

Implant FineVision Triumf® : présentation

Damien Gatinel

Chef de service, hôpital Fondation Rothschild, Paris, France.

C'est au cours du mois de mars 2010 que fut implantée la première lentille intra-oculaire multifocale diffractive conçue pour ajouter de la vision intermédiaire et de près à la vision de loin, et permettre ainsi à l'œil opéré de cataracte de bénéficier d'une totale indépendance à la correction en lunettes. Baptisée FineVision® et commercialisée par la société PhysiOL, sa conception fut initiée par le besoin exprimé par de nombreux patients de pouvoir lire confortablement sans lunettes des supports à affichage électronique de plus en plus répandus (le premier modèle de tablette iPad® fut commercialisé le même mois aux États-Unis) et situés au-delà de la plage de distance comprise entre 30 à 45 cm, généralement utilisée pour la lecture traditionnelle sur papier, et non pourvue par les implants bifocaux ⁽¹⁾.

En moins d'une décennie, la trifocalité est devenue le principe de référence pour la conception de lentilles intra-oculaires appartenant au segment dit « premium » sur les continents européen et asiatique, ainsi que nombre de pays de l'hémisphère sud. Selon les données d'une enquête conduite par la Société européenne de Cataracte et Chirurgie Réfractive (ESCRS), les implants trifocaux accaparaient 56 % des parts de marché de ce segment en 2018 ⁽²⁾, et supplantaient largement les implants bifocaux. Ce succès s'explique par l'induction d'une acuité visuelle non corrigée permettant de lire de près, sur écran (vision intermédiaire), et de loin, sans perception d'un flou sur cette plage de distance.

Le nouvel implant FineVision Triumf® (pour « Trifocal Uniformized Focus », référence Pod L GF, laboratoire PhysiOL) a été conçu pour élargir les indications de cette technologie trifocale diffractive et vise à accroître la qualité de vision des patients, en particulier pour la vision de loin et intermédiaire. Il est le premier et unique représentant d'une nouvelle

catégorie de lentille trifocale à profondeur de champ étendue (*Extended Depth of Focus* : EDOF). Cet article expose les principales caractéristiques de ce nouveau concept.

Caractéristiques globales

Le matériau constitutif de cet implant souple monobloc injectable est le polymère acrylique hydrophobe éprouvé pour la version hydrophobe de l'implant FineVision® original (FineVision HP®). Il a été spécialement conçu pour éviter toute vacuolisation progressive (phénomène dit de « glistening ») et filtrer les UV ainsi qu'une partie de la lumière bleue.

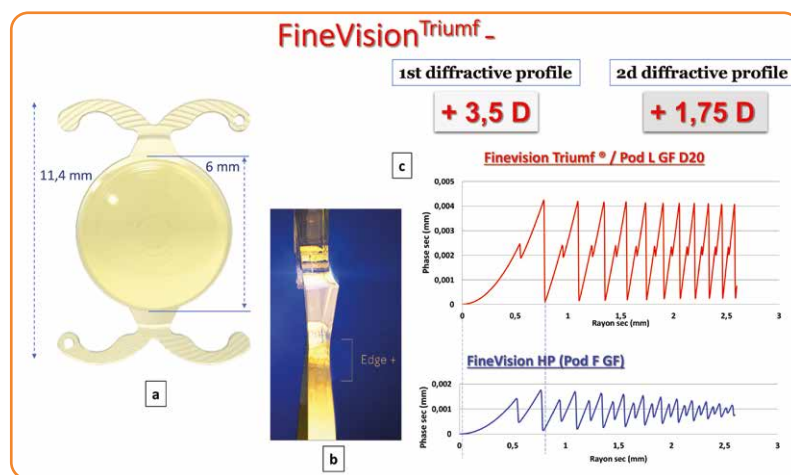


Figure 1 : a) Dimensions principales de l'implant FineVision Triumf. b) Géométrie concave de la jonction optique/haptique (technologie Edge+). c) Représentation schématisée du profil diffractif trifocal et EDOF de l'implant FineVision Triumf : il est conçu comme la combinaison de deux réseaux d'addition respectives +1,75 D et +3,50 D. Noter la hauteur globale ainsi que le rapport différent mais constant des marches (à titre de comparaison, le profil du FineVision trifocal original est représenté en bleu).

Les dimensions globales du FineVision Triumf® sont respectivement de 11,4 (diamètre total) et 6 mm (optique) (**Figure 1a**). La structure générale de l'optique est biconvexe symétrique. La face arrière de l'implant est asphérique afin de compenser une partie de l'aberration sphérique positive de la cornée. Les haptiques ont un dessin en « *double C-loop* », conçu pour assurer une bonne stabilité axiale et rotationnelle de la lentille dans le sac capsulaire.

La partie postérieure de la jonction optique/haptique de l'implant FineVision Triumf® a fait l'objet d'une attention particulière : elle adopte un profil concave vers l'arrière (**Figure 1c**) destiné à réduire le risque de dysphotopsie négative⁽³⁾ en dispersant de manière harmonieuse les faisceaux lumineux incidents périphériques.

Design optique

Certains éléments du design optique du FineVision Triumf® évoquent sa parenté avec l'implant FineVision® originel : sa structure diffractive brevetée est conçue comme la combinaison de deux réseaux bifocaux, l'un dédié à l'ajout d'un foyer de près, l'autre à celui d'un foyer intermédiaire⁽¹⁾. La largeur des marches est identique pour ces deux implants, et vise à diffracter une partie de la lumière incidente vers deux foyers additionnels principaux dont les puissances sont de 3,50 D (près) et 1,75 D (intermédiaire), et le rendement énergétique global optimisé vis-à-vis de celui de réseaux bifocaux considérés séparément.

Le FineVision Triumf® se démarque toutefois de son aîné en adoptant une hauteur globale des marches constante et plus élevée pour chacun des réseaux alternés, dont le rapport est également modifié (**Figure 1c**). Ce design optique particulier vise à induire deux effets distincts :

►►► Augmentation de la profondeur de foyer (EDOF)

L'écart relatif entre les hauteurs de marches respectives des réseaux combinés permet de contrôler la répartition énergétique entre les foyers. Alors que les marches du FineVision® original sont conçues pour induire une énergie lumineuse plus importante pour le foyer de près que le foyer intermédiaire, le FineVision Triumf® adopte une répartition inversée pour ces foyers, de manière à induire une variation monotonique de la répartition énergétique lumineuse du foyer de loin vers le foyer de près (**Figure 2**). Cette répartition répond, pour les foyers loin et intermédiaire, aux principes mis en jeu par les lentilles EDOF diffractives de première généra-

tion⁽⁴⁾, mais s'accompagne toutefois, grâce à la conception trifocale sous-jacente, d'un foyer supplémentaire pour la vision de près.

Le bénéfice escompté de cette extension de la profondeur de foyer de loin est une vision intermédiaire améliorée, avec réduction des phénomènes photiques, tout en permettant un certain degré utile de vision de près non corrigée, en particulier pour la lecture d'écrans numériques comme ceux des smartphones et tablettes dont l'émission lumineuse directe et le fort contraste numérique doivent permettre de pallier la réduction relative de l'intensité de ce foyer.

►►► Correction de l'aberration chromatique induite par l'implant

L'augmentation globale de la hauteur des marches du réseau a pour objectif de compenser l'aberration chromatique induite par la réfraction de la lumière polychromatique incidente. Sans entrer dans des détails trop complexes, il convient de rappeler que, tout comme la réfraction, la diffraction est un phénomène sensible à la longueur d'onde lumineuse. Pour un même angle d'incidence, un faisceau de lumière bleue est plus réfracté qu'un faisceau de lumière rouge par une lentille biconvexe. Cette dispersion chromatique, qui est liée au fait que la valeur de l'indice de réfraction d'un matériau varie inversement avec la longueur d'onde, correspond à de l'aberration chromatique longitudinale positive.

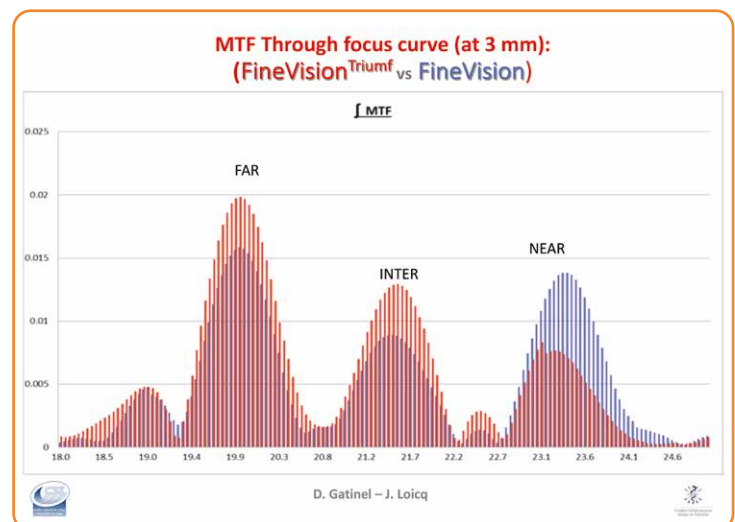


Figure 2 : Comparaison des courbes de MTF (Modulation Transfer Function) entre l'implant FineVision® classique (bleu) et FineVision Triumf® (rouge) pour un diamètre d'ouverture de 3 mm. Noter la décroissance monotonique de l'intensité des foyers distance (far), intermédiaire (inter) et près (near) pour l'implant FineVision Triumf®.

Relation between the **height** of the steps and the diffractive regime

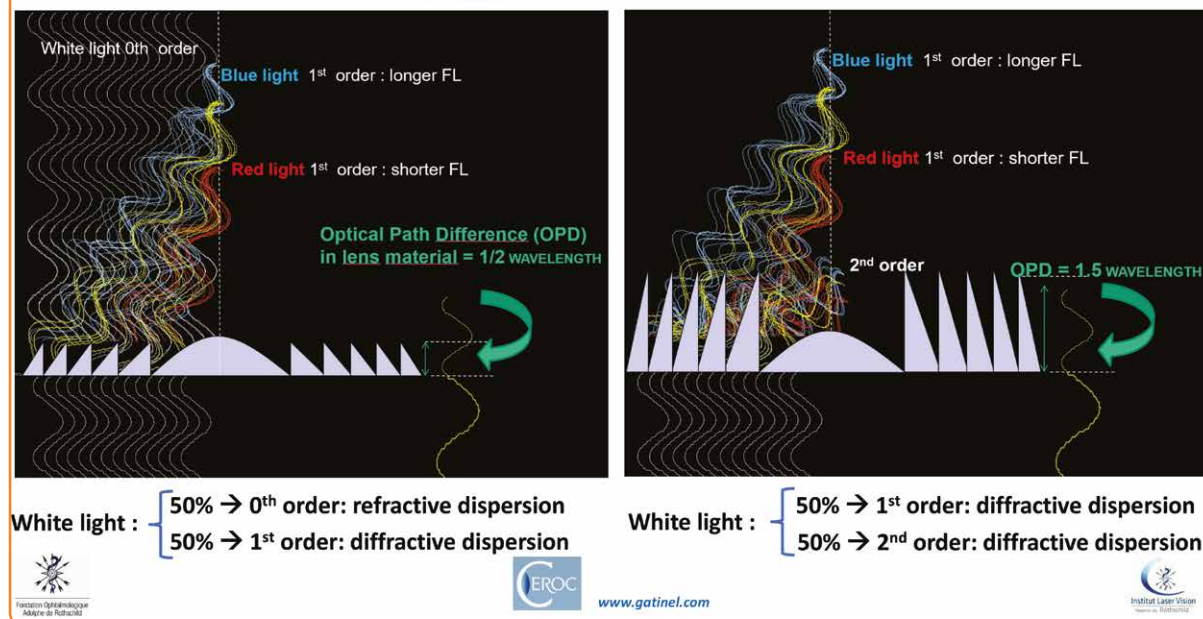


Figure 3 : représentation schématique de l'effet de la hauteur des marches d'un réseau diffractif bifocal sur la répartition de l'énergie lumineuse et l'aberration chromatique longitudinale entre les différents ordres de diffraction pour une lumière incidente polychromatique. (FL : focal length, longueur focale). Illustration : D. Gatinel

La cornée et le cristallin sont naturellement pourvoyeurs d'aberration chromatique positive, ce qui est d'ailleurs mis à profit pour la mesure de la réfraction subjective (test duochrome rouge-vert). Ainsi, la réfraction lumineuse par un implant monofocal induit de l'aberration chromatique positive, qui s'ajoute à celle générée par la cornée.

À l'inverse, les réseaux diffractifs sont pourvoyeurs d'aberration chromatique négative, ce qui se traduit par une vergence légèrement plus importante pour le rouge que pour le bleu au sein des foyers successifs induits par chacun des ordres de diffraction autre que l'ordre 0 (ordres 1, 2, etc.) (**Figure 3**). Plus l'ordre de diffraction est élevé, et plus l'aberration chromatique négative est prononcée au sein du foyer correspondant.

Ce comportement symétrique entre réfraction et diffraction suggère qu'il peut exister une compensation de l'aberration chromatique longitudinale au moins partielle pour les foyers d'addition du FineVision® grâce à une combinaison de lumière réfractée ET diffractée : c'est effectivement ce que l'on observe expérimentalement, notamment pour le foyer intermédiaire. Au sein du foyer de loin, qui reçoit une lumière non diffractée (ordre 0), on mesure cependant une aberration chromatique positive, comparable à celle d'une lentille monofocale ⁽⁵⁾.

La maîtrise de ces principes permet de concevoir une lentille dont l'aberration chromatique longitudinale du foyer de loin est annulée : cette condition requiert que ce foyer soit engendré par une combinaison d'une lumière réfractée ET diffractée (et non par l'ordre 0, qui correspond à de la lumière purement réfractée - nullement diffractée).

Un ajustement judicieux de la hauteur des marches permet de décaler la diffraction du spectre visible vers les ordres supérieurs, et d'éteindre le foyer d'ordre zéro (**Figure 3**) ⁽⁵⁾. L'intégralité des ondes lumineuses ayant traversé l'optique du FineVision Triumf® subit alors réfraction ET diffraction majoritairement vers l'ordre 1 et les ordres supérieurs. Le foyer de loin est ainsi créé par une lumière à la fois réfractée et diffractée (ordre 1), et les foyers intermédiaire (ordre 2) et de près (ordres 2 et 3). Bien entendu, ces astuces de design ne modifient en rien les procédures en vigueur pour le calcul biométrique de la puissance de l'implant.

L'aberration chromatique longitudinale négative générée par la diffraction compense l'aberration chromatique positive découlant de la réfraction par l'optique biconvexe asphérique au foyer de loin. L'implant FineVision Triumf® est ainsi auto-correcté pour l'aberration chromatique longitudinale en vision de loin et sur la plage correspondant à l'extension EDOF (vision intermédiaire) (**Figure 4**).

Trifocal vs EDOF LCA correcting vs Trifocal & EDOF & LCA free

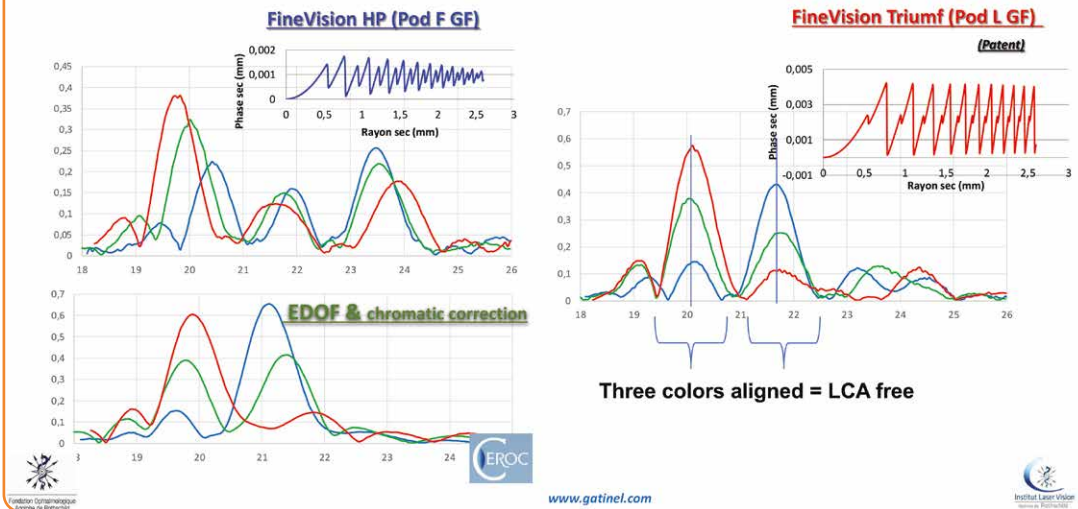


Figure 4 : Comparaison des courbes de MTF en lumière rouge, verte et bleue, d'un implant trifocal FineVision classique, d'un implant EDOF avec correction de l'aberration chromatique cornéenne (Implant Symphony®, Johnson & Johnson), et d'un implant FineVision Triumf avec autocorrection de l'aberration chromatique longitudinale. Les implants ont une puissance de 20 D pour le foyer de loin. Le décalage des pics en lumière rouge, verte ou bleue traduit la présence d'aberration chromatique longitudinale au sein du foyer considéré. Noter le décalage inversé pour le foyer de loin et le foyer intermédiaire entre les pics rouge, vert et bleu pour l'implant Trifocal (aberration chromatique longitudinale positive) et EDOF (aberration chromatique longitudinale négative). Ces pics sont centrés pour l'implant Trifocal & EDOF (absence d'induction d'aberration chromatique longitudinale au foyer de loin et au foyer intermédiaire).

Le bénéfice attendu de ce contrôle de l'aberration chromatique est celui d'une amélioration de la qualité visuelle et de la sensibilité aux contrastes en vision de loin.

Indications préférentielles

L'implant FineVision Triumf® est conçu pour combiner les avantages des technologies EDOF et trifocale dont l'efficacité a été largement démontrée en clinique au cours de la décennie écoulée. Il peut être particulièrement indiqué pour les patients qui favorisent l'indépendance à la correction en lunettes en vision de loin et intermédiaire, mais souhaitent également pouvoir bénéficier d'une certaine indépendance

à la correction optique en vision de près. Les puissances d'addition identiques à celle du FineVision® augurent de la possibilité d'une utilisation combinée de ces deux lentilles (*mix and match*), pour favoriser la vision de loin et intermédiaire sur l'œil dominant (FV Triumf®), et la vision de loin et la vision de près sur l'œil non dominant (FV « classique »).

L'implant FineVision Triumf® a été lancé lors de l'ESCRS 2019 et est disponible en France depuis janvier 2020. La collecte des résultats des première série clinique, malheureusement enrayée par le contexte sanitaire, devra confirmer l'intérêt de ces préconisations et la pertinence de ce concept novateur. ■

Liens d'intérêts : l'auteur est consultant pour la société PhysIOL

RÉFÉRENCES

1. Gatine D, Pagnolle C, Houbrechts Y, Gobin L. Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:2060-7.
2. Eurotimes: "ESCRS 2018 survey results": <https://www.eurotimes.org/escrs-2018-clinical-trends-survey-results/>
3. Holladay JT, Zhao H, Reisin CR. Negative dysphotopsia: the enigmatic penumbra. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:1251-65.
4. Gatine D, Loicq J. Clinically Relevant Optical Properties of Bifocal, Trifocal, and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *J Refract Surg* 2016;32:273-80.
5. Loicq J, Willet N, Gatine D. Topography and longitudinal chromatic aberration characterizations of refractive-diffractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:1650-9.