

## Rétine et glaucome : ce qui va changer pour vous en OCT

Otman Sandali

**L**a tomographie en cohérence optique (OCT, Optical Coherence Tomography), est une technique non invasive d'imagerie qui permet d'obtenir *in vivo* des images en coupe optique de la rétine. Sa découverte a constitué une avancée majeure en ophtalmologie permettant une meilleure compréhension et prise en charge des maladies rétinienne. Elle est également de plus en plus utilisée dans la pathologie glaucomateuse grâce à la mesure de l'épaisseur de la couche des fibres optiques et des cellules ganglionnaires. Son champ d'utilisation s'étend actuellement à l'exploration de la cornée, la choroïde, la sclère et notamment dans le domaine de la recherche. Le symposium organisé par Carl Zeiss Meditec pendant la SFO 2012, présidé par le Pr J.-F. Korobelnik, a permis de développer les principes des nouvelles avancées de l'OCT ainsi que leurs applications cliniques en pathologie rétinienne et glaucomateuse.

### Du Time Domain au Spectral Domain

Depuis les premières images du prototype parues dans *Science* en 1991, plusieurs machines ont été commercialisées. Le premier appareil d'OCT (OCT 1) l'a été fin 1996 par Humphrey Instruments (San Leandro, Californie) avec une résolution de 10 µm. L'OCT 2 et surtout l'OCT 3 (Stratus OCT, Carl Zeiss Meditec) a amélioré la qualité des images avec une résolution de 8 µm.

Actuellement, les machines fonctionnant selon le mode du *Spectral Domain* (SD), qui repose sur la formule mathématique de Fourier, ont pris la place du Stratus (*Time Domain*, TD), apportant plusieurs progrès majeurs :

- plus grande vitesse d'acquisition des données, 50 à 100 fois celle du TD, ce qui permet une multiplication des coupes (de quelques dizaines à plus de 200), une possibilité de reconstruction 3D et une diminution des artefacts liés aux mouvements ;
- meilleure résolution axiale (3 à 7 µm) et transversale (plus de 4 000 scans/coupe). Les images obtenues actuellement avec les appareils récents de type SD sont comparables aux coupes histologiques ;
- modification des modes de cartographie maculaire avec la possibilité de « segmentation » par couches ;
- possibilité d'effectuer des sommations d'images, ce qui permet une augmentation du rapport signal/bruit et une amélioration de la qualité des images ;
- colocalisation des coupes sur l'image du fond d'œil grâce au couplage à des systèmes de Doppler, SLO, caméra non mydriatique ;
- et placement automatique du cercle péripapillaire pour

Service du Pr Laroche, CHNO des Quinze-Vingts, Paris

l'analyse de la couche des fibres nerveuses rétinienne (CFNR), permettant une meilleure reproductibilité des mesures, ainsi que la mesure du complexe cellulaire ganglionnaire (CCG) en zone maculaire grâce à la détection automatique de la fovéa.

### La nouvelle technologie de l'OCT « en face » dans les pathologies rétinienne

Le Pr J.-F. Korobelnik a développé les principes de l'OCT « en face » permettant un balayage frontal qui s'adapte au contour de la forme paraboloidale de l'épithélium pigmentaire et en suivant la concavité du pôle postérieur de l'œil. Ces balayages sont placés à une profondeur constante de l'épithélium dans la rétine ou dans la choroïde tout en restant parallèles à l'épithélium pigmentaire. Cette innovation permet d'étudier séparément chaque couche de la rétine et constitue un apport très important en complément des images obtenues par les B-scans classiques. Le Cirrus™ HD-OCT de Zeiss est l'un des deux appareils OCT-SD qui disposent actuellement de cette technologie en face. Les images obtenues constituent une nouveauté pour tout clinicien et sont plus complexes à interpréter par rapport aux coupes classiques antéro-postérieures. Cependant, la courbe d'apprentissage est rapide et les aspects des images en face dans les différentes pathologies rétinienne sont en cours de définition dans plusieurs études.

### Applications cliniques des OCT en face dans les pathologies rétinienne

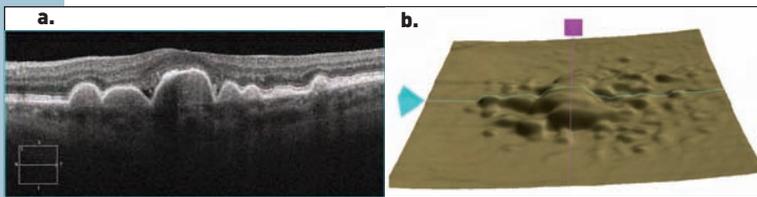
Les études cliniques ont démontré l'intérêt de l'OCT en face dans de nombreuses pathologies rétinienne : il permet d'évaluer le diamètre des lésions et de visualiser les patho-

logies de l'interface vitréo-rétinienne, des couches rétiniennes et choroïdiennes. Le Pr J.-F. Korobelnik a montré à travers plusieurs exemples l'intérêt de ces coupes frontales dans les pathologies de la rétine médicale.

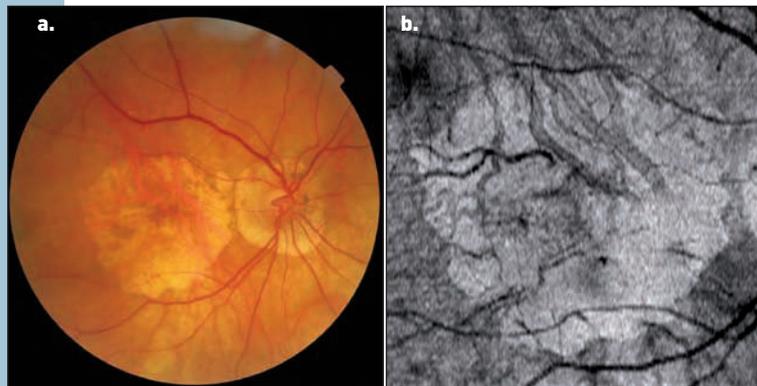
Dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), les balayages en face du décollement de l'épithélium pigmentaire (DEP) permettent l'étude de sa forme, de ses dimensions et de sa paroi qui apparaît épaisse et irrégulière.

Le Cirrus™ HD-OCT permet la mesure de la surface des drusen maculaires et des zones d'atrophies maculaires centrales ; ils sont d'un grand apport pour le suivi des patients et aussi pour les travaux de recherche, notamment dans la prévention de la DMLA (figures 1 et 2).

Dans les chorioretinopathies séreuses centrales, les scans en face permettent d'étudier les dimensions du décollement séreux rétinien et montrent un aspect régulier lisse et fin de la paroi du DEP contrairement à ce qu'on observe lors d'une DMLA.



**Figure 1.** a. Coupe OCT antéropostérieure montrant des drusen confluents. b. L'OCT en face passant par la couche de l'épithélium pigmentaire permet une cartographie plus précise des drusen maculaires (avec l'aimable autorisation du Pr J.-F. Korobelnik).



**Figure 2.** a. Photographie du fond d'œil d'une patiente souffrant d'une DMLA atrophique. b. Zone d'atrophie bien individualisée sur l'OCT en face (avec l'aimable autorisation du Pr J.-F. Korobelnik).

## Dans les œdèmes maculaires et la pathologie rétinienne chirurgicale

Le Pr R. Tadayoni a montré l'intérêt de l'OCT en face dans l'étude des œdèmes maculaires et dans la pathologie rétinienne chirurgicale.

Dans la rétinopathie diabétique, les images en face sont importantes pour étudier le type d'œdème maculaire (diffus ou cystoïde) et des exsudats maculaires.

Dans l'étude de l'interface vitréo-rétinienne, les images en face utilisant le profil ILM (membrane limitante interne) permettent de mieux comprendre la dynamique des tractions à la surface de la rétine lors des syndromes de tractions vitréo-rétiniennes, des trous et membranes maculaires. Ces images sont d'un apport très important car elles permettent le diagnostic différentiel entre un pseudo trou maculaire lié à une membrane épitrétiennne et un trou lamellaire débutant, ce qui a une vraie implication dans la décision chirurgicale. Après chirurgie maculaire, il est possible de quantifier lors des visites de contrôle le relâchement des tractions rétinienne. Un aspect de dissociation de fibres bien visible sur les images en face témoigne de l'ablation de la membrane limitante interne et précise l'étendue de sa dissection.

Les indications de l'OCT en face sont de plus en plus nombreuses et en cours d'évaluation dans diverses pathologies rétiniennes et la place de cette nouvelle technologie s'impose comme un complément important aux images B-scans standard.

## Nouveautés de l'OCT dans le glaucome

### Mesure de la couche des fibres nerveuses rétiniennes péripapillaires et analyse structurale du nerf optique

Le Pr J.-F. Rouland a montré l'intérêt de l'OCT-SD dans l'étude structurale du nerf optique et de la CFNR dans le diagnostic précoce et le suivi du glaucome.

Parmi les nouveaux OCT-SD, le Cirrus™ HD-OCT permet un placement automatique du cercle d'analyse de la CFNR autour de la papille. Cela se fait grâce au repérage par la machine de la zone de rupture de l'épithélium pigmentaire sur de multiples coupes permettant un positionnement précis du centre du nerf optique. Ils permettent une analyse précise de la CFNR et peuvent déceler une atteinte glaucomateuse précoce au stade préperimétrique. La fonction *Autocenter™* positionne automatiquement un cercle de 1,73 mm de rayon autour du disque pour un placement précis et des analyses reproductibles et fiables. Le même appareil réalise un balayage de coupe d'environ 40 000 A-scans sur un cube de 6 mm de côté pour une étude structurale précise du nerf optique. Les fibres atteintes plus précocement sont les fibres temporales inférieures et temporales supérieures. En comparant la variation de l'épaisseur des CFNR et les dimensions de l'anneau neurorétinien, les OCT-SD apportent des renseignements précis par rapport à l'évolution de la maladie glaucomateuse.

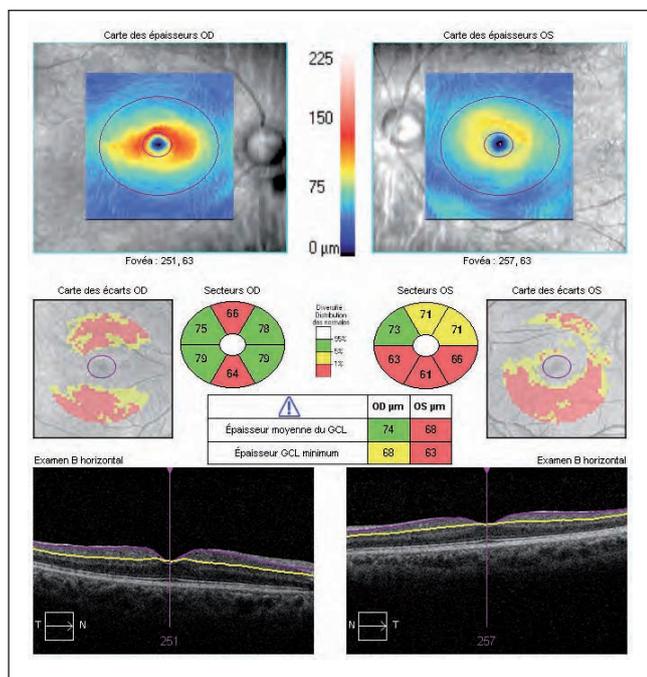
### Mesure du complexe cellulaire ganglionnaire

Le Pr J.-P. Renard a expliqué les principes de mesure ainsi que l'intérêt clinique de l'étude du complexe cellulaire ganglionnaire (CCG).



L'OCT-SD est capable de mesurer l'épaisseur du CCG (*figure 3*) qui comprend les trois couches les plus internes de la rétine : CFNR maculaire (axones des CG), couche des CG (corps cellulaires) et couche plexiforme interne (dendrites des CG). Il représente 30 à 35 % de l'épaisseur maculaire totale. Le CCG possède une hyperréflexivité plus importante que celle des cellules bipolaires permettant facilement de les répertorier en OCT par voie logicielle. Dans un cube de 6 mm de côté, le Cirrus™ HD-OCT permet de réaliser un protocole de 200 x 200 scans. L'étude du CCG permettrait de diagnostiquer 9 % de glaucomes périmétriques et 11 % de cas pré-périmétriques non détectés par la mesure de la CFNR. Si les altérations périphériques glaucomateuses sont bien connus grâce au champ visuel et à l'analyse des fibres optiques de la papille, les atteintes centrales sont plus difficiles à appréhender car le champ visuel standard est longtemps rassurant. Il est important de rappeler qu'un glaucome sur dix s'accompagne d'une atteinte centrale prépondérante, d'où l'importance d'une étude précise de ce CCG qui peut déceler une atteinte anatomique avant l'apparition d'un scotome juxtafovéolaire et d'une baisse de vision centrale irréversible.

Le protocole classique d'analyse de la CFNR permet de détecter les déficits précoces des faisceaux supérieurs, inférieurs, nasaux et temporaux, mais il est moins performant dans l'étude de l'atteinte du faisceau papillo-maculaire. Il y a donc une complémentarité entre l'analyse des fibres du nerf optique pour les atteintes périphériques et l'analyse du CCG pour les formes à atteintes centrales, les plus dangereuses.



**Figure 3.** Analyse des cellules ganglionnaires : Macular Cube 512 x 128.

L'étude du complexe GCA (couche des cellules ganglionnaires + couche plexiforme interne) excluant la couche des fibres nerveuses a montré dans des études récentes une très grande sensibilité à détecter un glaucome très précoce supérieure à celle de l'étude des fibres nerveuses et à l'analyse automatisée des paramètres de la structure du nerf optique.

Dans les glaucomes évolués, l'analyse des fibres optiques est incapable de suivre l'évolution des fibres optiques car leur atteinte est très avancée et subit un effet plancher maximal. L'analyse du complexe GCA chez ce type de patients permettrait de réaliser un suivi de façon plus précise. D'autres indications sont en cours de validation, notamment chez les myopes forts, les dysversions papillaires et les atrophies parapapillaires chez qui l'analyse des fibres optiques est très difficile.

L'étude du complexe GCA va sans doute s'imposer comme un examen important dans les explorations structurales chez les patients glaucomateux en complément de l'analyse des fibres du nerf optique, en décelant les formes très précoces et les formes avec menace d'atteinte maculaire, ce qui modifiera en fonction des cas notre attitude thérapeutique en intensifiant le traitement médical ou en proposant une chirurgie filtrante.

### La connectivité grâce à Forum®

Le diagnostic clinique précis en ophtalmologie repose sur plusieurs faisceaux d'arguments à partir d'examen paracliniques qui sont actuellement de plus en plus nombreux. Le Pr A. Bron a souligné l'importance d'une connectivité informatique telle que le réseau Forum® permettant de les rassembler pour faciliter leur interprétation et leur comparaison. Toutes les données cliniques et paracliniques pertinentes sont intégrées sous une forme numérique complète, centralisée et automatique, sans format papier. Cette plate-forme permet d'améliorer le flux de travail, qu'il s'agisse d'un établissement public ou d'un cabinet ainsi qu'au bloc opératoire, et permet de gagner un temps important à chaque consultation et de consacrer plus de temps aux patients.

L'autre caractéristique importante de ce réseau est son évolutivité en fonction des besoins de chaque établissement quel que soit sa taille. Il exploite la norme médicale DICOM, mondialement reconnue et il peut s'adapter aux logiciels informatiques existants et à venir...

### Conclusion

L'OCT-Spectral Domain constitue le standard en 2012 permettant d'avoir des images de résolution comparable aux coupes histologiques. Le développement de nouveaux logiciels en rétinologie (image en face) et en glaucome (étude automatisée du nerf optique et du complexe cellulaire ganglionnaire) permettent de nouvelles analyses intéressantes qualitatives et quantitatives améliorant la prévention, le diagnostic, la prise en charge et le suivi des patients.