Quoi de neuf en 2026 pour le segment antérieur en OCT ?

L'OCT de segment antérieur a suivi l'évolution de l'OCT rétinienne, passant successivement de la technologie Time Domain au Spectral Domain (SD-OCT), puis à la technologie Swept-Source (SS-OCT). Cet article explore les plateformes de dernière génération, l'OCT-angiographie et l'imagerie OCT « en face », les applications chirurgicales et glaucomateuses ainsi que la place réelle de l'intelligence artificielle embarquée dans les logiciels constructeurs.



Adil El Maftouhi
Rive Imagerie Oculaire Lab
et Centre ophtalmologique de Rive, Genève (Suisse) ; Institut parisien d'ophtalmologie, Paris

En 2026, on n'assiste plus à une rupture technologique mais à une rupture d'usage, avec des plateformes d'imagerie combinées réunissant la topographie et la tomographie cornéennes, la biométrie, le calcul d'implant et l'analyse de l'angle irido-cornéen.

Du Time Domain au Swept-Source : l'ère des plateformes intégrées

Les systèmes Swept-Source dédiés au segment antérieur utilisent une source d'une longueur d'onde de 1 300 nm (1 300 pour l'Anterion, 1 310 pour le CASIA 2). Elle permet une meilleure pénétration à travers le limbe et la sclère et offre une grande profondeur d'acquisition, couvrant en une coupe la cornée jusqu'à la face postérieure du cristallin. Malgré cette grande longueur d'onde et cette meilleure pénétration, la SS-OCT ne franchit pas l'épithélium pigmentaire irien, même si certaines images réalisées sur des yeux clairs peuvent laisser imaginer une meilleure visualisation des structures rétro-iriennes.
La technologie Swept-Source est plus adaptée à l'imagerie en grande profondeur car le signal y subit moins de perte avec la profondeur, ce qui offre une qualité de signal plus constante qu'en SD-OCT (figure 1).
Les biomètres SS-OCT et les plateformes SS-OCT couplant imagerie antérieure et postérieure utilisent des longueurs d'onde autour de 1 050 – 1 060 nm. La vitesse d'acquisition ne suffit pas à classer un appareil. La meilleure résolution axiale cornéenne est obtenue en SD-OCT : 1,9 micron grâce à une bande passante très large de 200 nm avec le Pentacam Cornea OCT, contre environ 10 microns pour les SS-OCT de segment antérieur. La résolution axiale dépend en effet de la largeur de bande de la source rapportée au carré de la longueur d'onde : plus la longueur d'onde est grande, plus la bande doit être large pour atteindre la même résolution, ce qui avantage le Spectral Domain (figure 2).

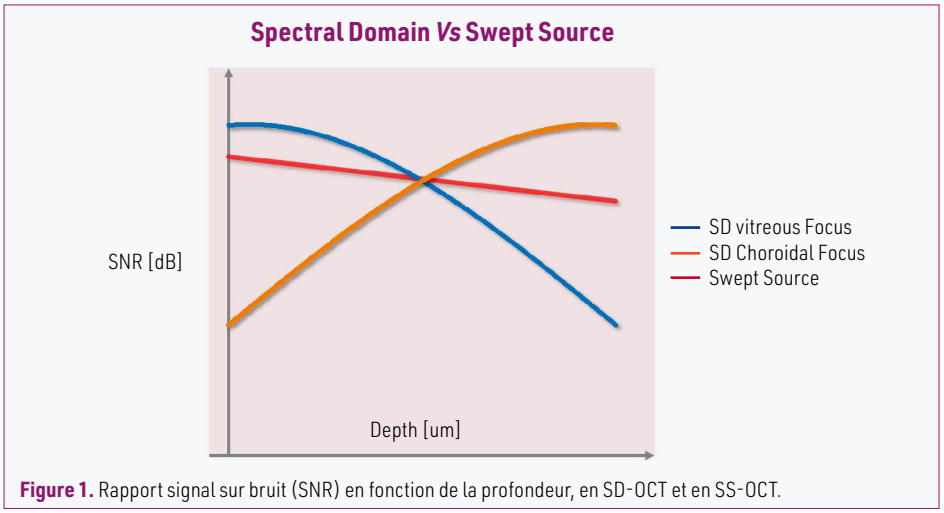


Figure 1. Rapport signal sur bruit (SNR) en fonction de la profondeur, en SD-OCT et en SS-OCT.

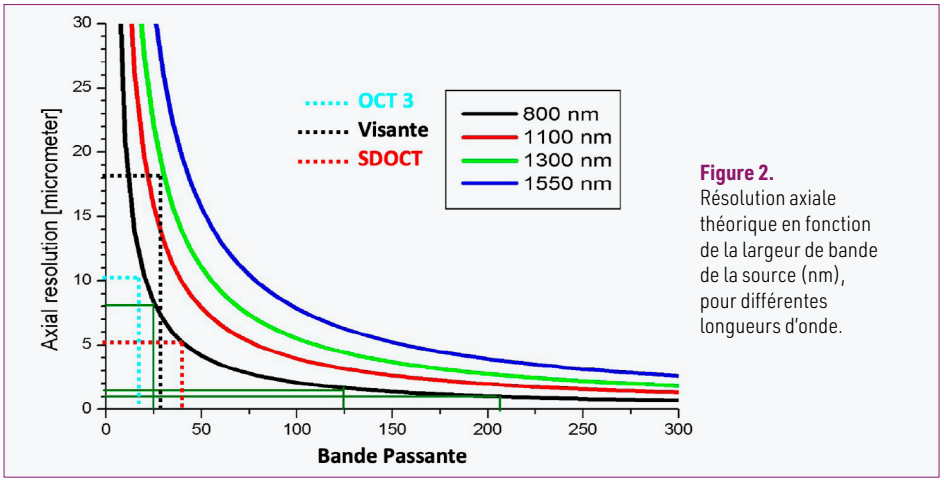


Figure 2. Résolution axiale théorique en fonction de la largeur de bande de la source (nm), pour différentes longueurs d'onde.

En SS-OCT, vitesse d'acquisition, volume exploré et résolution axiale forment ainsi un compromis indissociable.
Le balayage péricentrique, utilisé par le Pentacam Cornea OCT et le MS-39, maintient le faisceau perpendiculaire à la cornée, ce qui optimise le signal sur toute sa largeur sans modifier la résolution, qui dépend de la source. Ce mode d'acquisition tend à se développer pour améliorer l'imagerie de la cornée.
La technologie Full Range a permis d'augmenter la profondeur d'acquisition, de 3 à 6 mm en SD-OCT et de 6 jusqu'à 16 mm en SS-OCT. Elle repose sur la suppression de l'image miroir (artefact de conjugaison complexe) générée par la transformée de Fourier qui convertit les franges spectrales en une image réelle et une image virtuelle inversée. Les 2 côtés du délai zéro deviennent alors exploitables (figure 3).
En outre, l'apport de la technologie Swept-Source réside essentiellement dans la profondeur d'acquisition, la couverture sur 360 degrés, la densité de mesures et une certaine robustesse des volumes.

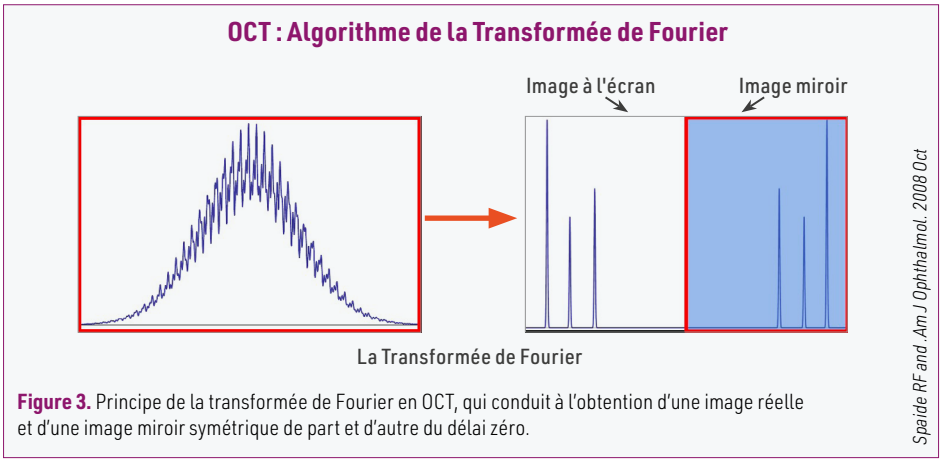


Figure 3. Principe de la transformée de Fourier en OCT, qui conduit à l'obtention d'une image réelle et d'une image miroir symétrique de part et d'autre du délai zéro.

Figure 4. Comparatif des plateformes OCT de segment antérieur disponibles en 2026.

Plateforme (constructeur)	Technologie	Vitesse (A-scans/s)	Applications et modules	Points forts
ANTERION (Heidelberg Engineering)	SS-OCT 1 300 nm	50 000	Imagerie, Cornée, Cataracte, Metrics	Cartes épithéliales, SCORE Analyzer, éperon scléral automatique, export DICOM
ACE (Bausch + Lomb)	SS-OCT, plateforme ANTERION	50 000	Imagerie, Cornée, Cataracte	Liaison laser TECHNOLAS TENEO 317, compensation de la cyclotorsion
CASIA2 (Tomey)	SS-OCT 1 310 nm	50 000	Angle 360°, cornée, cataracte, ICL	Angle automatique 360°, formules NK et KS, ESI, densitométrie
MS-39 (CSO)	SD-OCT 3,6 µm + Placido ; module OCT péricentrique	50 000	Cornée, biométrie, implant, ICL, méibographie	Précision de la topographie cornéenne par la combinaison Placido + OCT ; cartes épithéliales 10 mm ; IA intégrée pour la segmentation ; module OCT péricentrique avec lentille ; KAI ; ICL Sizer
SOLIX (Visionix-Optovue)	SD-OCT	120 000	Segments antérieur et postérieur, OCT-A, topographie cornéenne, méibographie	Qualité des cartes épithéliales et de l'OCT en face de la cornée ; topographie cornéenne ; méibographie ; œil entier, de la cornée à la choroïde
REVO FC 130 (Optopol)	SD-OCT + rétinographe couleur	130 000	Œil entier, segment antérieur (coupes 18 × 6 mm), OCT-A ; modules topographie (T-OCT) et biométrie (B-OCT)	Longueur axiale, tout-en-un
Pentacam Cornea OCT (OCULUS)	Scheimpflug + SD-OCT péricentrique 1,9 µm	50 000 (OCT)	Tomographie, cartes couche par couche	Pachymétrie du film lacrymal ; cartes de l'épithélium, de la Bowman et du stroma en 1 s
Eyestar 900 (Haag-Streit)	SS-OCT	30 000	Biométrie, topographie, cataracte	Suite cataracte intégrée
DREAM OCT (Intalight)	SS-OCT full-range	100 000 à 400 000	Œil entier, module antérieur (champ 20 mm, profondeur 16,2 mm), OCT-A	Imagerie du segment antérieur en grande profondeur ; OCT-A du segment antérieur 18 × 18 mm ; OCT en face grand champ du segment antérieur
YALKAID / BMizar (TowardPi)	SS-OCT full-range	100 000 (YALKAID) à 400 000 (BMizar)	Œil entier, adaptateur antérieur, OCT-A	Imagerie du segment antérieur en grande profondeur ; OCT-A antérieure grand champ (cornée, limbe, épisclère)

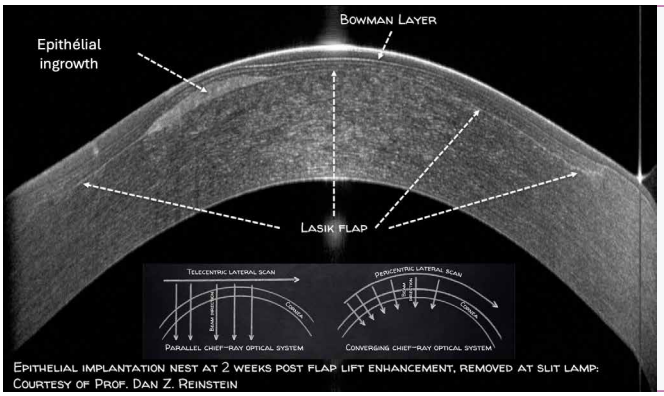
Parc d'OCT du segment antérieur en 2026 : comparatif des dernières générations

Pas moins de 11 plateformes sont comparées dans le tableau de la figure 4 et illustrées dans la figure 5.



Figure 5. Plateformes OCT de segment antérieur du marché.

L'Anterion (Heidelberg Engineering) réunit une tomographie et une topographie cornéennes, la biométrie, le calcul d'implant et les métriques de la chambre antérieure dans des applications modulaires associant la cartographie épithéliale et le logiciel SCORE Analyzer pour le dépistage du kératocône.
Une autre version de l'Anterion, commercialisée sous le nom d'ACE (Advanced Corneal Explorer), propose la même plateforme mais avec une connexion au laser TECHNOLAS TENEO 317 permettant le transfert des données et la compensation de la cyclotorsion.
Le MS-39 (CSO) est le seul topographe à combiner la précision du Placido à l'OCT, avec 3,6 microns de résolution axiale, associant une cartographie épithéliale et, depuis peu, l'usage de l'IA pour optimiser la qualité de la segmentation. Il dispose d'un nouveau module d'OCT péricentrique qui améliore la qualité de l'imagerie cornéenne à l'aide d'une lentille additionnelle (**figure 6**). Il possède une particularité importante pour le suivi des lentilles sclérales, avec la possibilité de modifier l'indice de réfraction pour les mesures de vault. Dans une version récente, il dispose d'un module de biométrie optique avec calculateur d'implant.
Il est également interfacé avec les lasers SCHWIND, avec notamment le transfert des données épithéliales pour les traitements de surface.
Le CASIA 2 (Tomey), référence installée pour l'analyse de l'angle irido-cornéen, mesure automatiquement l'angle sur 360° et intègre les formules NK (Nakamura) et KS pour l'aide au sizing des implants phakes ICL.
Le module Cornea OCT (Oculus) est une plateforme additionnelle du topographe Pentacam, couplant ainsi le Scheimpflug rotatif et la SD-OCT péricentrique en une seconde, avec des cartes d'épaisseur du film lacrymal, de l'épithélium, de la couche de Bowman et du stroma grâce à sa haute résolution de 1,9 micron (**figure 7**). L'IA est intégrée, notamment pour la détection automatique des irrégularités intracornéennes.
Les OCT spectrales multimodales, telles que le Solix (Visionix) et le REVO FC (Optopol), destinées à l'imagerie rétinienne disposent d'un module de segment antérieur Full Range permettant de réaliser une biométrie du segment antérieur et des cartes épithéliales d'une grande précision grâce à une résolution axiale de 5 microns, combinant également une topographie cornéenne et une meibographie (**figure 8**).



MS 39 : OCT péricentrique

Figure 6.
OCT péricentrique du MS-39 (CSO) montrant une découpe de Lasik avec une invasion épithéliale, un amincissement de l'épithélium en regard et une très bonne visualisation de la membrane basale de l'épithélium.

UHR OCT PENTACAM : Pachymétrie du Film lacrymal

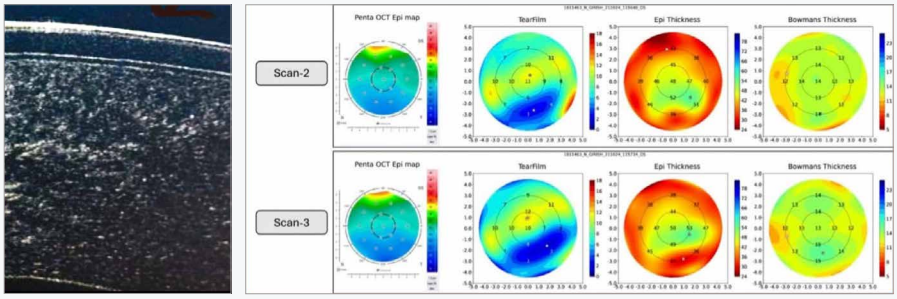
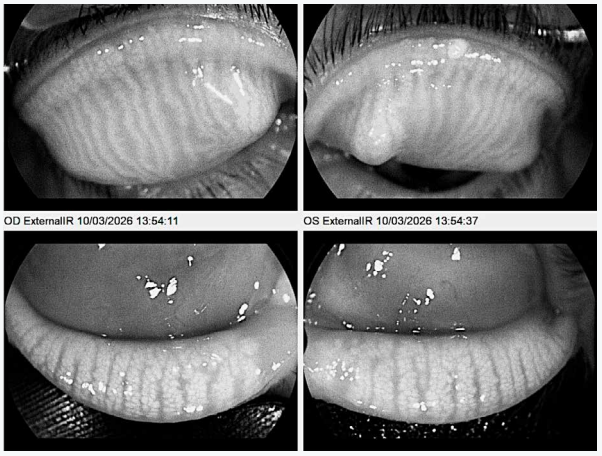


Figure 7. OCT péricentrique du Pentacam Cornea OCT (Oculus) avec pachymétrie du film lacrymal, de l'épithélium cornéen et du stroma, ouvrant la voie à une meilleure différenciation des modifications de la surface oculaire.



Œil droit (OD) Architecture glandulaire bien conservée. Glandes bien individualisées sur l'ensemble du tarse, longueur préservée. Tortuosité légère à modérée en secteur temporal (Halleran grade 1-2). Dropout minime, limité à quelques interruptions distales ponctuelles non confluentes. Présence de spots hyperréflectifs sur la vue externe, de nature indéterminée en IR – à corréler à l'examen à la lampe à fente. Pult Meiboscale : grade 1

Œil gauche (OS) Architecture glandulaire comparable à l'OD. Tortuosité légère (Halleran grade 1). Dropout minimal. Image focale hyperréflective en secteur temporal supérieur évocatrice d'un chalazion ou kyste tarsien – confirmation clinique nécessaire. Spots hyperréflectifs en vue externe, même réserve d'interprétation qu'à l'OD. Pult Meiboscale : grade 1

Figure 8. Meibographie réalisée avec le Solix (Visionix), avec une bonne visualisation de l'architecture glandulaire sur l'ensemble du tarse, permettant une approche multimodale de la sécheresse oculaire par OCT.

Le Solix dispose d'un outil d'OCT « en face » de la cornée d'une grande précision.
Les dernières générations d'OCT ultra-grand champ (UWF) de la rétine (DREAM OCT d'Intalight, BMizar et YALKAID de TowardPi) disposent également d'un module de segment antérieur de grande profondeur, avec une valeur ajoutée incontestable grâce à l'OCT-A et à l'« en face » grand champ du segment antérieur, fiables et reproductibles en raison de la grande vitesse d'acquisition (figure 9). Ils proposent également une analyse de l'angle sur 360°.
Enfin, l'Eyestar 900 (Haag-Streit) est une plateforme destinée essentiellement à la cataracte, couplant biométrie, imagerie du segment antérieur et topographie cornéenne.
Les comparaisons publiées dans la littérature (CASIA 2, IOLMaster 700, Argos ou Eyestar versus Anterion) montrent une bonne répétabilité intra-appareil mais des écarts systématiques, notamment en matière de kératométrie postérieure et totale. Un patient doit être suivi sur le même appareil, et les constantes optimisées en fonction de chaque biomètre.

OCT SS-OCT UWF : OCT de Segment Antérieur

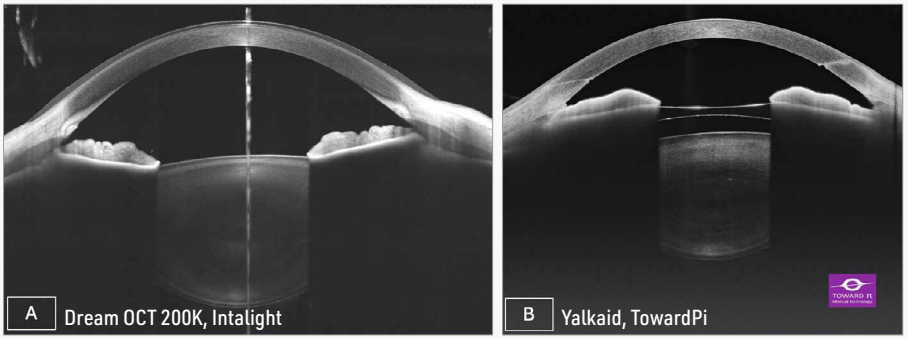


Figure 9. Imagerie complète du segment antérieur, de l'épithélium cornéen à la cristalloïde postérieure, par SS-OCT UWF avec le DREAM OCT (Intalight) et le YALKAID (TowardPi).

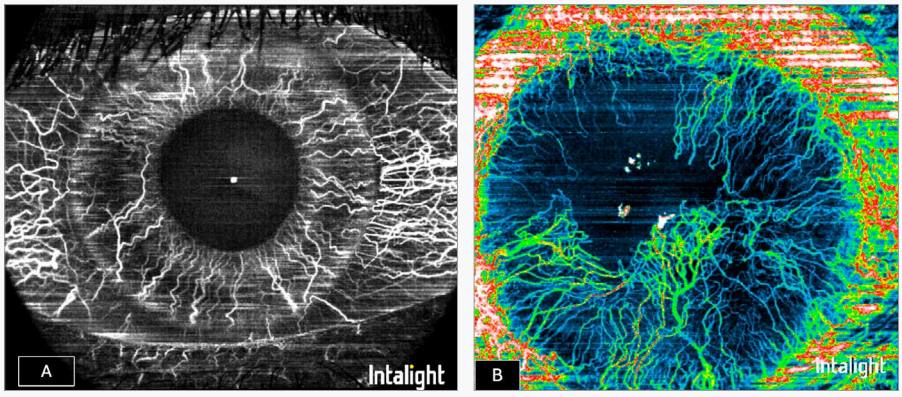


Figure 10. A. OCT-A de tout le segment antérieur sur 18 x 18 mm (DREAM OCT, Intalight), permettant de visualiser la vascularisation de l'iris et de la conjonctive. **B.** OCT-A de la cornée sur 15 x 12 mm (DREAM OCT, Intalight), mettant en évidence des néovaisseaux recouvrant la cornée dans un contexte d'insuffisance limbique.

OCT-angiographie et imagerie « en face »

L'OCT-A étend ses indications au segment antérieur grâce à la rapidité de la technologie SS-OCT. Ses applications les plus abouties sont la néovascularisation cornéenne (figure 10B) et la vascularisation irienne, dont l'analyse dépend de la pigmentation de l'iris (figure 10A).
En SS-OCT, l'OCT-A permet de distinguer en une acquisition le flux vasculaire de la cornée, du limbe et de l'épisclère, ouvrant la voie à l'analyse notamment de l'insuffisance limbique, de l'ischémie après brûlure chimique et de la vascularisation des néoplasies de surface.
Il faut distinguer l'OCT « en face » dite structurelle, issue de la réflectivité des différents B-Scans et dont la résolution dépend du nombre de coupes qui la composent, de l'« en face » OCT-A, calculée à partir de la décorrélation entre 2 B-Scans de même localisation.
Les plans de segmentation doivent être adaptés au segment antérieur et ne sont pas transposables des logiciels rétiniens.
L'OCT « en face » permet d'obtenir une analyse de la cornée et du segment antérieur dans toute leur profondeur, avec une analyse de la surface. Elle permet également de réaliser des mesures directement sur la projection « en face », par exemple la mesure du diamètre d'un capot de Lasik.
Quelques limites subsistent, à savoir les artefacts de mouvement malgré la rapidité d'acquisition des Swept-Source, ainsi que les artefacts de projection des vaisseaux superficiels sur les vascularisations profondes.

L'OCT au service de la chirurgie

En chirurgie de la cataracte, la biométrie SS-OCT mesure toutes les structures de la cornée au cristallin, avec moins d'échecs dans les cataractes denses, et le calcul d'implant se fait dans le même appareil.
Le contrôle visuel des interfaces sur les coupes OCT permet de vérifier que le signal interférométrique mesuré correspond bien aux bonnes structures.
Certains appareils sont couplés au microscope opératoire pour faciliter le centrage et l'alignement des implants pendant la chirurgie.

En chirurgie réfractive, les cartes épithéliales, et désormais celles de la couche de Bowman, distinguent un remodelage épithélial compensateur d'un amincissement stromal vrai et améliorent le dépistage des ectasies frustes.
Pour les implants phakes de chambre postérieure (ICL), le Sizing par OCT a supplanté les règles fondées sur le blanc-à-blanc. Une formule dérivée des mesures de l'Anterion a mieux prédit le vault postopératoire que les formules NK et KS du CASIA 2 dans la série de Yamashita *et al.* Le module ICL Sizer du MS-39 suit la même logique (formules de Russo, LASSO et EPB).

Analyse de l'angle irido-cornéen et glaucome

Face à une gonioscopie subjective et sous-utilisée, l'AS-OCT quantifie à 360 degrés l'angle (AOD, TISA), la flèche cristallinienne et l'index de contact irido-trabéculaire.
Dans le ZAP Trial, un AOD500 horizontal étroit et une courbure irienne marquée prédisaient l'évolution du suspect vers la fermeture de l'angle mieux que la gonioscopie seule. L'analyse sectorielle précise le mécanisme de fermeture de l'angle et guide le choix entre iridotomie et extraction du cristallin, dont l'effet sur l'angle se quantifie en postopératoire.
En cas de fermeture angulaire, la qualité des mesures est souvent faussée car l'éperon scléral est mal reconnu, ce qui demande une certaine vigilance dans l'interprétation des résultats.
Malgré son approche non invasive et bien tolérée, l'AS-OCT reste bloquée par le pigment irien : sa sensibilité pour l'iris plateau reste modérée (56 à 78 % selon les séries) face à l'UBM qui garde l'exclusivité du corps ciliaire et des structures rétro-iriennes.

Intelligence artificielle et logiciels constructeurs

Les logiciels automatisent acquisition, segmentation, repérage anatomique, contrôle qualité et calculs. Il convient toutefois de distinguer automatisation et intelligence artificielle : une formule, un seuil ou une segmentation algorithmique ne relèvent de l'IA qu'en présence d'un modèle d'apprentissage documenté. L'Anterion revendique un apprentissage profond pour la détection de l'éperon scléral et propose le SCORE Analyzer (Gatinel et Saad) pour le risque d'ectasie ; le CASIA 2 propose l'ESI (Ectasia Screening Index) et le MS-39 intègre le KAI (Keratoconus Artificial Intelligence Index), qui combine la topographie et les cartes épithéliales et stromales.
La segmentation est entraînée par Deep Learning, notamment pour la cornée, avec une aide à la précision du Mapping épithélial, qui peut être affecté en cas de pathologie de surface ; le MS-39 utilise un outil d'aide à la segmentation dans sa nouvelle version logicielle.

Conclusion

En 2026, l'OCT du segment antérieur associe imagerie multimodale et mesures intégrées. Les technologies Swept Source et Spectral Domain offrent une acquisition rapide à grand champ, une visualisation des couches cornéennes et des fonctions logicielles automatisées. Son utilisation exige toutefois de tenir compte de mesures non interchangeables entre appareils, d'une pénétration limitée justifiant le recours à l'UBM et de la nécessité de valider prospectivement les algorithmes. L'OCT-A et l'IA, encore en cours de validation, devraient prochainement bénéficier aux patients. ■

Pour en savoir plus...

- Namba M, Xu BY. Anterior segment optical coherence tomography imaging in angle closure: advances in diagnosis and care. Curr Opin Ophthalmol. 2026;37(2):108-15.
- Lucchino L, Vaccaro S, Airaldi M *et al.* Advanced imaging of corneal neovascularisation with a novel swept-source AS-OCTA system. Br J Ophthalmol. 2026;110(1):25-30.
- Yamashita K, Kobayashi M, Igarashi A, Hata S. Enhanced ICL sizing accuracy using advanced optical coherence tomography-based predictive formula. Am J Ophthalmol. 2024;268:86-93.
- Fernández-Vega-Cueto L, Alfonso-Bartolozzi B, Alfonso JF, Lisa C. Development and validation of the Keratoconus Artificial Intelligence Index (KAI-Index). ESCRS Abstracts 2026. doi:10.82333/sm2g-s630.