



OCT pour le diagnostic d'un glaucome

Muriel Poli

La tomographie en cohérence optique, dite OCT, est devenue incontournable pour le diagnostic d'un glaucome. Cependant, si objective soit-elle, sa réalisation reste opérateur-dépendante et son interprétation prudente doit se confronter à un faisceau d'arguments diagnostiques. Nous vous proposons ici de décrire les anomalies caractéristiques de la maladie glaucomateuse et d'identifier les pièges diagnostiques les plus fréquents. L'OCT de segment antérieur et l'angio-OCT, bien qu'utiles au diagnostic du glaucome, seront traitées séparément.

Le glaucome se définit par une neuropathie optique progressive où des anomalies caractéristiques de la papille s'associent à une altération subséquente du champ visuel (CV) [1]. En mesurant de façon objective et quantitative l'épaisseur du tissu ganglionnaire rétinien, l'OCT permet d'identifier des déficits glaucomateux et d'en définir la localisation et la profondeur, notamment dans les formes les plus précoces de la maladie (glaucome préperimétrique). Elle a ainsi détrôné l'usage des périmétries non conventionnelles telles que le CV bleu-jaune. De même, au décours du suivi d'un patient hypertone, la détérioration d'une papille jugée « normale » permettra d'identifier les patients les plus à risque de conversion glaucomateuse. Cette anticipation diagnostique pourrait permettre d'optimiser la prise en charge thérapeutique (traitement plus ciblé et plus précoce) et d'améliorer le pronostic fonctionnel de la maladie.

OCT des fibres rétiniennes péripapillaires

L'OCT des fibres rétiniennes péripapillaires, ou *Retinal Nerve Fiber Layer* (RNFL), mesure l'épaisseur de la couche des fibres nerveuses rétiniennes (FNR) péripapillaires qui correspondent aux axones des cellules ganglionnaires rétiniennes. Leur trajet est centripète, avec une organisation en faisceaux (*bundles*) autour des arcades vasculaires temporales. Il mesure également le tissu glial et les vaisseaux sanguins de la rétine interne, qui ne disparaissent pas au cours de la maladie glaucomateuse.

Centre ophtalmologique Pôle Vision Val d'Ouest, Écully ; CHU Lyon-Sud, Pierre-Bénite.

Plusieurs paramètres sont extrapolés à partir de cette mesure : RNFL moyen, RNFL par quartiers, RNFL par quadrants horaires, symétrie entre les 2 yeux.

La carte TSNIT correspond à un déroulé du cercle RNFL mesuré (Temporal, Supérieur, Nasal, Inférieur, Temporal) présenté au sein de la base normative de l'appareil (*figure 1*). Plus récemment, le rapport de Hood (OCT Triton®, Topcon) présente cette même courbe sur une carte NSTIN : la zone temporelle de vulnérabilité étant ainsi au centre de la courbe.

Les cartographies d'épaisseur de la couche des FNR ainsi que les cartes de déviation colorimétriques sont particulièrement intéressantes. Certains logiciels d'analyse établissent également une cartographie d'épaisseur couplée RNFL et CGM (OCT Triton®, Topcon) (*figure 2*).

Valeurs chez le sujet normal

L'épaisseur moyenne normale du paramètre RNFL est comprise entre 89,8 et 113 µm selon les appareils de mesure utilisés. Elle se répartit sous la forme d'une double bosse correspondant à 2 paquets vasculonerveux temporaux supérieur et inférieur (*figure 1 haut*). Les valeurs obtenues sont comparées à une base de données normative réalisée à partir de plusieurs centaines de patients considérés comme sains et ajustée à l'âge, l'ethnie (caucasiens) et à la réfraction (emmétropes).

Un score de probabilité permet d'extrapoler un code couleur comme suit :

- vert : il y a 95% de probabilité que la valeur soit normale ;
- jaune : la probabilité de normalité est inférieure à 5% ;
- rouge : la probabilité de normalité est inférieure à 1% (*figure 1 haut*).

Une perte d'environ un tiers des tissus est nécessaire

avant qu'un patient ne tombe en dehors de la fourchette normale [2]. Ainsi, le CV peut s'altérer avant l'OCT, car un OCT « riche en fibres » peut rester dans la normalité malgré la perte significative de filaments : c'est la classique dissociation structure-fonction (figure 3).

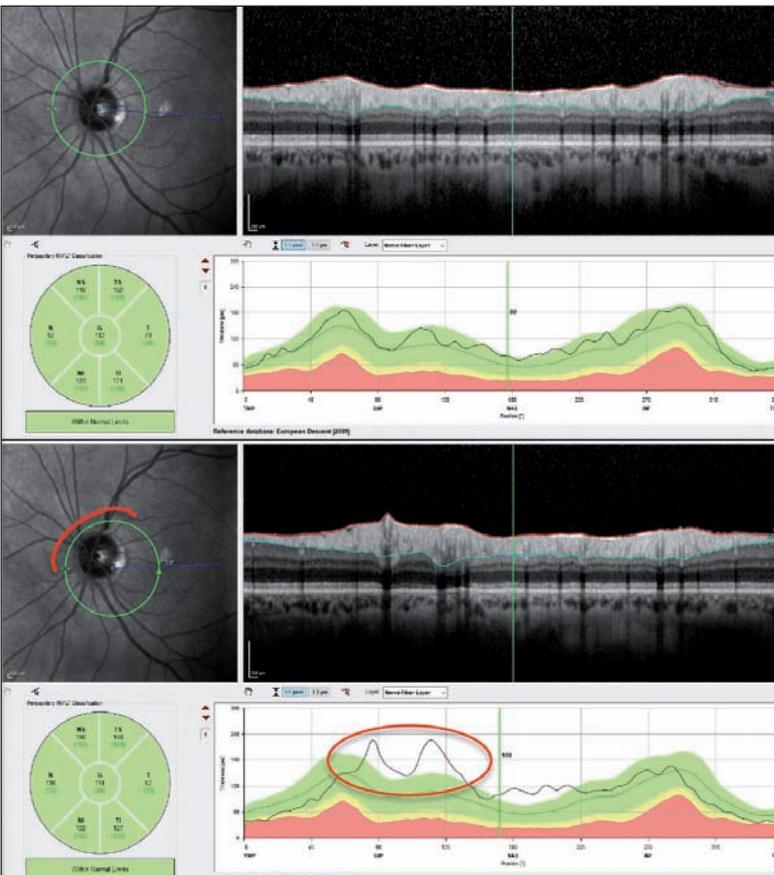
Facteurs de variations physiologiques

L'âge s'associe à un amincissement physiologique de l'épaisseur des FNR estimé entre 0,2 et 0,5 µm/an

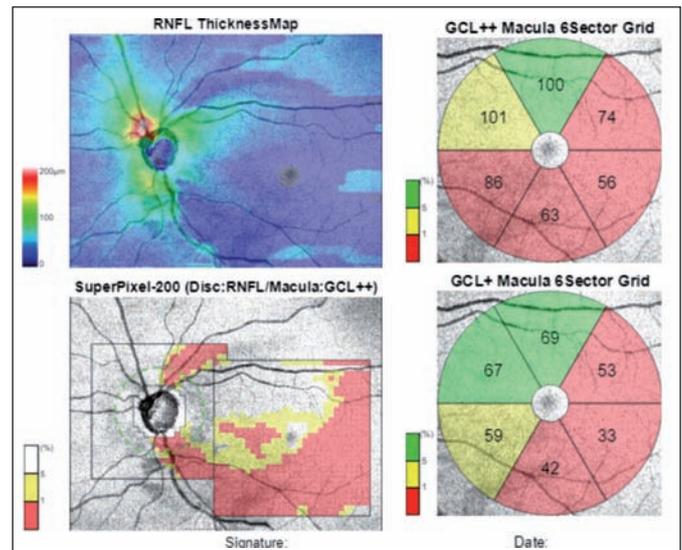
(2-5 µm/10 ans) qui doit être différencié d'une authentique progression.

Taille du disque optique : l'épaisseur RNFL diminue à mesure que l'on s'éloigne des bords du canal optique. Le RNFL est donc moindre pour les petites papilles et, à l'inverse, majoré pour les grandes papilles.

Longueur axiale (LA) : dans un œil emmétrope, un B-scan de 12° par rapport à l'apex du globe oculaire se projette



▲ **Figure 1.** Haut. OCT RNFL normale (de haut en bas et de gauche à droite) : photographie infrarouge de la papille permettant d'apprécier le bon centrage du cercle d'analyse (vert) et repérage de l'axe fovéa-nerf optique (bleu), déroulé de l'OCT B-scan (segmentation), moyennes d'épaisseur par quadrant et moyenne (G), rapport TSNIT : aspect en double bosse correspondant aux paquets vasculo-nerveux temporaux supérieur et inférieur. Bas. Même patient avec mauvais centrage de l'acquisition : en rouge, surestimation de l'épaisseur RNFL à mesure que l'on se rapproche de la papille et inversement (OCT Spectralis, Heidelberg).



▲ **Figure 2.** Cartographie d'épaisseur couplée RNFL et GCM (OCT Triton®, Topcon).

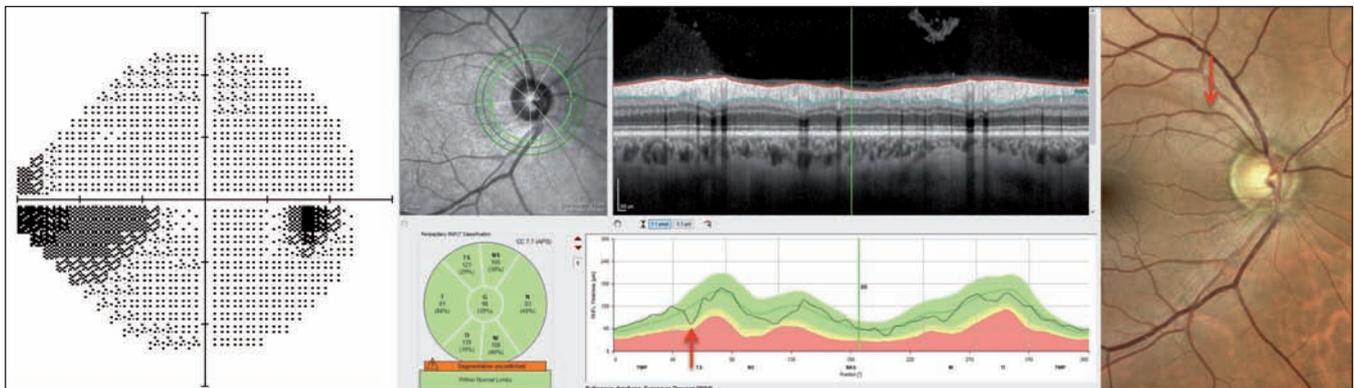


Figure 3. Dissociation structure-fonction : le CV met en évidence un déficit inférieur débutant concordant avec le déficit fasciculaire visible au fond d'œil alors que l'OCT est dans la norme (OCT Spectralis, Heidelberg).

Dossier

à une distance de **3,46 mm** à partir du centre du canal optique (meilleures capacités diagnostiques et de reproductibilité). Par un effet de magnification optique, plus la LA est grande, plus cette projection sera éloignée du centre de la papille (RNFL réduit en cas de myopie) et, à l'inverse, plus la LA axiale est courte (hypermétropie), plus le RNFL sera élevé car la projection du B-scan sur la rétine sera plus proche du canal optique.

L'épaisseur des FNR varie entre les **groupes ethniques** et certains OCT proposent des valeurs normatives stratifiées par ethnies.

Après une **chirurgie de la cataracte**, la RNFL et la puissance du signal augmentent de 9,3 et 24,1% respectivement [3].

Qualité de l'examen

Les acquisitions ou segmentations imparfaites des OCT sont une cause extrêmement fréquente de fausses anomalies et doivent donc être recherchées de façon systématique et minutieuse. Elles concerneraient presque la moitié de nos examens [4] et résultent de plusieurs causes.

- **Mauvais centrage de l'acquisition à l'origine de faux négatifs et/ou faux positifs** (figure 1 bas). L'épaisseur RNFL augmente à mesure que l'on se rapproche du nerf optique et inversement. Cet artefact concernerait 27,8% des OCT papillaires [4]. Certains OCT-SD proposent une détection automatique du cercle péripapillaire, ce qui augmente la reproductibilité des examens en les rendant moins opérateur-dépendants.

- **Faible puissance du signal** (Signal Strength [SS] ou Signal Strength Index [SSI]). Par exemple : pour OCT-SD Cirrus : <6/10. Les causes sont multiples – opacité des milieux (cataracte, corps flottants, etc.), myosis, implants multifocaux diffractifs, etc. –, et entraînent des erreurs de segmentation.

- **Artefacts de mouvement et cyclotorsion**. Les artefacts de mouvement sont devenus rares grâce aux systèmes de contrôle de la fixation dits « *eye tracker* », présents sur la quasi-totalité des OCT. Les **cyclotorsions** peuvent affecter l'analyse et le suivi des OCT papillaires, car elles sont à l'origine d'un décalage latéral de la courbe en double bosse. On rapprochera de cet artefact les anomalies de positionnement de la macula par rapport au nerf optique, très fréquentes et source également de décalage latéral de la courbe RNFL. Le système de **positionnement anatomique (APS)** – technologie « *fovea-to-disc* » – développé par Heidelberg repose sur le repérage initial de l'axe fovéa-TNO (figure 1 haut). L'analyse RNFL est donc individualisée, orientée en tenant compte de cette angulation. De même, au cours des acquisitions ultérieures,

les examens sont comparés sur la base de la même angulation fovéa-TNO dans le but de compenser une éventuelle cyclotorsion.

- **Erreurs de segmentation**. Elles sont **extrêmement fréquentes et doivent donc être systématiquement recherchées sur le B-scan**. Elles peuvent résulter d'un clignement ou de saccades, d'un défaut d'alignement, d'une mauvaise focalisation, d'un manque de réflectivité (cf. supra), de membranes épitréiniennes, de tractions vitréomaculaires, d'une choroïdose myopique ou d'une atrophie péripapillaire, d'un staphylome myopique, etc.

Déficits glaucomateux

Les déficits glaucomateux surviennent en très grande majorité de **façon sectorielle**, dans le **secteur temporel inférieur et supérieur** qui correspond aux zones de susceptibilité au glaucome. **L'atteinte inférieure** est plus fréquente, elle correspond à la zone de vulnérabilité décrite par Hood. Une atteinte de ces secteurs présente une **forte valeur sémiologique** et la recherche de ces schémas de perte typiques améliore grandement la performance diagnostique de ces tests. Si les déficits plus diffus peuvent être constatés au décours de très fortes poussées d'hypertonie oculaire, ils sont souvent à rapporter aux neuropathies optiques ischémiques, inflammatoires, dégénératives, toxiques, compressives ou traumatiques. Une pâleur papillaire et une baisse de vision viendront étayer ces diagnostics différentiels de glaucome.

De même, un glaucome débutant par une atteinte structurelle nasale est rare, tandis que ce secteur est souvent affecté par les dysversions papillaires myopiques.

OCT du complexe ganglionnaire maculaire ou Ganglion Cell Complex

L'analyse OCT du complexe ganglionnaire maculaire (CGM) ou *Ganglion Cell Complex* (GCC), dite GCA (*Ganglion Cell Analysis*), correspond à la mesure de l'**épaisseur du tissu ganglionnaire rétinien en regard de l'aire maculaire**. Cette technique présente l'originalité d'analyser les autres constituants de la cellule ganglionnaire rétinienne tels que leur corps cellulaire (couche des cellules ganglionnaires rétinienne ou *Ganglion Cell Layer*), ainsi que leur arborescence dendritique proximale (couche plexiforme interne ou *Inner Plexiform Layer*). Le complexe **GCIPL** (*Ganglion Cell + Inner Plexiform Layers*) est constitué de la couche des cellules ganglionnaires et de la couche plexiforme interne. Il ne prend pas en compte l'épaisseur de la couche des FNR qui présente de fortes variations interindividuelles au niveau maculaire. **Cette zone anatomique est moins susceptible de variations anatomiques**

Dossier

que celle de la papille (dysversions, variation de la taille du nerf optique, atrophie péripapillaire, etc.).

L'acquisition se fait à partir d'un cube de 6 × 6 à 9 × 12 mm sur 2 mm de profondeur centré sur la fovéa. Comme pour l'OCT-RNFL, l'interprétation des résultats se fait à partir de cartes colorimétriques – cartes d'épaisseur (figure 2 haut gauche), cartes de déviation (figure 2 bas gauche). Les valeurs numériques sont présentées en grilles sectorielles : la région maculaire est ainsi divisée en 6 secteurs (figure 2 droite haut et bas), avec le même code couleur que pour l'OCT-RNFL.

Trois indices viennent compléter ces résultats : le *Global Loss Volume (GLV)* et le *Focal Loss Volume (FLV)* : indices de perte maculaire globale et focale (OCT RTVue XR Avanti, Optovue Inc., Californie), ainsi que l'indice *GCIPL minimum* (OCT Cirrus™ HD-OCT, Carl Zeiss Meditec, Dublin, Californie) : indice sectoriel d'épaisseur minimale du complexe maculaire GCIPL. Ces 3 indices ont fait la preuve de leur valeur diagnostique dans le domaine du glaucome.

Les artefacts sont nombreux : DMLA, drusen, membrane épirétinienne, traction vitréomaculaire, œdème rétinien, etc. Ils doivent systématiquement être recherchés avant toute analyse. La corrélation à l'OCT-RNFL représente une aide précieuse pour interpréter ce paramètre. La présence d'un déficit fasciculaire, en plumeau à point de départ papillaire avec respect de la ligne médiane (raphé horizontal médian) est un aspect fortement évocateur d'un glaucome (figure 4). Il peut également résulter d'une atteinte vasculaire car le trajet des fibres nerveuses rétiniennes se superpose à celui des vaisseaux sanguins (diagnostic différentiel). L'atteinte maculaire inférieure est typique (zone de vulnérabilité maculaire de Hood).

OCT de la tête du nerf optique

Grâce à l'acquisition d'un cube papillaire de 6 × 6 × 2 mm³, plusieurs paramètres de la tête du nerf optique (TNO) sont évalués : la surface et l'épaisseur de l'anneau neuro-rétinien, le volume de l'excavation et les rapports C/D moyen et vertical. Les valeurs normatives sont ajustées à l'âge et à la taille de la papille. Malgré cela, la très forte variabilité interindividuelle de l'anatomie de la papille confère à ces paramètres une moindre valeur diagnostique en comparaison du paramètre RNFL [5].

OCT Bruch's Membrane Opening – Minimum Rim Width (Spectralis®, Heidelberg)

Il s'agit de l'analyse de l'épaisseur des FNR à l'intérieur même du canal optique, à la distance minimale entre l'ouverture de la membrane de Bruch (BMO) et la membrane limitante interne, étudiée grâce à 24 B-scans radiaires. Les valeurs normatives sont ajustées à la taille de la papille car ce paramètre est sous-estimé dans le cas d'une grande papille et, à l'inverse, surestimé dans celui d'une petite papille.

Enfin, la clinique reste souveraine et il arrive que les examens paracliniques (OCT et CV) soient normaux en dépit d'une authentique atteinte glaucomateuse qui sera diagnostiquée sur les photographies de la papille (déficit de fibre pathognomonique de la maladie).

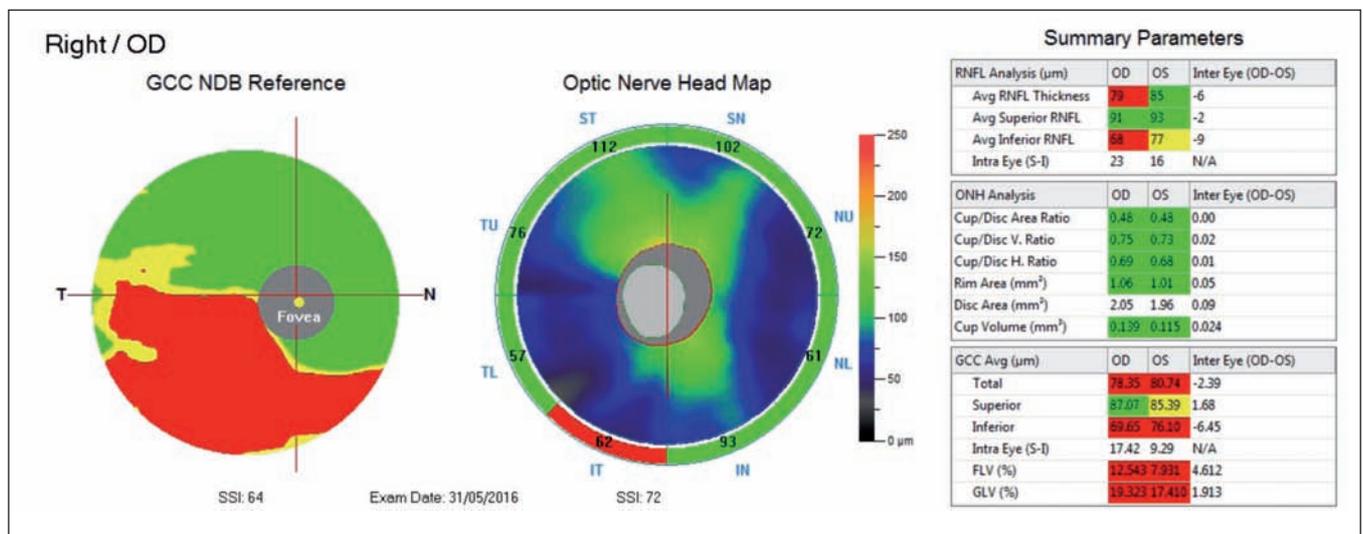


Figure 4. OCT du CGM (à gauche) : déficit fasciculaire, en plumeau à point de départ papillaire avec respect de la ligne médiane (raphé horizontal médian), concordant avec le déficit RNFL (à droite) : aspect fortement évocateur d'un glaucome (OCT RTVue XR Avanti (Optovue Inc., Californie)).

Points forts

- L'OCT est un examen incontournable au diagnostic des glaucomes débutants et modérés.
- Artefacts de mesure très fréquents : leur recherche est indispensable (analyse B-scan).
- Atteinte du secteur temporal pour le RNFL et fasciculaire avec ressaut horizontal pour le CGM fortement évocatrice de glaucome.
- Atteinte inférieure prédominante : zone de vulnérabilité de Hood.
- Intérêt des cartographies grand champ, confronter OCT RNFL et CGM.
- Toujours confronter les résultats de l'OCT à la clinique et au CV.
- Dissociations structure fonction : le champ visuel est atteint et l'OCT est encore dans la norme : la réalisation d'un CV demeure indispensable.
- L'examen clinique de la papille reste fondamental malgré ces évolutions technologiques.

Références bibliographiques

- [1] American Academy of Ophthalmology Glaucoma Panel. Preferred Practice Pattern® Guidelines. Primary open-angle glaucoma. San Francisco, American Academy of Ophthalmology, 2010.
- [2] Sayed MS, Margolis M, Lee RK. Green disease in optical coherence tomography diagnosis of glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol.* 2017;28(2):139-53.
- [3] Mwanza JC, Bhorade AM, Sekhon N *et al.* Effect of cataract and its removal on signal strength and peripapillary retinal nerve fiber layer optical coherence tomography measurements. *J Glaucoma.* 2011;20(1):37-43.
- [4] Liu Y, Simavli H, Que CJ *et al.* Patient characteristics associated with artifacts in spectralis optical coherence tomography imaging of the retinal nerve fiber layer in glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 2015;159(3):565-76.e2.
- [5] Dong ZM, Wollstein G, Schuman JS. Clinical utility of optical coherence tomography in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57(9):OCT556-67.