



M. ASSOULINE  
Clinique de la Vision, PARIS.  
ma@inco.com

## Systeme Advanced Control Eyetracking (ACE B & L): une meilleure précision de la correction de l'astigmatisme par photoablation

La correction de l'astigmatisme par le Lasik ou les photoablations de surface (PKR, EpiLasik, Lasek) implique une ablation en cylindre négatif (ellipse centrale) ou en cylindre positif (forme inverse du cylindre négatif). Ces deux profils peuvent être éventuellement utilisés de façon séquentielle ou combinée (ablation bitorique) pour les astigmatismes mixtes, afin de réduire le coût tissulaire de la correction. Le grand axe de l'ellipse doit être aligné sur le méridien nécessitant la correction la plus faible, car l'effet réfractif de l'ablation, inversement proportionnel à son diamètre, est maximum sur le petit axe. La correction de l'astigmatisme par photoablation nécessite donc un alignement parfait sur l'axe du cylindre réfractif. Ces traitements sont basés sur la réfraction subjective ou objective, sur la topographie cornéenne ou, de plus en plus, sur l'aberrométrie du front d'onde (traitement guidé par l'aberrométrie ou WFG "wave front guided").

La correction de l'astigmatisme par le Lasik a longtemps été moins précise que celle de la sphère, en raison des problèmes d'alignement et de centrage en début d'intervention et pendant la photoablation [1-3]. Pour corriger ce problème, les systèmes de délivrance des lasers Excimer comportent des dispositifs de poursuite (*eyetracker*) qui permettent de corriger le centrage de l'ablation (x, y) afin de contrôler le centrage, la focalisation (z), l'efficacité ablatrice et, depuis quelques années, la cyclotorsion (t) pour optimiser l'alignement du profil ablatif, notamment en cas de correction cylindrique ou guidée par l'aberrométrie.

### ■ CYCLOTORSION DE L'ŒIL

La cyclotorsion de l'œil est un facteur important de défaut d'alignement de l'ablation et de correction de l'astigmatisme.

Les facteurs responsables sont :

- la rotation de la tête et du corps sous le laser,
- la cyclotorsion de l'œil d'origine vestibulaire,
- la fixation monoculaire,
- le démasquage d'une cyclophorie latente par le masquage de l'œil adelphe ou la neutralisation peropératoire de l'œil opéré.

Une cyclotorsion de plus de 5° est observée de façon statique (passage assis à couché) dans 38 % des cas. En moyenne, cette cyclotorsion statique est de 2 à 5°, avec un maximum de l'ordre de 15° [3-5].

Une cyclotorsion de plus de 2°, capable d'affecter la correction d'un cylindre de haut degré ou d'induire des aberrations optiques d'ordre supérieur [1, 6-8], est observée de façon dynamique (pendant la photoablation) dans 68 % des cas [2, 9].

Dans le cas d'une ablation guidée par l'aberrométrie, le positionnement exact de l'ablation (centrage et alignement) est encore plus important que pour un profil ablatif standard et le bénéfice d'un alignement actif statique basé sur la reconnaissance de l'iris a été confirmé par plusieurs études [10 et 11].

### ■ EYETRACKER DYNAMIQUE ROTATIONNEL

La compensation de la cyclotorsion peut se faire :

- de façon statique, en début de procédure (notamment pour compenser la variation d'axe de l'œil par la cyclotorsion lors du passage de la position assise d'examen à la position couchée de l'intervention) et à chaque interruption/réalignement,
- de façon dynamique, pendant la photoablation.

Pour cela, l'*eyetracker* peut fonctionner :

- de façon passive (enregistrement de la position de l'œil par

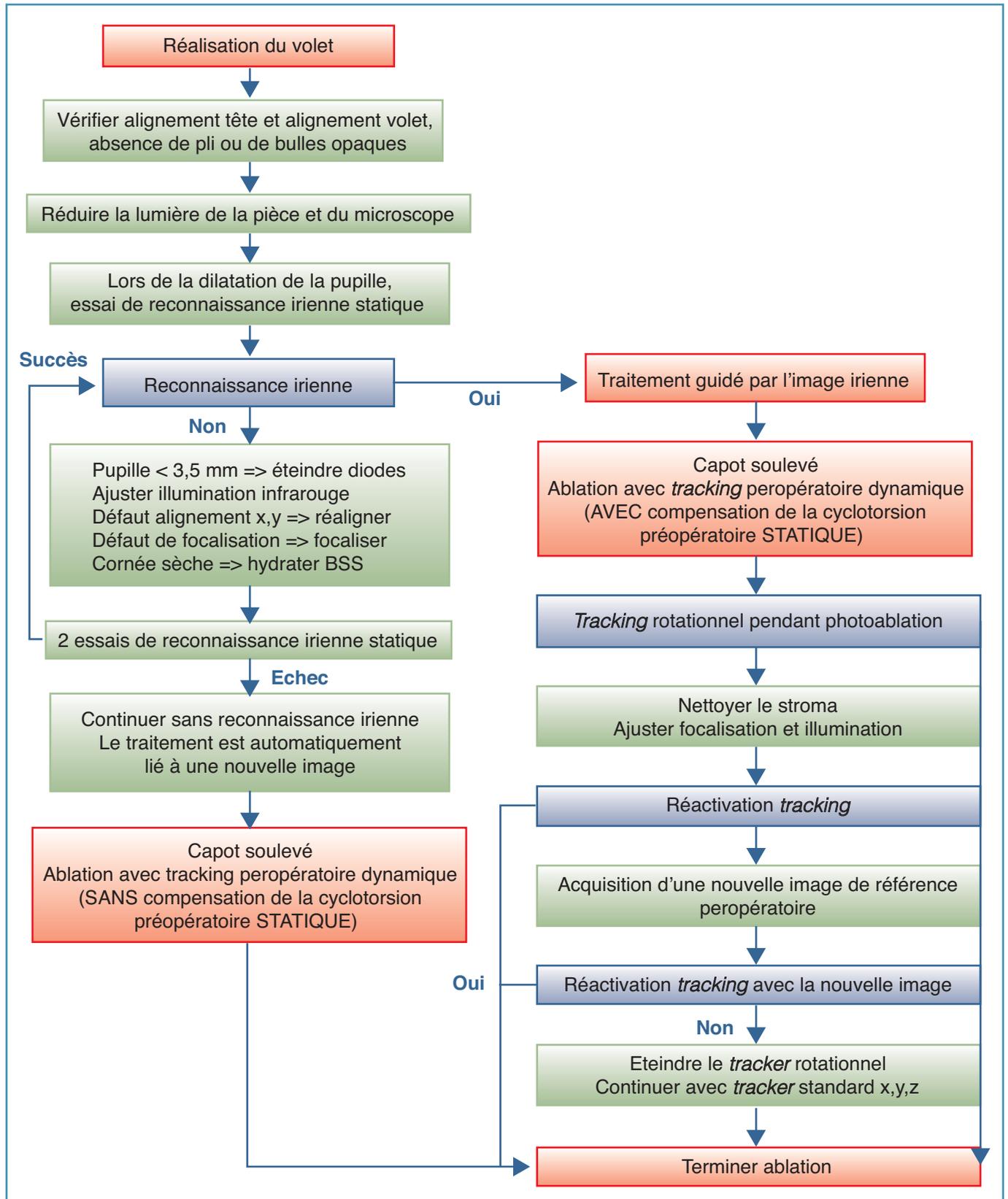


Fig. 1 : Utilisation du tracker rotationnel ACE B & L TechnoVision.

le *tracker* et ajustement de la position de l'œil par le chirurgien ou par le patient),  
 – de façon active (le *tracker* pilote le système de délivrance du faisceau laser pour modifier sa direction et ses coordonnées d'impact en fonction des coordonnées de la position de l'œil).

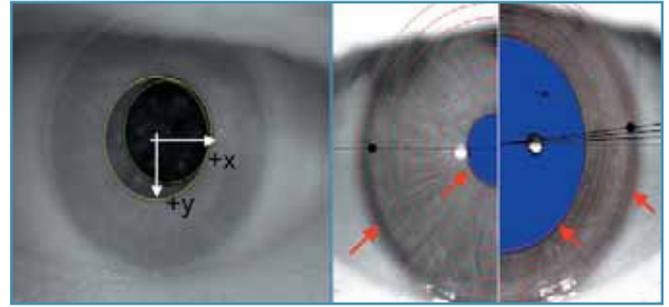
L'idéal est de pouvoir disposer d'un *eyetracker* dynamique rotationnel actif, capable de compenser avec précision la cyclotorsion de l'œil en temps réel du début à la fin de la procédure, par rapport à l'axe mesuré par la réfraction préopératoire subjective ou par l'aberrométrie du front d'onde.

Le système *Advanced Control Eye Tracker* (ACE), mis en œuvre dans la plateforme TechnoVision Bausch & Lomb 217Z pour la première fois en Allemagne, en mai 2005, et disponible à la clinique de la Vision depuis 2008, réalise un tel objectif.

Il s'agit d'un système de poursuite rotationnelle (angle  $t$  autour de l'axe  $z$ ), passif et actif (25 Hz), combiné à un système classique de poursuite basé sur la pupille ( $x, y$ ), cadence à 240 Hz. Ce système est basé sur la reconnaissance de l'iris, dont l'image infrarouge est capturée au cours de l'aberrométrie du front d'onde (Zywave) réalisée en préopératoire en position assise (*fig. 1*).

Un total de 3920 points, caractéristique de la structure du relief irien antérieur, est extrait de cette image, et un logiciel spécifique permet d'exporter ce fichier sur le laser 217Z. Cette acquisition d'image est répétée sur le système optique du laser 217Z en position allongée avec une illumination infrarouge. La comparaison des deux images préopératoires permet au logiciel d'enregistrer toute différence de position rotationnelle et de corriger le schéma de délivrance des impacts laser en fonction des nouvelles coordonnées rotationnelles de l'œil (correction active statique). Pendant la photoablation, la reconnaissance irienne permet de répéter 24 fois par seconde cette comparaison rotationnelle et de "corriger le tir" avec la même fréquence (correction active dynamique).

La reconnaissance irienne permet, en outre, de garantir l'identité du patient et le côté opéré, éliminant ainsi le risque d'une erreur humaine de la programmation du traitement [11, 12]. La séquence d'utilisation de l'ACE est schématisée dans la *figure 2*. Ce système a été évalué *in vitro* sur des plaques de plastique (PET) laminées sur leur face arrière, avec des photographies d'iris, puis "traitées" par photoablation sur un support mobile rotatif (+ ou  $-15^\circ$ ). Il a démontré une qualité d'ablation égale à celle obtenue sur un objet contrôle (absence de rotation pendant l'ablation), confirmant l'efficacité du système [13].



*Fig. 2: Reconnaissance irienne.*

Cliniquement, l'efficacité de l'ACE sur la correction de l'astigmatisme a été démontrée récemment [13]. La rotation peropératoire (différence entre la position de l'œil avant ablation, une fois l'alignement statique réalisé, et la position de l'œil à la fin de l'ablation) a été analysée sur 1381 yeux myopes et astigmatés traités par le logiciel Zyoptix *aspheric*, entre 2005 et 2007 à Munich, dont 874 avaient des données postopératoires à 3 mois exploitables.

La différence de rotation entre position assise et couchée était de  $3.96 \pm 2.96^\circ$  (max  $14.8^\circ$ ) et 56 % des yeux avaient tourné de plus de  $3^\circ$ , 30 % de plus de  $5^\circ$  et 4 % de plus de  $10^\circ$ , ce qui confirme l'intérêt de l'alignement "statique" initial en début de procédure. La variation de rotation pendant l'intervention était de  $1.32 \pm 1.85^\circ$  avec un maximum de  $24^\circ$  et 10 % des yeux avaient tourné de plus de  $3^\circ$ , 4 % de plus de  $5^\circ$ , ce qui confirme l'intérêt de l'alignement "dynamique", pour un petit nombre de patients, mais parfois pour des valeurs très élevées !

Dans cette étude, grâce à ce système, la sous-correction du cylindre (exprimée dans un espace vectoriel dioptrique à 3 dimensions) était de 13 %, et 76 % des yeux n'avaient pas de changement d'axe de l'astigmatisme, suggérant une précision très satisfaisante de l'alignement. Au total, 82,5 % des yeux avaient un astigmatisme résiduel de moins de 0.50 D et 96,9 % de moins de 1 D.

Dans notre étude portant sur 392 cas personnels consécutifs d'UltraLasik (découpe au laser femtoseconde, traitement guidé par la reconnaissance irienne et l'aberrométrie du front d'onde, *eyetracker* multidimensionnel statique et dynamique), pour une myopie de moins de 6 D et un astigmatisme de moins de 2 D, 91 % des yeux opérés ont un astigmatisme résiduel de moins de 0.50 D et 99 % de moins de 1 D (*fig. 3*).

Le *tableau 1* résume l'évolution de la précision de la correction de l'astigmatisme (% d'yeux ayant un astigmatisme résiduel inférieur à 0.50 D et 1 D) en fonction de l'évolution de la

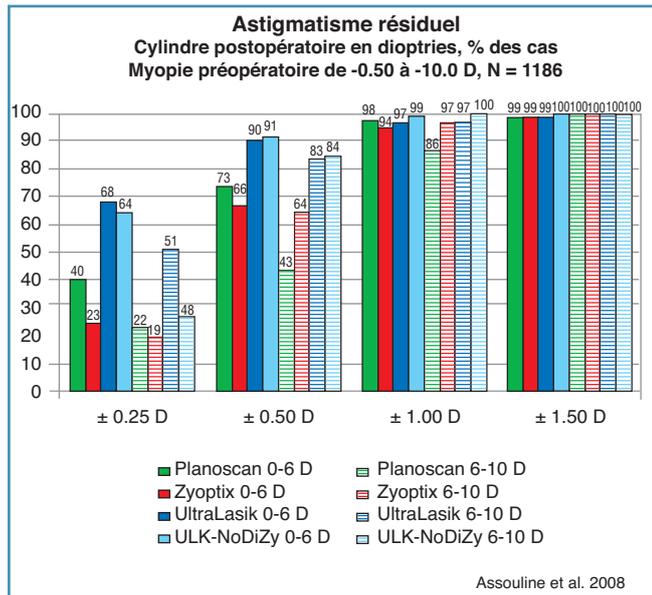


Fig. 3: Astigmatisme résiduel.

Auteur, année	N =	Réfraction	Eyetracker	Ast < 0.50 D	Ast < 1 D
Norouzi, 2003	20	subjective	statique	85 %	100 %
Ucakhan, 2003	74	subjective	statique	64 %	93 %
Albarran, 2004	28	subjective	0	57 %	82 %
Pinelli, 2006	40	cycloplégie	dynamique	80 %	100 %
LadarVision FDA	110	aberrométrie	0	66 %	91 %
VisX FDA	73	aberrométrie	statique actif	90 %	100 %
Neuhann, 2010	828	subjective	dynamique actif	82 %	97 %
Assouline, 2008	392	aberrométrie	dynamique actif	91 %	99 %

Tableau I.

méthode de réfraction utilisée pour planifier l'intervention et des techniques employées. Le système ACE offre un gain de précision et de sécurité appréciable dans la correction de l'astigmatisme par photoablation.

## Bibliographie

1. CHANG J. Cyclotorsion during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2008 ; 34 : 1720-6.
2. CICCIO AE, DURRIE DS, STAHL JE *et al.* Ocular cyclotorsion during customized laser ablation. *J Refract Surg*, 2005 ; 21 : S772-4.

3. SWAMI AU, STEINERT RF, OSBORNE WE *et al.* Rotational malposition during laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2002 ; 133 : 561-2.

4. SUZUKI A, MAEDA N, WATANABE H *et al.* Using a reference point and videokeratography for intraoperative identification of astigmatism axis. *J Cataract Refract Surg*, 1997 ; 23 : 1491-5.

5. CHERNYAK DA. Cyclotorsional eye motion occurring between wavefront measurement and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2004 ; 30 : 633-8.

6. STEVENS JD. Astigmatic Excimer laser treatment: theoretical effects of axis misalignment. *European Journal of Implantation and Refractive Surgery*, 1994 ; 6 : 310-8.

7. SMITH EM, TALAMO JH, ASSIL KK *et al.* Comparison of astigmatic axis in the seated and supine positions. *J Refract Surg*, 1994 ; 10 : 615-20.

8. GUIRAO A, WILLIAMS DR, COX IG. Effect of rotation and translation on the expected benefit of an ideal method to correct the eye's higher-order aberrations. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*, 2001 ; 18 : 1003-15.

9. TION-FO-SANG MJ, DE FABER JT, KINGMA C *et al.* Cyclotorsion: a possible cause of residual astigmatism in refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2002 ; 28 : 599-602.

10. PORTER J, YOON G, MACRAE S *et al.* Surgeon offsets and dynamic eye movements in laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2005 ; 31 : 2058-66.

11. GHOSH S, COUPER TA, LAMOUREUX E *et al.* Evaluation of iris recognition system for wavefront-guided laser in situ keratomileusis for myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2008 ; 34 : 215-21.

12. HORI-KOMAI Y, SAKAI C, TODA I *et al.* Detection of cyclotorsional rota-

tion during Excimer laser ablation in Lasik. *J Refract Surg*, 2007 ; 23 : 911-5.

13. NEUHANN IM, LEGE BAM, BAUER M *et al.* Static and dynamic rotational eye tracking during Lasik treatment of myopic astigmatism with the Zyoptix laser platform and Advanced Control Eyetracker. *J Refract Surg*, 2010 ; 26 : 17-27.

14. MROCHEN M, ELDINE MS, KAEMMERER M *et al.* Improvement in photorefractive corneal laser surgery results using an active eye-tracking system. *J Cataract Refract Surg*, 2001 ; 27 : 1000-6.

15. PRAKASH G, KUMAR DA, JACOB S *et al.* Predictive factor analysis for successful performance of iris recognition-assisted dynamic rotational eye tracking during laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol*, 2010 ; 149 : 229-37.

L'auteur a déclaré ne posséder aucun intérêt financier dans les produits cités dans cet article.