



## Optimiser son acquisition en OCT-angiographie

Adil El Maftouhi<sup>1,2</sup>, Maddalena Quaranta-El Maftouhi<sup>1</sup>

L'OCT-A (OCT-angiographie) représente une évolution de l'OCT dit « en face » constitué de nombreux B-scans avec des temps d'acquisition plus longs que le simple B-scan et donc plus propices aux artéfacts liés aux mouvements du patient, aux microsaccades de fixation ou simplement aux pertes de fixation. Malgré l'évolution des logiciels et l'incrémentement de l'Eye-tracking, ces micro-artéfacts ont une conséquence directe sur la qualité des images de l'angiogramme. Cependant, il est possible de limiter leur participation lors de l'acquisition avec quelques précautions à considérer.

Nous évoquerons les principaux éléments dont il faudra tenir compte lors de l'acquisition pour optimiser sa projection OCT-A (fonctionnel) et OCT « en face » pour en faciliter son analyse mais également l'importance de la segmentation qui pondère la projection de l'OCT-A.

### Considérations techniques

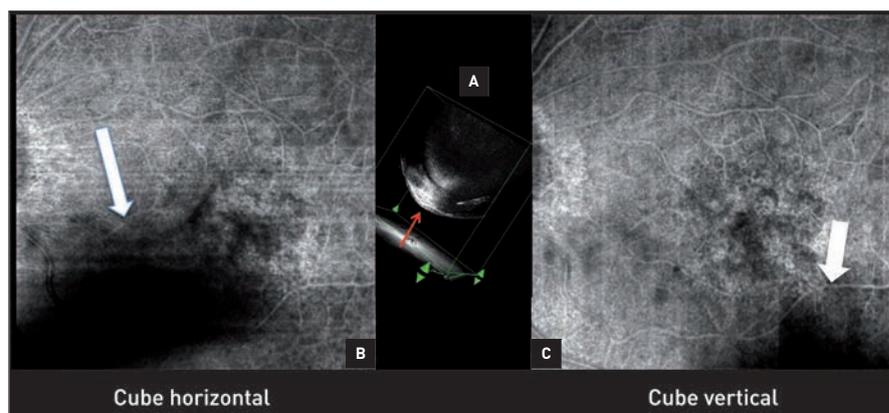
Le temps d'acquisition en OCT-A est une variable importante car elle va souvent conditionner la qualité des images. En effet, plus le temps d'acquisition est long plus il est difficile de garder une fixation stable, d'empêcher les clignements du patient et à cela s'ajoute le temps de rupture du film lacrymal plus court chez nos patients âgés.

L'usage d'eye-tracker sur ces logiciels, tendant à compenser ces micro-artéfacts, allonge bien souvent la durée de l'examen. La durée d'acquisition d'un examen varie, à ce jour, de 6 s à 1 min, voire au-delà en fonction des systèmes utilisés. Il convient d'opter pour un système OCT-A avec un temps d'acquisition le plus court possible pour pouvoir l'introduire en pratique clinique et améliorer le confort du patient lors de cette analyse.

### Précautions avant l'acquisition

#### Dilatation pupillaire

L'examen d'OCT-A peut se réaliser chez des patients non dilatés mais son acquisition peut être plus difficile en cas de myosis associé à des troubles des milieux. En effet, la présence d'opacités cristalliniennes chez un patient



**Figure 1.** A. Trouble cristallinien dense de cupule postérieure en 3D. B et C. Ombrage induit par l'opacité cristallinienne sur les projections OCT-A d'acquisition horizontale et verticale (flèche blanche) avant la fusion des 2 cubes par l'algorithme MCT (AngioVue, Optovue).

non dilaté induira des ombrages plus notables sur les clichés d'OCT-A liés au champ restreint et au déplacement du réticule pour s'affranchir de celles-ci (figure 1).

De plus, une vision partielle du contrôle du fond d'œil lors de l'examen altère la performance des eyes-trackers et de surcroît la rapidité de l'examen.

L'usage de mydriatiques améliore la qualité de la projection de l'OCT-A mais également le niveau du signal sur bruit (SNR) et facilite l'analyse du pôle postérieur avec des cubes d'acquisition plus large.

1. Centre ophtalmologique Rabelais, Lyon.

2. CHNO des XV-XX, service du Pr C. Baudouin, Paris.

## Positionnement du patient

L'installation du patient est la première étape pour limiter les artéfacts de mouvement du patient.

Cela peut paraître évident mais les répercussions d'un patient mal positionné sont étroitement corrélées à la qualité de l'image. Le patient doit être installé confortablement sur un fauteuil ne comportant pas de roulettes avec le menton et le front impeccablement positionnés dans la mentonnière. Le positionnement des avant-bras sur la table accueillant l'OCT améliore la stabilité du corps du patient durant l'examen et de manière significative la qualité de l'examen (figure 2).

## Précautions durant l'acquisition

### Optimisation de la focale

L'avènement du *Spectral Domain* nous a appris à mieux utiliser toute la physique de l'OCT et notamment une propriété propre à la transformée de Fourier qui offre toujours une seconde image virtuelle dont le SNR est plus important sur la choroïde.

Cet aspect a bien été mis en évidence par Spaide en 2008 sous l'appellation *Enhanced Depth Imaging* (EDI). L'usage de cette focale choroïdienne nous permet de mieux visualiser la choroïde dans toute son épaisseur et également l'espace entre l'épithélium pigmentaire et la membrane de Bruch (figure 3).

Conformément à cet enseignement, il est d'usage désormais de modifier la focale en fonction de la profondeur de la zone d'intérêt lors de l'acquisition d'une image en coupe B-scan.

L'OCT-A n'échappe pas à cette règle, ainsi la modification de la focale avec l'usage d'un focus choroïdien améliore la qualité du signal dans la visualisation du flux circulant dans les néovaisseaux choroïdiens (figure 4).

Il est donc recommandé de modifier la focale ou de basculer en mode « EDI » lorsque l'on veut visualiser des lésions de localisation plus profondes pour optimiser le signal de décorrélation.



Figure 2.

◀ A. Patient confortablement installé avec les avant-bras posés sur la table d'examen de part et d'autre de la machine.

▼ B. Patient diabétique présentant un œdème maculaire cystoïde avec décollement séreux rétinien et une acuité visuelle à 1/10<sup>e</sup>. Mise en évidence de nombreux artéfacts sur l'OCT-A.

▼ C. Amélioration de l'installation du patient avec les avant-bras posés sur la table d'examen, permettant de réduire les artéfacts.

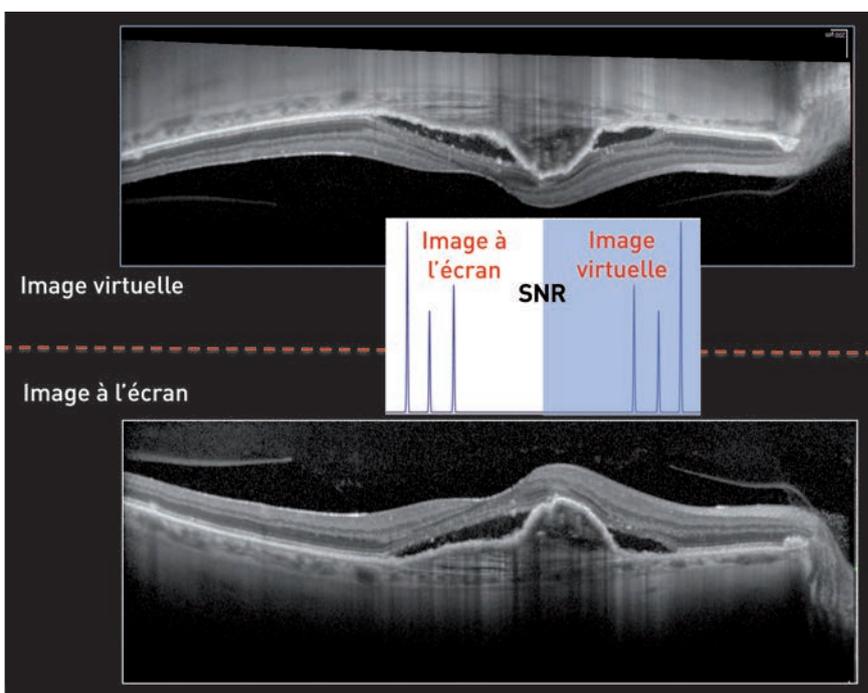
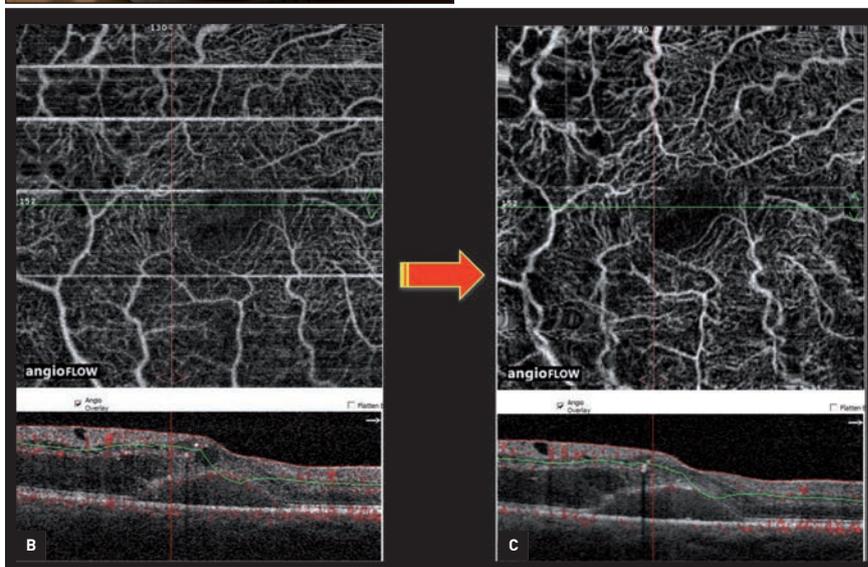
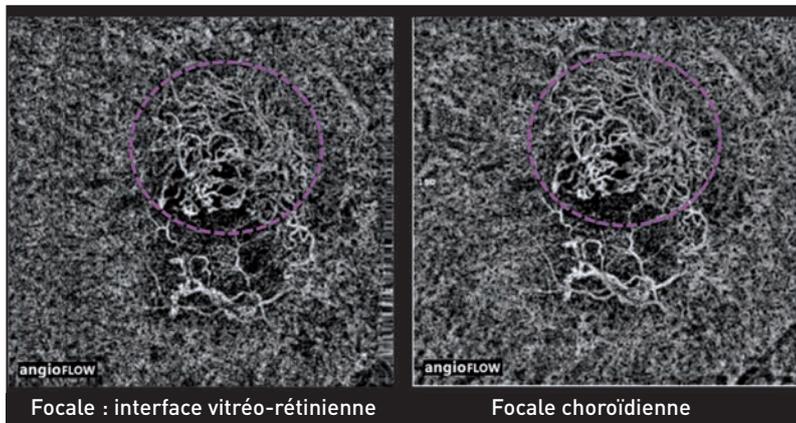


Figure 3. EDI ou focale choroïdienne en OCT.



**Figure 4.** Optimisation de la focale : améliore la qualité du signal de décorrélation dans la visualisation des néovaisseaux.

## Qualité du signal

L'OCT-A analyse une différence de contraste entre plusieurs B-scans de même localisation pour observer des modifications témoins du flux circulant et générant un signal appelé signal de décorrélation.

Le niveau de réflectivité doit être suffisant pour permettre de détecter un signal, ainsi la réflectivité du B-scan doit être optimisée pour améliorer la qualité de détection.

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, les temps d'acquisition d'un système à l'autre sont très varia-

bles et plus le temps d'acquisition est long, plus l'examen peut être éprouvant pour le patient.

La qualité du signal sera d'autant plus affectée que le patient aura un temps de rupture du film lacrymal court avec des microsaccades de fixation qui seront d'autant plus augmentées. Il est d'usage de recommander au patient de cligner des paupières en marquant des temps de pauses pendant l'acquisition.

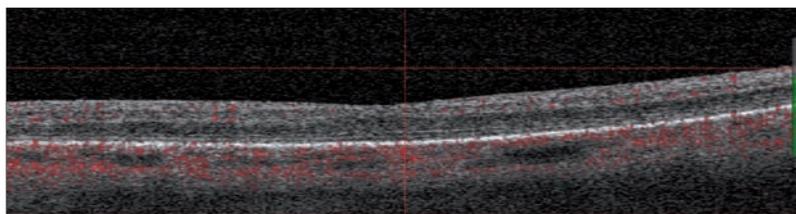
La présence d'importants troubles des milieux d'origine cornéenne ou cristallinienne limite l'accès à cette imagerie.

## Positionnement du B-scan

Durant l'acquisition, il convient d'avoir un B-scan le plus horizontal possible pour permettre un meilleur positionnement des algorithmes de segmentation automatique (figure 5). En effet la qualité de cette segmentation va pondérer la qualité de la projection d'OCT-A et son uniformité.

## Illumination du réticule

Certains OCT nous offrent la possibilité de saturer l'illumination du fond du réticule permettant de limiter la visualisation des différents B-scans, limitant ainsi les saccades de fixation. Le réglage de ce paramètre se réalise en général dans le mode manuel du logiciel.



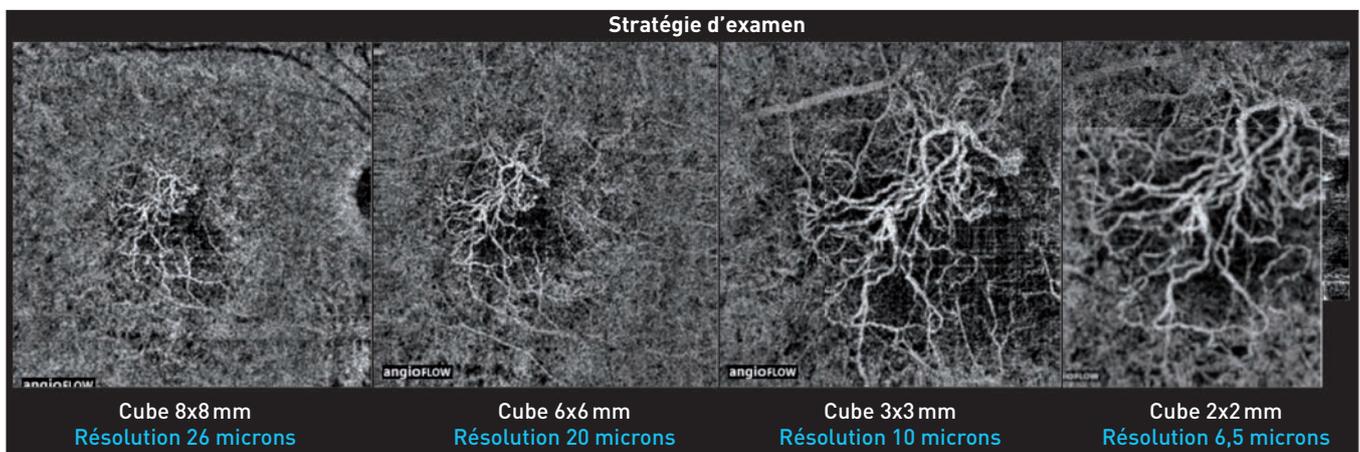
▲ **Figure 5.** OCT B-scan le plus horizontal possible pour potentialiser le positionnement de la segmentation.

## Stratégie d'examen

### Imagerie au pôle postérieur

Un protocole d'acquisition doit être établi pour permettre une meilleure délégation de cet acte. Chaque système dispose de fenêtres d'acquisition variables avec des résolutions différentes (figure 6).

▼ **Figure 6.** Exemple de fenêtres d'acquisition en OCT-A (XR Avanti avec AngioVue, Optovue).



En règle générale, on réalise tout d'abord un cube large de 6x6 mm et ensuite un cube de plus petite taille 3x3 mm centré sur la zone d'intérêt. Certaines lésions de très petites tailles comme certaines dilatations polypoidales nécessitent des cubes d'acquisition de 2x2 mm permettant de les mettre en évidence lorsqu'un flux est détecté (figure 7).

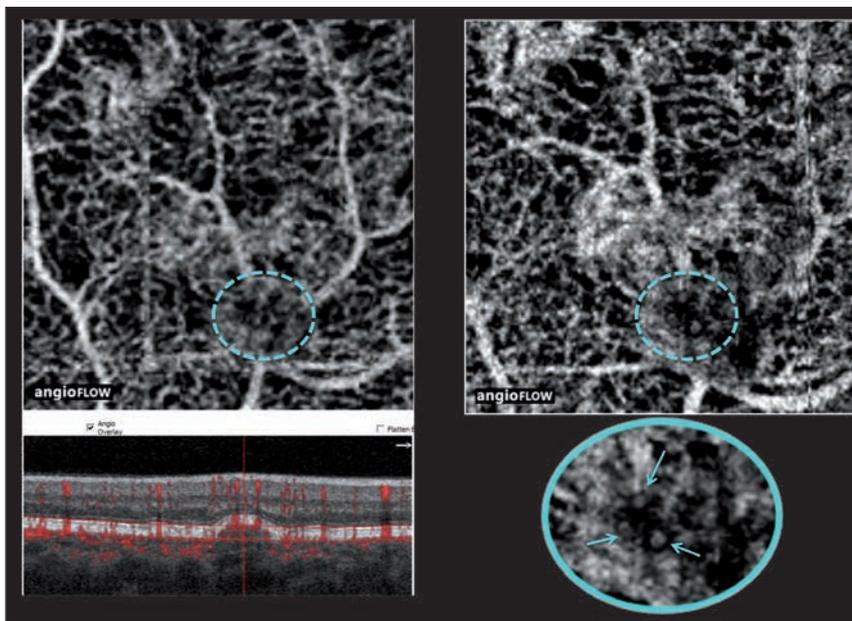


Figure 7. Dilatations polypoidales mieux visualisées avec le cube 2x2 mm.

Dans les pathologies vasculaires telles que les occlusions ou la rétinopathie diabétique, on optera également pour un cube additionnel le plus large possible 8x8 ou 9x9 mm. Les cubes plus larges, de manière générale, ont des résolutions, c'est-à-dire un espacement entre les différents B-scans, moins importantes mais suffisantes pour observer les territoires de non-perfusion (figure 8).

L'usage du tracking permet de rendre éligible un plus grand nombre de patients à l'OCT-A notamment lorsque la fixation du patient est difficile.

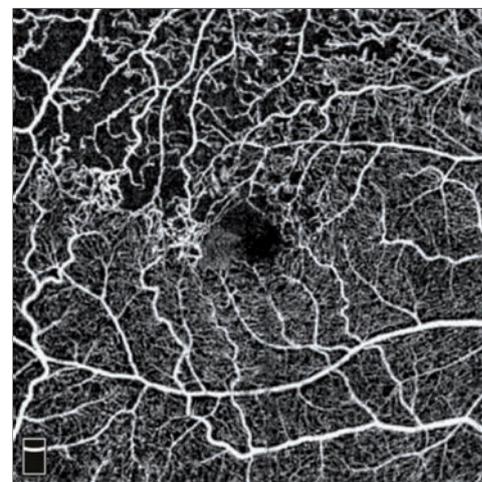
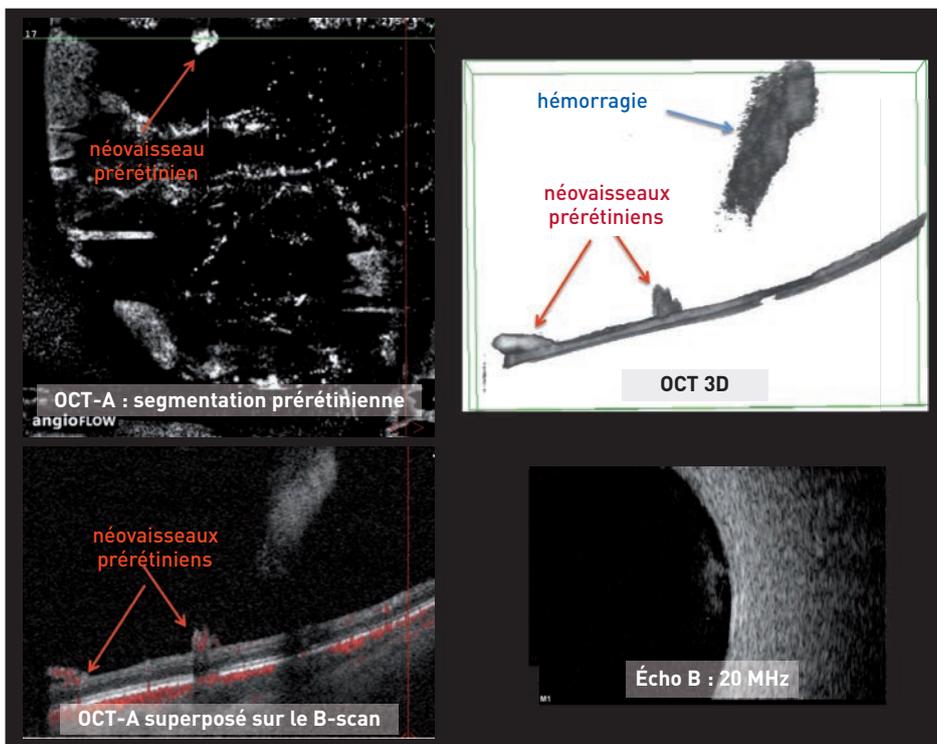


Figure 8. Occlusion de branche veineuse rétinienne (OBVR) temporale supérieure avec scan Angio HD de 6x6 mm (400x400 B-scans).



## Imagerie de la moyenne périphérie

Le déplacement des points de fixations ou l'usage de fixation externe offre l'accès à la moyenne périphérie. Dans ces positions du regard, les microsaccades sont plus importantes, il convient alors d'avoir recours à des cubes de champ plus larges qui seront moins sensibles à ces artéfacts car la résolution est moins importante mais suffisante pour mettre en évidence des néovaisseaux pré-rétiniens par exemple (figure 9).

Figure 9. Néovaisseaux pré-rétiniens compliquant une OBVR à l'origine d'une hémorragie intravitréenne diffuse.

## Imagerie du segment antérieur

La défocalisation de certains OCT permet avec les mêmes scans que ceux utilisés pour le pôle postérieur l'accès à la vascularisation irienne, conjonctivale et limbique (figure 10).

La focalisation n'est pas toujours évidente et doit être réalisée manuellement.

Cependant une segmentation manuelle est nécessaire et il est conseillé de réaliser des cubes de plus petites tailles. Des logiciels prototypes avec des scans dédiés au segment antérieur sont en cours d'élaboration pour faciliter ces applications futures.

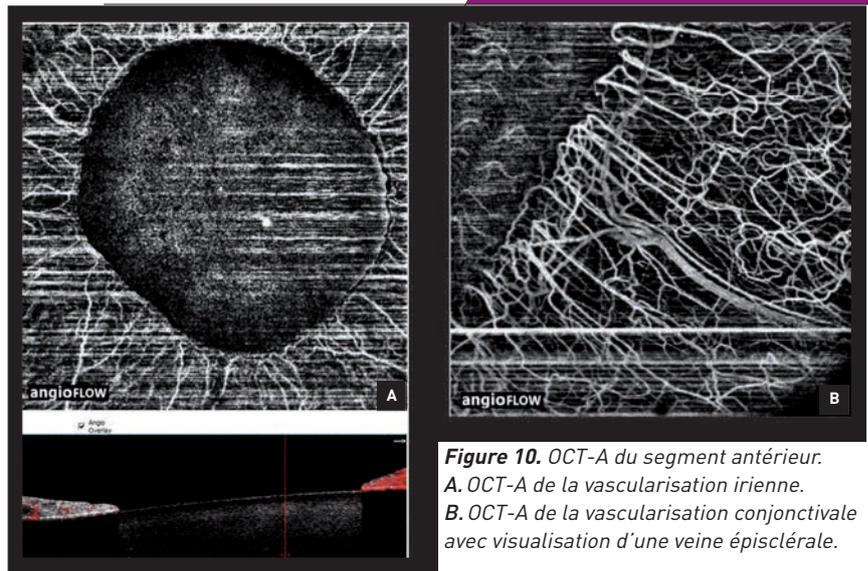
## Eye-tracking

L'usage de l'eye-tracking en OCT-A a pour intention première de limiter les microartéfacts de fixation mais son usage augmente légèrement le temps d'acquisition. Il permet également d'améliorer la qualité du signal de décorrélation et le contraste de manière significative.

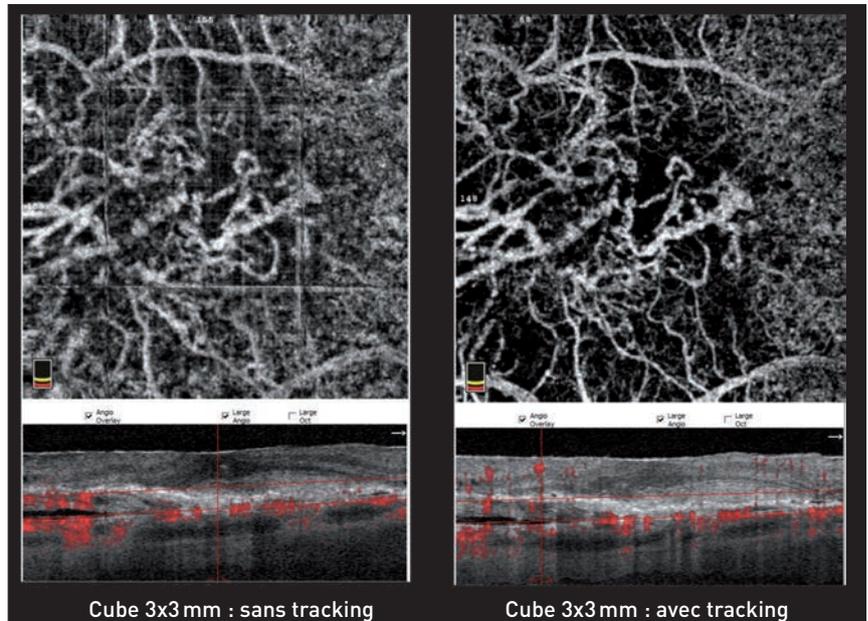
Le contraste entre le signal de décorrélation et le fond de l'image est un élément important à considérer lors du choix d'un appareil d'OCT-A car il conditionne la qualité de lecture des clichés (figure 11). L'eyetracking, dans certaines conditions difficiles, peut être désactivé pour améliorer l'acquisition.

► **Figure 11.**

Amélioration de la qualité de l'image en OCT-A grâce au tracking.



**Figure 10.** OCT-A du segment antérieur. A. OCT-A de la vascularisation irienne. B. OCT-A de la vascularisation conjonctivale avec visualisation d'une veine épisclérale.



► **Figure 11.**

Amélioration de la qualité de l'image en OCT-A grâce au tracking.

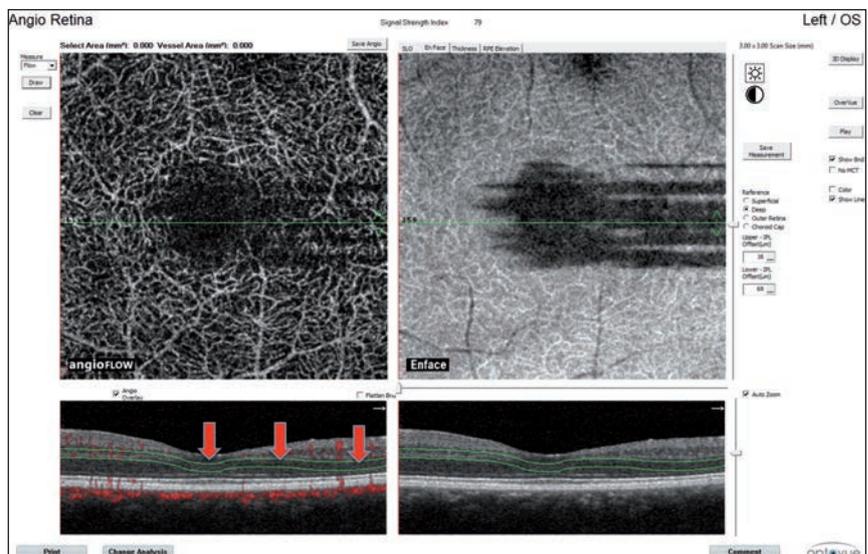
## Précautions post-acquisition

### Qualité de la segmentation

La segmentation et l'épaisseur du slab (fenêtre d'analyse) vont pondérer la qualité de la projection de l'OCT-A. La segmentation automatique fonctionne généralement relativement bien lorsque les couches rétiennes ne sont pas trop désorganisées. Celles-ci doivent être vérifiées de manière systématique car leur manque de régularité peut engendrer des artéfacts sur l'OCT-A et l'OCT « en face » (figure 12).

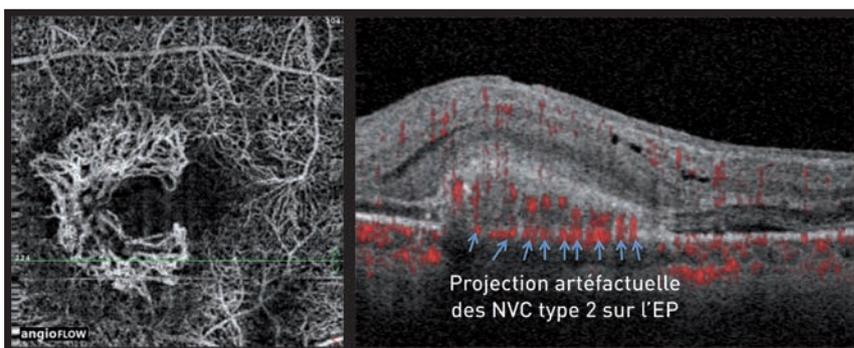
► **Figure 12.**

Mauvais positionnement et irrégularité de la segmentation automatique du plexus profond induisant des artéfacts sur la projection OCT-A et « en face ».



Les artéfacts de projections des vaisseaux superficiels sur le complexe EP-MB sont désormais bien connus mais il est important de savoir qu'il existe également des projections des néovaisseaux visibles sur l'épithélium et parfois on se servira de cette projection pour tenter d'imager l'ensemble d'une lésion (figure 13).

L'épaisseur du slab doit être proportionnelle à la lésion étudiée notamment dans l'étude des néovaisseaux choroïdiens afin d'améliorer la visualisation des détails des lumières vasculaires (figure 14).

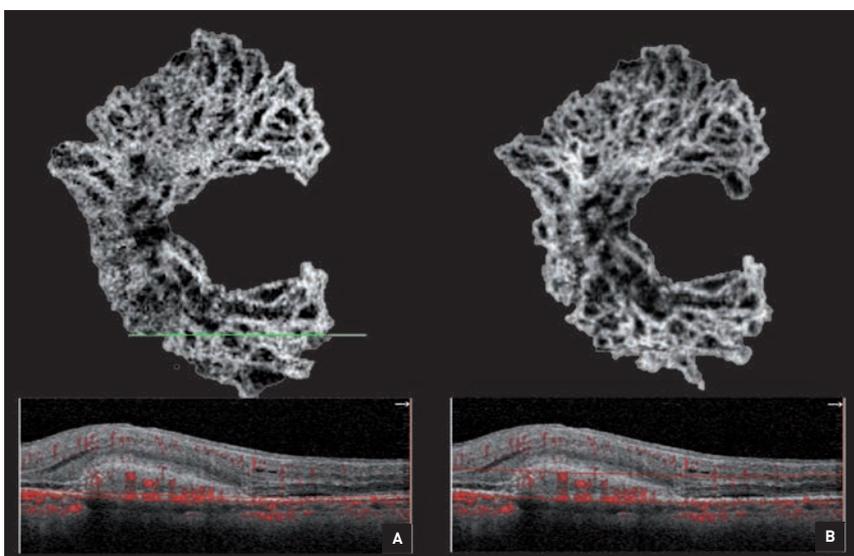


**Figure 13.** OCT-A superposé sur le B-scan : projection artéfactuelle des vaisseaux superficiels et des néovaisseaux préépithéliaux sur l'épithélium pigmentaire.

► **Figure 14.**

Importance d'une segmentation proportionnelle à la lésion.

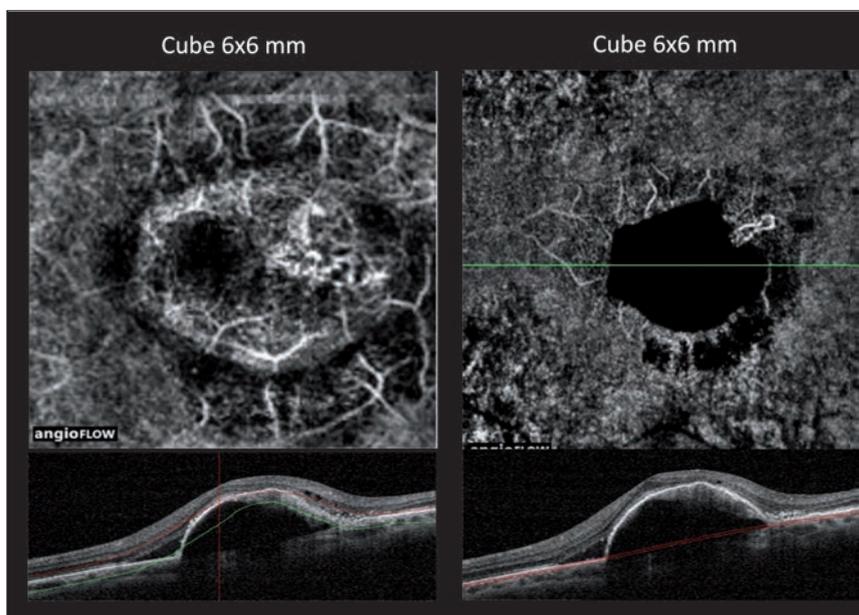
- A. Segmentation sur la membrane de Bruch, les NVC sont visualisés par projection artéfactuelle avec moins de détails.
- B. Segmentation proportionnelle à la taille de la lésion. La projection de la lumière vasculaire apparaît avec plus de détails.



L'usage des lignes de segmentation suivant la courbure rétinienne notamment dans les cas de DEP vascularisé, est nécessaire pour mettre en évidence les néovaisseaux sous-épithéliaux. Il est indispensable de garder à l'esprit qu'on image des lésions en relief et qu'il est parfois nécessaire de réaliser plusieurs segmentations avec plusieurs projections OCT-A pour imagier l'ensemble d'une lésion (figure 15).

► **Figure 15.**

La segmentation doit suivre au mieux la courbure du DEP pour visualiser les NVC sous-épithéliaux et il est nécessaire de réaliser une deuxième segmentation pour mettre en évidence la portion néovasculaire dans l'encoche.



## Segmentation dynamique

La segmentation à utiliser en OCT-A n'est pas toujours chose simple lorsque l'on débute avec cette imagerie. Une segmentation dynamique manuelle ou à l'aide de vidéos disponibles sur certains logiciels permet par le déplacement des lignes de segmentation au travers des différentes profondeurs du tissu rétinien de visualiser ou de mettre mieux en évidence les différentes atteintes et peut constituer une aide pédagogique pour guider sa segmentation.

En effet, le déplacement du slab au travers des différentes couches rétinienne de réflectivités différentes améliore de manière artificielle le contraste entre le signal de décorrélation et le reste de l'image.

## Conclusion

Les logiciels d'OCT-A ne cessent d'évoluer avec une diminution du temps d'acquisition pour permettre leur application de manière systématique au cours de l'examen d'OCT conventionnel.

Cependant, malgré ces évolutions, l'examen reste technicien-dépendant et toutes ces précautions sont nécessaires pour améliorer la qualité de l'acquisition en OCT-A.

---

### Bibliographie

Jia Y, Tan O, Tokayer J *et al.* Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. *Opt Express*. 2012;20(4):4710-25.

Jia Y, Wei E, Wang X *et al.* Optical coherence tomography angiography of optic disc perfusion in glaucoma. *Ophthalmology*. 2014;121(7):1322-32.

Spaide RF, Klancnik JM Jr, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(1):45-50.

Jia Y, Bailey ST, Wilson DJ *et al.* Quantitative optical coherence tomography angiography of choroidal neovascularization in age-related macular degeneration. *Ophthalmology*. 2014;121(7):1435-44.

Lumbroso B, Huang D, Fujimoto JG *et al.* Clinical guide to Angio-OCT: non invasive, dyeless OCT Angiographie. Jaypee Brothers Medical Publishers, 2014. ISBN : 978-93\_5152-399-4.