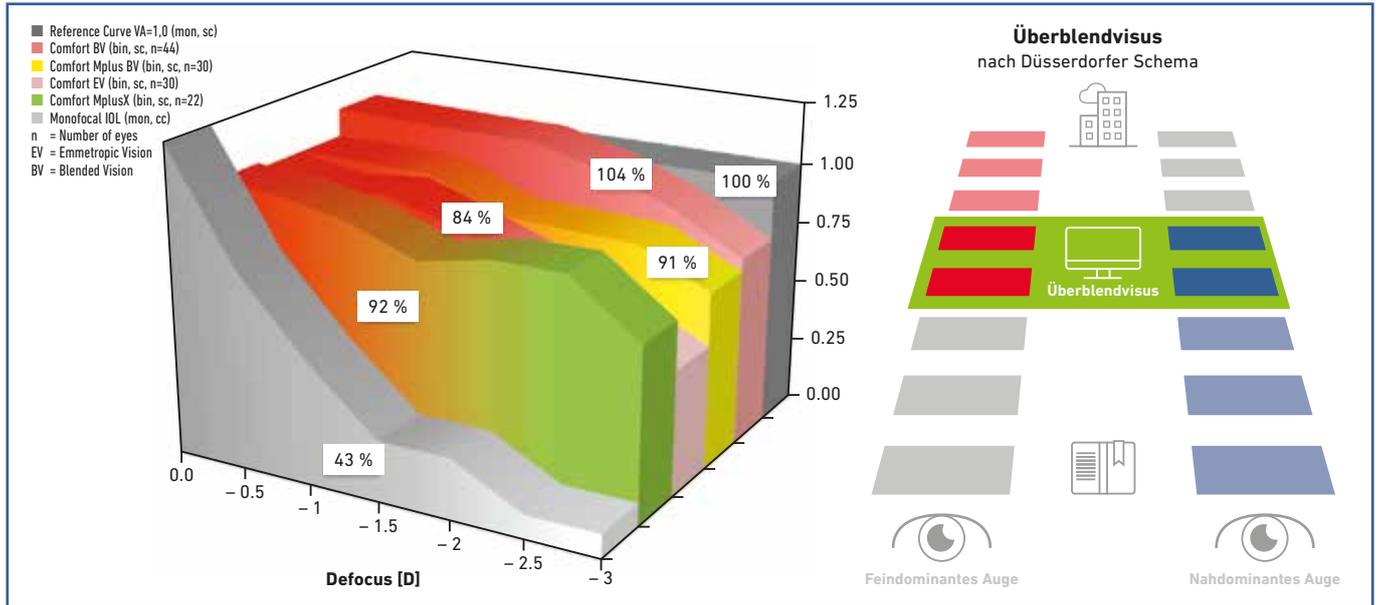


Fig. 6 : Limite fonctionnelle des implants multifocaux : courbes de défocalisation binoculaires (Breyer, Kaymak, Klabe *et al.* 2016).

dr.assouline@gmail.com

Ces implants permettent de corriger l'amétropie sphérique, l'astigmatisme et la presbytie avec un succès croissant, une forte demande des patients et un taux d'adoption par les chirurgiens de plus en plus significatif. Les deux limites actuelles de ces implants multifocaux sont liées à leur principe de division de la lumière, laquelle est répartie en fonction du diamètre de la pupille entre foyer de loin et foyer de près pour la majorité d'entre eux.

Quelques *designs* optiques particuliers sont également conçus pour optimiser la vision intermédiaire :

- implant trifocal par double réseau diffractif superposé (Physiol Finevision, Zeiss ATlisa Trifocal, Alcon Panoptix) ;
- implants réfractifs asphériques asymétriques (Lentis Mplus, Lentis Mplusx, Lentis Confort) ;
- implants réfractifs et diffractifs (Medicontur BF677MY, QF677MY).

Dans tous les cas, la discontinuité optique des foyers est responsable de phénomènes visuels indésirables modérés mais parfois subjectivement mal tolérés. La relative perte de qualité optique, entraîne l'apparition d'effets visuels indésirables à type de halos, dédoublements d'image et éblouissements. Ces effets sont, en général, modérés et transitoires chez une majorité de patients mais peuvent persister dans un très faible pourcentage de cas (3 à 5 %) au-delà de quelques mois.

La deuxième limitation fonctionnelle des implants multifocaux (majoritairement bifocaux !) résulte de l'impossibilité d'obtenir avec un seul implant une courbe de défocalisation

suffisamment performante pour couvrir l'ensemble des cinq domaines de vision concernés par la vie courante (très loin, loin, intermédiaire, près, très près). Breyer, Kaymak, Klabe *et al.* ont exploré les différentes combinaisons d'implants multifocaux calculés pour obtenir soit l'emmétropie binoculaire soit un certain degré de monovision (*blended vision*). La *figure 6* montre les caractéristiques des courbes de défocalisation binoculaires représentatives obtenues. L'utilisation d'un implant faiblement multifocal (par exemple Lentis confort) implanté en mini-monovision permettrait d'obtenir le résultat fonctionnel le plus complet en binoculaire.

Ces deux limites laissent penser que les implants multifocaux devraient à terme être remplacés par de nouveaux concepts optiques encore plus performants et mieux tolérés (implants à profondeur de champ étendue, implants accommodatifs, implants optoélectroniques).

■ Implants à profondeur de champ augmentée (*Extended Depth of Focus, EDOF* ou *Extended Range of Vision, ERV*)

Ces implants s'inspirent d'un concept de défocalisation axiale continue (foyer allongé unique) par opposition à la défocalisation discrète des implants multifocaux (foyers multiples séparés).

Les technologies mises en œuvre ne sont souvent pas explicitées clairement par les constructeurs et prêtent à interprétation.

L'implant Tecnis Symphony (AMO) présente une structure de surface rappelant le réseau de marches diffractives des implants multifocaux classiques, dont les marches concentriques sont rebaptisées "échelettes" (fig. 7). L'analyse optique suggère qu'il s'agit en fait d'un implant diffractif ajusté pour la vision intermédiaire [1]. La courbe de défocalisation produite par le laboratoire semble indiquer une défocalisation continue dépourvue de la double bosse caractéristique des implants bifocaux diffractifs. L'étude clinique multicentrique internationale conduite dans 40 sites sur 411 cas [2] confirme l'efficacité relative du concept et notamment l'amélioration des résultats pour la vision de près, en cas de mini-mono vision intentionnelle.

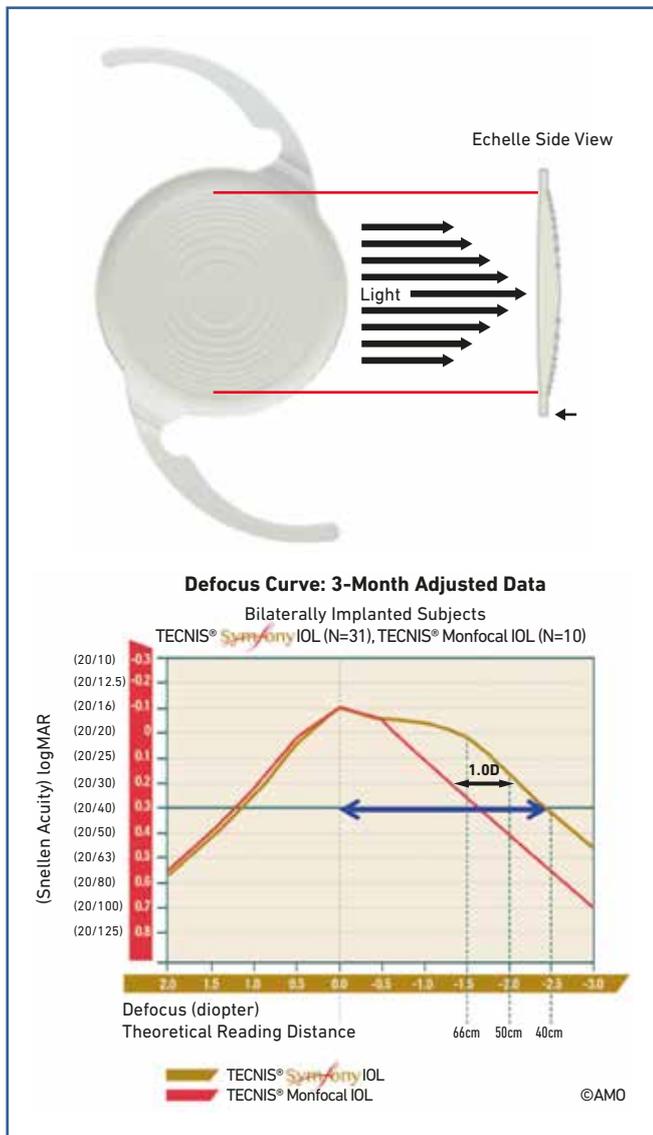


Fig. 7 : IOL à profondeur de champ (EDOF) par diffraction "échelettes" : Tecnis Symphony (AMO). dr.assouline@gmail.com

L'implant EnVista (Bausch + Lomb) possède une aberration sphérique neutre (zéro) pour tirer parti de l'aberration sphérique positive de la cornée afin d'accroître la profondeur de champ. Ce bénéfice potentiel n'est pas pour l'instant étayé par une publication référencée.

L'implant Miniwell (SiFi Medtech) est un implant réfractif à 3 zones concentriques (fig. 8). La zone centrale possède une

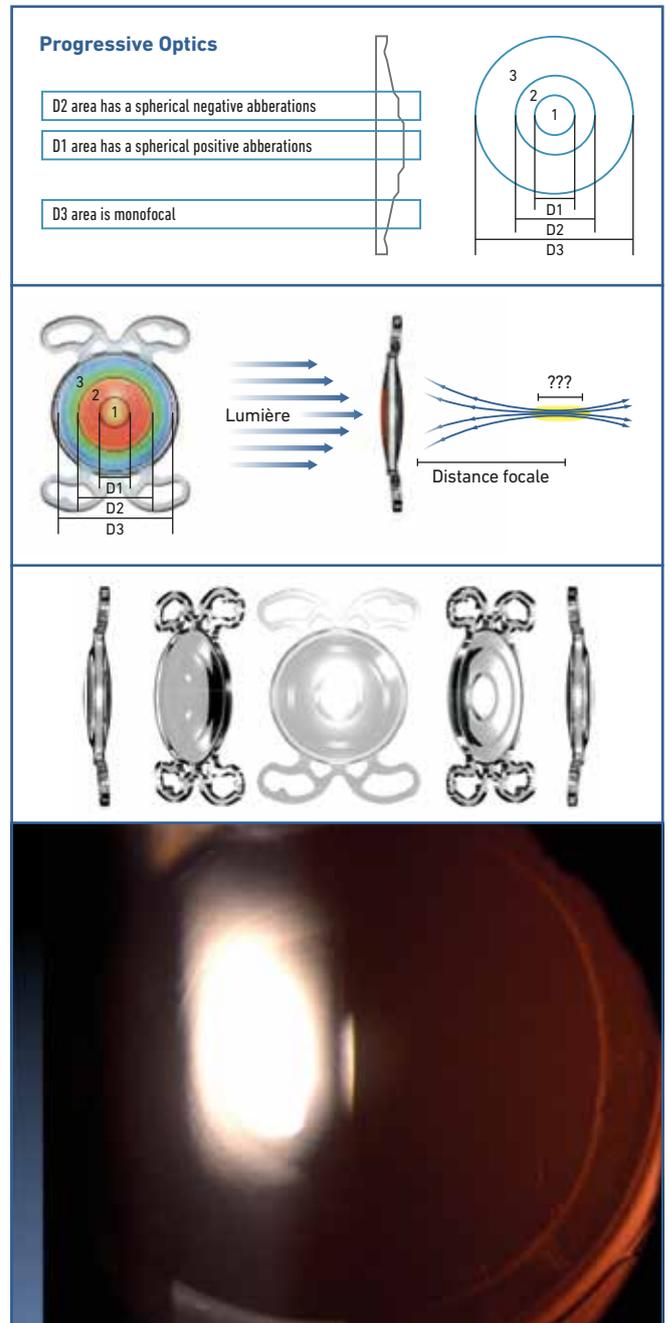


Fig. 8 : IOL à profondeur de champ (EDOF) par modulation complexe des HOA MiniWell (SiFi Medtech). dr.assouline@gmail.com

aberration sphérique positive, la zone paracentrale une aberration sphérique négative et la zone périphérique est monofocale.

Ce *design* optique permettrait d'obtenir une défocalisation axiale continue et de minimiser les effets visuels indésirables observés avec les implants multifocaux classiques.

Il n'existe actuellement aucune publication référencée sur cet implant suisse disponible sur le marché français depuis 2016.

L'implant sténopéique IC8 (Acufocus) reprend le concept de l'*inlay* intracornéen Kamra, sous forme d'un implant de chambre postérieure (fig. 9). La courbe de défocalisation ainsi que l'analyse au banc optique démontrent une réelle augmentation de la profondeur de champ, et de l'amplitude de la courbe des MTF (fonction de transfert de modulation) caractéristique de la capacité de l'implant à transmettre le contraste des objets. Une seule étude clinique portant sur 12 cas est référencée à ce jour [3].

Cet implant pourrait également être utile pour la chirurgie cristallinienne en présence d'une cornée irrégulière [4].

D'autres concepts plus innovants, sont à l'étude, tel que les optiques comportant un gradient d'index (GRIN), analogue à celui du cristallin naturel. Un modèle est actuellement testé par l'équipe de Boris Malyugin à l'institut Fyodorov de Moscou.

■ Implants modulaires à optiques interchangeables

Le concept d'implant modulaire a été développé pour permettre la mise en place d'une haptique fixée dans le sac capsulaire sur laquelle peut se clipper une optique interchangeable. Cette idée répond à la problématique des patients implantés à un âge relativement jeune (autour de 60 ans) avec un implant multifocal et qui sont susceptibles de développer par la suite une pathologie maculaire ou du nerf optique nécessitant un

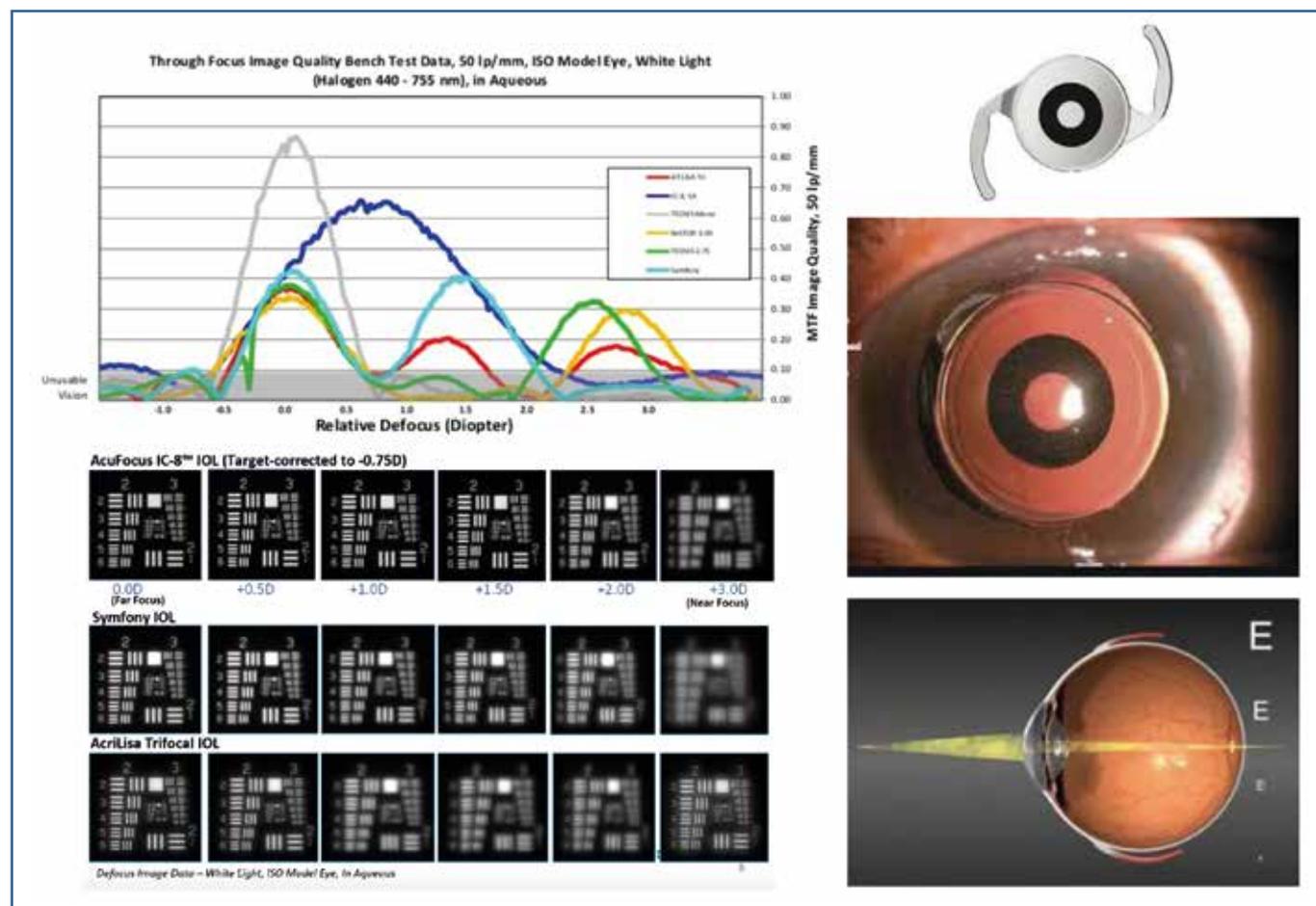


Fig. 9 : IOL à profondeur de champ (EDOF) sténopéique IC8 (Acufocus).

dr.assouline@gmail.com

échange pour une optique monofocale afin de favoriser une meilleure fonction visuelle résiduelle. L'implant Harmoni (Clarvista) est un bon exemple de cette démarche (fig. 10).

■ Implants ajustables par le laser femtoseconde

Ce nouveau concept dérive des travaux sur l'implant ajustable par la lumière que nous avons présentés il y a quelques années dans cette revue.

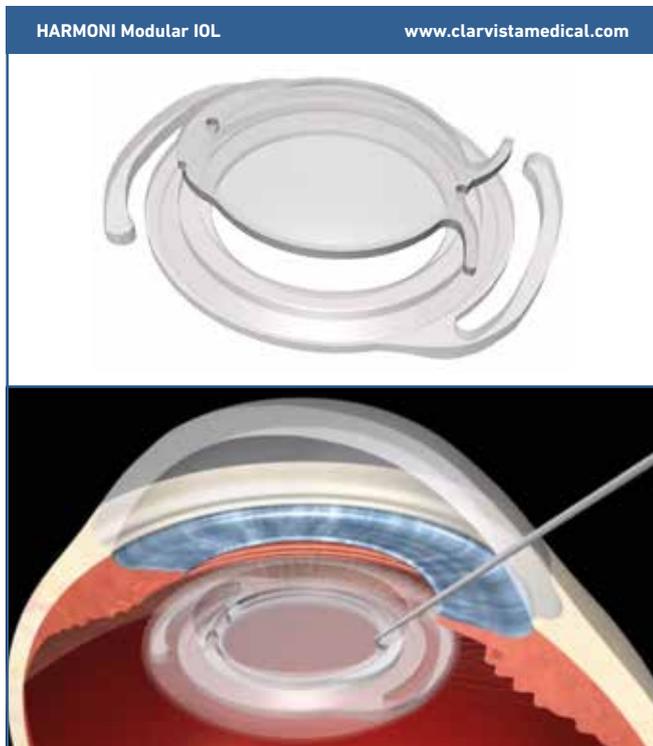


Fig. 10 : Implant modulaire Harmon (ClarVista). dr.assouline@gmail.com

Les travaux expérimentaux montrent qu'il est possible d'induire *ex vivo* une multifocalité réversible (fig. 11), de moduler l'aberration sphérique de + 0,28 à - 0,28 rms et de changer la puissance réfractive de l'implant de 4 à 6 D environ.

■ Implants accommodatifs

Les implants accommodatifs ont semblé depuis 20 ans le concept le plus prometteur et ont justifié des investissements de recherche-développement considérables, sans grand succès à ce jour. La fécondité créative des inventeurs a généré un nombre de projets si important (fig. 12) que l'enthousiasme des fonds d'investissement s'est à présent sérieusement refroidi.

Les modèles classiques basés sur le déplacement antérieur d'une optique unique avec l'accommodation résiduelle (Cristallens B+L, Tetraflex) n'ont pas fait la preuve de leur efficacité dans la durée.

L'implant *Synchrony Dual Optics* possédant une double optique articulée (optique antérieure de 5,5 mm + 32 D et optique postérieure de 6 mm à puissance négative variable) laissait espérer qu'un déplacement minime des optiques l'une par rapport à l'autre pourrait générer un important effet "accommodatif". Ce projet a été interrompu par Abbot à la suite de l'échec des essais clinique demandés par la FDA américaine.

L'implant *Akkolens Lumina Sliding Optics* utilise le mouvement perpendiculaire de deux optiques (concept similaire au système utilisé dans les réfracteurs automatiques) pour générer jusqu'à 10 D d'accommodation. Cet implant est en cours de marquage CE.

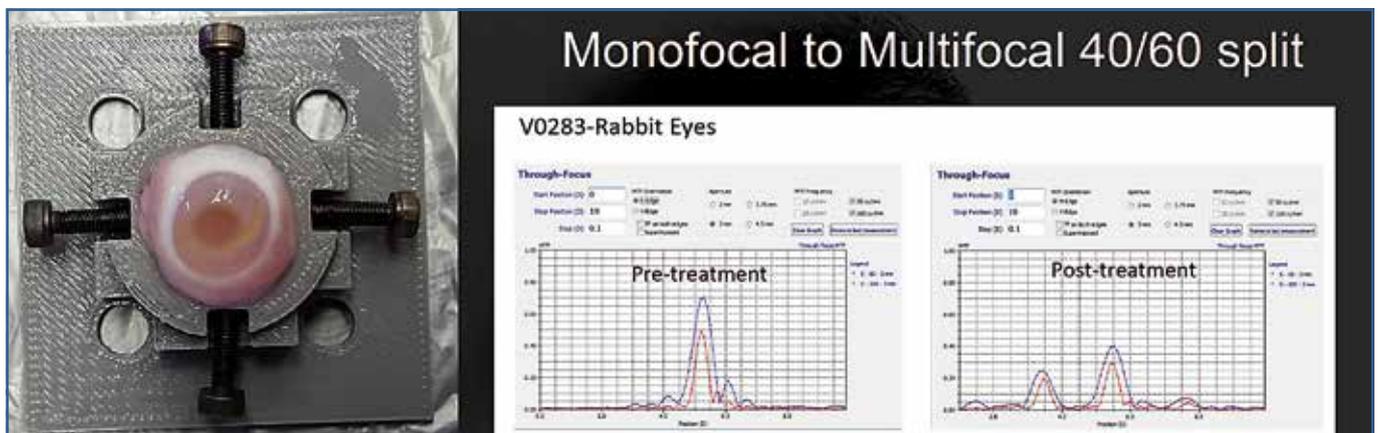


Fig. 11 : Implant ajustable par laser femtoseconde. dr.assouline@gmail.com

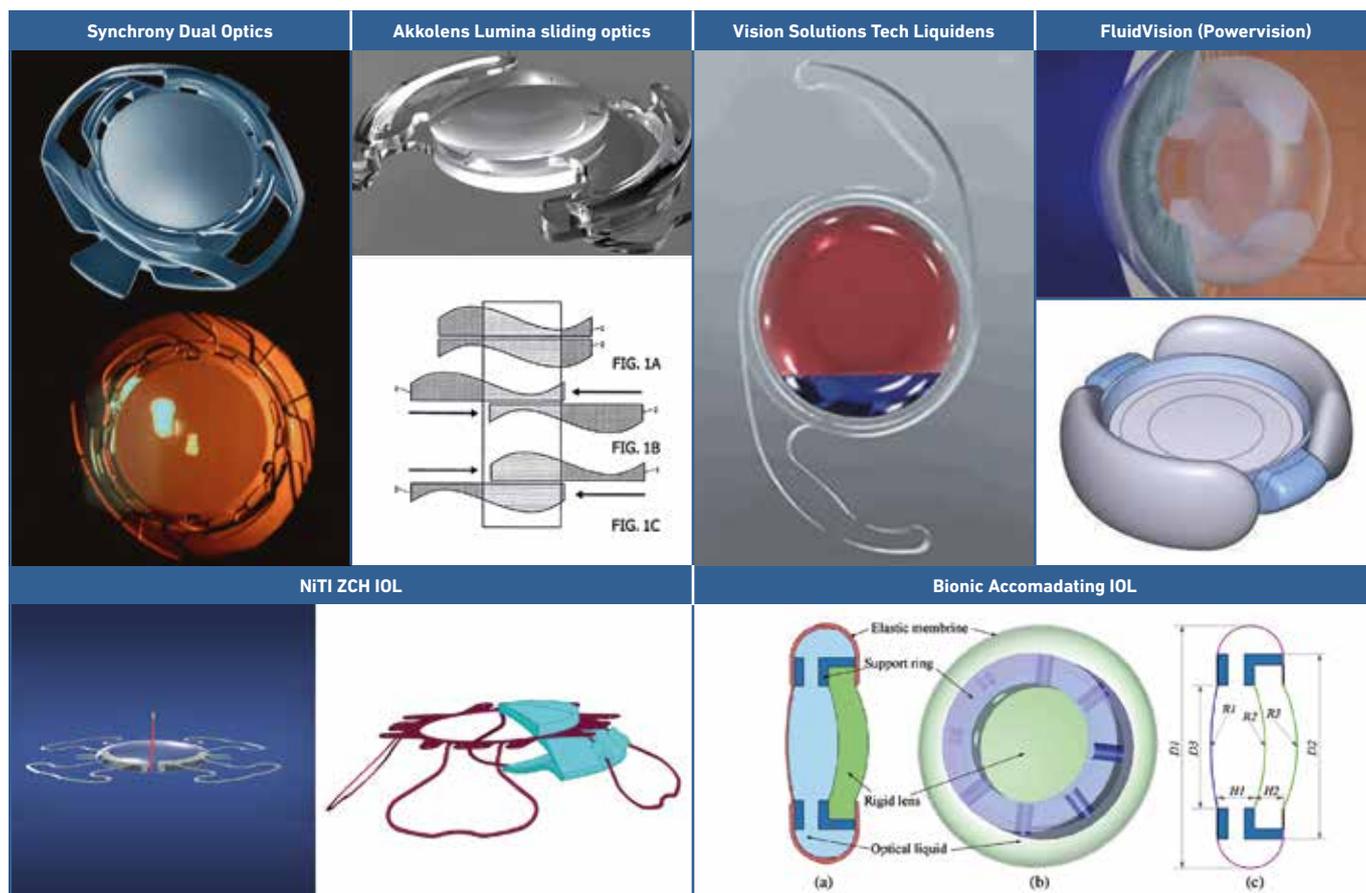


Fig. 12: Implants accommodatifs en R&D.

dr.assouline@gmail.com

L'implant Liquidens (Vision Solutions Technologies) combine 2 fluides non miscibles au sein d'une optique dont le mélange variable augmente la puissance réfractive apparente de l'implant (de 3 à 9 D) lorsque le patient regarde vers le bas selon un angle de 60 à 70°. Ce projet n'a pas trouvé de financement.

L'implant FluidVision (Powervision) comporte une large haptique réservoir périphérique dont la compression par l'accommodation résiduelle permet de remplir l'optique centrale et d'augmenter sa courbure. Des essais cliniques sont en cours aux USA.

Des implants composites ont également été conçus. Dans cette approche, la pseudo accommodation est obtenue par le bombement de la surface d'un matériau déformable comprimé par un matériau plus rigide. La différence d'indice optique des matériaux peut également optimiser le rendement accommodatif. Un implant présenté à l'ARVO en 2012 comportant par exemple un sandwich mécanique de 2 plaques de PMMA comprimant un hydrogel (index 1.46) immergé dans de l'huile de silicone (index 1.52) pourrait convertir un déplacement axiale minime (100 μm) en accommodation de 4.4 D. Un autre

implant (Bionic Accommodating IOL) intégré au sein d'une capsule élastique une lentille rigide et un fluide optique dont la compression périphérique (pression radiaire de 51 N/m) permet de générer un changement de courbure antérieur 0,24 mm correspondant à 14.6 D d'accommodation. Un dernier implant parmi d'autre (NiTi ZCH) utilise une géométrie particulière d'haptique pour comprimer une capsule élastique au cours de l'accommodation.

■ Implants optoélectroniques

La miniaturisation constante des dispositifs optoélectroniques destinés à l'industrie des smartphones ouvre des perspectives fascinantes pour les implants intraoculaires accommodatifs. En dehors des problèmes attendus de performance, de fabrication, de fiabilité et de biocompatibilité, ce concept soulève deux problèmes spécifiques :

- asservissement de la réponse de l'implant à la demande accommodative du patient ;
- alimentation énergétique intraoculaire du dispositif.

Le problème de la commande des futurs implants optoélectronique a été en partie résolu par les travaux de pupillométrie dynamique de l'équipe de Pablo Artal à l'Université de Murcie. Les enregistrements suggèrent que la réponse pupillaire est différente selon que la variation du diamètre pupillaire répond à une demande accommodative ou à un ajustement à la lumière ambiante (*fig. 13*). Ces différences pourraient être intégrées par un algorithme pilotant l'implant optoélectronique.

L'implant optoélectronique Elenza Sapphire AutoFocal AI IOL combine des nanotechnologies, l'intelligence artificielle (mémoire basée sur un réseau neuronal) et des composants électroniques avancés pour ajuster automatiquement la puissance optique de la lentille de cristaux liquides en modifiant sans mouvement apparent sa structure moléculaire (technologie PixelOpticx, Roanoke, Va). La focalisation par défaut est à l'infini. Des senseurs détectent les modifications minimales et spécifiques de la dynamique pupillaire. Deux piles Lithium

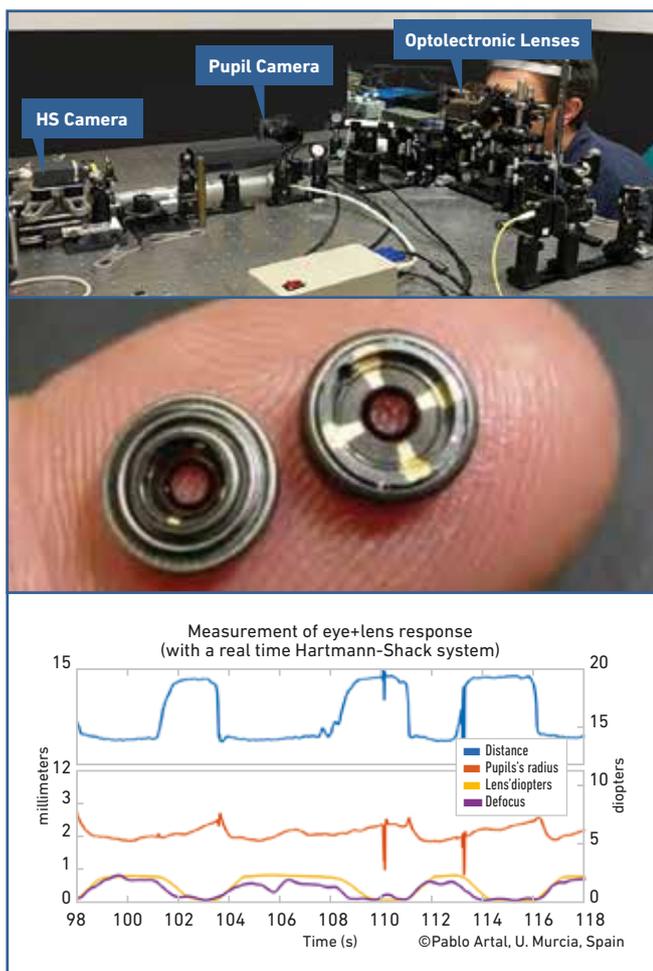


Fig. 13: Implant optoélectronique, asservissement pupillaire.
dr.assouline@gmail.com

serties dans une capsule d'or 24 carats alimentent le dispositif pendant 50 ans avec un système de recharge externe tous les 4 jours (*fig. 14*). La programmation de l'implant est adaptative (en 300 ms) et spécifique pour chaque patient. Le financement de ce projet ambitieux a été interrompu par Alcon/Novartis.

■ Traitements scléaux

Trois compagnies (Visibility, LaserAce, Steam) poursuivent des efforts de développement des méthodes de traitement de la paroi sclérale supra ciliaire pour favoriser l'action résiduelle du muscle ciliaire au cours de la perte progressive de l'accommodation avec l'âge.

La méthode Visibility (groupe Refocus), réalise dans chaque quadrant un tunnel scléral à l'aide d'un scleratome spécifique dans lequel est inséré un explant autobloquant sous forme de 2 élément clipsables (Micro-Insert) Visibility de 3^e génération. La procédure dure 15 minutes pour les 4 quadrants. Les résultats publiés en juillet 2016 indiquent que 60 % des yeux traités obtiennent P2 à 1 an (et 93 % P3) (*fig. 15*).

La méthode LaserAce (AceVision), utilise un laser Er: YAG délivrant des *spots* de 600 μm par une sonde à fibre optique pour réaliser 9 micro excisions de dans les 4 quadrants scléaux obliques afin de créer une matrice de zones scléales flexibles dans la région supra ciliaire (*Laser anterior ciliary excision*) (*fig. 16*). Les résultats présentés à l'ISOP de Copenhague en septembre 2016 indiquent qu'à 2 ans, 57 % des yeux opérés obtiennent une acuité de près non corrigée de 6/10 (20/32) ou plus.

La méthode Steam est une technique d'élasto-modulation sclérale, brevetée en 2014, basé sur l'utilisation d'une source d'énergie lumineuse absorbée par le collagène scléral, couplée à un dissipateur d'énergie thermique (séléniure de zinc) conjonctival. Ce traitement est capable de modifier les propriétés mécaniques de la sclère et peut être configuré pour améliorer l'accommodation ou traiter le glaucome.

■ Modélisation

Le développement des nouvelles méthodes de compensation chirurgicale de la presbytie se heurte à la difficulté de mettre en œuvre les études expérimentales (chez l'animal ou sur le banc optique) et cliniques (chez l'homme) permettant de valider rapidement et objectivement les concepts.

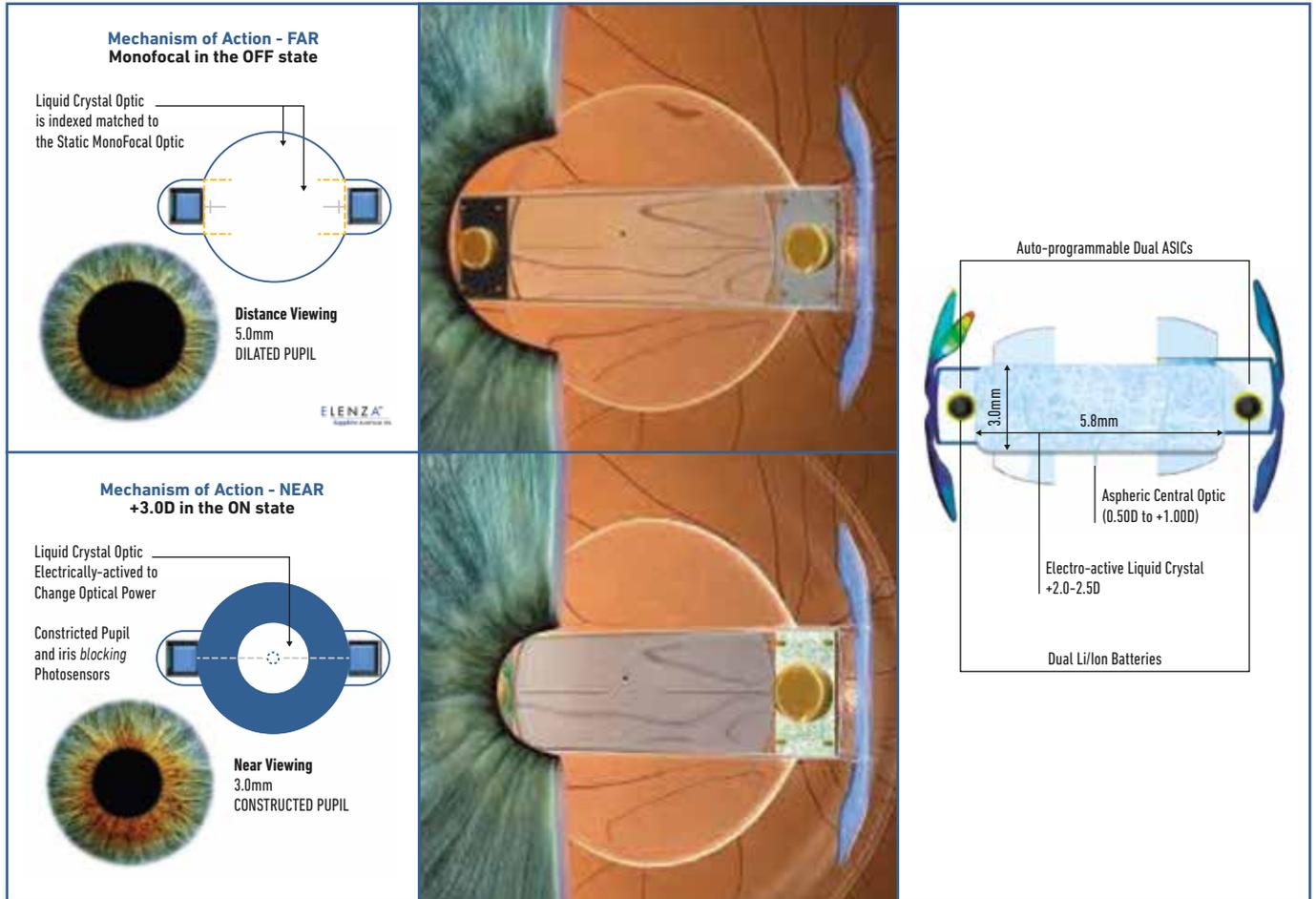


Fig. 14: Implant optoélectronique Elenza Sapphire AutoFocal AI IOL (Alcon/Novartis).

dr.assouline@gmail.com

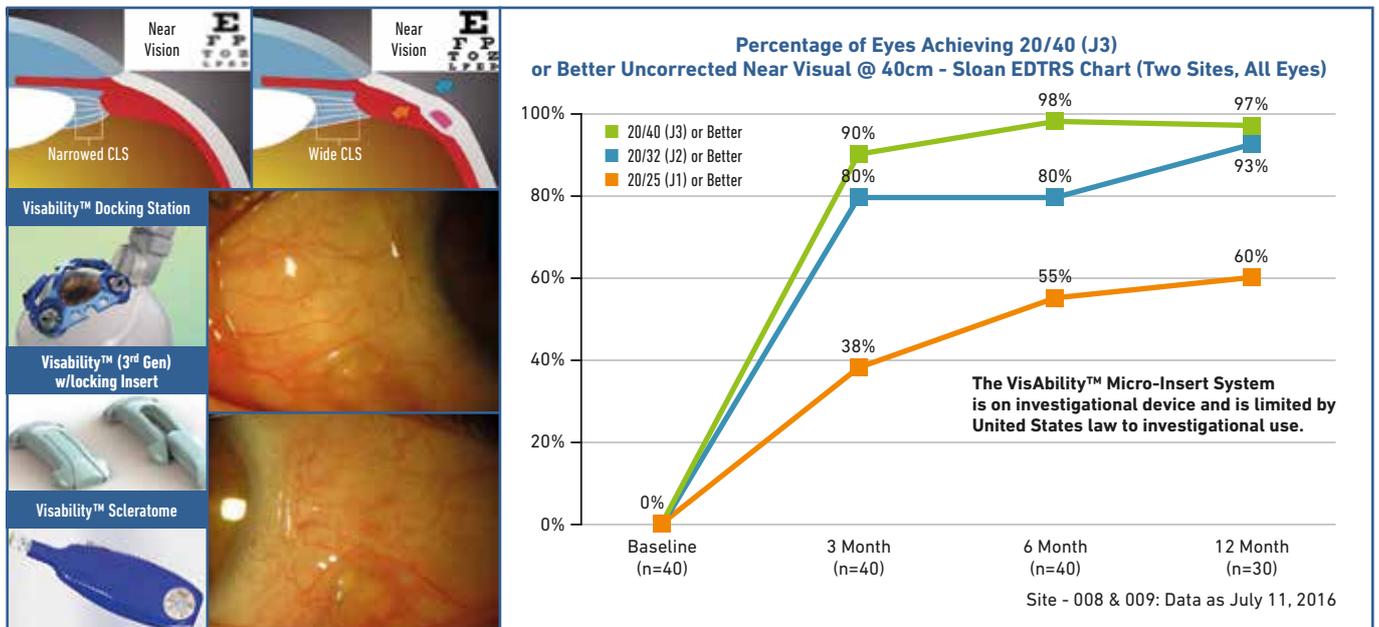


Fig. 15: Explants scléaux Visability (Refocus Group).

dr.assouline@gmail.com

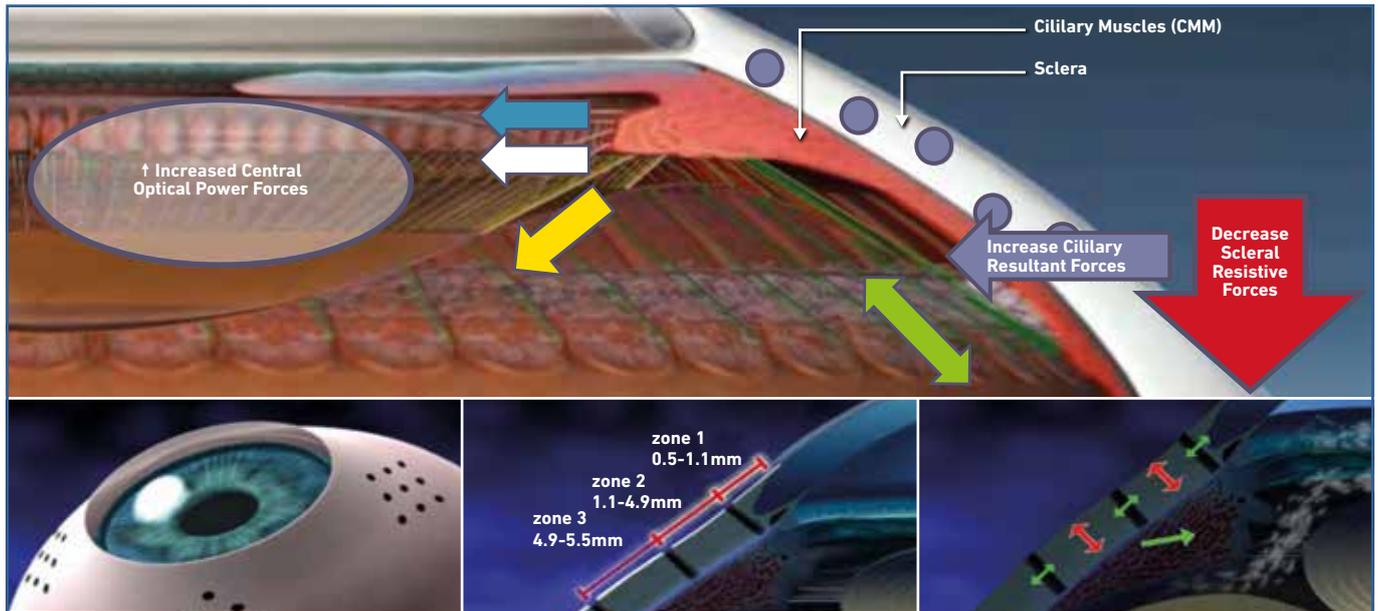


Fig. 16 : Traitement laser scléral LaserAce (AceVision).

dr.assouline@gmail.com

Comme pour de nombreuses industries (aéronautique, astronautique, architecture navale, prothèse médicales), la voie de la simulation numérique (recherche “computationnelle”) devient une option plus efficace grâce à l’accroissement très significatif des capacités de calcul, de graphisme et de stockage.

La modélisation géométrique de l’œil, a beaucoup progressé depuis Gullstrand et Donders.

Les étapes de cette modélisation ont été les suivantes :

- modélisation géométrique axiale ;
- modélisation géométrique para axiale (Ray tracing, Wavefront, Optique adaptative) ;
- modélisation biomécanique par éléments finis ;
- modélisation de la dynamique des fluides intraoculaires.

Actuellement, des efforts de R&D très actifs portent sur l’intégration de ces modèles au sein d’un modèle unifié “mutiphysique couplé” capable de simuler avec précision et pertinence l’impact visuel des solutions techniques proposées pour la compensation chirurgicale de la presbytie, prenant en compte leurs dimensions géométriques, mécaniques, fluidiques et optiques.

Un modèle biomécanique assez évolué et complet, personnalisable pour chaque patient est proposé par la société Optimeyes. Récemment, cette firme a effectué plusieurs démonstrations numériques parfaitement corrélées aux résultats clinique d’inlays intrastromaux, de *cross-linking* photo réfractif intrastromal ou de dynamique accommodative ciliocrystallinienne en fonction de l’âge (fig. 17).

Un modèle multi-physique couplé de l’œil humain est en cours de développement par la société Kejako (Genève).

Ces modèles devraient permettre d’accélérer la mise au point et la validation de nouveaux concepts en chirurgie de la presbytie afin de diversifier de compléter l’offre existante. La simulation intensive devrait également éviter de conduire à la phase commerciale, comme cela a été le cas ces dernières années (explant scléaux, laser scléral, implant accommodatif mono-optique, keratokyphosis intrastromal), des méthodes dont le bénéfice objectif a été insuffisamment validé.

■ Approche biomimétique

L’approche biomimétique est une tendance de la recherche industrielle actuelle qui vise à trouver dans la biodiversité une source d’inspiration pertinente pour l’innovation technologique.

Le laboratoire du vivant a expérimenté à large échelle des solutions originales dans tous les domaines de la biologie, de l’optique et de la perception sensorielle depuis plusieurs milliards d’années alors même que les laboratoires de recherche humains ne fonctionnent avec des moyens réduits que depuis quelques milliers d’années.

Dans le domaine de la vision et de la focalisation de près, la diversité des espèces aux besoins visuel très variés (vision

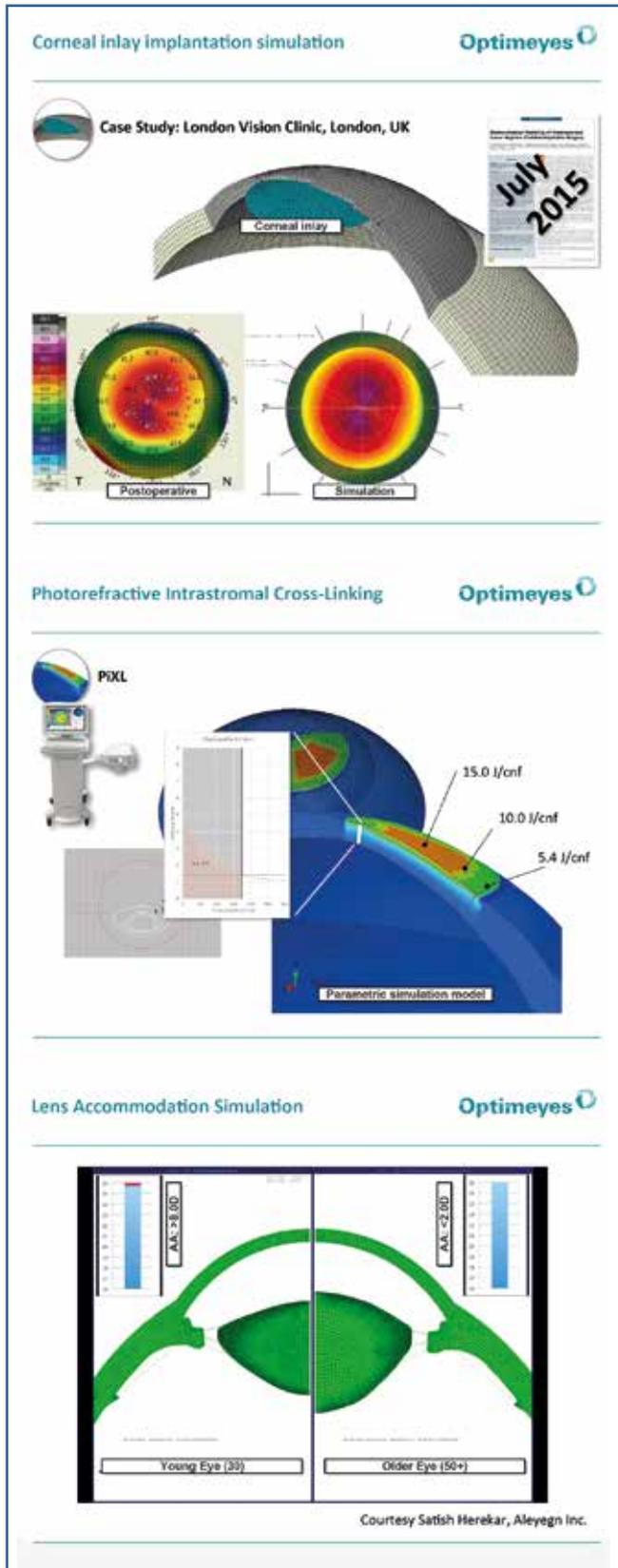


Fig. 17 : Modélisation, éléments finis.

dr.assouline@gmail.com

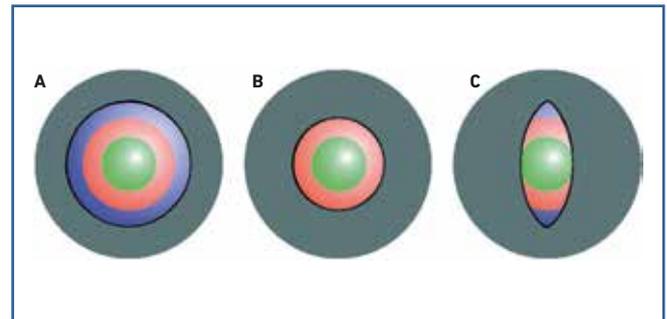


Fig. 18 : Approche biomimétique : multifocalité et pupille dans le domaine animal. dr.assouline@gmail.com

précise à distance pour les prédateurs/vision périphérique dynamique pour les proies) est une source inépuisable de réflexion en matière d'anatomo-physiologie comparée.

Les études récentes montrent que les systèmes visuels des espèces supérieures (des amphibiens aux mammifères en passant par les primates) sont le plus souvent multifocaux. En effet, la nécessité de voir en basse luminosité a sélectionné des systèmes optiques visuels à faible profondeur de champ, induisant des aberrations chromatiques significatives, partiellement compensées par des optiques physiologiquement multifocales.

Dans de nombreuses espèces, le système optique visuel comporte des zones concentriques de longueurs focales différentes, chacune focalisant une partie du spectre lumineux sur la rétine. L'apparition phylogénétique de pupilles en fente apporte donc une solution originale au problème de la perte de focalisation des images pour certaines parties du spectre lors du myosis en lumière vive (fig. 18). De fait, les pupilles en fentes sont exclusivement observées chez les animaux présentant des systèmes visuels multifocaux. Chez les félinidés par exemple, les petits félinidés ont les cristallins multifocaux et des pupilles fendues, alors que les plus gros félinidés ont des pupilles rondes et des cristallins monofocaux, contrairement aux autres vertébrés terrestres à grands yeux. Chez les prosimiens, réputés porteurs de cônes rétinien monochromates, la multifocalité cristallinienne suggère donc une certaine capacité de vision des couleurs.

Ces exemples suggèrent que les solutions pour la compensation chirurgicale de la presbytie, méritent sans doute de sortir du cadre conceptuel plutôt étroit de l'imitation du mécanisme accommodatif humain.

Comme tout presbyte qui se respecte, pour voir de près, prenons du recul...

L'auteur est consultant international pour Medicondur, Geneva, Switzerland (concepteur et fabricant d'implants multifocaux) et actionnaire de Kejako, Geneva, Switzerland (société de R&D en chirurgie de la presbytie).

Présentations antérieures

Le contenu de cet article a été présenté en partie en 2016 et 2017 dans des réunions nationales et internationales (AUSCRS, Port Douglas, Australie; APASCRS Bali, Indonésie, Congrès Rive, Genève, Suisse; Hôpital Américain, Paris, France; Alter Ophtalmo, Nantes, France; OSSA, Suncity, South Africa; ESCRS, Barcelona, Spain; Eastyern Europe Seminar Budapest, Hungary; White Nights Meeting, Saint-Petersbourg, Russia; ILOS Tel Aviv, Israel; Inco, Bellemare, Mauritius; Inco Buenos Aires, Argentina; BSCRS, Bruxelles, Belgium; Vu-explorer, Paris, France; Refractiv'News Antibes, France; Samir, Marrakech, Morocco).

Références Raindrop

- GUTIERREZ AMOROS C. Surgical Correction of Presbyopic Ametropia With Non-refractive Transparent Corneal Inlay and an Implantable Collamer Lens. *J Refract Surg*, 2016;32:852-854.
- WHANG WJ, YOO YS, JOO CK *et al.* Changes in Keratometric Values and Corneal High Order Aberrations After Hydrogel Inlay Implantation. *Am J Ophthalmol*, 2017;173:98-105.
- WHITMAN J, HOVANESIAN J, STEINERT RF *et al.* Through-focus performance with a corneal shape-changing inlay: One-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:965-971.
- WHITMAN J, DOUGHERTY PJ, PARKHURST GD *et al.* Treatment of Presbyopia in Emmetropes Using a Shape-Changing Corneal Inlay: One-Year Clinical Outcomes. *Ophthalmology*, 2016;123:466-475.
- STEINERT RF, SCHWIEGERLING J, LANG A *et al.* Range of refractive independence and mechanism of action of a corneal shape-changing hydrogel inlay: results and theory. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:1568-1579.
- YOO A, KIM JY, KIM MJ *et al.* Hydrogel Inlay for Presbyopia: Objective and Subjective Visual Outcomes. *J Refract Surg*, 2015;31:454-460.
- PARKHURST GD, GARZA EB, MEDINA AA JR. Femtosecond laser-assisted cataract surgery after implantation of a transparent near vision corneal inlay. *J Refract Surg*, 2015;31:206-208.
- GARZA EB, CHAYET A. Safety and efficacy of a hydrogel inlay with laser in situ keratomileusis to improve vision in myopic presbyopic patients: one-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:306-312.
- KONSTANTOPOULOS A, MEHTA JS. Surgical compensation of presbyopia with corneal inlays. *Expert Rev Med Devices*, 2015;12:341-352.
- GARZA EB, GOMEZ S, CHAYET A *et al.* One-year safety and efficacy results of a hydrogel inlay to improve near vision in patients with emmetropic presbyopia. *J Refract Surg*, 2013;29:166-172.

Références Flexivue Microlens

- STOJANOVIC NR, FEINGOLD V, PALLIKARIS IG. Combined Cataract and Refractive Corneal Inlay Implantation Surgery: Comparison of Three Techniques. *J Refract Surg*, 2016;32:318-325.
- MALANDRINI A, MARTONE G, MENABUONI L *et al.* Bifocal refractive corneal inlay implantation to improve near vision in emmetropic presbyopic patients. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:1962-1972.
- DUIGNAN ES, FARRELL S, TREACY MP *et al.* Corneal inlay implantation complicated by infectious keratitis. *Br J Ophthalmol*, 2016;100:269-273.
- KONSTANTOPOULOS A, MEHTA JS. Surgical compensation of presbyopia with corneal inlays. *Expert Rev Med Devices*, 2015;12:341-352.
- MALANDRINI A, MARTONE G, CANOVETTI A *et al.* Morphologic study of the cornea by in vivo confocal microscopy and optical coherence tomography after bifocal refractive corneal inlay implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2014;40:545-557.
- LIMNOPOULOU AN, BOUZOUKIS DI, KYMIONIS GD *et al.* Visual outcomes and safety of a refractive corneal inlay for presbyopia using femtosecond laser. *J Refract Surg*, 2013;29:12-18.
- BOUZOUKIS DI, KYMIONIS GD, LIMNOPOULOU AN *et al.* Femtosecond laser-assisted corneal pocket creation using a mask for inlay implantation. *J Refract Surg*, 2011;27:818-820.

Références Kamra

- GRABNER *et al.* *Am J Ophthalmol*, 2015;160:1176-1184.
 - SCHULTZ T, DICK HB. *J Refract Surg*, 2016;32:706-708.
- SAMMOUH FK, BABAN TA, DANDAN WN *et al.* Effects of femtosecond and excimer lasers on implanted KAMRA corneal inlay in animal models. *J Fr Ophthalmol*, 2017.
 - LINN SH, SKANCHY DF, QUIST TS *et al.* Stereoacuity after small aperture corneal inlay implantation. *Clin Ophthalmol*, 2017;11:233-235.
 - MOSHIRFAR M, WALLACE RT, SKANCHY DF *et al.* Short-term visual result after simultaneous photorefractive keratectomy and small-aperture cornea inlay implantation. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:2265-2270.
 - MOSHIRFAR M, QUIST TS, SKANCHY DF *et al.* Six-month visual outcomes for the correction of presbyopia using a small-aperture corneal inlay: single-site experience. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:2191-2198.
 - LIN L, VAN DE POL C, VILUPURU S *et al.* Contrast Sensitivity in Patients With Emmetropic Presbyopia Before and After Small-Aperture Inlay Implantation. *J Refract Surg*, 2016;32:386-393.
 - IGRAS E, O'CAOIMH R, O'BRIEN P *et al.* Long-term Results of Combined LASIK and Monocular Small-Aperture Corneal Inlay Implantation. *J Refract Surg*, 2016;32:379-384.
 - NAROO SA, BILKHU PS. Clinical utility of the KAMRA corneal inlay. *Clin Ophthalmol*, 2016;10:913-919.
 - IBARZ M, RODRIGUEZ-PRATS JL, HERNÁNDEZ-VERDEJO JL *et al.* Effect of the Femtosecond Laser on an Intracorneal Inlay for Surgical Compensation of Presbyopia during Cataract Surgery: Scanning Electron Microscope Imaging. *Curr Eye Res*, 2017;42:168-173.
 - JALALI S, AUS DER AU W, SHAARAWY T. AcuFocus Corneal Inlay to Correct Presbyopia Using Femto-LASIK. One Year Results of a Prospective Cohort Study. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2016;233:360-364.
 - EPPIG T, SPIRA C, SEITZ B *et al.* A comparison of small aperture implants providing increased depth of focus in pseudophakic eyes. *Z Med Phys*, 2016;26:159-167.
 - ATCHISON DA, BLAZAKI S, SUHEIMAT M *et al.* Do small-aperture presbyopic corrections influence the visual field? *Ophthalmic Physiol Opt*, 2016;36:51-59.
 - DUIGNAN ES, FARRELL S, TREACY MP *et al.* Corneal inlay implantation complicated by infectious keratitis. *Br J Ophthalmol*, 2016;100:269-73.
 - VILUPURU S, LIN L, PEPOSE JS. Comparison of Contrast Sensitivity and Through Focus in Small-Aperture Inlay, Accommodating Intraocular Lens, or Multifocal Intraocular Lens Subjects. *Am J Ophthalmol*, 2015;160:150-162.
 - DEXL AK, JELL G, STROHMAIER C *et al.* Long-term outcomes after monocular corneal inlay implantation for the surgical compensation of presbyopia. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:566-575.
 - KONSTANTOPOULOS A, MEHTA JS. Surgical compensation of presbyopia with corneal inlays. *Expert Rev Med Devices*, 2015;12:341-352.
 - TOMITA M, WARING GO 4th. One-year results of simultaneous laser in situ keratomileusis and small-aperture corneal inlay implantation for hyperopic presbyopia: comparison by age. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:152-161.
 - YOKOTA R, KOTO T, INOUE M *et al.* Ultra-wide-field retinal images in an eye with a small-aperture corneal inlay. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:234-236.
 - AGCA A, DEMIROK A, CELIK HU *et al.* Corneal hysteresis, corneal resistance factor, and intraocular pressure measurements in eyes implanted with a small aperture corneal inlay. *J Refract Surg*, 2014;30:831-836.
 - TOMITA M, KANAMORI T, WARING GO 4th *et al.* Retrospective evaluation of the influence of pupil size on visual acuity after KAMRA inlay implantation. *J Refract Surg*, 2014;30:448-453.
 - INOUE M, BISSEN-MIYAJIMA H, ARAI H *et al.* Image quality of grating target in model eye when viewed through a small-aperture corneal inlay. *J Cataract Refract Surg*, 2014;40:1182-1191.
 - TOMITA M, HUSEYNOVA T. Evaluating the short-term results of KAMRA inlay implantation using real-time optical coherence tomography-guided femtosecond laser technology. *J Refract Surg*, 2014;30:326-329.
 - ABBOUDA A, JAVALOY J, ALIÓ JL. Confocal microscopy evaluation of the corneal response following AcuFocus KAMRA inlay implantation. *J Refract Surg*, 2014;30:172-178.
 - HUSEYNOVA T, KANAMORI T, WARING GO 4th *et al.* Outcomes of small aperture corneal inlay implantation in patients with pseudophakia. *J Refract Surg*, 2014;30:110-116.
 - LANGENBUCHER A, GOEBELS S, SZENTMÁRY N *et al.* Vignetting and field of view with the KAMRA corneal inlay. *Biomed Res Int*, 2013;2013:154593.
 - Mita M, Kanamori T, Tomita M. Corneal heat scar caused by photodynamic therapy performed through an implanted corneal inlay. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1768-1773.

- HUSEYNOVA T, KANAMORI T, WARING GO 4TH *et al.* Small-aperture corneal inlay in patients with prior radial keratotomy surgeries. *Clin Ophthalmol*, 2013;7:1937-1940.
- TAN TE, MEHTA JS. Cataract surgery following KAMRA presbyopic implant. *Clin Ophthalmol*, 2013;7:1899-1903.
- HUSEYNOVA T, KANAMORI T, WARING GO 4TH *et al.* Small-aperture corneal inlay in presbyopic patients with prior phakic intraocular lens implantation surgery: 3-month results. *Clin Ophthalmol*, 2013;7:1683-1686.
- ALIÓ JL, ABBOUDA A, HUSEYNLI S *et al.* Removability of a small aperture intracorneal inlay for presbyopia correction. *J Refract Surg*, 2013;29:550-556.
- TOMITA M, KANAMORI T, WARING GO 4TH *et al.* Small-aperture corneal inlay implantation to treat presbyopia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:898-905.
- ZIAEI M, MEARZA AA. Corneal inlay implantation in a young pseudophakic patient. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:1116-1117.
- SEYEDDAIN O, BACHERNEGG A, RIHA W *et al.* Femtosecond laser-assisted small-aperture corneal inlay implantation for corneal compensation of presbyopia: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2013;39:234-241.
- Seyeddain O, Grabner G, DEXL AK. Binocular distance visual acuity does not decrease with the Kamra intra-corneal inlay. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:2062; author reply 2062-2064.
- DEXL AK, SEYEDDAIN O, RIHA W *et al.* Reading performance and patient satisfaction after corneal inlay implantation for presbyopia correction: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:1808-1816.
- TOMITA M, KANAMORI T, WARING GO 4TH *et al.* Simultaneous corneal inlay implantation and laser in situ keratomileusis for presbyopia in patients with hyperopia, myopia, or emmetropia: six-month results. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:495-506.
- SANTIAGO MR, BARBOSA FL, AGRAWAL V *et al.* Short-term cell death and inflammation after intracorneal inlay implantation in rabbits. *J Refract Surg*, 2012;28:144-149.
- DEXL AK, SEYEDDAIN O, RIHA W *et al.* One-year visual outcomes and patient satisfaction after surgical correction of presbyopia with an intracorneal inlay of a new design. *J Cataract Refract Surg*, 2012;38:262-269.
- WARING GO 4TH. Correction of presbyopia with a small aperture corneal inlay. *J Refract Surg*, 2011;27:842-845.
- CASAS-LLERA P, RUIZ-MORENO JM, ALIÓ JL. Retinal imaging after corneal inlay implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:1729-1731.
- YILMAZ OF, ALAGÖZ N, PEKEL G *et al.* Intracorneal inlay to correct presbyopia: Long-term results. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:1275-1281.
- DEXL AK, SEYEDDAIN O, RIHA W *et al.* Reading performance after implantation of a small-aperture corneal inlay for the surgical correction of presbyopia: Two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*, 2011;37:525-531.

Références Symfony

1. GATINEL ET LOIQ. *J Refract Surg*, 2016;32:273-280.
2. COCHENER B ET GROUPE CONCERTO. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1268-1275.
- BLACK S. Successful Restoration of Visual Acuity with an Extended Range of Vision Intraocular Lens after Multifocal Laser Ablation. *Case Rep Ophthalmol*, 2016;7:193-197.
- COCHENER B; CONCERTO STUDY GROUP. Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens: International Multicenter Concerto Study. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1268-1275.
- PEDROTTI E, BRUNI E, BONACCI E *et al.* Comparative Analysis of the Clinical Outcomes With a Monofocal and an Extended Range of Vision Intraocular Lens. *J Refract Surg*, 2016;32:436-442.

- KAYMAK H, HÖHN F, BREYER DR *et al.* [Functional Results 3 Months after Implantation of an "Extended Range of Vision" Intraocular Lens]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2016;233:923-927.
- GATINEL D, LOICQ J. Clinically Relevant Optical Properties of Bifocal, Trifocal, and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *J Refract Surg*, 2016;32:273-280.
- DOMÍNGUEZ-VICENT A, ESTEVE-TABOADA JJ, DEL ÁGUILA-CARRASCO AJ *et al.* In vitro optical quality comparison between the Mini WELL Ready progressive multifocal and the TECNIS Symphony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2016;254:1387-1397.
- Esteve-Taboada JJ, Domínguez-Vicent A, Del Águila-Carrasco AJ *et al.* Effect of Large Apertures on the Optical Quality of Three Multifocal Lenses. *J Refract Surg*, 2015;31:666-676.

Références sur les traitements ablatifs multifocaux

- SCHLOTE T, HEUBERGER A. Multifocal corneal ablation (Supracor) in hyperopic presbyopia: 1-year results in a cross-sectional study. *Eur J Ophthalmol*, 2016.
- WANG YIN GH, McALINDEN C, PIERI E *et al.* Surgical treatment of presbyopia with central presbyopic keratomileusis: One-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1415-1423.

Références sur les implants multifocaux

- GREENSTEIN S, PINEDA R 2nd. The Quest for Spectacle Independence: A Comparison of Multifocal Intraocular Lens Implants and Pseudophakic Monovision for Patients with Presbyopia. *Semin Ophthalmol*, 2017;32:111-115.
- ROJAS MJ, YEU E. An update on new low add multifocal intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol*, 2016;27:292-297.
- ROSEN E, ALIÓ JL, DICK HB *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.

Références sur les implants accommodatifs

- PEPOSE JS, BURKE J, QAZI MA. Benefits and barriers of accommodating intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol*, 2017;28:3-8.
- DAVID G, PEDRIGI RM, HUMPHREY JD. Accommodation of the human lens capsule using a finite element model based on nonlinear regionally anisotropic biomembranes. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2017;20:302-307.

Références générales

- DAVIDSON RS, DHALIWAL D, HAMILTON DR *et al.* ASCRS Refractive Cataract Surgery Subcommittee. Surgical correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:920-930.

Référence sur l'intraCor

- THOMAS BC, FITTING A, KHORAMNIA R *et al.* Long-term outcomes of intrastromal femtosecond laser presbyopia correction: 3-year results. *Br J Ophthalmol*, 2016;100:1536-1541.



D. TOUBOUL
Centre de référence national pour le kératocône, CHU de BORDEAUX.
toubould@gmail.com

Exercice de relecture des mécanismes d'action du corneal collagen cross-linking

Après plus de 10 ans de prescription du *cross-linking* du collagène cornéen (CXL) pour le kératocône (KC) évolutif, un bilan s'impose sur les tenants et les aboutissants de ce traitement. Force est de constater que le CXL a profondément modifié la prise en charge du KC à différents niveaux. L'essentiel des publications sur le sujet confirment un ralentissement ou un arrêt de la maladie dans la grande majorité des cas après CXL. Les raisons de cette efficacité sont néanmoins mal comprises à cause d'une connaissance imparfaite de la physiopathologie du KC, des facteurs d'aggravation, de l'évaluation complexe des changements liés au CXL. Je propose donc dans cet article de poser plusieurs questions pour tenter d'éclaircir les zones d'ombres portant sur les sujets de l'apparition, du développement, de la mesure de l'évolutivité du KC et de l'arrêt de la progression du KC par le CXL.

■ Le kératocône est-il une dystrophie ou une dégénérescence cornéenne ?

Le KC est actuellement classifié dans la catégorie des dystrophies de cornées, c'est-à-dire dans l'idée d'une causalité génétique déterminant la survenue de l'affection. L'incidence du KC dans les familles de cas semble en effet nettement plus grande que dans la population générale dans la littérature (entre 5 et 27,9 %). Un cas familial est proposé ici pour exemple (*fig. 1*). Néanmoins, malgré au moins 13 gènes candidats identifiés, la transmission génétique n'est toujours pas évidente pour la communauté scientifique et le poids des facteurs de risques environnementaux semble dominer l'apparition puis le développement de la maladie. Celle-ci se dévoile habituellement dans l'adolescence et s'aggrave de manière non linéaire dans la deuxième décennie chez l'adulte jeune. Dans la troisième décennie, il est rare de voir s'aggraver nettement le KC mais il existe des exceptions, ainsi, le KC ne

semble pas obligatoirement s'arrêter totalement dans la vie du patient. Certains cas sont d'ailleurs dépistés très tardivement. En réalité, nous ne savons pas véritablement si le KC, défini essentiellement par un bombement cornéen topographique focal et évolutif, ne serait pas la partie cliniquement émergente d'une population intégrant un *continuum* dégénératif étiré entre la représentation des cornées dites normales et celle des cornées dites pathologiques, c'est-à-dire avec retentissement fonctionnel. Pour le savoir, il faudrait dépister un très grand nombre de personnes de la population générale, si possible sans rapport avec les circuits médicaux, afin de voir si ce *continuum* topographique existe véritablement tout en échappant à notre appréhension.

De manière pragmatique, le KC se définit comme survenant sur des cornées dites à "biomécanique fragile", dont la déformation s'accroît à cause d'un phénomène

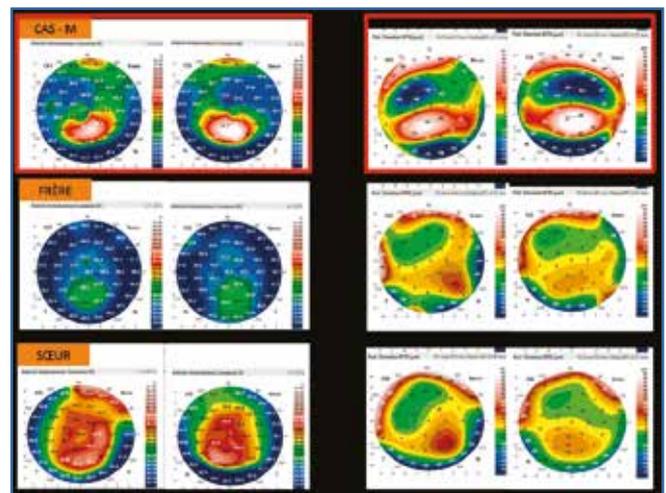


Fig. 1 : Illustration de découverte de KC familiaux. Le frère et la sœur de ce patient atteint de KC présentent tous deux un KC de stades différents (faces antérieures à gauche et postérieures à droite) et de découverte fortuite (dépistage des collatéraux), dont les similitudes topographiques sont troublantes.

d'auto-aggravation, alimenté par des facteurs de risques assez bien identifiés. À ce titre, les "frottements oculaires pathologiques" représentent le principal facteur de risque identifié cliniquement, souvent associé à différentes conditions favorables : atopie, allergies oculaires, facteurs irritatifs extérieurs, sécheresses oculaires, blépharites chroniques, etc. Ainsi, si l'on postule que le frottement oculaire, primitif ou secondaire à une autre cause, est bien identifié comme le facteur de risque dominant dans le processus d'aggravation ou d'éclosion du KC, l'hypothèse du caractère héréditaire du KC pourrait éventuellement s'expliquer par le biais de regroupement des individus issus d'une même famille. En effet, ces derniers sont vraisemblablement exposés à des facteurs environnementaux similaires, à des comportements et des mimétismes de gestuelle comparables, des traits d'atopie similaires dont la génétique est connue. C'est-à-dire autant de facteurs pouvant habilement brouiller les pistes et orienter le raisonnement vers un pseudo déterminisme génétique.

II Pourquoi le kératocône évolue-t-il ?

La freination de l'évolution du KC avec l'âge n'est pas en faveur d'une dystrophie de cornée qui, le plus souvent, repose sur une anomalie métabolique et entraîne une dégradation plus ou moins rapide mais inéluctable vers une aggravation. La théorie des frottements oculaires semble plus probable pour expliquer l'évolution chronologique de la maladie. On en apprend beaucoup à questionner les patients sur leurs motivations concernant leurs frottements oculaires. En leur demandant de reproduire les frottements, on constate souvent des traumatismes directs anormalement appuyés, plus fréquents chez l'adulte de sexe masculin, utilisant soit le doigt soit le dos des phalanges, soit la paume de la main (**fig. 2**). Prurit allergique, fatigue accommodative, vie numérique, défaut de correction optique, blépharite chronique, œil sec, trouble du comportement, mimétisme social, sont autant d'éléments intéressants à débusquer dans le récit des patients. Ainsi, de manière observationnelle, les frottements oculaires semblent diminuer en coïncidence avec la sortie de l'âge de susceptibilité aux allergies, la sortie de la période des efforts d'accommodation accrus pour la formation et les études scolaires, l'entrée dans la période d'adaptation en lentilles de contact limitant l'accès des mains aux cornées et, probablement, diminuant la sensibilité cornéenne. Tous ces paramètres convergent donc vers l'évitement de l'excès du "stress biomécanique quotidien" que représentent les frottements pathologiques et offrent un

éclairage plus compréhensible pour expliquer la mystérieuse freination du KC, observée naturellement, en dehors de tout traitement spécifique.

Enfin, pour compléter, certains patients atteints de KC évolutif affirment ne plus jamais se frotter les yeux. Il faut dans ce cas, d'une part, incriminer les frottements inconscients (nocturnes, positionnels, *floppy eyelid syndrom*) et, d'autre part, garder en tête que la répartition des contraintes biomécaniques va parfois évoluer un certain temps pour son propre compte avant de trouver une nouvelle position d'équilibre où le stress cornéen redeviendra uniforme, gage d'une stabilité de forme. En effet, la déformation compense la perte de rigidité pour équilibrer le stress. Ne pas oublier aussi que la cornée, localement affaiblie, reste sous l'effet de contraintes biomécaniques permanentes représentées par les tractions des muscles oculomoteurs et les sollicitations du clignement palpébral. Ce dernier est parfois lui aussi excessif et rendu anormal par certains efforts de plissements visant à améliorer la vision par l'effet "sténopéasant" d'une ouverture palpébrale volontairement rétrécie, posture bien connue chez certains de nos patients.



Fig. 2 : Frottements pathologiques de patients atteints de KC. Les frottements sont profonds, insistants, bien localisés sur le dôme cornéen. Ils ne sont pas toujours en rapport avec la latéralité manuelle du patient.

■ Comment quantifier l'évolutivité du kératocône?

La quantification de l'évolution du KC est devenue une question importante depuis qu'il existe une solution pour freiner la maladie. Préalablement, les classifications de Krumeich, Amsler ou Alio étaient suffisantes. À l'ère du CXL, ces classifications sont trop macroscopiques. L'évolutivité est ainsi définie par une fonction non linéaire dépendant du temps (âge) mais aussi de différents paramètres quantitatifs de sévérité: biomécaniques, morphologiques, optiques, fonctionnels. Les paramètres biomécaniques devraient être les plus précocement identifiables dans la logique de déclenchement du KC (*fig. 3*). Ils reposent cependant essentiellement sur l'utilisation de l'ORA qui n'est pas un outil assez sensible pour devancer le dépistage topographique actuellement. Les paramètres optiques sont logiquement assez pertinents mais ils sont mesurés à l'aide d'aberromètres dont la variabilité est importante en fonction des machines, de l'accommodation et du jeu pupillaire. La réfraction subjective devrait être corrélée à l'aggravation de la maladie mais est trop souvent variable et non reproductible en raison de la "varifocalité" de la cornée impliquant une fluctuation de vision en fonction des conditions d'accommodation et de luminosité. L'impression globale de baisse de vision et la fatigue visuelle du patient sont des arguments plus pertinents sur le versant sensoriel.

En pratique, ce sont les critères morphologiques qui vont déterminer l'évolution du KC, fondée sur des indices kératométrique et pachymétrique. La face arrière de la cornée est d'altération plus précoce mais d'interprétation plus délicate, la face avant reste l'indicateur principal. La pachymétrie donne une indication qui semble retardée par rapport aux variations

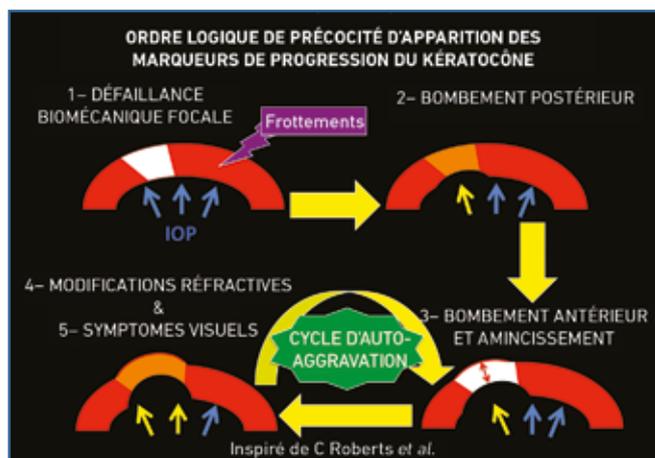


Fig. 3 : Chronologie de survenue des signes d'évolutivité et mécanismes d'aggravation du KC.

de courbures et est donc moins sensible pour définir l'évolutivité. Il faut souligner l'importance d'évaluer non seulement l'asymétrie cornéenne au centre mais aussi en périphérie de la cornée, qui, souvent, peut être affectée en premier.

De nos jours, il est recommandé de pratiquer un CXL conventionnel ou accéléré (épithélium enlevé) pour des patients porteurs de KC évolutifs confirmés avec un délai d'observation suffisant et une cornée raisonnablement opérable (pachymétrie > 400 microns, en dehors des indications de la greffe de cornée). Le CXL sera réalisé dans les plus brefs délais pour certains cas de KC connus pour leur agressivité: KC évident de l'enfant (< 15 ans), ectasies post-laser Excimer, patients "frotteurs invétérés".

■ Par quels mécanismes le CXL est-il efficace sur l'évolution du kératocône?

L'image "commerciale" du CXL repose sur le concept de durcissement chimique de la cornée s'illustrant par l'analogie des procédures de photopolymérisation UV utilisées dans le domaine des composites dentaires. Plus précisément, le mécanisme *princeps* revendiqué est la photoréticulation du collagène cornéen liée à la libération *in situ* de radicaux libres capables de renforcer le pontage entre le collagène et la matrice extracellulaire. Cet effet a été consciencieusement démontré par différents tests expérimentaux essentiellement pratiqués *ex vivo* après CXL: élasticité accrue aux tests d'extensométrie (strips), résistance accrue à l'hydratation extrême, résistance accrue à la digestion enzymatique, accélération des ondes de cisaillements, imageries de l'accroissement du calibre et de l'ondulation des fibrilles de collagène. Néanmoins, à ce jour, aucun test validé chez l'humain, réalisé *in vivo*, ne prouve l'effet de durcissement biomécanique du CXL attendu et sa pérennité dans le temps. Nous attendons toujours la mise sur le marché de la microscopie Brillouin (élastographie optique), ultime espoir dans le domaine.

Les choses ne sont en réalité pas aussi simples et on peut revendiquer, sans prendre trop de liberté avec la vérité, que "la cornée ne se comporte pas comme une simple matrice de collagène vis-à-vis du CXL". En effet, il a été observé de nombreux effets collatéraux associés au CXL, certainement impliqués dans la freination du KC et, peut être même, de manière causale plus pertinente que le simple durcissement chimique (*fig. 4*).

D'un point de vue biologique, l'effet du CXL est essentiellement relié à l'abrasion de l'épithélium et à la cytotoxicité

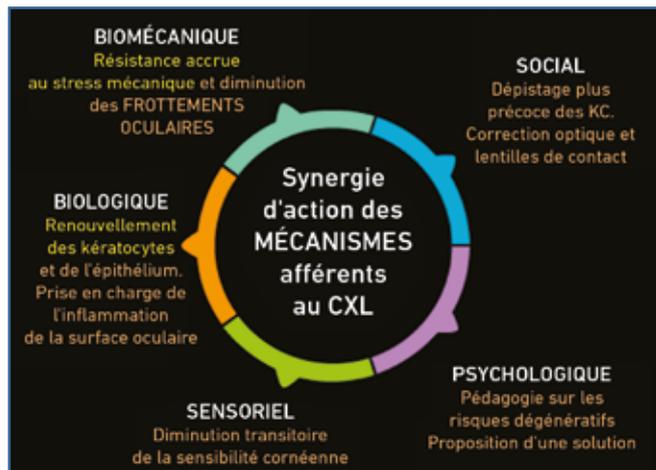


Fig. 4 : Synergie d'action du CXL pour réduire et stopper l'évolution du KC. En jaune, les arguments liés au durcissement de la cornée, en orange, ceux liés à l'arrêt des frottements oculaires pathologiques.

des radicaux libres, induisant conjointement les modifications structurales cornéennes suivantes : fibrose stromale antérieure superficielle, raréfaction nerveuse au niveau du plexus superficiel, renouvellement kératocytaire. L'épithélium renouvelé repousse souvent avec moins d'irrégularités dans les stades les plus avancés de KC. La cornée est renforcée en sa matrice stromale antérieure mais il a également été observé que les ouvriers de cette matrice, les kératocytes qui, sont initialement décimés dans la même zone, deviendraient secondairement plus nombreux au-delà de 12 mois. Ils sont tout de même les garants du renouvellement de la matrice et du collagène. Il y a là comme un effet de "stimulation" de l'activité tissulaire rendant plus nombreuses et peut-être plus actives ces cellules cornéennes. Des études plus poussées seraient certainement très utiles. Pour analogie, en dermatologie, la "photoréjuvenation" cutanée par la lumière pulsée vise un effet similaire dans son principe, revendiquant de pouvoir amplifier la production du collagène cutané et "rajeunir" la peau.

Du point de vue biomécanique, l'exagération des frottements oculaires est combattue indirectement par le CXL à plusieurs titres : le patient est dépisté pour le KC et reçoit une éducation avec l'information impérative de ne plus frotter ses yeux. Par ailleurs, la raréfaction des fibres nerveuses est évidente et persiste plusieurs mois à plusieurs années après le CXL, elle participe certainement à l'adhésion du patient pour l'inhibition des frottements oculaires néfastes. Les patients l'avouent assez facilement après CXL si l'on fait l'effort de les questionner. D'autres facteurs limitant le risque de frottements sont implicites au CXL : l'utilisation de collyres pour lubrifier la surface oculaire, la prise en charge de l'inflammation

oculaire, le traitement des allergies dépistées. Également, le fait de proposer un traitement impose au patient la responsabilité de faire plus attention à l'œil juste opéré.

D'un point de vue psychologique, le fait d'avoir à disposition une solution pour l'arrêt de la maladie motive les correspondants pour dépister précocement les cornées suspectes et adresser pour une prise en charge. Une éducation plus précoce, en particulier vis-à-vis des mauvaises habitudes de frottements oculaires est ainsi mieux prodiguée. L'adaptation plus précoce des lentilles rigides contribue également à limiter le risque de frottements oculaires par crainte de perdre les précieuses lentilles au début, par amélioration de la qualité de vision et, ensuite, par insensibilisation relative des cornées. Côté chirurgical, le tabou du laser Excimer est tombé grâce à l'apparition du CXL, ouvrant un champ nouveau de procédures, couplées au CXL, visant à régulariser la cornée pathologique et à limiter le recours à la greffe de cornée.

D'un point de vue sensoriel, on notera que si le patient ressent moins l'envie de frotter ses yeux pour des raisons biologiques, il consolidera d'autant mieux cette situation s'il devient tolérant aux lentilles rigides après le CXL, essayées sur une cornée devenue moins susceptible. Le taux d'échec d'adaptation en lentilles rigides devrait être comparé après et avant la pratique du CXL pour conforter cette analyse.

D'un point de vue sociétal, l'innovation du CXL a ouvert la voie à de nouvelles recherches dans de nombreux domaines : appareils de mesures de la biomécanique, procédures de couplage laser, nouveaux *designs* d'anneaux intracornéens ou de lentilles rigides, nouvelles molécules ou applications pour le CXL. Ces dernières ne devront pas se tromper sur la véritable cible du CXL.

■ Conclusion

Finalement, les effets bénéfiques du CXL ne sont peut-être pas uniquement là où nous les attendions. Si le lecteur me demandait si le CXL durcit la cornée pour stopper le KC, je dirais : c'est probablement le cas, dans une certaine mesure et pour un certain temps, mais j'ajouterais que ce n'est probablement pas le mécanisme dominant. Je complèterais en disant que c'est la synergie des implications psychologiques, pédagogiques, sensorielles et biologiques afférentes au CXL qui permet d'éviter les frottements oculaires pathologiques, qui sont, à mon avis, la cible principale dans la prise en charge du KC évolutif.

En corolaire, si le lecteur me demandait si l'arrêt des frottements oculaires suffirait à régler le problème, je dirais : probablement oui, dans bon nombre de cas, à condition de se donner les moyens d'une surveillance adaptée et de les prévenir avec l'aide du CXL quand le risque d'évolution est très probable ou démontré.

Pour en savoir plus

- FOURNIE P, TOUBOUL D, ARNE JL *et al.* Keratoconus. *J Fr Ophthalmol*, 2013;36:618-626.
- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 1998;42:297-319.
- XIAOHUI LI, HUIYING YANG, RABINOWITZ YS. Longitudinal study of keratoconus progression, 2013;85:502-507.
- ANDREASSEN TT, SIMONSEN AH, OXLUND H. Biomechanical properties of keratoconus and normal corneas. *Exp Eye Res*, 1980;31:435-441.
- TOUBOUL D, BENARD A, MAHMOUD AM *et al.* Early biomechanical keratoconus pattern measured with an ocular response Analyzer : curve analysis. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2011;37:2144-2150.
- WOLLENSAK G, SPOERL E, SEILER T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin-ultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract Refract Surg*, 2003;29:1780-1785.
- SPOERL E, HUHLE M, KASPER M *et al.* Increased rigidity of the cornea caused by intrastromal cross-linking. *Ophthalmologie*, 1997;94:902-906.
- WOLLENSAK G, SPOERL E, WILSCH M *et al.* Keratocyte apoptosis after corneal collagen cross-linking using riboflavin/UVA treatment. *Cornea*, 2004;23:43-49.
- WOLLENSAK G, SPOERL E, REBER F *et al.* Keratocyte cytotoxicity of riboflavin/UVA-treatment in vitro. *Eye*, 2004;18:718-722.
- WOLLENSAK G, SPOERL E. Collagen crosslinking of human and porcine sclera. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2004;30:689-695.
- TOUBOUL D, EFRON N, SMADIA D *et al.* Corneal confocal microscopy following conventional, transepithelial, and accelerated corneal collagen cross-linking procedures for keratoconus. *Journal of refractive surgery*, 2012;28:769-776.
- WOLLENSAK G, SPOERL E, SEILER T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *American Journal of Ophthalmology*, 2003;135:620-627.
- WITTIG-SILVA C, CHAN E, ISLAM FM *et al.* A randomized, controlled trial of corneal collagen cross-linking in progressive keratoconus : three-year results. *Ophthalmology*, 2014;121:812-821.
- SURI K, HAMMERSMITH KM, NAGRA PK. Corneal collagen cross-linking : ectasia and beyond. *Current opinion in ophthalmology*, 2012;23:280-287.
- CHUNYU T, XIUJUN P, ZHENGJUN F *et al.* Corneal collagen cross-linking in keratoconus : a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 2014;10:4:5652.
- CRAIG JA, MAHON J, YELLOWLEES A *et al.* Epithelium-off photochemical corneal collagen cross-linkage using riboflavin and ultraviolet a for keratoconus and keratectasia: a systematic review and meta-analysis. *Ocul Surf*, 2014;12:202-214.
- CHATZIS N, HAFEZI F. Progression of keratoconus and efficacy of pediatric [corrected] corneal collagen cross-linking in children and adolescents. *J Refract Surg*, 2012; 28:753-758.
- WOLLENSAK G, AURICH H, PHAM DT *et al.* Hydration behavior of porcine cornea crosslinked with riboflavin and ultraviolet A. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2007;33:516-521.
- SPOERL E, WOLLENSAK G, SEILER T. Increased resistance of cross-linked cornea against enzymatic digestion. *Curr Eye Res*, 2004;29:35-40.
- WOLLENSAK G, SPOERL E. Collagen crosslinking of human and porcine sclera. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2004;30:689-695.
- AKHTAR S, ALMUBRAD T, PALADINI I *et al.* Keratoconus corneal architecture after riboflavin/ultraviolet A cross-linking : ultrastructural studies. *Molecular vision*, 2013;19:1526-1537.
- HAYES S, BOOTE C, KAMMA-LORGER CS *et al.* Riboflavin/UVA collagen cross-linking-induced changes in normal and keratoconus corneal stroma. *PLoS One*, 2011; 6:e22405.
- BUENO JM, GUALDA EJ, GIAKOU MAKI A *et al.* Multiphoton microscopy of ex vivo corneas after collagen cross-linking. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2011;52:5325-5331.
- TAN HY, CHANG YL, LO W *et al.* Characterizing the morphologic changes in collagen crosslinked-treated corneas by Fourier transform-second harmonic generation imaging. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2013;39:779-788.
- KOHLHAAS M, SPOERL E, SCHILDE T *et al.* Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2006;32:279-283.
- BESHTAWI IM, O'DONNELL C, RADHAKRISHNAN H. Biomechanical properties of corneal tissue after ultraviolet-A-riboflavin crosslinking. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2013;39:451-462.
- NGUYEN TM, AUBRY JF, TOUBOUL D *et al.* Monitoring of cornea elastic properties changes during UV-A/riboflavin-induced corneal collagen cross-linking using supersonic shear wave imaging : a pilot study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2012;53:5948-5954.
- MOCAN MC, YILMAZ PT, IRKEC M. In vivo confocal microscopy for the evaluation of corneal microstructure in keratoconus. *Current eye research*, 2008;33:933-939.

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



N. MESPLIÉ, S. LÉONI
Espace Hélios Ophtalmologie, SAINT-JEAN-DE-LUZ.
nicolas.mesplie@gmail.com

Troubles oculomoteurs et chirurgie de la presbytie : une contre-indication absolue ?

A lors que la presbytie est un mécanisme physiologique qui apparaît à partir de 45 ans, les strabismes touchent tout de même jusqu'à 5 % de la population. Le vieillissement contre-indiquant systématiquement toute chirurgie réfractive en cas de strabisme ou de troubles oculomoteurs est aujourd'hui largement dépassé mais ces états constituent tout de même des situations à risques dans le traitement chirurgical de la presbytie. Alors que les traitements photoablatifs cornéens reposent généralement sur la capacité à tolérer un degré de dissociation binoculaire (monovision ou micromonovision suivant les cas), les implants multifocaux respectent mieux la vision binoculaire mais génèrent une déperdition de lumière pouvant être pénalisante en l'absence de synergie bioculaire. Si les diplopies binoculaires postopératoires sont exceptionnelles, il est important de repérer les situations à risque en préopératoire...

Il existe différents types de classification des strabismes mais, dans le contexte de chirurgie de la presbytie, le plus important est de définir la sensorialité du patient. Si on raisonne en termes de correspondance rétinienne, dans le cas d'un strabisme, l'image d'un objet tombe sur deux points non correspondants des deux rétines.

On distingue donc :

1. des correspondances rétiniennes normales :
 - patient sain avec vision binoculaire normale ;
 - patient atteint d'hétérophories et de phories/tropies avec vision binoculaire normale mais précaire (fusion bifovéolalre intermittente ou instable).
2. des correspondances rétiniennes anormales :
 - patient atteint de microstrabisme (inférieur à 8 D) avec vision binoculaire subnormale ("union bioculaire") ;
 - patient atteint de strabisme supérieur à 8 D avec vision binoculaire anormale.

■ Les contre-indications absolues à toute chirurgie de la presbytie

De notre point de vue, les contre-indications formelles à une chirurgie de la presbytie en cas de troubles oculomoteurs sont :

- une amblyopie profonde ou modérée (< 7/10 P3) ;
- tout nystagmus d'amplitude et de fréquence importante ;
- un torticolis d'origine oculaire.

■ Les contre-indications de la monovision et les situations à risque de diplopie postopératoire

1. Contre-indications

De notre point de vue, la monovision (et ses dérivés : micromonovision, monovision aménagée) est contre-indiquée en cas de strabisme, microstrabisme et de phorie/tropie (strabisme intermittent).

Même si l'absence de vision binoculaire ainsi qu'une bonne alternance entre les deux yeux (présents dans les strabismes alternants) peuvent paraître une situation favorable à une monovision, toute prise en charge d'un strabisme repose sur une correction optique totale, au risque d'aggraver la déviation du strabisme.

Par ailleurs, une monovision peut générer dans ces contextes une diplopie binoculaire postopératoire par deux mécanismes différents :

- par rupture de la fusion fovéolaire (vision binoculaire instable et intermittente) dans le cadre d'une phorie/tropie. Ce risque de diplopie sera d'autant plus important que la monovision sera marquée (anisotropie supérieure ou égale à 1.5 D) alors qu'une micromonovision limitera ce risque du fait de l'absence de rupture de fusion binoculaire.

– par déneutralisation de l'image de l'œil dominé dans le cadre d'un strabisme ou d'un microstrabisme.

2. Situations à risque

Les hétérophories ne sont pas une contre-indication à la monovision mais peuvent être considérées comme une situation à risque dans certains cas. Une diplopie postopératoire sera possible en cas de phorie supérieure de 8 D, d'une amplitude de fusion limitée et d'une acuité stéréoscopique plus basse que 100 secondes d'arc au TNO. Dans ce contexte, un test en lentilles pourra être réalisé pour s'assurer de la tolérance de la monovision...

■ Les contre-indications de la multifocalité

La multifocalité est contre-indiquée en cas de vision binoculaire anormale (strabisme > 8 D).

Dans ce contexte, il n'y aura pas de synergie biloculaire et la déperdition de lumière sera souvent trop importante pour pouvoir satisfaire le patient en vision de près. Dans tous les autres contextes de troubles de vision binoculaire (vision binoculaire normale, instable, intermittente, et union biloculaire), une multifocalité sera possible même si les performances visuelles du patient seront sans doute moins bonnes en cas d'union biloculaire qu'en cas de vision binoculaire strictement normale.

>>> Approche des problèmes oculomoteurs en consultation de chirurgie de la presbytie

Lors de toute consultation préopératoire de chirurgie réfractive de presbytie, un bilan orthoptique de dépistage est réalisé. Il a pour objectif de définir l'œil préféré, l'œil de visée, la vision stéréoscopique et une éventuelle déviation. L'œil préféré est défini par le brouillage alterné de + 0.75 D aux deux yeux alors l'œil de visée est défini par le test du carton troué. La vision stéréoscopique est réalisée l'aide du TNO, beaucoup plus sensible que le Lang I. Un examen sous écran puis un examen sous écran alterné permettent de dépister les phories et de quantifier les déviations tropiques en dioptries. En cas d'anomalie, un bilan orthoptique complet est réalisé et nous pouvons être amenés à demander un avis strabologique spécialisé...

En cas de strabisme, microstrabisme et phorie/tropie chez un patient atteint de presbytie débutante, notre objectif sera la correction optique totale. Nous aurons alors tendance à proposer une hypermétropie saturée et ce d'autant plus que le

patient présente une forte hypermétropie. Un PresbyLASIK bilatéral sans monovision pourra être une alternative. Dans tous les cas, le patient devra être informé du risque de retouche plus important (pour obtenir la correction optique totale) et de la nécessité de reporter une correction optique d'appoint pour les plus petits caractères.

Dans le contexte de phorie sans tropie associée, avec une acuité stéréoscopique meilleure que 100 secondes d'arc et une phorie inférieure à 8 D, nous pourrions réaliser une monovision ou un PresbyLASIK avec micromonovision. Dans les phories plus prononcées, un test en lentilles sera réalisé avant de réaliser la chirurgie.

En cas de strabisme, microstrabisme et phorie/tropie chez un patient atteint de presbytie avancé, nous ne contre-indiquons la chirurgie par implantation multifocale (ou à profondeur de champ) que si la vision binoculaire est anormale (en pratique les strabismes avec un angle > 8 D, sans union binoculaire, avec un TNO négatif). En cas de vision binoculaire subnormale (union binoculaire), le patient sera informé que ses performances de près seront légèrement moins bonnes que le patient ayant une vision binoculaire normale et qu'un port de lunette occasionnel de près sera possible.

■ Conclusion

En pratique courante, les troubles oculomoteurs posent rarement des problèmes aux chirurgiens réfractifs. Certaines situations doivent tout de même attirer notre attention afin d'éviter des complications évitables et souvent très difficiles à traiter par la suite... Un dépistage systématique des troubles oculomoteurs avant toute chirurgie de la presbytie est, à notre avis, indispensable afin de prévenir des diplopies incoercibles...

Bibliographie

1. POLLARD ZF, GREENBERG MF, BORDENCA M *et al.* Strabismus precipitated by monovision. *Am J Ophthalmol*, 2011;152:479-482.
2. AMAR R. Sensorialité et Presbytie. Cochener B. (éd.). *Presbytie Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie*. Masson, 2012:347-370.
3. FINLAY A.L. Binocular vision and refractive surgery. *Contact Lens and Anterior Eye*, 2007;30:76-83.
4. C. SPEEG-SCHATZ. Classification des strabismes selon leur conséquence sur la binocularité. Pêchereau A. (éd.). *Strabisme Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie*. Masson, 2013:137-140.
5. ASSOULINE M. Qualité de vision et compensation chirurgicale de la presbytie. Cochener B. (éd.). *Presbytie Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie*. Masson, 2012:371-411.

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

La topographie cornéenne de type Orbscan montre un astigmatisme congénital direct parfaitement régulier (*fig. 2*). Le nomogramme recommandé par le fabricant dans le cas d'un astigmatisme mixte est le suivant :

1. Convertir en cylindre positif, soit -5 (+ 8.25 à 90°).
2. Soustraire 20 à 25 % du cylindre, soit programmer entre 6.2 et 6.6 dioptries. Le laser ne permet d'aller qu'à + 6 dioptries. J'ai préféré ne programmer que + 5,75 dioptries.
3. Programmer la sphère comme indiqué sur le nomogramme. En l'occurrence, il n'y a pas d'ajustement pour -5 dioptries.

Le traitement suivi est indiqué dans la *figure 3*.



Fig. 3 : Le traitement programmé est -5 (-5,75 à 90°) avec une zone optique de 6,50 mm.

Le résultat à J1 retrouve une acuité visuelle à 7/10 sans correction et une réfraction objective à + 1.50 (- 0.75 à 0°). Le capot est parfaitement en place. Le patient est ravi. Je revois le patient à 1 mois et il a 10/10f avec + 1.50 (- 0.75 à 0°). La diminution de l'astigmatisme est de 7.50 dioptries à 1 mois en réfraction subjective, et de quasiment 8 dioptries en PPR 3.50 mm (*fig. 4*).

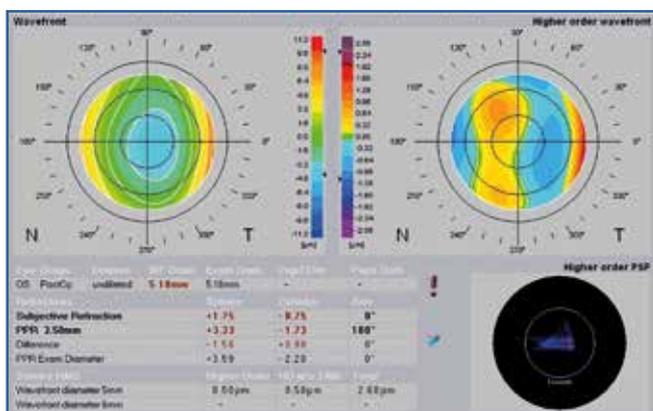


Fig. 4 : La réfraction subjective à 1 mois montre une diminution de 7,50 dioptries de l'astigmatisme et de 8 dioptries en PPR 3,50 mm.

Les topographies montrent un traitement parfaitement centré, avec un fort aplatissement de l'axe direct et un léger bombement de l'axe indirect (*fig. 5 et 6*).



Fig. 5 : Topographie de type dual avec la topographie préopératoire à gauche et postopératoire à droite.

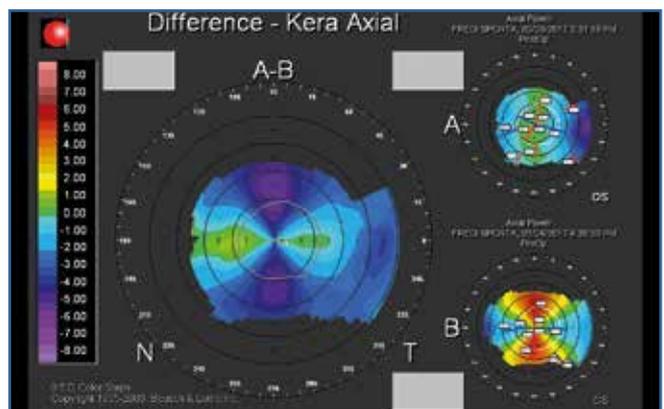


Fig. 6 : Topographie de type différentielle avec un fort aplatissement sur l'axe direct et un léger bombement dans l'axe indirect.

Le patient demande alors une intervention au niveau de l'œil droit pour être confortable sans lunettes en vision de loin. Devant le succès de l'œil gauche, il n'y a plus de contre-indication relative à cause de l'amblyopie relative de l'œil gauche.

II Discussion

La programmation du Wavelight EX500 permet d'aller jusqu'à 6 dioptries. En utilisant le nomogramme proposé par le fabricant pour l'astigmatisme mixte, il est possible de traiter en réalité jusqu'à 8 dioptries.

Il est important dans ce cas de traitement inhabituel de délivrer une information extensive, de souligner le caractère exceptionnel du traitement et de donner un objectif de réduction

forte de l'astigmatisme pour diminuer l'anisométrie. Je n'ai procédé à l'intervention que lorsque j'étais absolument sûr que le patient avait compris le projet de traitement.

L'amblyopie relative de l'œil gauche était pour moi une contre-indication relative au traitement de l'œil droit. Le traitement de l'astigmatisme mixte améliore fréquemment la meilleure acuité visuelle corrigée [1].

Le résultat a été remarquable avec une meilleure acuité visuelle corrigée passant de 6/10f à 10/10f. L'œil droit peut alors être traité, la contre-indication d'amblyopie relative ayant été levée.

■ Conclusion

L'astigmatisme mixte géant peut être une excellente indication de chirurgie réfractive par le laser Wavelight EX500 d'Alcon lorsque le patient souscrit pleinement au projet de traitement.

Bibliographie

1. ALBARRAN-DIEGO C, MUNOZ G, MONTES-MICO R *et al.* Bitoric laser in situ keratomileusis for astigmatism. *J Cataract refract Surg*, 2004;30:1471-1478.
2. STONECIPHER KG, KEZIRIAN GM, STONECIPHER K. Lasik for mixed astigmatism using Allegretto Wave :3 and 6 month results with the 200 and 400 hz platforms. *J Refract Surg*, 2010;26:S819-823.

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

N I C C E

Découvrez NICCE, l'univers Premium de Bausch+Lomb

VICTUS®

plateforme laser femtoseconde
cataracte - réfractive - thérapeutique



www.bausch.fr/chirurgie/

© Bausch & Lomb Incorporated

BAUSCH+LOMB
Mieux voir. Mieux vivre.



NOUVEAU

EyeCee® ONE CRYSTAL Préchargé
Versario® 3F



N I C C E

Découvrez NICCE, l'univers Premium de Bausch+Lomb

www.bausch.fr/chirurgie/

© Bausch & Lomb Incorporated

BAUSCH+LOMB
Mieux voir. Mieux vivre.