

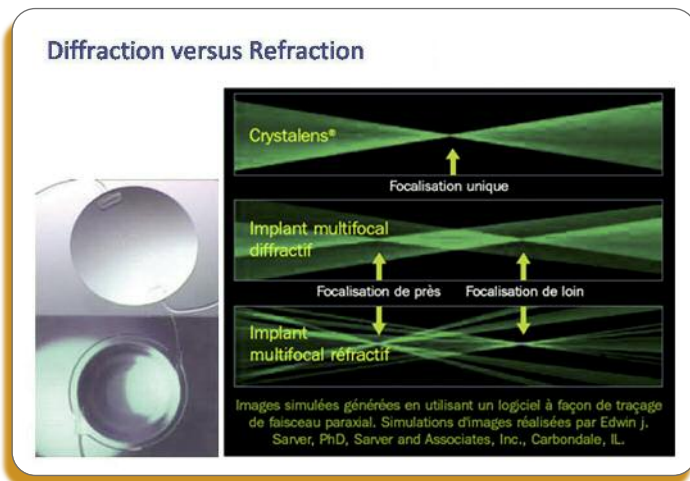
## Implant trifocal : une nouvelle approche pour la correction de la presbytie

Damien Gatinel,

Fondation Ophtalmologique A. De Rothschild, Paris

Actuellement on assiste à une augmentation progressive du taux d'implantation multifocale dans la chirurgie de la cataracte. Notre information au patient en préopératoire intègre donc de plus en plus des notions sur les qualités de vision de loin, de près et intermédiaire. Avec les implants diffractifs actuels la vision intermédiaire est un peu limitée. Le challenge qu'a voulu relever le laboratoire PhysiOL était donc d'augmenter les performances visuelles d'un implant diffractif en améliorant la vision intermédiaire sans toucher toutefois à la vision de loin ou de près.

L'analyse des trajets lumineux au travers d'une optique multifocale diffractive montre bien l'existence de 2 foyers et l'absence de foyer intermédiaire



Selon le mécanisme ondulatoire de propagation de la lumière, les ondes lumineuses diffractent dans toutes les directions dès lors qu'elles passent au travers d'un goulet d'étranglement. C'est ainsi que plusieurs foyers apparaissent.

Un foyer d'ordre 0, pour les rayons non déviés, à l'infini.

Un deuxième foyer dit d'ordre 1 représente la focalisation de près mais il existe aussi un troisième foyer dit d'ordre 2 de puissance double.

Associée à une optique réfractive par exemple de 22 D le foyer d'ordre 0 se projette sur la rétine et permet la vision de loin, le foyer d'ordre 1 permet la vision de près.

Une petite partie de la lumière converge vers le foyer d'ordre 2 mais n'est pas utilisable en l'état car de trop faible puissance.

Et c'est toujours le même problème de la vision diffractive. On ne peut placer 100% de l'énergie lumineuse sur tous les foyers. Il faut choisir la répartition de cette énergie entre les foyers de près et de loin.

La figure 8 représente un exemple de lentille diffractive avec une répartition égalitaire de l'énergie lumineuse sur les foyers loin et près mais 19% de l'énergie lumineuse est perdue car se projetant sur d'autres foyers non utilisables

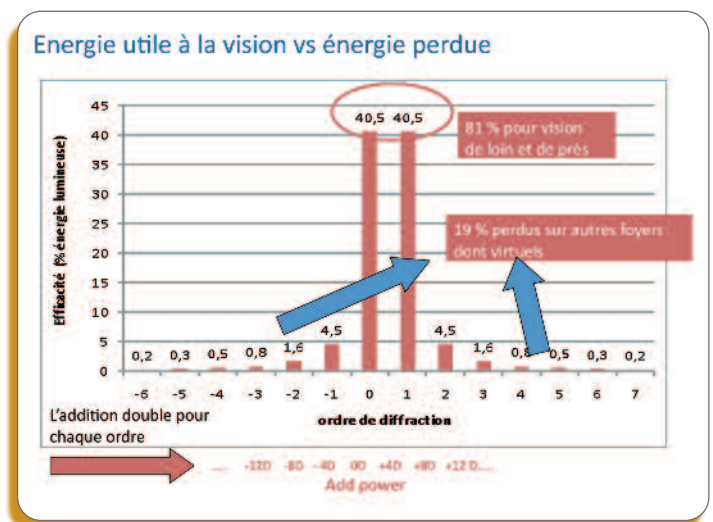
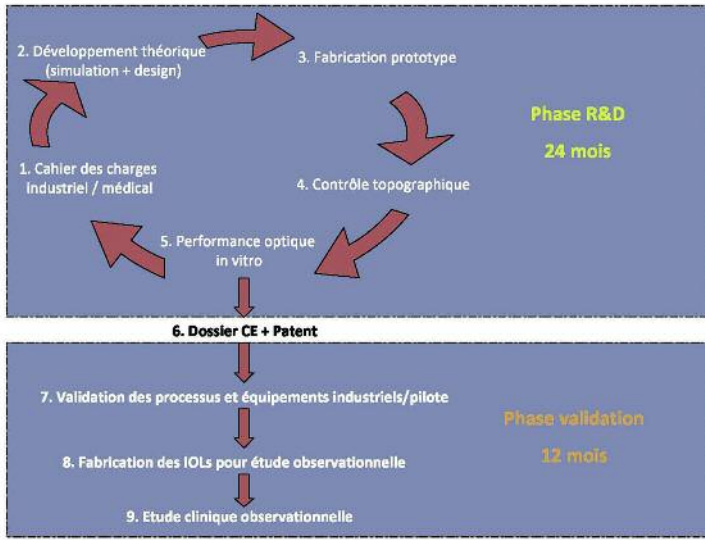


Figure 8 : Exemple d'énergie utile à la vision vs énergie perdue

Pour une lentille diffractive la hauteur des marches détermine la répartition de l'énergie lumineuse entre les foyers et la largeur des marches fixe la puissance d'addition: le nombre de marches augmente avec la puissance d'addition; la puissance de loin est fixée par la courbure de la lentille de base. En cas d'apodisation, on réduit la hauteur des marches du centre vers les bords de la lentille. Ainsi de plus en plus d'énergie est dirigée vers le foyer de loin (de moins en moins vers le foyer de près) au fur et à mesure que la pupille s'élargit.

Enfin la convolution est une façon réaliste d'étudier les propriétés d'une optique car elle permet de lisser les courbes en fonction des contraintes d'usinage et de biomatériau.

### Phases du projet



### Partenaires du projet

**Dr Damien Gatinel / CEROC** : validation et sélection des options technologiques en regard de l'optique médicale



**C.E.R.O.C**

**Centre Spatial de Liège (BE)**: simulation, design optique, mesures topographiques...



**CSL**

**AMOS (BE)**: fabrication des IOLs protos



**AMOS**  
ADVANCED MECHANICAL AND OPTICAL SYSTEMS

**Lambda-X**: mise au point de l'équipement de caractérisation optique



**lambda-x**

**Evamed**: pilotage de l'étude observationnelle



**evamed**  
Solutions d'évaluation médicale

L'optique FineVision® (pour Far Intermediate NEar Vision) est le nouveau concept d'optique multifocale des laboratoires PhysiOL.

L'optique FineVision® (pour Far Intermediate NEar Vision) est le nouveau concept d'optique multifocale des laboratoires PhysiOL.

#### Les caractéristiques de l'optique FineVision®

> Réseau de diffraction en face antérieure, convolué et asphérique avec une aberration sphérique négative de - 0.11 microns.

> Propriétés optiques :

- Trifocale: vision de loin (+ 0 D), vision intermédiaire (+ 1.75 D) et vision de près (+3.5 D).
- Répartition asymétrique de l'énergie lumineuse entre les 3 visions : Vision de loin > Vision proche > Vision intermédiaire.
- Energie lumineuse perdue de l'ordre de 14 % (18 % pour diffractifs standards).

• Convolution sur toute la surface : vision de loin dominante avec ouverture pupillaire notamment méso et scotopique. Pour comprendre les résultats optiques de cet implant il faut savoir qu'il s'agit d'un implant diffractif avec un ordre 0 au loin et un ordre 1 à +3,5 dioptries pour la vision de près avec un foyer intermédiaire de +1,75 dioptrie. Ceci est illustré sur la **figure 9**. Le **tableau 4** compare l'implant FineVision aux autres lentilles diffractives du marché.

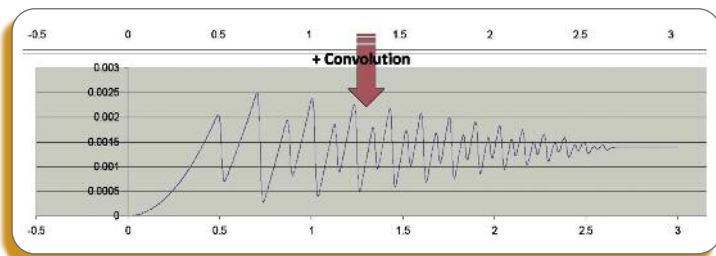


Figure 9 : Convolution et design de l'optique FineVision®

	Optique diffractive	Nombre de marches diffractives	Hauteur des marches diffractives
Tecnis (AMO) + 4.0D	Ø total	32	Constante
Acrilisa (Zeiss) + 3.75 D	Ø total	28	Constante
Restor (Alcon) +3.0 D	Ø 3,6 mm	9	Décroissante du centre jusqu'au Ø 3.6 mm
Restor (Alcon) +4.0 D	Ø 3,6 mm	12	Décroissante du centre jusqu'au Ø 3.6 mm
FineVision (Physiol) + 3.5 D/+1.75D	Ø total	26	Décroissante du centre jusqu'à la périphérie de l'optique

Tableau 4 : FineVision® vs autres LIO multifocales diffractives



Figure 10 : Photographie de l'optique FineVision®

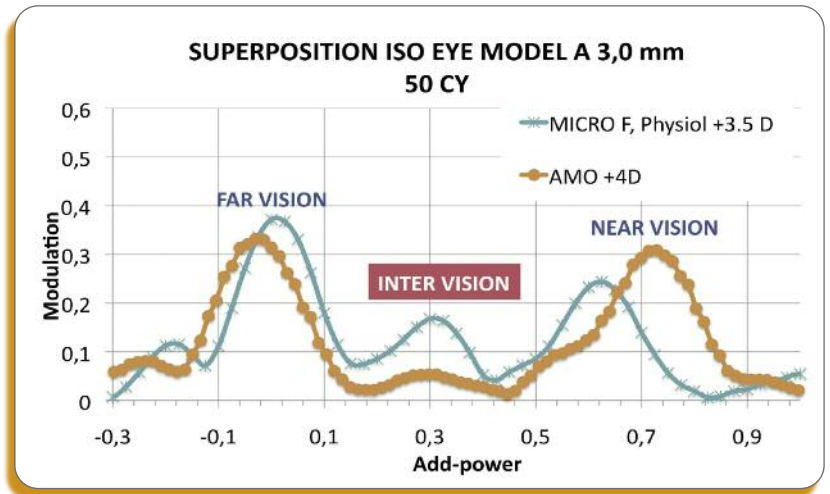


Figure 11 : Les 3 foyers de l'optique FineVision® (implant Micro F) en MTF

Il s'agit d'une lentille trifocale dont l'optique présente 26 marches diffractives réparties sur la totalité de sa surface (Figure 10).

**Les performances optiques in vitro**

Les bancs optiques actuels peuvent mesurer la qualité optique d'une mire vue à travers l'implant. Les courbes MTF (Figure 11) montrent pour la lentille FineVision® 3 pics comme attendu avec une prédominance vision de loin, un pic de près tout à fait important, à peine moins important qu'une lentille bifocale avec répartition égalitaire loin près, et un vrai pic en vision intermédiaire.

La comparaison de la répartition de l'énergie lumineuse entre ces lentilles multifocales (Figure 12) montre tout à fait les choix particuliers de la lentille trifocale avec 15 % d'énergie consacrée à la vision intermédiaire et moins de perte que dans les autres implants.

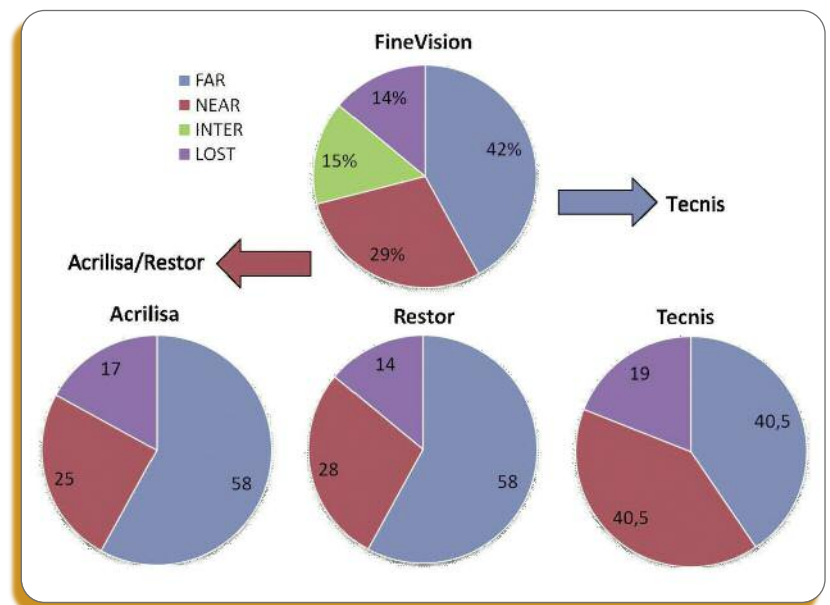


Figure 12 : Répartition de l'énergie lumineuse (%) à 3,0 mm

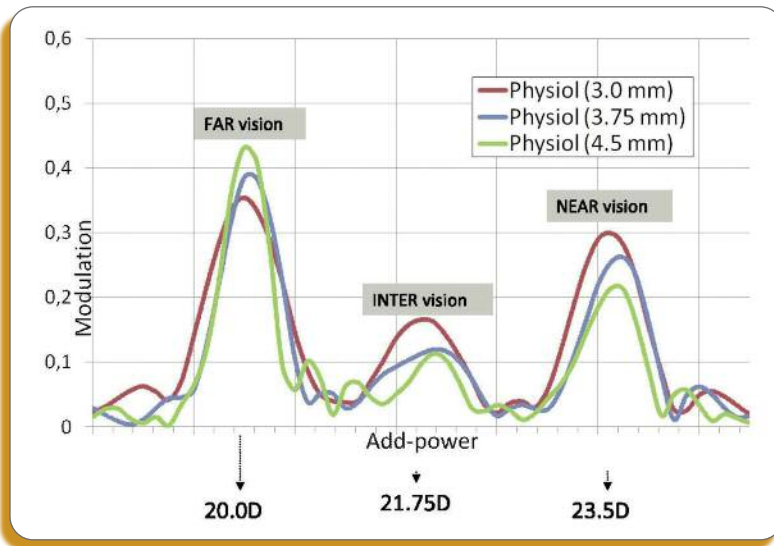


Figure 13 : Courbes de « Through Focus » de l'optique FineVision® à différentes ouvertures (50 cy/mm)

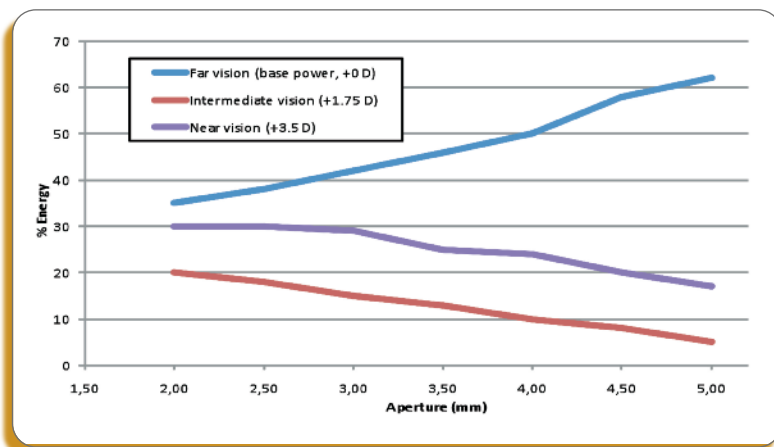


Figure 14 : FineVision® – Répartition de l'énergie lumineuse entre les trois foyers (%) vs diamètre de la pupille

Pupille étroite (lumière intense)	Répartition à peu près équivalente d'énergie lumineuse sur le point focal proche et éloigné, moins d'énergie sur l'intermédiaire.
Dilatation pupillaire jusqu'à 4,0mm	Accroissement de l'énergie lumineuse sur le point focal proche et éloigné, énergie constante sur l'intermédiaire.
Dilatation pupillaire >4,0mm (lumière faible)	Accroissement de l'énergie lumineuse sur le point focal éloigné, énergie constante sur le proche, et décroissement d'énergie sur l'intermédiaire (la vision n'est pas perturbée par la deuxième lumière défocalisée).
L'optique trifocale FineVision fonctionne de concert avec la pupille pour offrir une gamme de vision de qualité dans toutes les conditions lumineuses	

Tableau 5 : Optique FineVision® – Illumination de la rétine (Trolands) pour les trois visions en fonction du diamètre de la pupille

L'effet de la convolution est extrêmement efficace pour augmenter la luminosité du foyer de loin (avec un peu de perte sur les foyers de près et intermédiaires) au fur et à mesure que la pupille s'élargit (Figures 13 et 14).

Les performances d'illumination de la rétine en fonction du diamètre de la pupille sont résumées dans le tableau 5.

On peut donc en conclusion insister sur le fait que l'on a développé une véritable innovation et que l'on est loin de l'effet d'annonce ou d'un discours marketing.

L'optique trifocale diffractive FineVision® s'inscrit dans la lignée des implants multifocaux diffractifs performants comme ReSTOR® (Alcon), Acri.Lisa® (Zeiss) et TECNIS® (AMO) avec les caractéristiques suivantes :

- addition de +3.5 D pour la vision de près,
- addition de +1.75D pour la vision intermédiaire,
- optique asphérique,
- implant multifocal à vision de loin dominante,
- modification modérée de la distribution d'énergie lumineuse entre les différents foyers en fonction du diamètre pupillaire afin d'augmenter la dominance de la vision de loin avec l'ouverture pupillaire.

Par comparaison avec les implants bifocaux standards, l'addition supplémentaire de +1,75D devrait améliorer la vision intermédiaire tout en préservant –ad minima– les performances visuelles de près et de loin.

Les tests au banc optique comparant l'optique FineVision® à d'autres implants diffractifs ont prouvé de façon théorique et expérimentale que les performances de l'optique FineVision® étaient proches de celles d'Acri.Lisa® (Zeiss) mais avec un foyer intermédiaire supplémentaire.

En comparaison des avantages offerts, le risque du foyer intermédiaire pour les patients est très limité en raison du niveau modéré d'énergie lumineuse attribuée à la vision intermédiaire et de sa réduction pour les pupilles larges (9% pour un diamètre pupillaire de 4,5mm), ce qui diminue fortement la possibilité d'images fantômes ou de halos. ■