

I L'Année ophtalmologique

Quoi de neuf en chirurgie réfractive ?



D. GATINEL
Hôpital Fondation Rothschild, PARIS.

Depuis plus d'une décennie, la chirurgie réfractive n'a pas connu de réelle révolution, mais d'importantes évolutions ont permis de gagner en sécurité et en précision au sein des 3 classes principales qui constituent l'offre thérapeutique actuelle: la chirurgie cornéenne (Lasik, Smile, PKR), la pose d'implants phaqes et la chirurgie réfractive cristallinienne (implants monofocaux, à profondeur de champ, multifocaux, avec la possibilité d'une configuration torique en cas d'astigmatisme cornéen associé).

Croissance de la chirurgie cornéenne au laser

L'évolution récente la plus remarquable ne concerne pas une technique particulière mais le marché global de la chirurgie cornéenne au laser, qui connaît une croissance ininterrompue depuis la fin du premier confinement au printemps

2020 et atteint un niveau inégalé ces dernières années. Cette dynamique a été observée sur tous les continents et plus particulièrement ceux qui furent frappés de mesures de restrictions pour motif sanitaire.

Les raisons données pour expliquer cet engouement sont multiples. Le télétravail a octroyé un gain de temps permettant aux patients de consulter puis de se faire opérer en bénéficiant de bonnes conditions de repos. Les restrictions en matière de déplacement (excursions, voyages, départs de fin de semaine, etc.) ont permis de réaliser les économies nécessaires au financement de la chirurgie réfractive. La buée sur les lunettes avec le port du masque et la crainte de se contaminer par contact conjonctival lors des manipulations de pose et dépose des lentilles ont également été évoquées par les patients comme des facteurs incitatifs. Il est enfin probable qu'à ces aspects conjoncturels et fonctionnels s'ajoute une dimension cosmétique, comme en atteste le boom récent de la médecine et de la chirurgie esthétique, attribué à l'essor des visioconférences au cours desquelles chaque participant se retrouve face à son reflet numérique.

Les prédictions actuelles à court et moyen terme sont en faveur d'une poursuite de la croissance du marché de la chirurgie réfractive – si l'on fait abstraction des tensions internationales présentes au moment de la rédaction de cet article. Elle serait soutenue par l'augmentation de la prévalence de la myopie, les progrès accomplis dans le domaine de la correction des amétropies plus complexes (astigmatisme, hyper-

métropie) et l'intérêt de les corriger chez les presbytes.

Augmentation de la prévalence de la myopie

Concernant la myopie, les projections laissent augurer d'une augmentation soutenue de sa prévalence globale. La moitié de la population mondiale devrait être atteinte par ce défaut visuel à l'horizon 2050 ce qui, en nombre absolu, correspond à une multiplication par un facteur 7 en moins d'un demi-siècle. De plus, l'impact de la pandémie du virus de la COVID-19 sur les modes de vie des enfants pourrait être à l'origine d'une progression accrue de la myopie dans certaines tranches d'âge. Une étude prospective conduite en Chine entre 2015 et 2020 confirme ce point: les réfractions de 123 535 enfants ont été mesurées et analysées entre 2015 et 2020 dans la province de Feicheng, en Chine. En 2020, on a observé un *shift* myopique accru (-0,3 D) chez les enfants dont l'âge était compris entre 6 et 8 ans. Il a été attribué au manque de temps passé à l'extérieur en raison du confinement strict imposé en cette première année de pandémie [1].

Même si elle pourrait augurer d'un marché florissant pour les corrections visuelles de toute nature, cette augmentation de la prévalence de la myopie n'est bien sûr pas une bonne nouvelle en raison de la morbidité associée à cette amétropie. Si l'on poursuit les projections actuelles, 10 % de la population mondiale devrait souffrir de myopie forte dans quelques décennies. En sus du risque accru de complications oculaires et rétinienne, l'éventail des corrections

réfractives est plus restreint pour ce type d'amétropie.

La qualité optique délivrée par les corrections en Lasik pour la myopie forte a été améliorée avec les plateformes de femto-Lasik modernes, mais les patients dont la cornée n'est pas assez épaisse ou régulière doivent être récusés et orientés vers une chirurgie d'implantation dite phaque. Cette technique connaît un essor particulièrement important dans les pays asiatiques, grâce aux améliorations portées aux implants de dernière génération disponibles en version sphérique ou torique [2, 3] (ex : implant collamer ICL Visian, société Staar Chirurgical), dont les petites perforations centrales ou paracentrales rendent caduque la réalisation d'une iridotomie associée.

Nouveautés en lasers femtosecondes

Alors que le Lasik est une technique pouvant être considérée comme mature grâce aux nombreuses options de personnalisation et de sécurisation, la technique d'extraction lenticulaire assistée au laser femtoseconde (popularisée sous l'acronyme Smile) bénéficie depuis peu d'une série d'améliorations apportées par la seconde génération de lasers femtosecondes pour la chirurgie cornéenne. La société Zeiss, pionnière pour cette technique, a récemment mis sur le marché une nouvelle génération de laser femtoseconde (Visumax 800) muni d'une cadence de tir plus élevée pour raccourcir la durée des procédures de chirurgie réfractive cornéenne. Il permet également de compenser la cyclotorsion et de réaliser des centrages personnalisés.

Le modèle ATOS est le premier laser femtoseconde de la société Schwind : il permet de réaliser des volets de Lasik et de corriger la myopie grâce à la technique d'extraction lenticulaire (appelée "Smartsight" avec ce laser). Il dispose d'une interface courbe pour l'aplana-

tion, et de la reconnaissance irienne pour compenser la cyclotorsion et permettre le centrage personnalisé. L'énergie des spots est réduite et la fréquence de tir est élevée. Les lentilles ont une géométrie à bord fin et comportent une zone de transition périphérique.

Un troisième acteur en matière de réalisation de lasers femtosecondes pour la chirurgie oculaire (Ziemer) a également ajouté la possibilité d'une découpe avant l'extraction lenticulaire pour la correction de la myopie, désignée comme procédure "Clear" sur son modèle laser Z8. Elle permet aussi la correction de la cyclotorsion, le centrage personnalisé et le guidage OCT. Il est probable que ces améliorations technologiques profiteront à la qualité de l'exécution ainsi que la précision réfractive de la technique d'extraction lenticulaire démyopisante, pour élargir ses indications à la correction de l'hypermétropie, dont le Lasik demeure la technique référente.

Les résultats de l'insertion de lentilles allogéniques préalablement sculptés au laser excimer ont été récemment présentés et constituent une piste intéressante pour la correction des fortes hypermétropies [4]. Elle consiste à insérer sous un volet stromal un lentille de tissu cornéen issu d'un donneur, dont la forme a été sculptée par photoablation excimer pour induire l'augmentation de puissance cornéenne nécessaire à la correction de l'amétropie considérée. Les résultats sont encourageants et augurent de la possibilité d'étendre les indications de la chirurgie cornéenne aux fortes hypermétropies.

Monovision et multifocalité

L'éventail des techniques chirurgicales pour la correction de la presbytie est très large. La chirurgie peut être cornéenne et volontiers soustractive (Lasik, PKR), plus rarement additive : de nouvelles générations d'*inlays* et de lentilles allogéniques à insérer dans un tunnel

ou sous un volet stromal font l'objet d'études cliniques.

On oppose classiquement la monovision à la multifocalité, mais nous avons récemment montré que les techniques dites "multifocales" comportaient invariablement un certain degré de monovision [5] : la multifocalité cornéenne consiste à induire un profil localement responsable d'une myopisation pour une sous-zone optique centrale (œil non dominant) ou annulaire (œil dominant), la sous-zone complémentaire étant, grâce au gradient de courbure induit par le contrôle de l'asphéricité, ramenée à une réfraction proche de l'emmétropie. La réfraction oculaire étant sous la dépendance de la réfraction paraxiale, il est judicieux de ne pas induire de multifocalité avec myopisation centrale du côté de l'œil dominant, mais de réserver celle-ci pour l'œil non dominant. Cette stratégie est utilisée avec l'option READ du laser Wavelight EX500 pour la correction de la presbytie chez les emmétropes et hypermétropes (*fig. 1*).

En chirurgie du cristallin clair ou opacifié (cataracte), la distinction entre monovision et multifocalité est plus franche, car elle fait appel à des implants de cristallin artificiel de catégories distinctes, dont le nombre et la désignation sont toutefois en constante augmentation pour des raisons de différenciation à visée plus marketing que médicale. Les contours de la catégorie des implants dits "à profondeur de champ" (EDOF pour *Extended Depth of Focus*) sont particulièrement imprécis, ce qui entretient un débat de spécialistes auquel nous avons contribué en inventariant de manière aussi exhaustive que possible les modèles d'implants conçus pour réduire la dépendance aux verres correcteurs "à plus d'une distance" après chirurgie de la cataracte [6].

Ce devoir d'inventaire paraît d'autant plus nécessaire que les fabricants font preuve d'une grande créativité pour désigner les principes mis en jeu pour

L'Année ophtalmologique

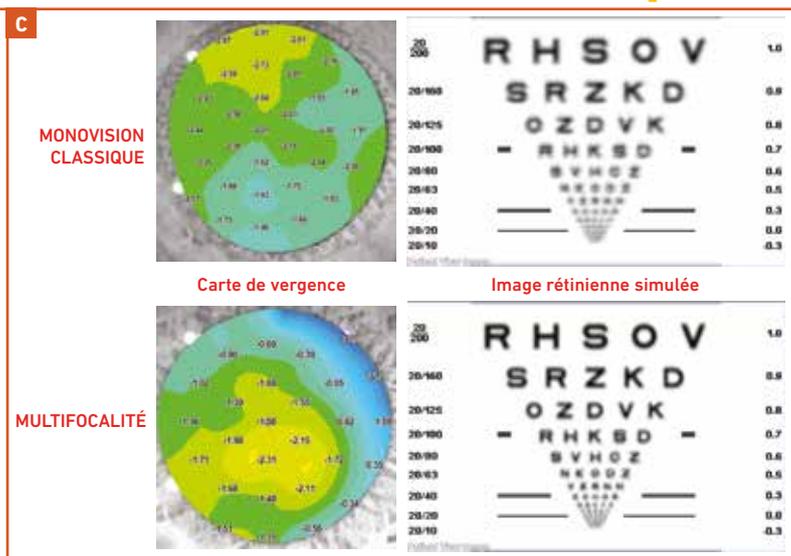
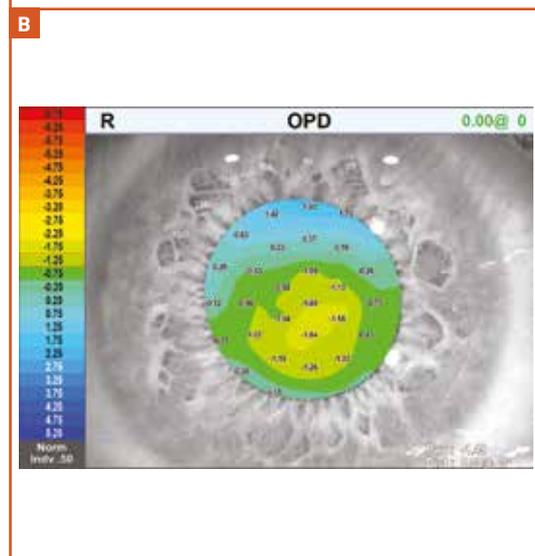
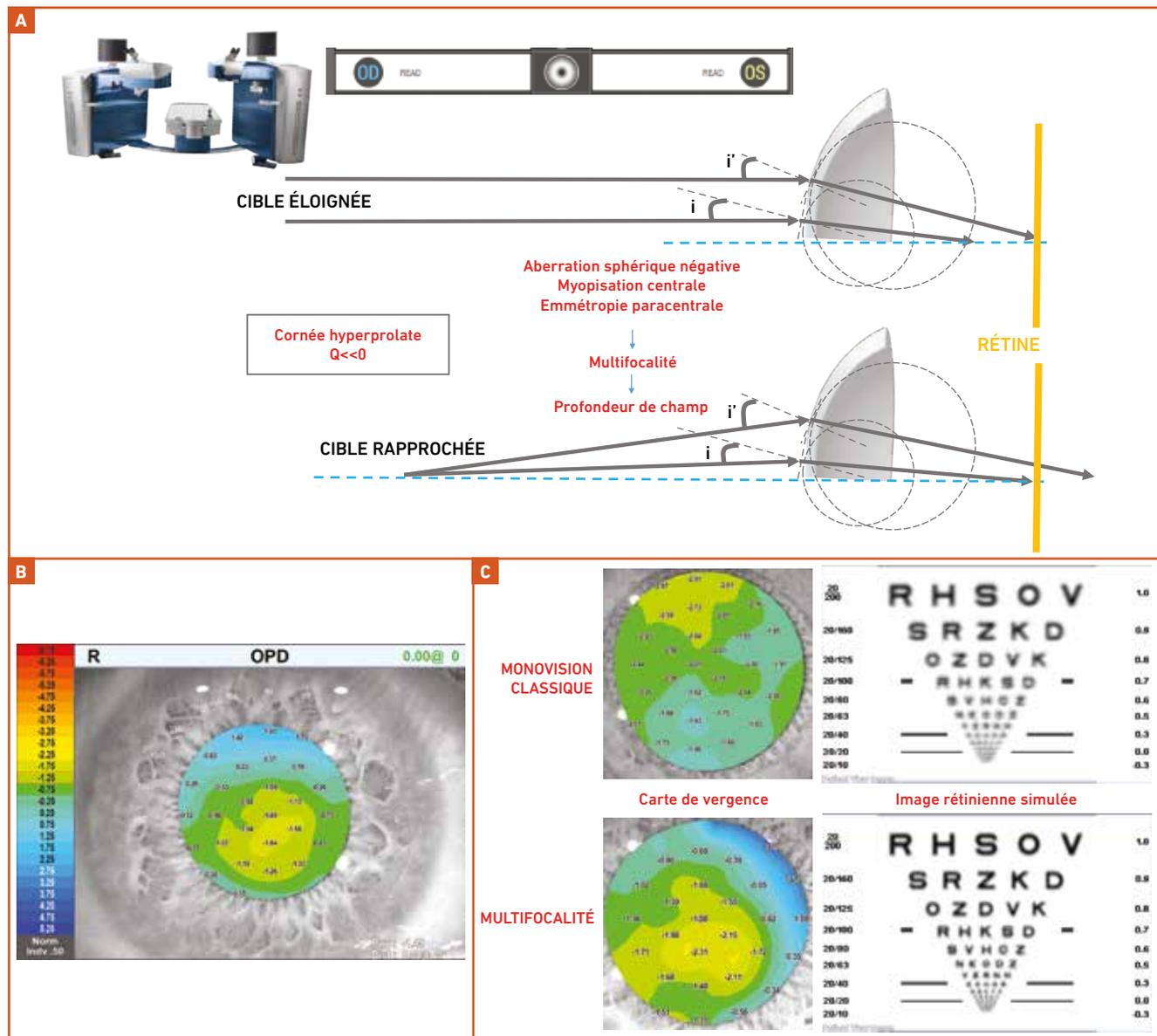


Fig. 1A : La multifocalité vise à induire une meilleure acuité visuelle de loin non corrigée que pour une monovision classique. Dans les deux cas, il est indispensable d'induire une réfraction myopique centrale. Lorsque la cornée induisant la myopisation centrale est fortement prolate (ex: $Q = -0,8$), l'aplatissement important en périphérie réduit suffisamment l'angle d'incidence des rayons périphériques pour inverser le signe physiologique de l'aberration sphérique (il devient négatif). Cela permet de conjuguer avec la rétine les rayons issus de sources éloignées qui traversent la périphérie de la cornée et les rayons provenant de sources proches qui traversent la région paraxiale centrale de la cornée. Pour que la multifocalité soit utile, la région paraxiale centrale doit donc induire une réfraction myopique pour induire une bonne acuité visuelle de près non corrigée. Or, cette région est celle qui détermine la valeur de la réfraction subjective pour les yeux humains. Pour cette raison, il est préférable d'utiliser cette approche pour l'œil non dominant. C'est un point commun avec la monovision classique. **B :** carte de vergence pupillaire légendée en dioptries. On note la myopisation de la région centronasale de la pupille de l'œil droit (non dominant), qui diminue progressivement vers la périphérie afin d'induire une moindre réduction de l'acuité visuelle non corrigée de loin (correction READ, Alcon Wavelight). **C :** la simulation de l'image rétinienne souligne de manière objective le gain apporté par la réduction progressive de la réfraction myopique vers les bords de la pupille (correction READ).

induire la réduction de la dépendance aux lunettes en postopératoire, en évitant certains termes comme “multifocalité” ou “diffraction”, connotés négativement car évocateur d'une possibilité de halos

et d'une réduction du contraste. Les lois physiques élémentaires sont plus pro-saïques et restreignent la conception des optiques non monofocales à l'induction d'un mécanisme réfractif, diffractif

(ou mixte) pour moduler le trajet d'un faisceau de lumière visible incidente de manière à induire l'augmentation de la profondeur de champ ou l'apparition de foyers supplémentaires.

Formules de calcul de la puissance de l'implant en chirurgie de la cataracte

Indépendamment du type d'implant choisi, la qualité du résultat d'une chirurgie de la cataracte dépend étroitement de l'obtention de la cible réfractive visée (l'emmétropie pour les implants multifocaux et à profondeur de champ). De nouvelles formules de calcul ont été récemment proposées, dont la plupart reposent sur des algorithmes d'intelligence artificielle pour la prédiction directe de la puissance de l'implant (formule Hill RBF) ou l'estimation préopératoire de la position effective de l'implant. Nous avons conçu une nouvelle formule de calcul de puissance d'implant fondée sur un module optique et la conjonction d'algorithmes d'intelligence artificielle pour accroître la pertinence de la prédiction de la position effective de l'implant, considéré comme une lentille épaisse (formule PEARL DGS, www.iolsolver.com) [7].

La prise en compte du design réfractif de l'optique monofocale (ou "porteuse" pour les implants diffractifs), que l'on peut appréhender comme le rapport de distribution de la puissance entre la face antérieure et la face postérieure de l'implant, est un prérequis pour

gagner en précision avec les formules de calcul modernes. Cela est particulièrement important pour les lentilles intraoculaires de fortes puissances (yeux courts) car, pour une même puissance globale, l'imprécision en matière de réfraction postopératoire liée aux variations de design optique des implants est cliniquement significative (de l'ordre de 2 D pour un implant de 30 D).

Malheureusement, rares sont les sociétés promptes à divulguer, pour chacune des puissances d'une même gamme d'implants, le rapport entre les courbures antérieure et postérieure, l'indice de réfraction et l'épaisseur centrale. La levée de ce secret devra être l'enjeu de discussions futures entre les chirurgiens experts et les laboratoires fabricant les lentilles intraoculaires, car la méconnaissance du design des implants demeure un obstacle concret pour accroître la précision des formules modernes de calcul biométrique.

BIBLIOGRAPHIE

1. WANG J, LI Y, MUSCH DC *et al.* Progression of myopia in school-aged children after COVID-19 home confinement. *JAMA Ophthalmol*, 2021;139:293-300.

2. TANERI S, DICK HB. Initial clinical outcomes of two different phakic posterior chamber IOLs for the correction of myopia and myopic astigmatism. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021 [online ahead of print].
3. MOSHIRFAR M, BUNDOGJI N, TUKAN AN *et al.* Toric implantable collamer lens for the treatment of myopic astigmatism. *Clin Ophthalmol*, 2021;15:2893-2906.
4. TANRIVERDI C, OZPINAR A, HACIAGAOGU S *et al.* Sterile excimer laser shaped allograft corneal inlay for hyperopia: one-year clinical results in 28 eyes. *Curr Eye Res*, 2021;46:630-637.
5. RAHMANIA N, SALAH I, RAMPAT R *et al.* Clinical effectiveness of laser-induced increased depth of field for the simultaneous correction of hyperopia and presbyopia. *J Refract Surg*, 2021;37:16-24.
6. RAMPAT R, GATINEL D. Multifocal and extended depth-of-focus intraocular lenses in 2020. *Ophthalmology*, 2021;128:e164-e185.
7. DEBELLEMANIÈRE G, DUBOIS M, GAUVIN M *et al.* The PEARL-DGS formula: the development of an open-source machine learning-based thick IOL calculation formula. *Am J Ophthalmol*, 2021;232:58-69.

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