



B. BRIAT¹, J. AGUSSAN², C. FRANCAUD³
¹ Ophthalmologue, ^{2,3} Orthoptiste spécialisé,
 Clinique de la Vision – Visiopole, LA ROCHELLE.
¹ bbriat@visiopole.com
² jagussan@visiopole.com
³ cfrancaud@visiopole.com

Intérêt du Casia2 pour l'analyse du segment antérieur

Le Casia est un OCT tridimensionnel (tomographie à cohérence optique) qui permet d'effectuer un diagnostic par l'image. Il capture une image en 3D de la section antérieure de l'œil du patient grâce à un scan haute vitesse sans contact. La résolution axiale (profondeur) est de moins de 10 µm, et en transverse de moins de 30 µm. La vitesse de scan est de 50 000 scans-A par seconde, type laser *Swept-Source* à longueur d'onde de 1 310 nm.

Cet instrument comporte les fonctionnalités suivantes :

- **Image capture :** mode 3D pour la capture d'images 3D, mode 2D pour la capture d'images 2D, mode film pour la capture vidéo.
- **Mesure :** capture en contrôlant l'image frontale et tomographique de l'œil du patient, fonction d'alignement automatique pour les positions, fonction *Auto Shot* pour commencer la mesure automatiquement.
- **Data management :** sauvegarde automatique après vérification des images, écran de visualisation seulement pour visualiser les données, écran pour la gestion des données.

Principes de mesure

Le Casia utilise le principe de Fourier, qui divise la lumière issue de la source lumineuse en direction du miroir de référence et de l'œil du patient. Un interféromètre au niveau de la tête optique analyse le signal de référence et le signal réfléchi, puis détecte les interférences pour chaque spectre lumineux (signal d'interférence spectral).

Les signaux d'interférence spectrale varient en fonction de la différence de temps requis pour la lumière de référence et

la lumière de mesure pour atteindre le détecteur. En utilisant cette variation, l'instrument mesure la profondeur de l'œil du patient. Spécifiquement, le Casia calcule la différence de temps requis pour le signal de référence et le signal de mesure pour atteindre le détecteur, et convertit le résultat en donnée de profondeur en appliquant la conversion de Fourier vers un spectre d'interférence.

Extrêmement simple d'utilisation, le **Casia2** (*fig. 1*) nous permet d'analyser le segment antérieur de façon innovante. Cet instrument facilite l'utilisation simple et intuitive avec une rapidité de mesure déconcertante et très ergonomique au sein de nos consultations spécialisées en analyse du segment antérieur. Effectivement, les acquisitions des images et des données sont extrêmement rapides sans perte de temps dans le flux de nos consultations. Le logiciel assiste efficacement le praticien de la mesure jusqu'à l'analyse finale.

Points forts :

- le Casia2 est particulièrement adapté pour la cataracte, le glaucome, la chirurgie cornéenne ;



Fig. 1 : Le Casia2.

- analyse de la chambre antérieure, de la fermeture de l'angle pour le glaucome sur 360° ;
- imagerie avancée avec une profondeur de mesure augmentée à 13 mm et une vitesse de scan plus rapide (50 000 scans-A/ seconde) par rapport à la génération précédente ;
- topographie cornéenne, élévation antérieure et postérieure et choix de l'implant ;
- analyse de la courbure du cristallin et progression dans le temps ;
- simulation des implants phaqes.

■ Cornée

Toutes les mesures des différents dioptries cornéens peuvent être visualisées dans un rapport clair et paramétrable (**fig. 2**).

Fonctionnalités :

- mesure de la kératométrie de la face antérieure, postérieure et réelle de la cornée ;
- pachymétrie centrale et la plus fine ;
- diamètre pupillaire ;
- profondeur de chambre antérieure centrale et ESI : indice de détection de l'ectasie cornéenne en pourcentage et détection de kératocône ;
- possibilité de basculer de dioptries à millimètres ;
- possibilité de passer d'une topographie sur 10 mm ou 16 mm ;
- affichage de différentes valeurs numériques sur les cartes ;
- affichage de différents types de grille de mesure ;
- affichage de l'astigmatisme de divers types (orthogonal, zonal ou instantané) ;
- possibilité de changer de types de cartes élévation (BFS) axiale tangentielle (*Instantaneous*) kératométrie ;
- puissance (réfractive) ;
- pachymétrie ACD (profondeur de chambre antérieure).

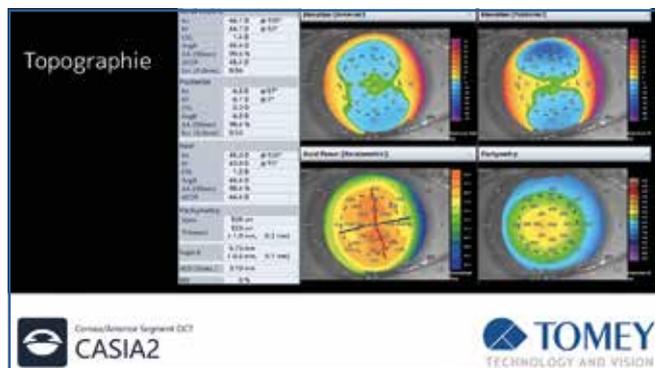


Fig. 2 : Mesure des différents dioptries cornéens.

Le logiciel d'analyse de progression permet de visualiser clairement l'effet d'un traitement dans le temps ou l'évolution d'une pathologie cornéenne.

L'analyse de la qualité du film lacrymal et de la souffrance épithéliale par topographie épithéliale sont envisageables et semblent prometteuses dans l'avenir. Effectivement, de nombreuses études en cours avec publications récentes objectivent l'intérêt de la cartographie topographique, du *mapping* et de la pachymétrie épithéliale. Cette approche pourrait être couplée à l'analyse de la qualité de vision décrite par l'*HDA Analyser* impliquant la *PSF tears* [1-3].

La fonction *Ectasia Screening* permet une détection précoce des conditions ectasiques de la cornée telles que kératocône et dégénérescence pellucide marginale. L'indice ESI (*Ectasia Screening Index*) est tiré des paramètres topographiques antérieurs et postérieurs de la cornée, et de la carte de pachymétrie [4-8].

L'indice de screening ESI autorise une analyse antérieure et postérieure par analyse spécifique de l'asymétrie cornéenne postérieure avec bilan de protrusion locale (*Local Protrusion*) d'après les paramètres de Fourier (asymétrie et *high order* irrégularité).

Il s'intègre parfaitement dans le cadre du bilan préopératoire d'éligibilité à une chirurgie réfractive ablative cornéenne. L'analyse pachymétrique est fine : analyse de l'élévation antérieure et postérieure avec les différents critères classiques connues des utilisateurs des vidéotopographes d'élévation reconnues, BFS... (ORBSCAN...).

Le Casia est utile pour l'analyse anatomique cornéenne afin de cartographier un corps étranger (**fig. 3**), une dystrophie héréditaire ou non, le suivi de tolérance d'un anneau intra-cornéen (**fig. 4 à 7**) ou pour juger de l'épaisseur d'un capot réfractif ancien avant toute reprise chirurgicale. L'analyse peut être dynamique avec clignement (module *Movie*) afin de connaître les contraintes mécaniques architecturales lors de la pression palpébrale ou lors des frottements oculaires quand on connaît les méfaits biodynamiques de ces frottements (anneaux intra-cornéens, implant de chambre antérieure phaques et pseudo-phaques, *iris-claw* phaques et aphaques, et ICL).

L'analyse pré- et postopératoire de greffe transfixiante, et surtout partielle (DSAEK, DMEK...), est extrêmement précieuse pour juger la qualité du résultat ou pour gérer le protocole opératoire sur imperfection anatomique.

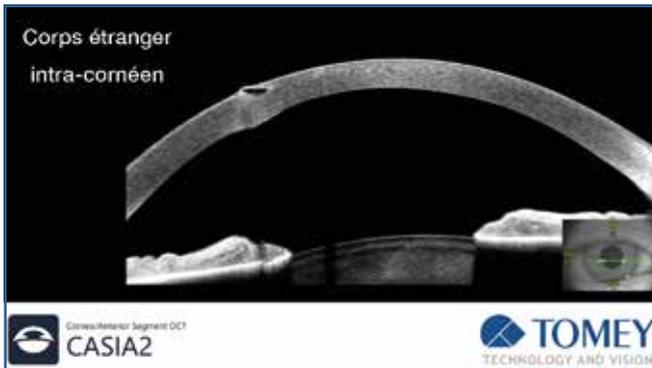


Fig. 3 : Analyse de corps étranger intracornéen.

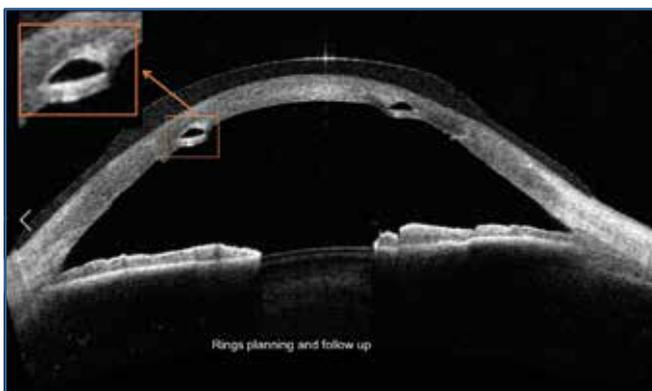


Fig. 4 : Analyse fine des anneaux intracornéens avec suivi du positionnement, éventuelle migration, amincissement cornéen antérieur...

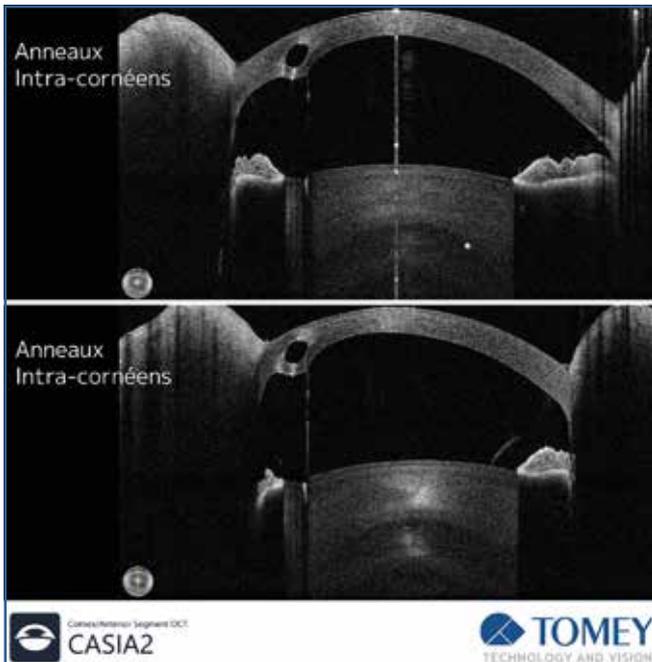


Fig. 5 : Analyse dynamique par Séquence Movie inclus dans le logiciel, objectivant le comportement architectonique cornéen lors du clignement et le retentissement stromal des anneaux intracornéens.

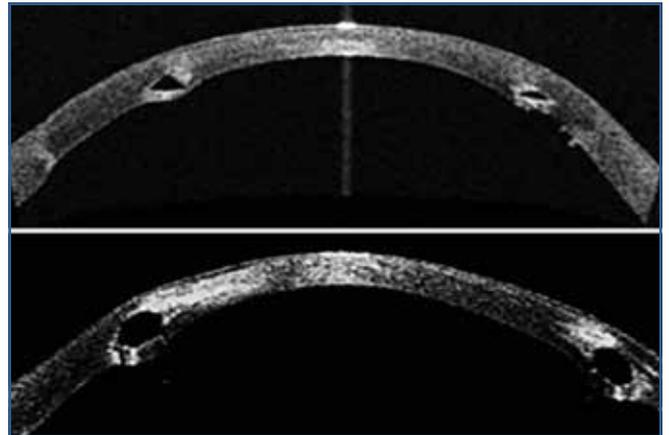


Fig. 6 : Suivi de modification architecturale cornéenne en regard des anneaux.

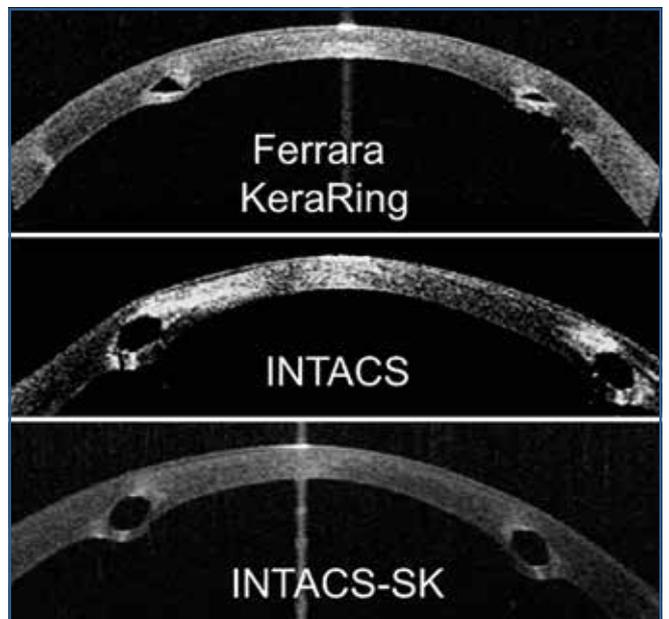


Fig. 7 : Comparatif des différents anneaux intracornéens.

■ Analyse globale de la chambre antérieure

Le Casia permet d'analyser :

- le segment antérieur (*fig. 8*) ;
- les angles AOD, ARA, TISA et TIA, analysés automatiquement avec visualisation dynamique virtuelle sur 360° ;
- la chambre antérieure (aire et profondeur), la position du cristallin (*tilt*) ;
- la possibilité de placer des calipers sur flap ou autres (*fig. 9 et 10*) ;
- les greffes (*fig. 11 et 12*) [9].
- la courbure et aire de l'iris (*fig. 13*).
- la voussure irienne, la lésion irienne, rétro-irienne (*fig. 14*).

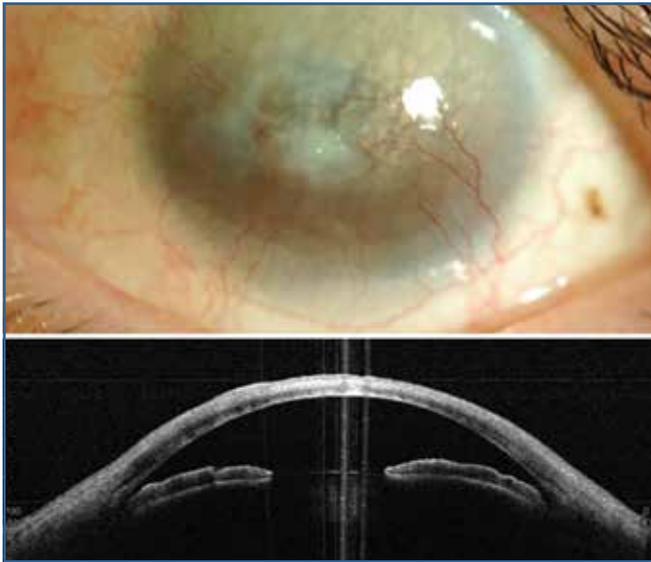


Fig. 8 : Observation des structures du segment antérieur sur cornée opaque, interdisant toute analyse biomicroscopique.

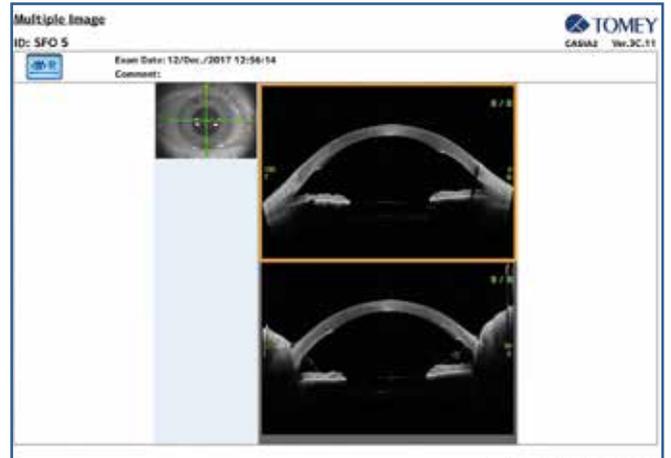


Fig. 11 : Analyse anatomique après greffe endothéliale (DSAEK).

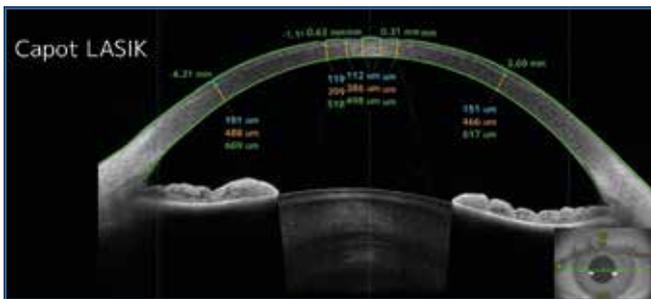


Fig. 9 : Analyse des valeurs pachymétriques précises pré- et postopératoires, éventuellement avant toute reprise chirurgicale ablative. La cartographie fine objectivera un protocole opératoire sûr essentiellement si l'ensemble des paramètres initiaux chirurgicaux ne sont pas connus.

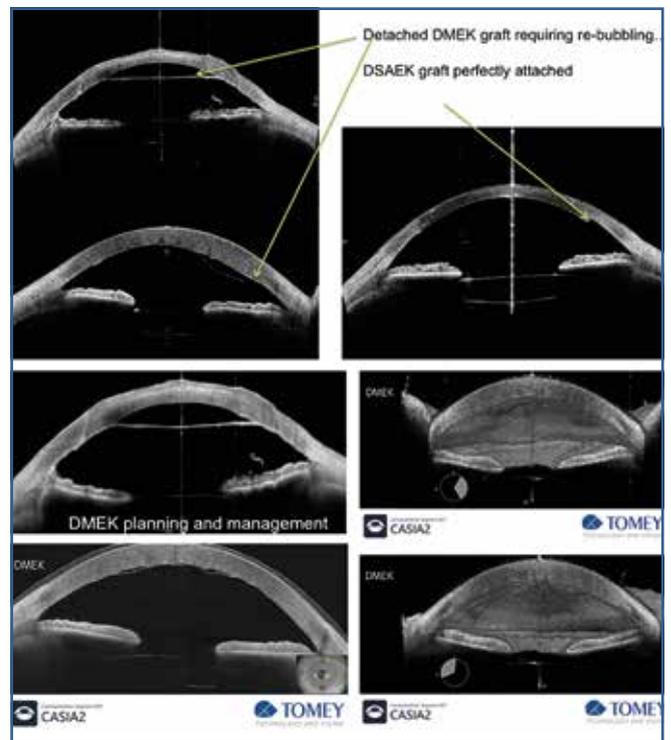


Fig. 12 : Analyse structurale de DMEK, en coupe puis en module volumétrique, sur différents méridiens.

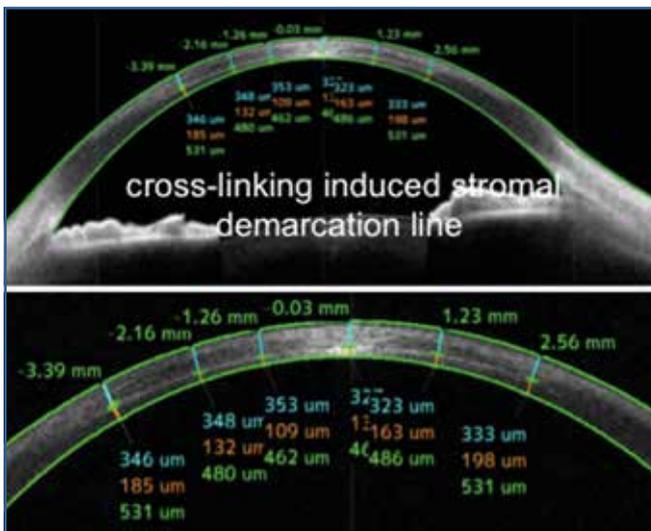


Fig. 10 : Analyse stromale après CXL.

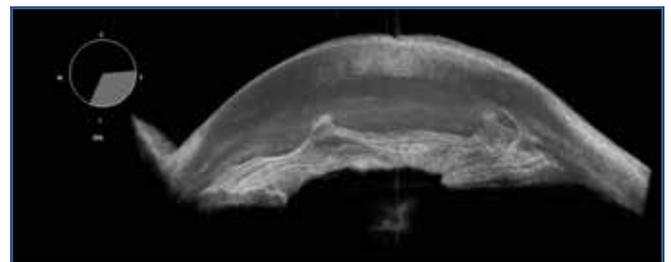


Fig. 13 : Visualisation volumétrique des structures intracamérlaires, présence de synéchies irido-cornéennes, analyse fine par méridien.

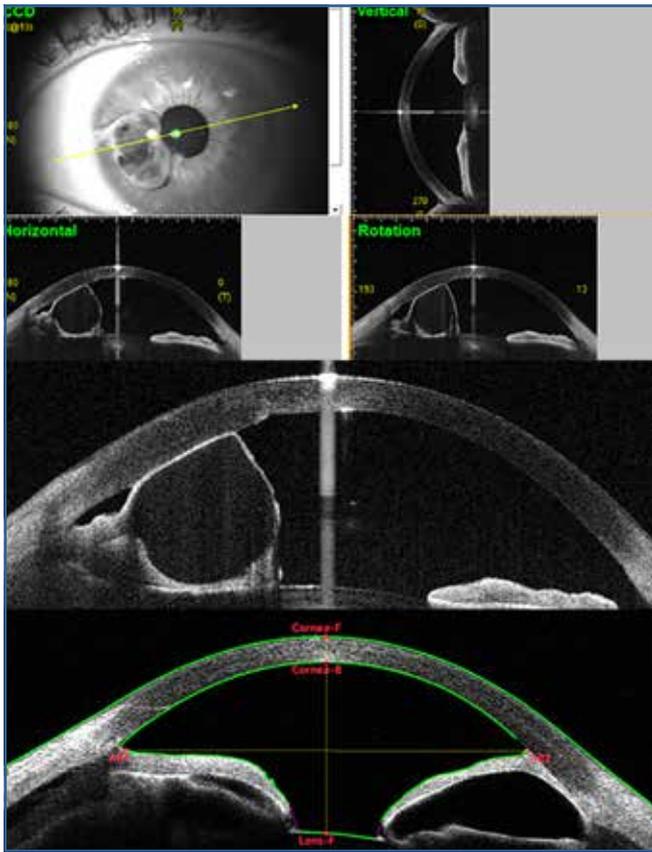


Fig. 14: Analyse de voissures iriennes, recherche de kystes, lésions tumorales iriennes, rétro-iriennes...

■ Cataracte

L'analyse de la face antérieure et postérieure de la cornée nous guide vers la procédure réfractive la mieux adaptée (fig. 15) [10].

La mesure de 5 paramètres primordiaux du cristallin nous offre une prédiction de nos résultats postopératoires.

Les résultats sont obtenus grâce à l'acquisition *Lens Biometry*. Ils permettent l'extrapolation du diamètre cristallinien, de l'épaisseur cristallinienne, des rayons de courbures de la face antérieure et postérieure. La biométrie préopératoire

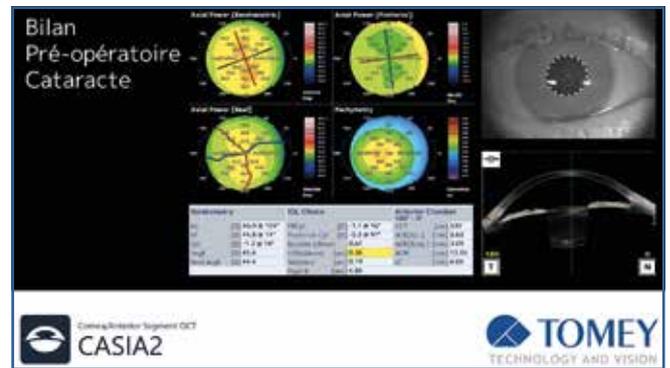


Fig. 15: Bilan préopératoire de cataracte.

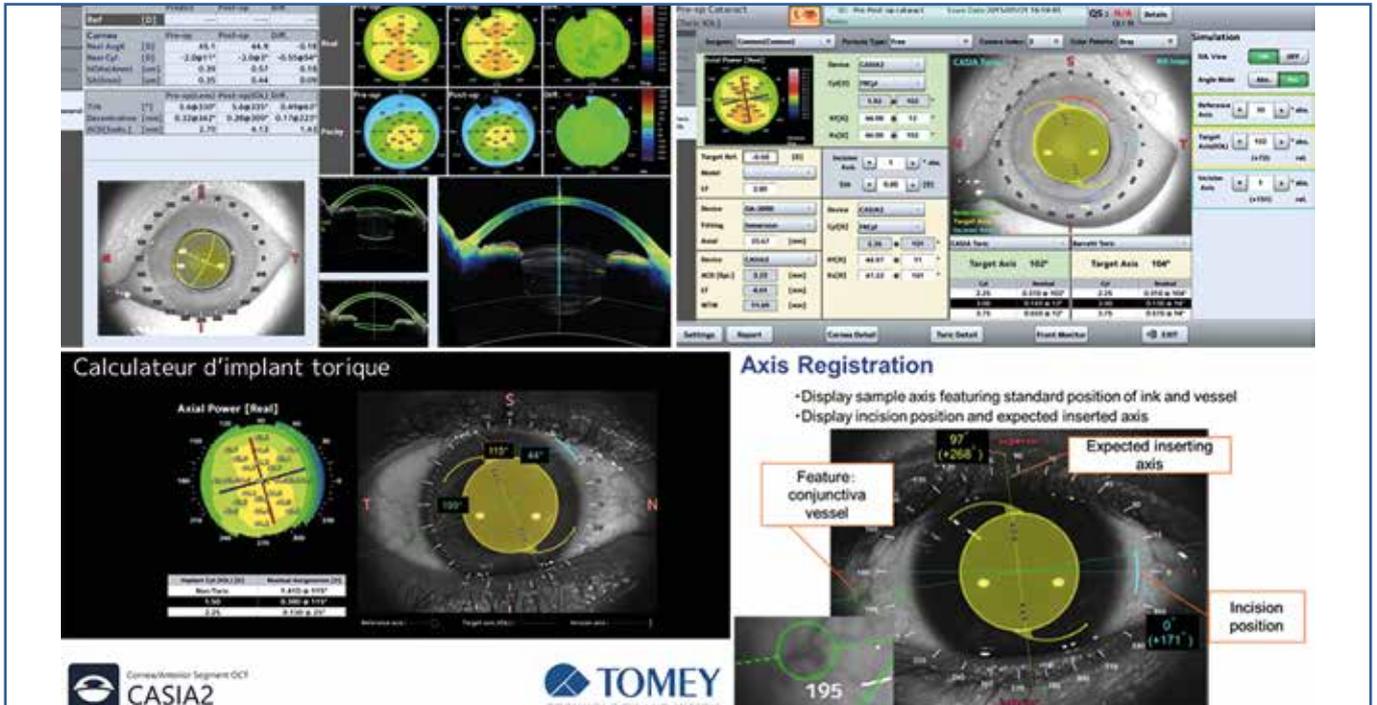


Fig. 16: Bilan préopératoire de chirurgie implantatoire torique.

est possible dans le cadre d'une implantation torique, en revanche cela nécessite l'apport de la longueur axiale par biomètre externe (*fig. 16*). L'appareil mesure le *tilt* cristallinien sur la coupe sélectionnée avec mesures des rayons de courbures antérieurs et postérieurs moyens, du *tilt* cristallinien et du diamètre cristallinien tirés de l'analyse 3D.

L'analyse du *tilt* et du décentrement est précieuse en pré- et postopératoire de chirurgie de la cataracte, et surtout en chirurgie réfractivo-lenticulaire de chirurgie Premium, à la recherche d'une imperfection de résultat réfractif ou d'une simple insatisfaction du patient: *tilt* sur un implant multifocal, torique ou multifocal torique, décentrement observé (*fig. 17 à 19*), modification réfractive dans le temps par fibrose capsulaire progressive ou après capsulotomie au laser Yag, modifiant la puissance réfractive de l'œil opéré. Le Casia peut être une aide précieuse et il peut affiner notre prise en charge médicochirurgicale. L'analyse des astigmatismes induits iatrogènes pourra être cartographiée par positionnement et *tilt* de l'implant. Le Casia, par sa fonction d'analyse du *tilt*, peut être utile en préopératoire de chirurgie Premium afin de renforcer la prédictibilité réfractive postopératoire. Il permet de valider ou non la pose d'un implant Premium (multifocalité). L'angle pantoscopique connu en correction optique par lunettes chez le fort amétrope ne peut qu'ouvrir de nouvelles questions concernant les résultats imparfaits, d'astigmatismes induits, d'insatisfaction du patient, et permettra de répondre à certaines questions d'incompréhension de la qualité de vision postopératoire [11, 12].

L'imagerie en post-chirurgie permet de visualiser clairement et de documenter la qualité des résultats obtenus.



Fig. 17 : Analyse de décentrement de l'implant.



Fig. 18 : Analyse du positionnement en In/Out d'un implant subluxé en chambre antérieure sur *piggy-back* Add On.

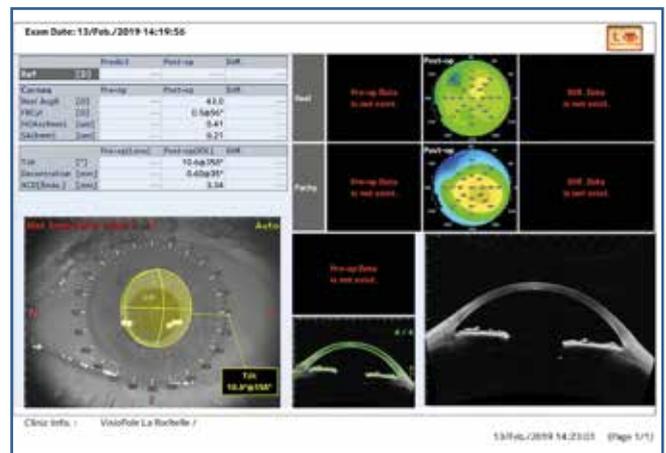


Fig. 19 : Analyse fine du *tilt* de l'implant avec mesure objective de l'angle calculé (exemple : 10,6° à 358°).

II Glaucome

Le Casia2 détecte désormais automatiquement les angles irido-cornéens sur 360° (*fig. 20*). Il les affiche sur une carte détaillée et complète. L'angle peut être analysé en dynamique avec vidéo sur 360° (*fig. 21*). Les mesures des puissances angulaires sont fines avec analyse anatomique (bec de flûte, iris plateau, glaucome pigmentaire... (*fig. 22*) [13, 14].

Les images haute résolution permettent une visualisation de grande qualité des détails.

Il est possible d'analyser l'anatomie conjonctivo-cornéenne (*Bleb Raster*) avec coupes parallèles à l'endroit exactement demandé. La fonctionnalité d'une bulle de filtration peut être évaluée (proche de la qualité UBM), fibrose, enkystement, bulbite... (*fig. 23*).

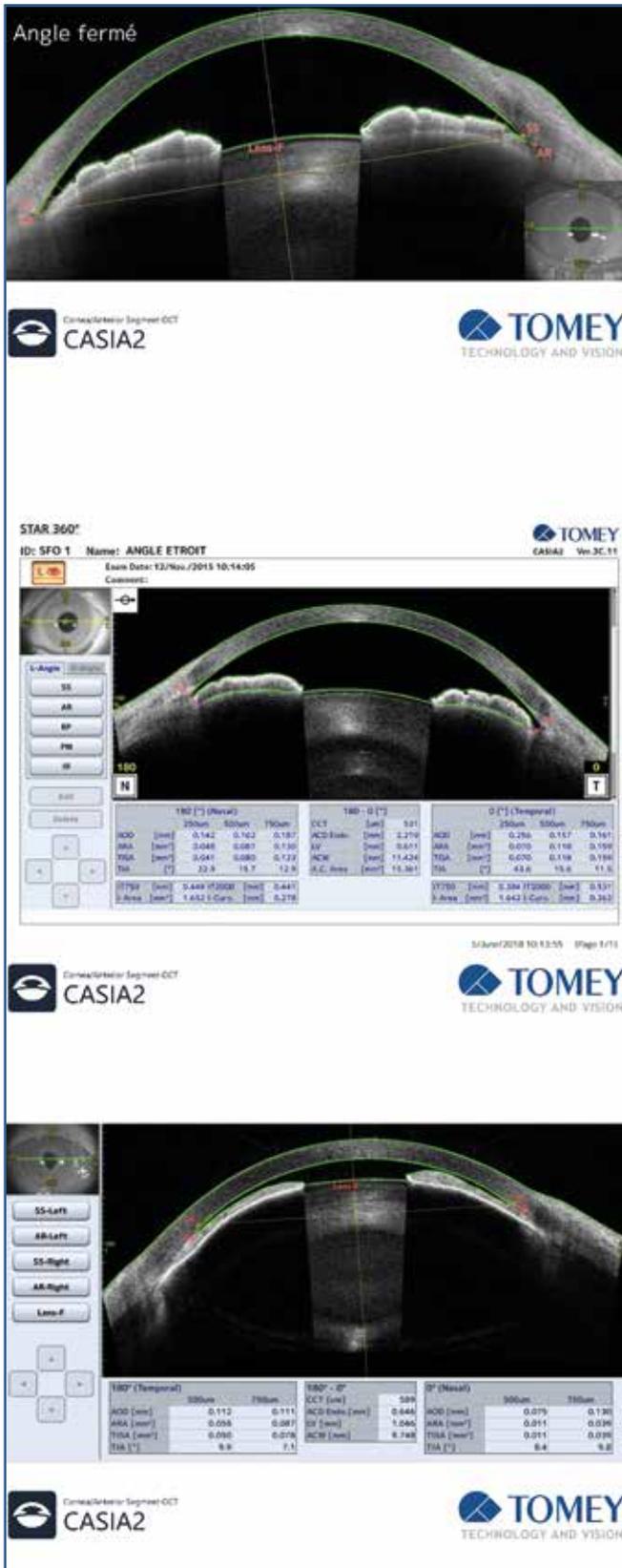


Fig. 20 : Analyse angulaire, profondeur de chambre antérieure.



Fig. 22 : Analyse d'un iris plateau avec étude dynamique Movie.

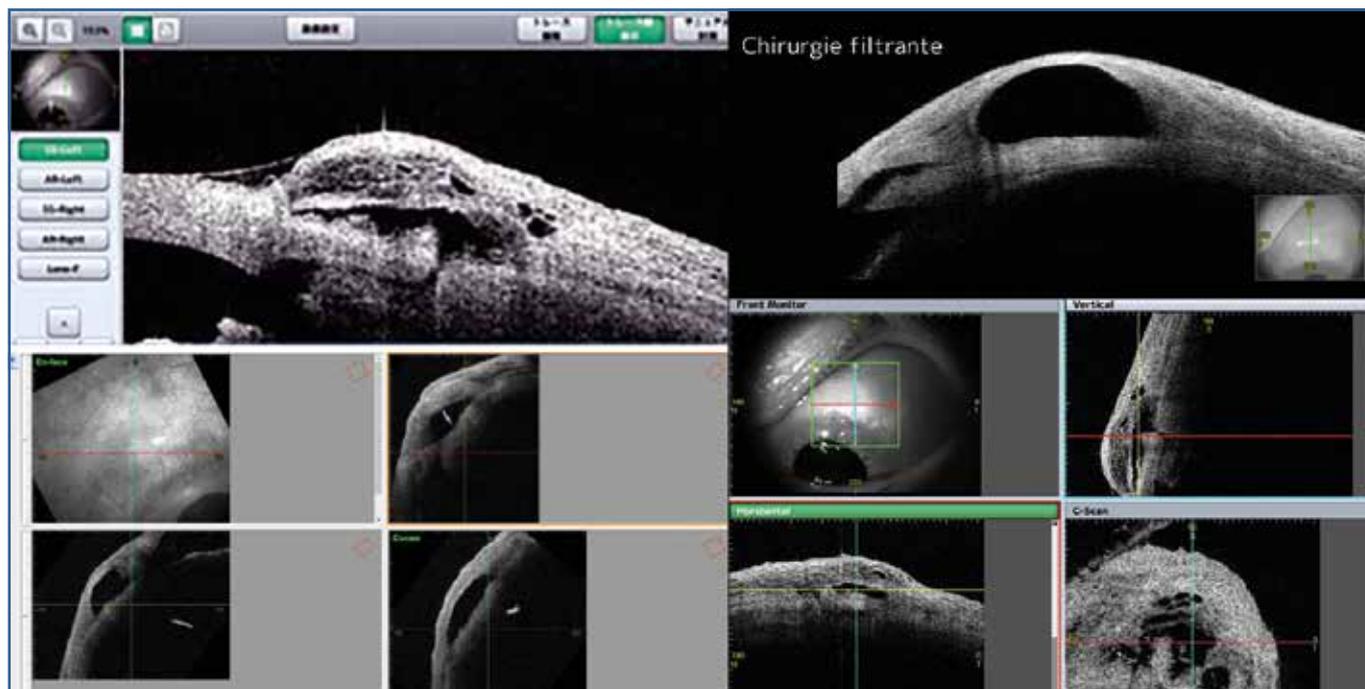


Fig. 23 : Observation de bulles de filtrations, enkystement, bulbite, fibrose...



Fig. 24 : Analyse du positionnement en chambre postérieure d'un implant phaqué ICL Staar avec étude dynamique par Séquence Movie des contraintes lors des clignements.

AAYSE 2D / Analyse 2D AA/3D3D	
Visualisation 3D	Gonioscopique, plan de coupes, rotation, ITC
Cartes	<ul style="list-style-type: none"> ● Puissance axiale (antérieure, postérieure, réelle) ● Réfractive (kératométrique, antérieure) ● Puissance instantanée ou tangentielle (kératométrique, antérieure, postérieure, réelle) ● Élévation (antérieure, postérieure) ● Pachymétrie (cartographie, sectorielle) ● Épithélium ● Profondeur de chambre antérieure (endothélium) ● OCT (horizontal/vertical) ● Excentricité (antérieure, postérieure) ● BFS (antérieure, postérieure)
Fonctions d'analyse	<ul style="list-style-type: none"> ● Analyse du cristallin ● Analyse de progression ● Analyse préopératoire cataracte ● Analyse postopératoire cataracte ● Calcul d'implant (attention : la longueur axiale doit être mesurée à partir d'un autre système) ● Vue gonioscopique ● Rotation ● Analyse des angles irido-cornéens ● Épaisseur cornéenne centrale ● Profondeur de chambre antérieure ● Épaisseur de capot ● Topographie ● Accommodation ● Analyse de Fourier ● Dépistage ectasie cornéenne ● Film
Exportation vidéo	<ul style="list-style-type: none"> ● Rotation 2D, C-Scan, 3D.

Tableau I.

■ Implant phaqué et chirurgie additive

L'analyse du volume de chambre antérieure, de la précision de calcul pachymétrique, du calcul fin de la profondeur de chambre antérieure (endothélium-cristalloïde antérieure) ainsi que la précision du *sizing* avec évaluation du diamètre blanc à blanc permet d'affiner l'éligibilité ainsi que le calcul de la puissance de l'implantation phaqué.

Une version *bêta* avec un logiciel ICL Sizing est en cours de validation. Le module Séquence Movie autorise l'observation des contraintes d'un implant au sein du segment antérieur. L'analyse peut être en photopique et scotopique (**fig. 24**).

■ Récapitulatif

Il est présenté dans le **tableau I**.

BIBLIOGRAPHIE

- ADIL EL MAFTOUHI. OCT et sécheresse oculaire. *Les Cahiers d'Ophtalmologie*, 2019;225:50-54.
- SHINZAWA M, DOGRU M, MIYASAKA K *et al.* Application of CASIA SS-1000 Optical Coherence Tomography Tear Meniscus Imaging in Testing the Efficacy of New Strip Meniscometry in Dry Eye Diagnosis. *Eye Contact Lens*, 2018;44 Suppl 1:S44-S49.
- ZHENG X, KAMAO T, YAMAGUCHI M *et al.* New method for evaluation of early phase tear clearance by anterior segment optical coherence tomography. *Acta Ophthalmol*, 2014;92:e105-111.
- CHAN TCY, BISWAS S, YU M *et al.* Comparison of corneal measurements in keratoconus using swept-source optical coherence tomography and combined Placido-Scheimpflug imaging. *Acta Ophthalmol*, 2017;95:e486-e494.
- STEINBERG J, CASAGRANDE MK, FRINGS A *et al.* Screening for Subclinical Keratoconus Using Swept-Source Fourier Domain Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Cornea*, 2015;34:1413-1419.
- SCHRÖDER S, MAÜRER S, EPPIG T *et al.* Comparison of Corneal Tomography: Repeatability, Precision, Misalignment, Mean Elevation, and Mean Pachymetry. *Curr Eye Res*, 2018;43:709-716.
- XU BY, MAI DD, PENTEADO RC *et al.* Reproducibility and Agreement of Anterior Segment Parameter Measurements Obtained Using the CASIA2 and Spectralis OCT2 Optical Coherence Tomography Devices. *J Glaucoma*, 2017;26:974-979.
- GATINEL D. Eye rubbing: a sine qua non for keratoconus? *Int K Kerat Ect Cor Dis*, 2016;5:6-12.
- SZALAI E, NÉMETH G, HASSAN Z *et al.* Noncontact Evaluation of Corneal Grafts: Swept-Source Fourier Domain OCT Versus High-Resolution Scheimpflug Imaging. *Cornea*, 2017;36:434-439.
- Prix Joseph Colin communication orale. Dr Karine HAWA: Mesure des rayons de courbure du cristallin par OCT Swept Source Casia2 (Tomey), Prix Safir 2018.
- NERI A, RUGGERI M, PROTTI A *et al.* Dynamic imaging of accommodation by swept-source anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:501-510.
- PEYRE C, GARDON P, MEILLON JP. Attention au changement de monture chez le fort myope ! *Cahiers d'Ophtalmologie*, 2016;204:13-14.
- CROWELL EL, BAKER L, CHUANG Az *et al.* Characterizing Anterior Segment OCT Angle Landmarks of the Trabecular Meshwork Complex. *Ophthalmology*, 2018;125:994-1002.
- ANGMO D, NONGPIUR ME, SHARMA R *et al.* Clinical utility of anterior segment swept-source optical coherence tomography in glaucoma. *Oman J Ophthalmol*, 2016;9:3-10.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.