



Le laser femtoseconde FS200

→ D. GATINEL

Fondation A. de Rothschild, PARIS

Le Lasik est une technique caractérisée par la découpe d'un volet superficiel, permettant la délivrance de la photoablation Excimer sur l'interface stromale ainsi créée. La qualité de la découpe stromale et ses dimensions font partie des facteurs qui conditionnent la qualité du résultat chirurgical, en permettant une bonne intégration du profil de photoablation au sein du tissu stromal. L'introduction du laser femtoseconde en chirurgie réfractive a permis d'accroître la sécurité et la qualité de réalisation de l'étape de découpe du volet stromal.

Le laser femtoseconde FS200 est proposé pour la chirurgie cornéenne à visée réfractive et thérapeutique. Cette plateforme de dernière génération se distingue par son ergonomie, sa rapidité d'exécution et l'étendue des possibilités offertes au chirurgien pour la personnalisation de la découpe du volet stromal. La Fondation Rothschild a été le premier centre parisien équipé de cette plateforme en 2011.

Présentation générale

Le laser femtoseconde FS200 est composé d'une unité centrale et d'un bras horizontal relié au système d'aplanation et de délivrance laser. L'unité

centrale intègre un écran couleur et un clavier, ainsi qu'un lecteur optique destiné à l'utilisation du matériel consommable (cônes d'aplanation et de succion) (*fig. 1*).

L'ergonomie générale est conçue pour permettre de positionner le patient de manière rapide et précise grâce à l'utilisation d'un lit motorisé. La tête portant le système d'aplanation peut être mue indépendamment lors de la procédure visant à créer l'aplanation cornéenne : le lit et la tête d'aplanation disposent chacun d'un joystick

et d'un boîtier de commande spécifique. Enfin, le laser FS200 peut être couplé au laser Excimer WaveLight®/Alcon EX500 pour former une "Suite Réfractive" : un lit unique pivotant sur un rail reliant les deux unités permet d'enchaîner les temps de découpe et de photoablation sans mobiliser le patient. Un logiciel commun aux deux plateformes permet de programmer la totalité du traitement réfractif par Lasik et d'ajuster ainsi les dimensions du capot à celles du profil d'ablation délivré pour la correction de l'amétropie de l'œil opéré.



FIG. 1: Laser femtoseconde FS200 (centre) et Suite Réfractive (en haut, à droite) associant le laser FS200 au laser Excimer EX500, qui partagent le même lit motorisé pivotant et un logiciel de programmation commun pour la réalisation des procédures Lasik

Particularités du laser FS200

1. Fréquence de tir

Le laser FS200 dispose d'une fréquence de tir de 200 kHz, qui en fait le laser femtoseconde le plus "rapide". Chaque seconde, quelque 200 000 trains d'onde laser, d'une durée de quelques dizaines de femtosecondes, sont délivrés et focalisés à une épaisseur choisie au sein du tissu stromal. Chacun de ces trains d'onde provoque au point de focalisation une bulle de cavitation et un clivage athermique au sein des lamelles de collagène cornéen. Les dimensions de ces bulles sont fonction de l'énergie de chaque impact. Plus l'énergie est élevée, plus les bulles sont grandes et inversement. Il est possible d'ajuster l'espace entre les impacts en fonction de leur énergie. Pour la création de capots de Lasik, les spécifications recommandées sont pour l'interface un espacement des spots de 8 microns, et une énergie par spot de 0,8 μ J. A la cadence de 200 kHz, et pour un capot de diamètre 8,5 mm, une dizaine de secondes suffisent à créer l'interface intrastromale et les bords du capot de Lasik. Certaines procédures, comme la création d'une poche stromale pour inlay, peuvent requérir une réduction de l'énergie par spots afin d'induire une interface particulièrement lisse, mais avec pour corollaire une augmentation de la densité spatiale des spots, et donc un nombre total de tirs plus important. La fréquence élevée du laser FS200 permet alors de maintenir une durée relativement brève pour ce type de procédure.

2. Etalonnage du faisceau laser

En plus de l'étalonnage accompli en début de séance, une vérification (calibrage) du laser femtoseconde est effectuée avant chaque découpe, et ce pour chaque cône d'aplanation (procédure "beam control check"). Cela permet de réduire le risque de fluctuations liées aux variations des conditions physiques

générales (température, hygrométrie de la pièce) et matérielles (épaisseur de la surface vitrée du cône d'aplanation).

3. Dimensions et caractéristiques du capot stromal

Les caractéristiques géométriques du capot stromal sont paramétrables au sein d'un logiciel de programmation qui gère conjointement le choix du profil d'ablation du laser Excimer EX500 de l'œil opéré. L'épaisseur du capot est paramétrable par pas de 5 microns. En cas de correction de l'astigmatisme, le contour du profil d'ablation est plus large et le nombre de spots délivrés est plus important en regard des méridiens cornéens les moins cambrés, quel que soit le laser Excimer utilisé. Le pourtour de la zone d'ablation est ovale (ex. : grand diamètre: 9 mm, petit diamètre: 6,5 mm). Le logiciel de programmation du laser FS200 offre la possibilité de réaliser des capots ovales, élargis en regard de l'axe plat (ex. : 8,5 x 9,5 mm) de manière à offrir une surface de sculpture suffisante au laser Excimer et réduire le risque de tirs non efficaces et dirigés sur l'épithélium cornéen. Le placement de la charnière est libre sur 360° : il est judicieux de positionner celle-ci en regard de l'axe du petit diamètre de la photo-ablation (méridien le plus cambré). Ainsi, les dimensions du capot peuvent être ajustées de manière à épouser le profil d'ablation délivré, et son épaisseur peut être choisie en fonction de celle de la cornée et de la profondeur de photoablation (fig. 2).

En mode thérapeutique (kératoplastie), divers tracés de découpe sont possibles (zig-zag, *top hat*, *mushroom*, etc.). La découpe de tunnels circulaires pour l'insertion d'anneaux intrastromaux est également disponible (cornéoplastie, chirurgie du kératocône).

4. Système de couplage ("docking")

La découpe du capot stromal ne peut être réalisée qu'une fois obtenue une surface

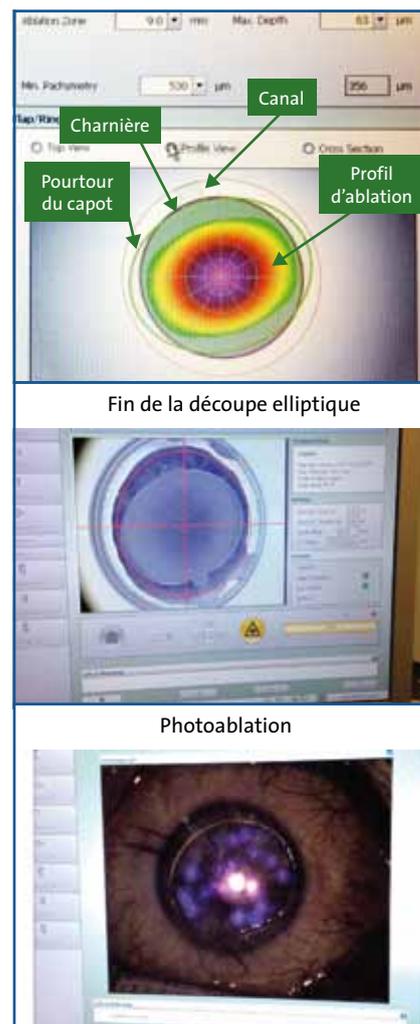


FIG. 2 : Quand le laser FS200 est couplé au laser Excimer EX500 (Suite Réfractive), l'utilisation d'un logiciel de programmation commun permet de personnaliser la découpe du capot de Lasik en fonction du profil d'ablation. Quand ce profil intègre une correction cylindrique (astigmatisme), le pourtour du profil d'ablation est ovale, car il est nécessaire de réaliser une zone de transition élargie en regard des méridiens cornéens les moins cambrés. Si la zone optique choisie est de 6,5 mm, le diamètre de la zone d'ablation en regard du méridien le moins cambré peut atteindre 9 mm (alors qu'il est inférieur à 7 mm en regard du méridien le plus cambré). Dans cet exemple, (astigmatisme myopique composé oblique), un capot de pourtour elliptique est programmé. La charnière a été placée en regard du méridien le plus cambré. **En bas, à gauche,** visualisation de la découpe du capot elliptique sur l'écran de contrôle. **A droite,** photo instantanée prise pendant la délivrance de la correction de l'astigmatisme : noter l'absence de tirs sur la charnière ou sur l'épithélium grâce à la bonne congruence géométrique entre l'interface et le profil d'ablation délivré.

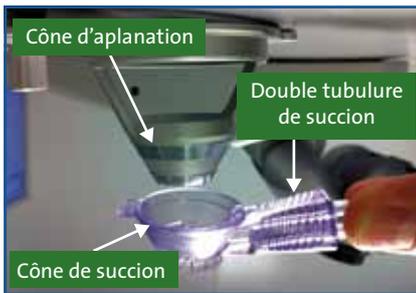


FIG. 3 : La forme évasée du cône de succion permet au cône d'aplanation d'être facilement centré et naturellement guidé vers la surface cornéenne.

d'aplanation suffisante au niveau du dôme cornéen : celle-ci dépend de la qualité du contact entre la surface transparente d'aplanation et la surface de la cornée. L'ensemble de la procédure (aplanation, découpe) est en permanence visible sur l'écran de contrôle du laser FS200.

Le dispositif de succion et le support d'aplanation ont tous deux une forme conique (**fig. 3**) ; ainsi, le cône d'aplanation est guidé naturellement au sein de l'anneau vers la cornée lors de la procédure d'aplanation (**fig. 4**). Le couplage s'effectue grâce à la mise en route de deux aspirations : la première permet l'adhésion du cône de succion au globe oculaire, et est déclenchée à la pédale par le chirurgien. Le profil de la zone de contact du cône de succion avec la région limbique est conçu pour minimiser le risque de saignement conjonctival. La seconde aspiration se déclenche de manière automatique, quand le diamètre de la zone aplanie atteint 11 mm (**fig. 5A**).

C'est alors seulement que le tracé de la découpe, conforme aux paramètres saisis préalablement, apparaît à l'écran (interface et charnière en Lasik, tracé de la découpe circulaire d'une procédure de kératoplastie, ou des tunnels pour la pose de segments d'anneaux intra-cornéens). La présence d'une double succion permet de réduire l'importance de l'aspiration de la première succion, et d'exercer une moindre pression sur le globe oculaire.

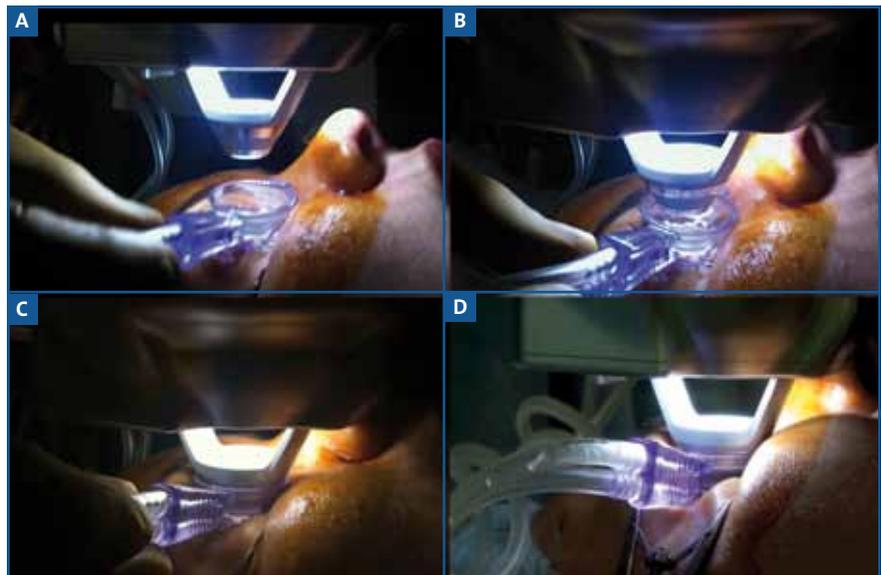


FIG. 4 : Procédure de "docking" : une fois le cône de succion posé et solidarisé au limbe cornéen par une première aspiration (A), la descente du cône d'aplanation guidé par un joystick (B) permet d'obtenir une aplanation suffisante (C), et d'enclencher une deuxième aspiration de manière automatique et assurée par un système de tubulure indépendant (E). Ceci permet de renforcer l'adhésion du cône d'aplanation au cône de succion, et de réaliser la procédure de découpe en minimisant le risque de lâchage de succion.

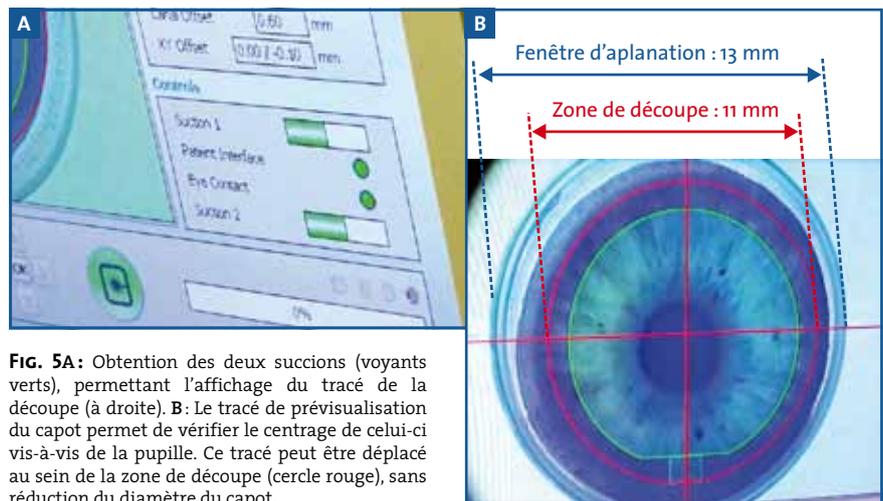


FIG. 5A : Obtention des deux succions (voyants verts), permettant l'affichage du tracé de la découpe (à droite). **B :** Le tracé de prévisualisation du capot permet de vérifier le centrage de celui-ci vis-à-vis de la pupille. Ce tracé peut être déplacé au sein de la zone de découpe (cercle rouge), sans réduction du diamètre du capot.

5. Dimensions de l'aplanation

La surface totale visible au travers de la vitre du cône d'aplanation est un disque de 13 mm de diamètre, au sein duquel la zone disponible pour positionner la découpe programmée a un diamètre de 11 mm (**fig. 5B**). Avant de procéder à la découpe, il est possible de déplacer le tracé de visualisation de manière à

recentrer le capot sur la pupille, au sein de la zone disponible pour la découpe (diamètre de 11 mm). Le déplacement du tracé se fait par translation pure, sans réduction du diamètre programmé pour la découpe. Cela est particulièrement intéressant dans le cas de coupes larges et de pupilles excentriques vis-à-vis du limbe (hypermétropes, forts astigmates).

6. Système de prévention des bulles opaques de dégazage

L'accumulation des produits de cavitation (eau, gaz carbonique) au sein de l'interface peut induire une perte localisée de la transparence du tissu cornéen, quand une couche opaque blanchâtre apparaît puis s'étend dans la zone de découpe et empiète sur la zone des tirs, pouvant alors occasionner une moindre efficacité des impacts laser, et rendre plus difficile le soulèvement ultérieur du capot. La terminologie en langue anglaise a consacré l'acronyme OBL (*Opaque Bubble Layer*) pour décrire ce phénomène.

L'évacuation du gaz et de l'eau générés par la découpe laser stromale du capot de Lasik par le laser FS200 est pourvue par une approche originale: la création d'un étroit canal d'évacuation (1,3 mm) dont la longueur est choisie par le chirurgien de manière à atteindre le limbe. Ce véritable tunnel relie le bord de l'interface (en regard de la charnière) et la surface oculaire. Sa réalisation est faite en début de découpe et permet l'évacuation rapide des produits liquides et gazeux

issus de la création de l'interface, évitant leur accumulation au sein de celle-ci et réduisant le risque de bulles blanches opaques.

7. Compte rendu de la découpe

En fin de procédure laser, un compte rendu est systématiquement généré et enregistré en format PDF: il comprend une photo du capot ou de la découpe créée, et l'inventaire des paramètres utilisés dont l'énergie des impacts, les dimensions du capot, la durée totale de la succion, etc.

[Conclusion

Le laser FS200 est un laser femtoseconde de dernière génération dont l'ergonomie et les spécifications offrent au chirurgien sécurité et performances accrues. Couplé au laser Excimer EX500, il offre la possibilité unique en procédure Lasik de réaliser des volets de dimensions spécifiquement adaptées au profil d'ablation délivré. Des études cliniques devront confirmer les bénéfices attendus de cette optimisation.

Pour en savoir plus

1. STONECIPHER KG. Blending femtosecond and Excimer laser technologies. *Ocular Surgery News*. September 4, 2012.
2. YOO SH. Therapeutic applications for the WaveLight FS200 femtosecond laser. *Ocular Surgery News*. September 4, 2012.
3. SLADE SG. Two Lasers for Refractive Surgery. *Cataract and Refractive Surgery Today*. July 2012.
4. KANELLOPOULOS AJ. Faster femtosecond laser speeds may improve outcomes. *Ocular Surgery News*. July 10, 2012.
5. CULBERTSON W. Femtosecond and Excimer lasers combine for excellent outcomes. *EyeWorld*. May 2012.
6. KRUEGER R. The femtosecond that releases bubbles with ease. *EyeWorld*. May 2012.

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