



D. GATINEL  
Fondation Ophthalmologique A. de Rothschild, CEROC, PARIS.  
gatinel@aol.com

## Place actuelle des traitements aberrométriques dans les photoablations cornéennes réfractives au laser Excimer

Le monde de la chirurgie réfractive est largement dominé en nombre par les techniques photoablatives cornéennes. Cette suprématie repose sur plusieurs facteurs, au sein desquels domine la précision des corrections délivrées par le laser Excimer sur le stroma cornéen.

En pratique clinique courante, la mesure de l'acuité visuelle représente pour l'ophtalmologiste un élément aisément quantifiable pour apprécier la performance visuelle de l'œil opéré. L'acuité visuelle non corrigée ne représente pourtant qu'un des paramètres permettant l'évaluation de la fonction visuelle postopératoire. Après chirurgie réfractive réalisée sans incidents, il n'est pas rare de recueillir certaines plaintes fonctionnelles visuelles de patients chez qui une acuité visuelle non corrigée égale à 10/10 ou supérieure a été restaurée : halos, impression de voile ou de perte de contraste en ambiance mésopique. En l'absence de trouble des milieux (haze, microplis de volet stromal, etc.), ces symptômes traduisent généralement la présence d'un taux accru d'aberrations optiques de haut degré. Ils sont plus fréquents chez les patients ayant bénéficié d'une correction de magnitude importante qui induit en effet plus d'aberrations optiques de haut degré.

Les traitements personnalisés visent à optimiser le résultat fonctionnel par l'ajout d'une dimension qualitative à l'objectif purement quantitatif que représente la restauration d'une acuité visuelle non corrigée de 10/10. Pour atteindre cet objectif, les stratégies utilisées visent à corriger les aberrations de haut degré préexistantes et à réduire le taux d'aberrations induites.

### QUALITE DU TRAITEMENT REFRACTIF ET ABERRATIONS OPTIQUES DE HAUT DEGRE

Les aberrations optiques de haut degré dont le taux augmente de manière significative après chirurgie réfractive conven-

tionnelle sont essentiellement les aberrations de type coma et sphérique.

Sous le terme de coma sont regroupées certaines aberrations qui traduisent l'absence d'alignement des différentes surfaces réfractives oculaires et dont le taux postopératoire semble principalement lié à la qualité du centrage de la zone optique [1, 2]. Elles sont caractérisées par un déphasage asymétrique du front d'onde par rapport au centre de la pupille. On conçoit ainsi qu'un décentrement du traitement par rapport au centre de la pupille d'entrée se traduise par l'induction de cette aberration. Rappelons qu'un décentrement important est également source d'astigmatisme régulier, dont l'axe est généralement aligné avec celui du coma, et qu'il faut éliminer la possibilité d'un début d'ectasie devant toute image topographique de décentrement (en particulier supérieur) après Lasik.

Les aberrations de sphéricité sont la résultante d'une variation inadaptée de la puissance cornéenne à mesure que l'on s'éloigne de l'apex de celle-ci. L'asphéricité cornéenne traduit justement la variation de la courbure et donc de puissance cornéenne du centre vers la périphérie. En préopératoire, le taux d'aberration sphérique positive est faible, essentiellement pour deux raisons : l'asphéricité cornéenne physiologique de type prolata (réduisant le taux d'aberration sphérique positive d'origine cornéenne) et le rôle compensateur du cristallin, dont la courbure et la variation d'indice de réfraction permettent de réduire encore l'aberration sphérique résiduelle après traversée du dioptré cornéen.

La cornée est oblate après chirurgie réfractive démyopisante conventionnelle : il existe une cambrure relative (augmentation du pouvoir optique) de la périphérie de la zone optique à mesure que l'on s'éloigne du centre de celle-ci. Cette cambrure est responsable d'une réfringence accrue des rayons issus de la périphérie de la pupille d'entrée (région de la cor-

née traversée par les rayons non stoppés par l'iris). Plus le diamètre pupillaire est grand, plus la pupille d'entrée est grande et plus la réfringence est élevée aux bords de celle-ci ; le taux d'aberrations sphériques positives induites est donc fortement corrélé au diamètre pupillaire.

## ▣▣ LES TRAITEMENTS ABERROMETRIQUES

Ils visent à induire une amélioration de la qualité visuelle grâce à deux principes : réduction des aberrations optiques pré-existantes, et prévention de l'induction d'aberrations optiques de haut degré supplémentaires [2].

### 1. – Réduction des aberrations pré-existantes

L'obtention de profils personnalisés, en particulier guidés par le recueil du front d'ondes (aberrométrie), repose sur l'acquisition de données aberrométriques. La mise au point d'analyseurs de front d'ondes permet de dresser une carte relativement exhaustive des aberrations optiques instantanées de l'œil pour une longueur d'onde donnée. Couplés à ces instruments, les lasers à balayage par spots permettent la délivrance d'un profil d'ablation destiné à annuler ces aberrations en soustrayant à la cornée en regard de la pupille d'entrée (dont le diamètre découle des dimensions de la pupille et dicte la taille de la zone optique) la quantité de tissu stromal requise.

La cornée est un tissu vivant et l'œil humain ne saurait être réduit à un système optique statique. La qualité des résultats obtenus dépend de la qualité du centrage du traitement et de la maîtrise des effets non prédits par les modèles de profils d'ablation purement soustractifs.

### 2. – Prévention des aberrations induites

La qualité d'un traitement photoablatif dépend tout autant de ses caractéristiques statiques que de celles de sa délivrance, en particulier du centrage, de la concordance d'axe (absence de rotation) et des dimensions de celle-ci.

La délivrance du traitement personnalisé doit être parfaitement centrée et alignée sur la pupille d'entrée afin d'assurer la concordance en chaque point analysé du nombre adéquat de microns photoablatés. Le calcul théorique montre qu'un décentrement modéré reste compatible avec l'obtention d'un bénéfice visuel significatif en cas de photoablation personnalisée. Toutefois, plus le degré de l'aberration est élevé, moindre est la tolérance au décentrement.

Même en l'absence de décentrement, une sous-corrrection de la composante cylindrique régulière (astigmatisme régulier) et des aberrations de haut degré est à craindre en cas de cyclorotation, qui se produit parfois quand le patient passe de la position assise (acquisition du front d'onde) à allongée (sous le laser Excimer).

L'enregistrement des données du front d'onde vis-à-vis de la cartographie irienne permet de contrer à la fois les risques de décentrement et de cyclorotation, car le traitement est alors délivré vis-à-vis d'un repère anatomique constant si l'on active le mode de reconnaissance irienne à la phase du traitement [3]. Ce type de traitement est disponible sur la plupart des plateformes laser (Bausch & Lomb, Nidek, VISX, etc.), et existe en version passive (correction de la cyclotorsion avant traitement) ou active (correction des mouvements de cyclotorsion durant la photoablation). Un avantage supplémentaire est que dans ce type de stratégie, le diamètre de la pupille du patient considéré en conditions mésopiques est implicitement pris en compte, et la réalisation d'une zone optique de taille adaptée permet alors de réduire le risque de survenue de halos lumineux (diminution de l'aberration sphérique positive).

En pratique, nous préconisons particulièrement ce type de traitement chez les patients qui présentent un astigmatisme important (*fig. 1A et B*).

### 3. – Limites des traitements personnalisés guidés par le front d'onde

La magnitude des aberrations optiques de haut degré dans la population générale est habituellement faible, et leur effet est du même ordre que celle d'un astigmatisme de magnitude égale à un quart de dioptrie. La variabilité temporelle et le faible taux de ces aberrations font de leur réduction un objectif difficile et peut-être vain pour la plupart des patients candidats à une chirurgie réfractive [4].

En revanche, leur prise en compte dans certains cas particuliers (taux initial élevé d'aberrations optiques : reprise chirurgicale, décentremments...) pourra certainement représenter une amélioration substantielle et l'obtention de résultats optiques plus satisfaisants. Une étude récente souligne que les patients traités par ablation customisée et pour qui le taux initial d'aberrations de haut degré était supérieur à 0,3 micron avaient un taux plus faible d'aberrations induites que ceux chez qui le taux initial était plus faible [5]. Rappelons toutefois qu'un taux élevé d'aberrations optiques de haut degré

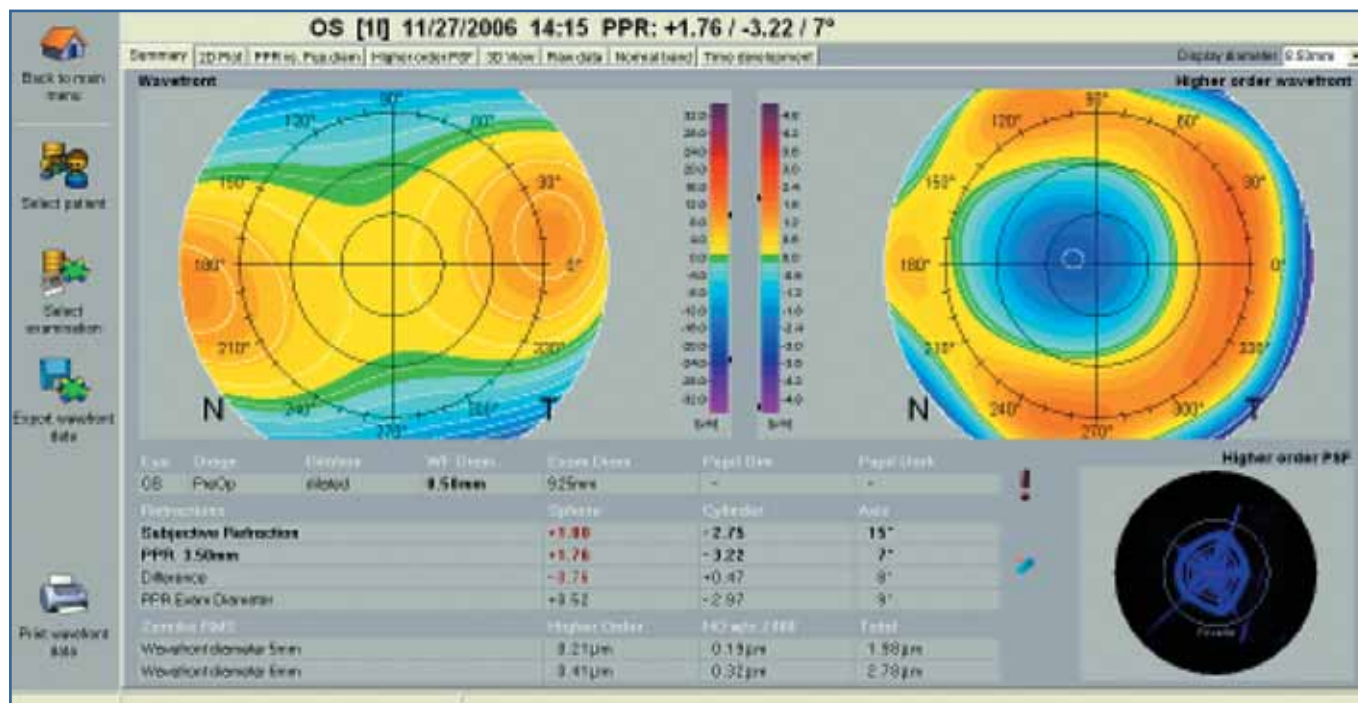


Fig. 1A : Relevé aberrométrique avant chirurgie réfractive : réfraction objective : + 1.5 (-3 x 0°) (meilleure acuité visuelle : 7/10) Le traitement est calculé à partir du front d'onde et délivré en utilisant la reconnaissance irienne.

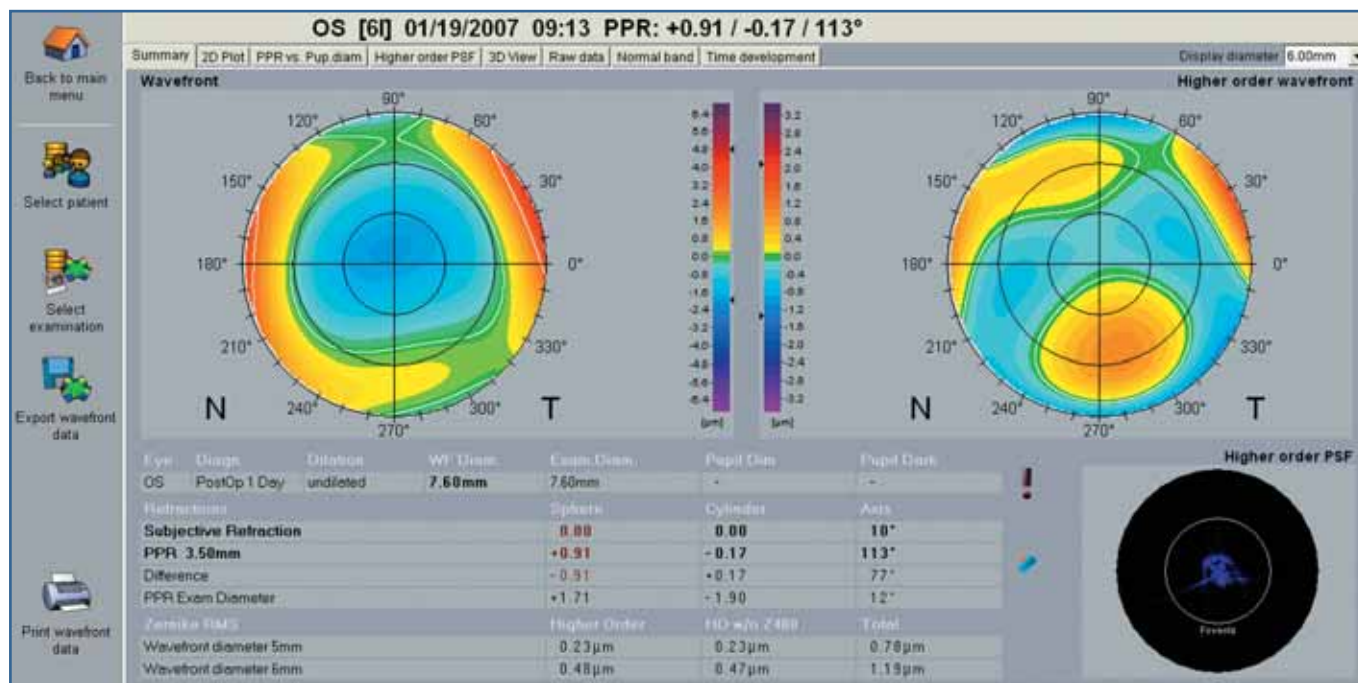


Fig. 1B : En postopératoire, la réfraction subjective est plane (acuité visuelle : 8/10). Le gain d'une ligne d'acuité visuelle s'explique probablement par l'amélioration de l'aspect de la "point spread function".

(plus de 0.5 micron pour une pupille de 6 mm) chez un patient indemne de tout passé chirurgical doit faire éliminer la présence d'une affection cornéenne (kératocône fruste, dégéné-

rescence pellucide marginale débutante) ou cristallinienne (cataracte débutante), sous peine de reconsidérer l'indication chirurgicale.

En Lasik, les éventuelles aberrations optiques induites par la découpe d'un volet stromal peuvent perturber les résultats des traitements personnalisés. La prise en compte d'aberrations optiques supplémentaires et d'une zone optique de plus large diamètre peut aboutir à une augmentation du volume tissulaire photoablaté, et il faut s'assurer du maintien d'un mur résiduel postérieur d'épaisseur suffisante. La réalisation d'un capot très fin (technologie femtoseconde) peut permettre une moindre agression biomécanique sur une cornée initialement fine, mais accroît le risque de micro-plis et de haze au niveau de l'interface.

En cas de fort astigmatisme régulier, on retrouve souvent une légère différence de magnitude et d'axe entre le cylindre réfractif subjectif et aberrométrique. Dans notre expérience, il est préférable de ne pas modifier l'axe et la magnitude du cylindre mesuré par l'aberromètre et utilisé pour le traitement photoablatif personnalisé. Un ajustement de la puissance de la sphère est possible, en fonction du nomogramme établi par le chirurgien avec son laser Excimer (anticipation d'un effet de "coupling" par exemple).

La présence à des taux physiologiques de certaines aberrations optiques comme l'aberration sphérique pourrait avoir un intérêt en augmentant la profondeur de champ, au prix d'une réduction modérée de la perception des contrastes. Faut-il viser leur correction totale ? En pratique, ce but est rarement atteint, et le taux d'aberration sphérique augmente (classiquement positif après chirurgie de la myopie, négatif après chirurgie de l'hypermétropie).

L'analyse du front d'ondes permet d'estimer la qualité optique d'un œil donné pour la restitution d'un signal monochromatique alors que l'environnement naturel est polychromatique. L'étude des aberrations optiques en lumière monochromatique n'est pas forcément un fidèle indicateur de la qualité de l'image rétinienne polychromatique [6].

Ces limites ne remettent pas en cause l'intérêt de ces traitements personnalisés, mais expliquent certainement la variabilité des résultats publiés concernant leur évaluation, dont les critères varient selon les publications, ce qui ne facilite pas leur comparaison [7].

## INDICATIONS DE CHOIX DES TRAITEMENTS PERSONNALISÉS

Ne serait-ce que parce qu'ils sont conçus pour réduire les aberrations optiques induites, les traitements personnalisés devraient

occuper une place de choix dans les situations où il existe un risque particulièrement élevé de voir ces aberrations augmenter de manière visuellement significative (fortes amétropies sphéro-cylindriques, larges pupilles, etc.). La correction d'un astigmatisme régulier prononcé (supérieur à 2 D) incite à réaliser une photoablation personnalisée avec reconnaissance irienne, afin de garantir une parfaite concordance d'axe.

En fait, il est légitime de postuler que quel que soit le type de correction visé (conventionnel : bas degré seul ou personnalisé), tous les traitements gagnent à être mieux centrés et alignés sur une zone optique adaptée aux dimensions de la pupille du patient. Les techniques de reconnaissance irienne pourraient être généralisées aux traitements conventionnels. Cela permettrait d'étudier spécifiquement l'efficacité et l'effet de la correction des aberrations de haut degré [8].

Les photoablations personnalisées sont incontournables pour les traitements de reprise, en particulier pour décentrement. Dans ce cas, la réalisation d'un traitement guidé par la topographie cornéenne (correction du front d'onde cornéen) pourra être préféré si la reconstitution du front d'onde apparaît peu fiable (cela peut s'observer en cas de décentrement majeur). Au passage, rappelons que les traitements personnalisés guidés par la reconnaissance irienne sont un moyen efficace pour prévenir le décentrement.

Gageons enfin que la prise en compte de paramètres comme la dynamique pupillaire et le contrôle des aberrations optiques induites sera une étape incontournable pour améliorer la reproductibilité et les résultats des techniques d'induction de multifocalité pour la correction de la presbytie. ■

## Bibliographie

- GATINEL D. Corneal Topography and Wavefront analysis. In : Principles and Practice of Ophthalmology, 4rd Edition. Daniel M. Albert and Frederick A. Jakobiec, Saunders, Elsevier, USA, 2007.
- GATINEL D, DELAIR E, ABI-FARAH H, HOANG-XUAN T. Distribution and enantiomorphism of higher-order ocular optical aberrations. *J Fr Ophthalmol*, 2005 ; 28 : 1 041-50.
- KHALIFA M, EL-KATEB M, SHAHEEN MS. Iris registration in wavefront-guided LASIK to correct mixed astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2009 ; 35 : 433-7.
- THIBOS LN. Are higher order wavefront aberrations a moving target unworthy of clinical treatment ? *J Refract Surg*, 2002 ; 18 : 744-5.
- VENTER J. Wavefront-guided custom ablation for myopia using the Nidek Navex laser system. *J Refract Surg*, 2008 ; 24 : 487-93.
- MCLELLAN JS, MARCOS S, PRIETO PM, BURNS SA. Imperfect optics may be the eye's defence against chromatic blur. *Nature*, 2002 ; 417 : 174-6.
- ALIO JL, PINERO D, MUFTUOGLU O. Corneal wavefront-guided retreatments for significant night vision symptoms after myopic laser refractive surgery. *Am J Ophthalmol*, 2008 ; 145 : 65-74.
- BUHREN J, KOHNEN T. Factors affecting the change in lower-order and higher-order aberrations after wavefront-guided laser in situ keratomileusis for myopia with the Zyoptix 3.1 system. *J Cataract Refract Surg*, 2006 ; 32 : 1 166-74.