

## I Revues générales

# Quel est l'apport de l'OCT en peropératoire ?

**RÉSUMÉ :** L'OCT peropératoire est une technique récente, prometteuse. Elle est commercialisée depuis 5 ans et a été initialement conçue pour faciliter la chirurgie vitréorétinienne. Son champ d'application s'est entre-temps développé et la chirurgie de greffe lamellaire de cornée semble être aujourd'hui l'indication la plus évidente de cet appareil.

Nous faisons dans cet article le point sur les indications actuelles, les limitations d'utilisation et les développements souhaités pour augmenter son utilisation en pratique courante.



**A. BOURHIS**

Institut Ophtalmologique Sourdille-Atlantique,  
SAINT-HERBLAIN.

**A**u cours des dernières décennies, de nombreux progrès ont émaillé la chirurgie vitréorétinienne.

L'amélioration des machines de vitrectomie a permis une chirurgie plus rapide, plus sûre. La réduction progressive de la taille des instruments autorise des réhabilitations plus rapides et des gestes moins invasifs. L'apparition des systèmes de visualisation grand champ offre un accès simplifié et une sécurité plus grande dans les chirurgies de la périphérie rétinienne. La qualité de l'instrumentation et des lasers a beaucoup progressé. La visualisation est également nettement améliorée par l'augmentation de qualité des systèmes optiques des microscopes et les progrès se poursuivent avec l'apparition progressive des systèmes de visualisation tête haute 3D récemment commercialisés.

L'OCT est devenu en 20 ans le *gold standard* en imagerie rétinienne et a supplanté largement les autres examens dans le diagnostic et le suivi des maladies de la rétine et de la choroïde. Les différentes évolutions récentes (*swept source*, augmentation de la résolution, OCT-angio) ne font qu'accélérer cette tendance et il n'est aujourd'hui plus envisageable de traiter des pathologies

du segment postérieur sans recours à l'OCT systématique.

L'OCT peropératoire (iOCT) est apparu dans l'arsenal chirurgical plus récemment [1, 2]. Initialement, l'OCT utilisé était une sonde portable fixée sur le microscope, puis il a rapidement été intégré à celui-ci. Les fabricants proposent maintenant presque tous des microscopes équipés d'iOCT. Dans cet univers en perpétuelle évolution, l'achat d'un nouveau microscope doit amener à se poser la question de l'intérêt de l'ajout d'un système d'OCT peropératoire. En effet, le surcoût n'est pas négligeable. Le changement d'un microscope se fait environ tous les 10 ans et il convient donc de ne pas faire d'erreur lors du renouvellement.

## ■ Applications cliniques

### 1. Segment postérieur

#### >>> Trou maculaire et traction vitréo-maculaire

L'iOCT permet de visualiser des changements d'architecture rétinienne au cours des manœuvres maculaires et peut

permettre, le cas échéant, de modifier le geste chirurgical pour un meilleur résultat ou une réhabilitation plus rapide. La constitution d'un trou maculaire de pleine épaisseur lors de la levée d'une traction vitréomaculaire va pousser le chirurgien à faire un tamponnement par gaz pour traiter le trou maculaire. Lors d'une chirurgie de traction vitréomaculaire simple, aucun tamponnement n'est généralement nécessaire. Dans 15 % des cas, un trou constitué lors de la levée de la traction peut amener à un geste complémentaire [3, 4]. À l'inverse, la décision de tamponnement initialement prévue pour une traction vitréomaculaire pourra être révisée si, après décollement postérieur du vitré, l'analyse de l'image iOCT ne montre pas de trou constitué.

L'analyse de l'iOCT a aussi démontré l'augmentation de l'espace entre l'épithélium pigmentaire et la ligne des photorécepteurs, principalement après pelage de la membrane limitante interne [5]. Cela conduit à l'apparition de fluide sous-rétinien parfois noté en postopératoire des trous maculaires et qui retarde la récupération visuelle. L'iOCT pose donc les bases d'une réflexion sur l'intérêt du pelage, particulièrement dans les petits trous pour lesquels on sait que le pelage de la limitante n'améliore pas les chances de fermeture.

### >>> Membrane épimaculaire

L'OCT peropératoire, là aussi, apporte une aide grâce à la visualisation directe des modifications structurelles externes induites par le pelage de la membrane épitrétinienne [6]. L'iOCT peut permettre de mettre en évidence des reliquats de membrane après un pelage paraissant pourtant complet, dans environ 20 % des cas, et de compléter immédiatement le geste si nécessaire [7]. À l'inverse, quand le chirurgien peut avoir la sensation que son pelage est incomplet, l'OCT peut infirmer cette impression et éviter un geste complémentaire, dans 40 % des cas environ. Une majoration de l'espace entre la ligne de l'épithélium pigmen-

taire et la ligne ellipsoïde est également parfois notée en peropératoire, sans conséquence fonctionnelle *a priori*.

### >>> Rétinopathie diabétique

L'iOCT permet de repérer des membranes occultes non vues au microscope, des trous liés aux manœuvres de dissection, des brides tractionnelles résiduelles [8, 9]. La gestuelle chirurgicale peut se trouver modifiée par ces découvertes et une décision de tamponnement par silicone peut être prise ou récusée selon l'existence ou non de trous de pleine épaisseur, iatrogènes, induits lors de la dissection de la prolifération néovasculaire. On peut aussi noter la persistance de perfluorocarbonate liquide (PFCL) pré- ou sous-rétinien en fin de chirurgie, qu'il faudra dans la mesure du possible retirer pour éviter une éventuelle chirurgie complémentaire. La différenciation rétine/prolifération fibrovasculaire est simplifiée, les plans de clivages plus faciles à identifier, rendant la chirurgie plus simple.

### >>> Autres indications du segment postérieur

La chirurgie maculaire du myope fort (membrane épimaculaire, trou maculaire, fovéoschisis) est facilitée par l'iOCT [10]. Le contrôle OCT post-pelage recherche des complications difficilement perceptibles au seul examen au microscope, l'existence de reliquats

de cortex vitréen, de membrane ou de limitante élastique interne après geste chirurgical (fig. 1).

Dans les décollements de rétine (DR), l'iOCT n'apporte que peu d'informations. Il peut être utile pour confirmer le soulèvement maculaire si le DR était à la limite de la macula en préopératoire, permettant de modifier le discours postopératoire en termes de récupération fonctionnelle [11]. Il permet aussi de vérifier l'absence de PFCL pré- et/ou sous-rétinien en fin de chirurgie. Il peut aussi s'avérer utile lors du traitement de complications type prolifération vitréo-rétinienne (PVR), pour guider le pelage des membranes et rechercher des trous iatrogènes induits lors des manœuvres de pelage. Il modifiera alors le geste chirurgical le cas échéant.

Dans la chirurgie des hématomas sous-rétiniens, l'iOCT s'avère utile pour évaluer le décollement sous-rétinien induit lors de l'injection de fibrinolytique (rTPA) réalisée.

## 2. Segment antérieur

### >>> Greffe endothéliale (DMEK, DSAEK)

L'iOCT est très utile dans les greffes endothéliales [12, 13], où il permet de vérifier la bonne apposition du greffon contre le lit cornéen, la bonne orientation du greffon et l'absence de liquide résiduel dans

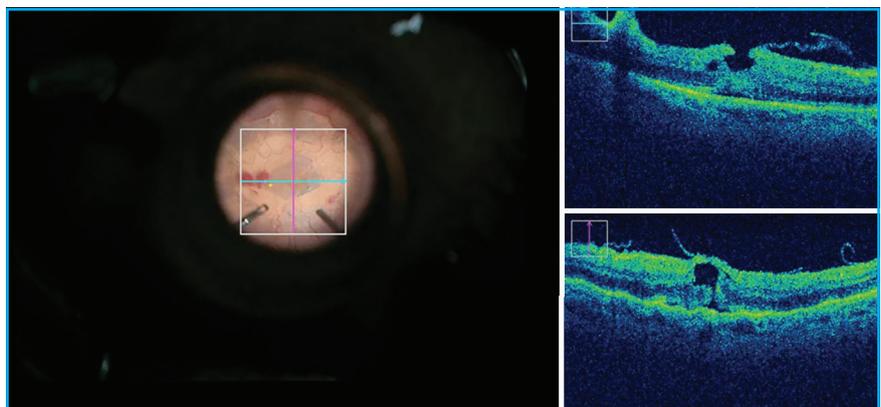


Fig. 1 : Utilisation de l'iOCT pour vérification de l'intégrité de la limitante élastique interne lors d'une manœuvre de fovea sparing.

## Revue générale

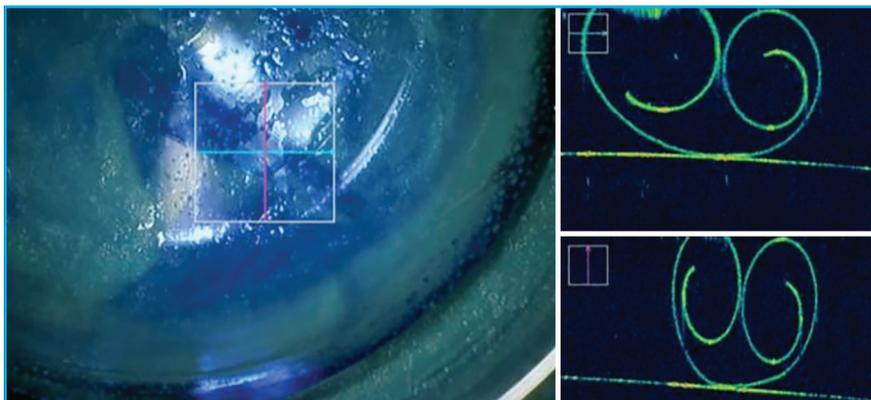


Fig. 2 : iOCT lors de la réalisation d'une DMEK. L'enroulement de greffon sur lui-même confirme le bon sens de la pose (images Dr Laurent Leininger).

l'interface. Dans les DMEK (*Descemet membrane endothelial keratoplasty*), l'utilisation de l'iOCT sécurise le positionnement du greffon dans le bon sens sans aucun marquage préalable dans la grande majorité des cas [14] (fig. 2). Il complète si nécessaire la chirurgie pour assurer un bon positionnement du greffon par des manœuvres complémentaires de massage de la cornée, de dissection du lit cornéen complémentaire ou d'ajout de complément de bulle d'air. Les séries publiées montrent que l'iOCT apporte un complément d'information qui modifie le geste chirurgical dans quasiment 50 % des cas.

### >>> Kératoplastie lamellaire antérieure

L'iOCT est utile pour évaluer au mieux la profondeur de la dissection stromale et savoir si le lit stromal résiduel est suffisant [8]. L'iOCT permet aussi de vérifier que la dissection est suffisamment profonde pour s'approcher au plus près de la membrane de Descemet en laissant le moins de stroma possible (réduction de l'effet d'interface), afin d'améliorer la récupération visuelle en sécurisant les gestes de dissection (réduction du nombre de perforations peropératoires).

### Mode d'imagerie choisi

Lors de l'utilisation de l'iOCT, la réalisation d'images peut se faire de façon statique, comme on la fait en pratique

courante lors des examens complémentaires en consultation. Les images sont alors consultables sur l'écran déporté du microscope. Elles peuvent aussi être obtenues de façon dynamique, pendant le geste chirurgical. Les images sont alors projetées dans les oculaires et permettent de réaliser le travail chirurgical tout en contrôlant l'évolution de l'image OCT.

Les avis sont partagés, mais la préférence va en règle générale plutôt à la réalisation d'images statiques prétraitement et/ou post-traitement dans le cadre des chirurgies vitréorétiniennes, consultées préférentiellement sur l'écran déporté. Les écueils à la réalisation d'images dynamiques sont le cône d'ombre induit par les instruments, qui s'interpose entre la

rétilne et l'acquisition de l'image (fig. 3), et l'image obtenue dans les oculaires, petite et peu définie, ne permettant pas de bien visualiser les changements micro-architecturaux induits [15].

En chirurgie du segment antérieur, l'utilisation d'images dynamiques est beaucoup plus répandue. Les images sont consultées en temps réel soit dans les oculaires, soit sur l'écran du microscope.

### Discussion

L'OCT peropératoire, s'il est une avancée technologique majeure, n'a pas révolutionné les pratiques chirurgicales en segment postérieur. C'est pourtant pour ces indications que les premiers prototypes avaient été conçus. La résolution initiale des OCT, qui s'est nettement améliorée depuis, a déçu les utilisateurs précoces. Les informations apportées ne modifient que rarement l'indication opératoire. Un complément de pelage peut être décidé par l'injection d'un colorant de membrane ou de limitante élastique interne, l'examen ne fait souvent qu'apporter des éléments que l'on peut obtenir d'une autre manière. L'ergonomie n'est pas toujours aisée, et il faut ajouter à des pédaliers déjà chargés des fonctions supplémentaires de gestion de l'OCT ou avoir autour de soi du personnel formé et disponible pour activer et désactiver

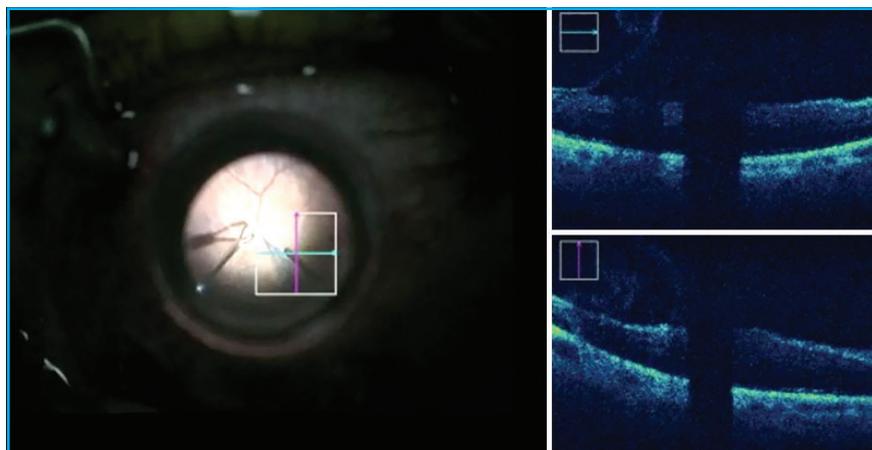


Fig. 3 : Cône d'ombre induit par l'instrument lors du pelage sous iOCT.

## POINTS FORTS

- Technique récente, prometteuse.
- Champs d'application en augmentation.
- Technologie coûteuse et consommatrice d'espace.
- Maturité non atteinte.

l'OCT, changer le mode de coupe choisi, l'orientation, la taille de l'image, etc.

L'utilisation dynamique en direct est complexe, l'image se superposant avec le geste à réaliser, et les instruments génèrent des cônes d'ombre interférant avec l'image OCT. De nouveaux instruments sont en cours de développement pour diminuer ces artéfacts. L'image obtenue est certes désormais de qualité *spectral domain*, mais elle n'est exploitable que sur l'écran déporté. L'image obtenue dans les oculaires ne donne pas une visualisation assez précise pour être exploitée en direct. L'apparition des systèmes de chirurgie

tête haute, sans oculaires (*3D head up display*), permettra probablement de mieux utiliser l'image OCT.

Dans de rares cas complexes à fort potentiel de complications postopératoires maculaires (chirurgie maculaire du myope fort), l'iOCT est un réel gain de sécurité en limitant la non-visualisation de petits trous maculaires induits et évite alors une reprise chirurgicale en modifiant la conduite à tenir peropératoire.

En chirurgie du segment antérieur et en chirurgie de greffe en particulier, l'iOCT constitue en revanche une réelle

avancée pour une chirurgie plus sûre. Les résultats de ces greffes sont meilleurs et l'iOCT, s'il n'est pas indispensable à la réalisation de ces techniques, constitue un *gold standard* dont les chirurgiens qui ont la chance d'en bénéficier ne se priveraient désormais que difficilement.

Quelques problèmes matériels se posent également, au premier rang desquels le coût de l'appareil, qui ne peut être ajouté à un microscope existant. Il faut donc acheter un microscope de dernière génération, auquel on ajoute le surcoût de l'OCT. Les systèmes actuels sont sur pied et il faut donc prévoir une emprise au sol suffisante pour y mettre le microscope (*fig. 4*).

Des évolutions sont à prévoir qui rendront cet appareil beaucoup plus utile. L'intégration de l'iOCT à une chirurgie 3D tête haute est déjà un progrès. Une visualisation 3D de l'image en temps réel, l'ajout d'alarmes calibrées sur l'iOCT nous prévenant d'un geste nocif et une amélioration de la résolu-



Fig. 4 : Encombrement de la salle opératoire en configuration iOCT + système de chirurgie tête haute.

## Revue générale

tion amélioreront encore son confort d'utilisation.

### Conclusion

L'iOCT est un progrès technologique majeur en chirurgie ophtalmologique, mais il n'a pour l'instant pas pris une place prépondérante comme ce fut le cas pour l'OCT en consultation. Le coût est une limitation forte à son développement, mais les évolutions futures lui donneront probablement une place croissante dans l'arsenal chirurgical, en segment postérieur comme en segment antérieur.

De nouvelles procédures – chirurgie sous-rétinienne d'injection de cellules souches ou thérapie génique, chirurgie d'implants pré- et sous-rétiniens – nécessiteront à n'en pas douter l'utilisation de ce type d'appareil pour pouvoir être correctement réalisées.

### BIBLIOGRAPHIE

1. HAHN P, MIGACZ J, O'CONNELL R *et al.* The use of optical coherence tomography in intraoperative ophthalmic imaging. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 2011;42:85-94.
2. RAY R, BARANANO DE, FORTUN JA *et al.* Intraoperative microscope-mounted spectral domain optical coherence tomography for evaluation of retinal anatomy during macular surgery. *Ophthalmology*, 2011;118:2212-2217.
3. EHLERS JP, DUPPS WJ, KAISER PK *et al.* The Prospective Intraoperative and Perioperative Ophthalmic ImagiNg with Optical CoherEncE TomogRaphy (PIONEER) Study: 2-year results. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:999-1007.
4. EHLERS JP, TAM T, KAISER PK *et al.* Utility of intraoperative optical coherence tomography during vitrectomy surgery for vitreomacular traction syndrome. *Retina*, 2014;34:1341-1346.
5. EHLERS JP, XU D, KAISER PK *et al.* Intraoperative dynamics of macular hole surgery: an assessment of surgery-induced ultrastructural alterations with intraoperative optical coherence tomography. *Retina*, 2014;34:213-221.
6. EHLERS JP, HAN J, PETKOVSEK D *et al.* Membrane peeling-induced retinal alterations on intraoperative OCT in vitreomacular interface disorders from the PIONEER Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015;56:7324-7330.
7. EHLERS JP, KHAN M, PETKOVSEK D *et al.* Outcomes of intraoperative OCT-assisted epiretinal membrane surgery from the PIONEER Study. *Ophthalmol Retina*, 2018;2:263-267.
8. EHLERS JP, GOSHE J, DUPPS WJ *et al.* Determination of feasibility and utility of microscope-integrated optical coherence tomography during ophthalmic surgery: the DISCOVER Study RESCAN results. *JAMA Ophthalmol*, 2015;133:1124-1132.
9. KHAN M, SRIVASTAVA SK, REESE JL *et al.* Intraoperative OCT-assisted surgery for proliferative diabetic retinopathy in the DISCOVER Study. *Ophthalmol Retina*, 2018;2:411-417.
10. BRUYÈRE E, PHILIPPAKIS E, DUPAS B *et al.* Benefit of intraoperative optical coherence tomography for vitreomacular surgery in highly myopic eyes. *Retina*, 2018;38:2035-2044.
11. ABRAHAM JR, SRIVASTAVA SK, LE TK *et al.* Intraoperative OCT-assisted retinal detachment repair in the DISCOVER Study: Impact and outcomes. *Ophthalmol Retina*, 2020;4:378-383.
12. HALLAHAN KM, COST B, GOSHE JM *et al.* Intraoperative interface fluid dynamics and clinical outcomes for intraoperative optical coherence tomography-assisted descemet stripping automated endothelial keratoplasty from the PIONEER Study. *Am J Ophthalmol*, 2017;173:16-22.
13. SAAD A, GUILBERT E, GRISE-DULAC A *et al.* Intraoperative OCT-assisted DMEK: 14 consecutive cases. *Cornea*, 2015;34:802-807.
14. PATEL AS, GOSHE JM, SRIVASTAVA SK *et al.* Intraoperative optical coherence tomography-assisted descemet membrane endothelial keratoplasty in the DISCOVER Study: First 100 cases. *Am J Ophthalmol*, 2020;210:167-173.
15. EHLERS JP, MODI YS, PECEN PE *et al.* The DISCOVER Study 3-year results: Feasibility and usefulness of microscope-integrated intraoperative OCT during ophthalmic surgery. *Ophthalmology*, 2018;125:1014-1027.

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