



Angiographie-OCT : premier retour d'expérience

Maddalena Quaranta-El Maftouhi¹, Adil El Maftouhi^{1, 2}

L'angiographie-OCT est une nouvelle technique d'imagerie représentant une évolution de l'OCT en face qui permet de visualiser le flux à l'intérieur des vaisseaux rétiens et choroïdiens sans injection de produit de contraste. De nombreux prototypes d'angiographie-OCT sont en cours de développement mais un seul appareil est d'ores et déjà disponible en clinique : le XR Avanti de la société américaine Optovue. Cet article va nous permettre de partager notre expérience de l'utilisation de ce système et préciser son intérêt en clinique.

Principe technique

L'angiographie-OCT est un logiciel disponible sur les OCT spectraux de deuxième génération dont la vitesse d'acquisition est au minimum de 70 000 A-scans/s. Ce logiciel d'acquisition va utiliser un algorithme SSADA [Split-Spectrum Amplitude-Decorrelation Angiography] qui a été développé et breveté spécifiquement pour la société Optovue par l'équipe du Pr David Huang, un des co-inventeurs de l'OCT.

L'acquisition est réalisée selon une analyse cubique permettant d'obtenir une meilleure sensibilité transversale pour détecter le flux dans la colonne vasculaire. Elle

va se faire de manière orthogonale avec 304 scans horizontaux et 304 scans verticaux permettant d'une part d'obtenir une densité de points de mesure importante, mais également une correction compensatrice des mouvements oculaires (*Motion Correction Technology*) améliorant de manière significative la qualité des clichés.

Pour chaque localisation, cinq scans sont réalisés successivement au même endroit, permettant ainsi d'apprécier la variation du bruit à l'intérieur de la colonne vasculaire entre chaque coupe et de quantifier cette variation appelée amplitude de décorrélation.

Les fenêtres d'acquisition disponibles sont de 3x3 mm,

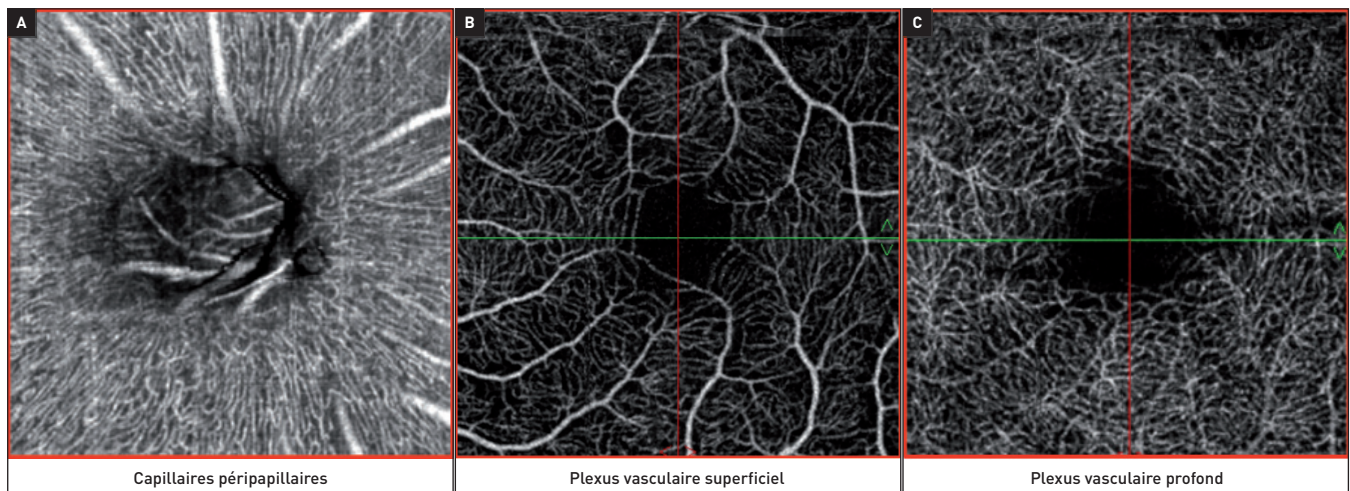


Figure 1. Angiographie-OCT des capillaires rétiniens (cube de 3x3 mm).

A. Capillaires péripapillaires situés dans la couche des fibres optiques.

B. Réseau capillaire superficiel étudié à une distance de 60 µm de la limitante interne.

C. Réseau capillaire profond au niveau de la couche nucléaire interne.

1. Centre Rabelais, Lyon. 2. Centre Explore Vision, Paris et Service du Pr C. Baudouin, CHNO des XV-XX, Paris.

En images

6x6 mm, 8x8 mm avec un temps d'acquisition de 2,9 s.

Tout comme l'OCT en face, il est possible de choisir différentes lignes de surface de référence pour étudier la zone d'intérêt à des profondeurs différentes (figures 1 et 2).

L'angiographie-OCT va nous permettre d'imager le flux à l'intérieur des vaisseaux rétinien de manière complètement non invasive et sans aucun risque pour le patient.

Intérêt de la technique

Un des avantages de cette imagerie est la possibilité d'étudier les différents plans vasculaires selon leur profondeur contrairement à l'angiographie à la fluorescéine qui visualise essentiellement le réseau vasculaire rétinien superficiel.

L'angiographie-OCT va ainsi nous permettre d'apprécier non seulement le plexus vasculaire superficiel mais également le plexus vasculaire profond au niveau de la nucléaire interne. Les réseaux capillaires superficiel et profond sont reliés par de très petites anastomoses normales (figures 1B et 1C).

La sensibilité de cette nouvelle imagerie nous permet également de mettre en évidence les capillaires péripapillaires situés dans la couche des fibres optiques, ce qui va nous offrir des perspectives intéressantes dans la physiopathogénie du glaucome (figure 1A).

Les applications de cette nouvelle technique d'imagerie sont nombreuses et leur nombre ne cessera pas de croître.

Applications maculaires

DMLA

L'angiographie-OCT permet la visualisation du flux à l'intérieur des néovaisseaux (pré-épithéliaux ou occultes) et donc de la structure néovasculaire dans son ensemble par opposition à l'angiographie traditionnelle où la diffusion du colorant masque les détails des structures néovasculaires (figures 3 et 4).

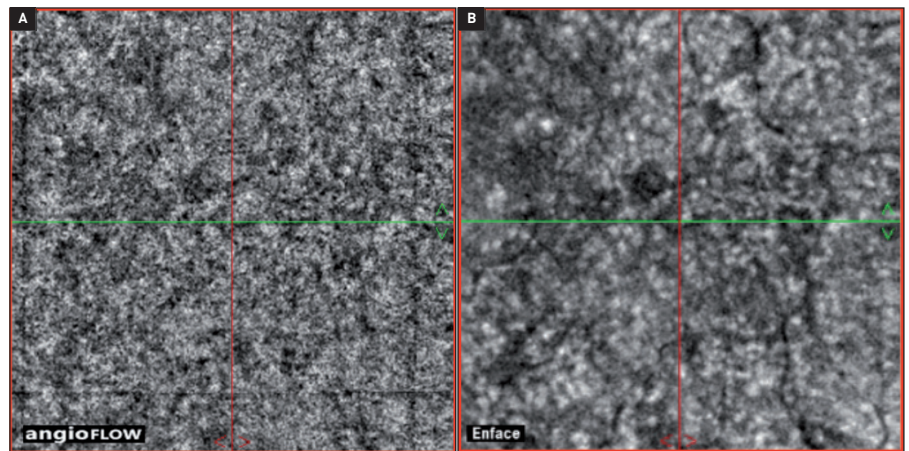


Figure 2. Angiographie-OCT de la choriocapillaire (cube de 3x3 mm). A. La structure vasculaire de la choriocapillaire est relativement fine et dense en région maculaire. B. Aspect lobulaire caractéristique sur l'image correspondante d'OCT en face.

Il est ainsi possible de surveiller l'évolution et la réaction des membranes néovasculaires au traitement par anti-VEGF, notamment au cours de l'induction de manière complètement non invasive (figure 5). L'interprétation des images obtenues avant comme après traitement doit se faire cependant avec précaution.

Cette nouvelle imagerie va nous permettre également de détecter et dépister la présence d'une néovasculari-

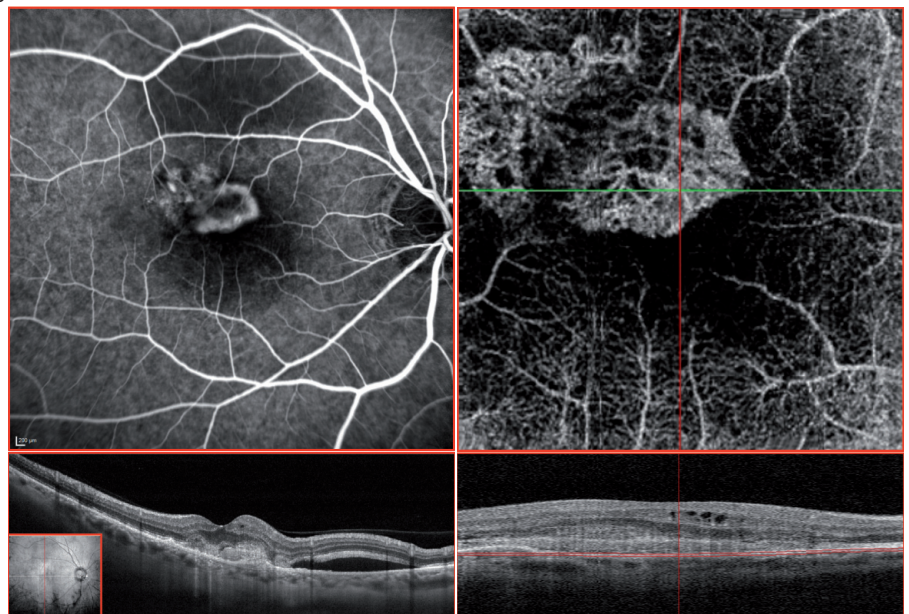
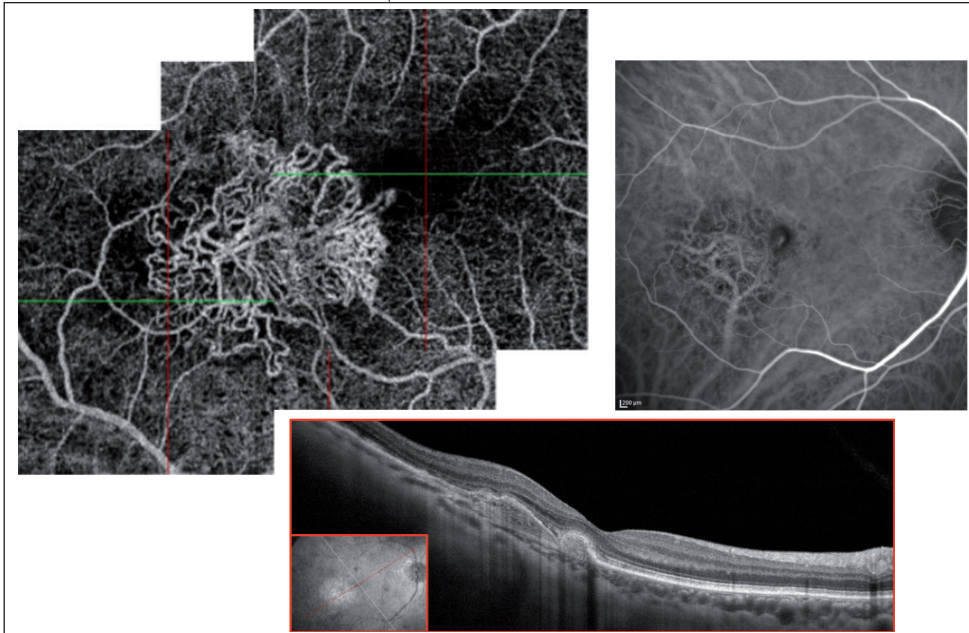


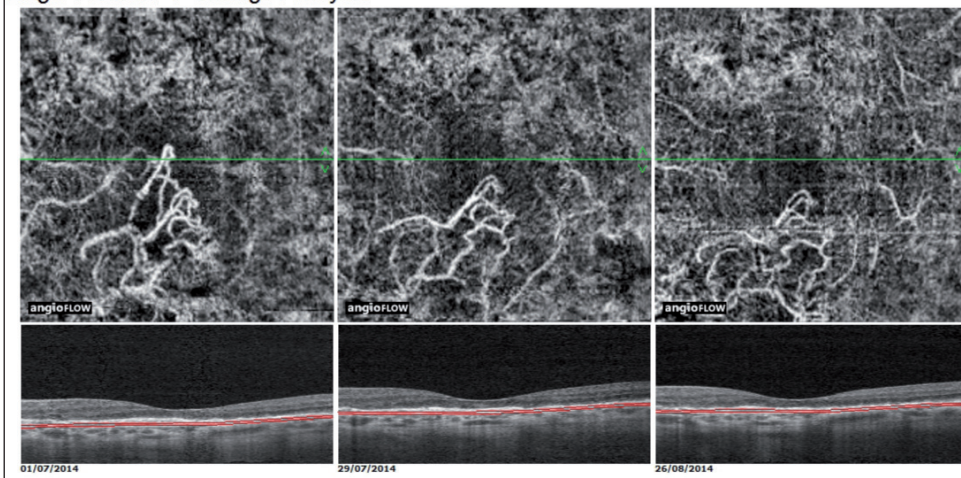
Figure 3. Corrélation entre une angiographie à la fluorescéine et l'angiographie-OCT (cube de 3x3 mm) dans un cas de DMLA avec néovascularisation mixte active. L'absence de diffusion en angiographie-OCT nous permet de mieux percevoir la structure néovasculaire avec la composante sous-épithéliale et pré-épithéliale sur le même cliché.

En images



◀ **Figure 4.** Angiographie-OCT d'une néovascularisation occulte traitée avec montage composite de plusieurs fenêtres d'acquisition de 3x3mm. La structure néovasculaire est très bien visible avec persistance d'un flux à l'intérieur des néovaisseaux. L'angiographie au vert d'indocyanine visualise la membrane sous-épithéliale de manière moins détaillée.

Angio Retina FY Change Analysis



◀ **Figure 5.** Suivi d'une néovascularisation occulte en angiographie-OCT chez un patient non naïf lors d'une nouvelle phase d'induction. On note la régression progressive mais partielle de la membrane néovasculaire au cours de la thérapie par anti-VEGF.

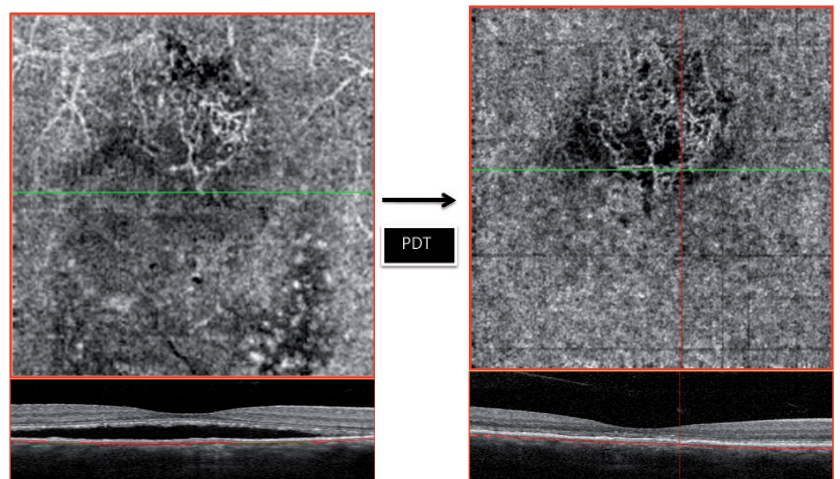
▼ **Figure 6.** Angiographie-OCT d'un patient âgé de 57ans présentant une CRSC chronique avant et après traitement par PDT. L'angiographie-OCT permet de détecter une membrane néovasculaire occulte dans le territoire occupé par les altérations de l'EP, là où même l'ICG ne montrait aucune altération néovasculaire. Après traitement par PDT, les néovaisseaux apparaissent moins perfusés, plus grêles et dotés d'un flux « granulaire ».

sation débutante à un stade très précoce sans signe d'exsudation intrarétinienne direct.

Choriorétinopathie séreuse centrale / Epithéliopathie rétinienne diffuse

Dans les contextes de choriorétinopathie séreuse centrale (CRSC) chronique ou d'épithéliopathie rétinienne diffuse (ERD), on connaît les complications éventuelles telles que les choroïdopathies polypoïdales dont la sémilogie angiographique ICG est bien connue.

Dans ces pathologies, l'angiographie-OCT nous a permis de mettre en évidence la présence de néovascularisation occulte extrêmement débutante sans signe exsudatif direct



à l'OCT et sans signe évident en ICG, donnant ainsi une autre dimension aux CRSC chroniques (figure 6).

Pathologies vasculaires maculaires

Rétinopathie diabétique et occlusions veineuses rétiniennes

L'angiographie-OCT va nous permettre de visualiser les modifications des capillaires rétiniens superficiels comme profonds, contrairement à l'angiographie qui dessine essentiellement le réseau superficiel.

La densité et la morphologie des capillaires peuvent être appréciées avec une bonne visualisation des territoires occlus en cas d'ischémie présentant un aspect grisâtre. La présence de logettes d'œdème maculaire cystoïde est aussi bien détectable (figure 7).

Figure 7. ►

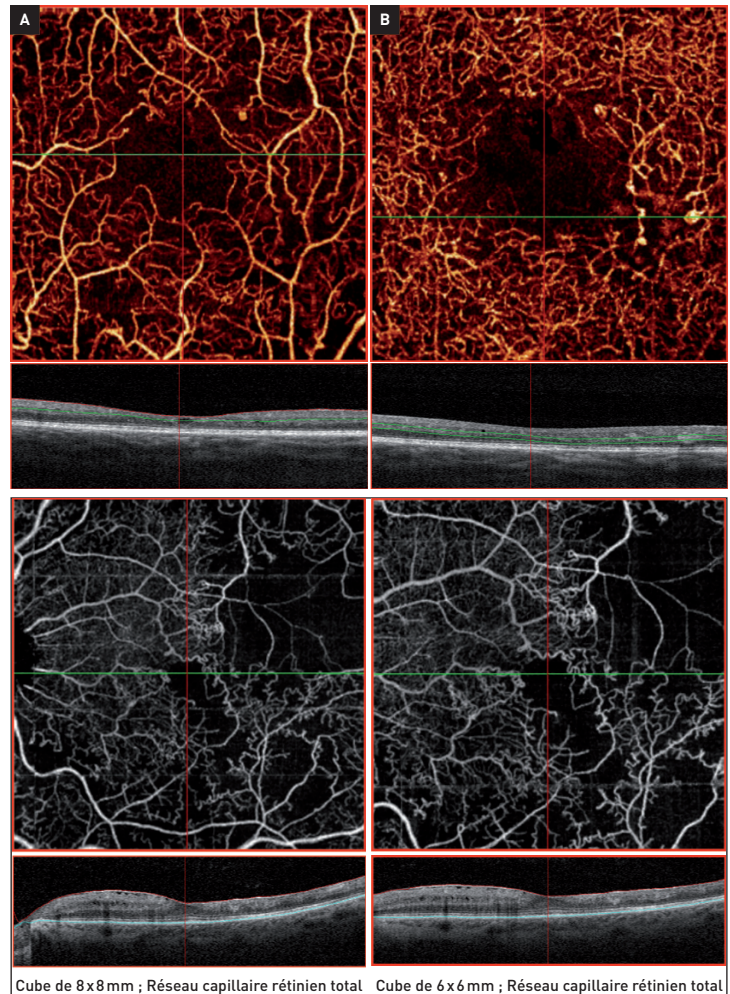
Angiographie-OCT avec filtre couleur d'un patient présentant un œdème maculaire diabétique : analyse du réseau capillaire superficiel (A) et profond (B).

A. On note une certaine tortuosité des capillaires avec une diminution de la densité et quelques territoires épars d'occlusion capillaire. En région fovéale, on note quelques vacuoles, expression d'un œdème maculaire cystoïde.

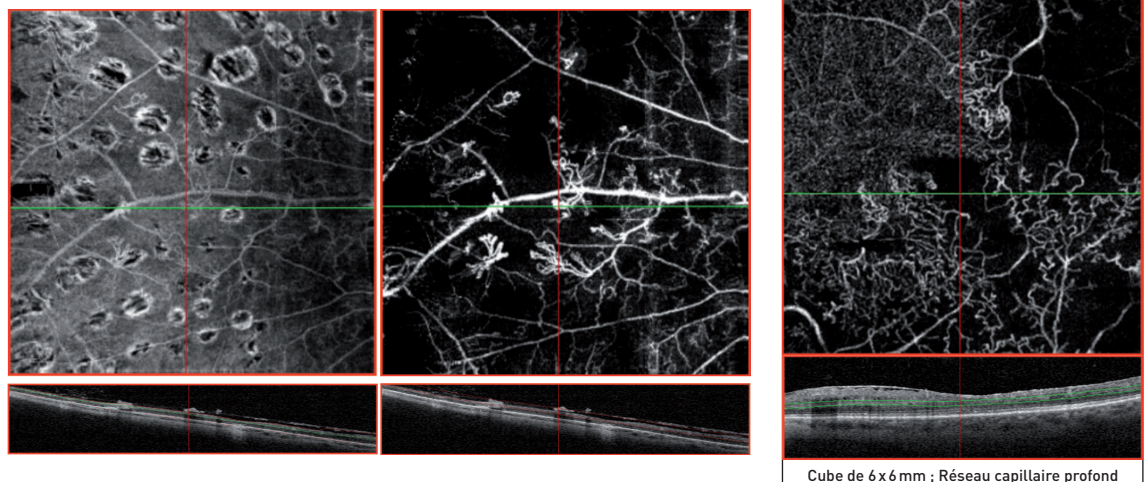
B. L'arcade anastomotique est plus large par occlusion des capillaires profonds. Ceux-ci apparaissent dilatés et présentent des micro-anévrysmes. Les territoires d'exclusion capillaire et les micro-anévrysmes se distribuent différemment au niveau des réseaux capillaires superficiel et profond.

Figure 8. ►

Angiographie-OCT d'un patient présentant des antécédents d'OVCR selon différentes fenêtres d'acquisition de 8x8 mm et 6x6 mm. L'examen met en évidence une densité capillaire très diminuée avec des territoires d'occlusion capillaire apparaissant très sombres. On visualise la tortuosité des capillaires rétiniens et des anastomoses rétino-rétiniennes.



► **Figure 9.** Même patient. Cicatrices de photocoagulation très éparpillées et néovaisseaux pré-rétiniens en moyenne périphérie. L'angiographie-OCT met en évidence la persistance de flux dans les néovaisseaux pré-rétiniens.



En images

La visualisation du flux dans les vaisseaux rétiniens permet d'apprécier la circulation hématique et ses altérations dans leur ensemble, sans le « masquage » lié à la diffusion du colorant typique de l'angiographie à la fluorescéine.

La présence des néovaisseaux pré-rétiniens peut aussi être détectée, mais l'intérêt de la méthode est limité par le champ d'acquisition essentiellement confiné au pôle postérieur, mais il est possible d'accéder à la moyenne périphérie à l'aide de points de fixation externes (figure 9).

Télangiectasies maculaires

L'angiographie-OCT met en évidence la maille capillaire superficielle dilatée dans son ensemble. Au niveau du réseau capillaire profond, les dilatations sont focales (ectasies) et occupent non seulement la couche plexiforme interne, mais également la nucléaire externe qui est normalement avasculaire (figure 10).

Les anomalies kystiques dégénératives de la rétine sensorielle apparaissent hypo-réfléctives par manque de vascularisation.

Les limites

Les limites de cette technique sont essentiellement matérialisées par les artéfacts liés aux problèmes inhérents à l'optique (perte de transparence des milieux) et à la qualité de fixation du patient lors de l'acquisition.

La fenêtre d'investigation reste relativement limitée et n'autorise qu'un champ d'analyse maximum de 8 mm, ne permettant pas d'accéder à la périphérie.

On note également l'absence de dynamique, contrairement à ce qu'on observe en angiographie à la fluorescéine grâce à la diffusion du colorant.

Une nouvelle sémiologie s'impose

La transposition de la sémiologie de l'angiographie à la fluorescéine à l'angiographie-OCT n'est pas possible aussi devra-t-on adapter une nouvelle terminologie selon les paramètres suivant :

- profondeur de l'atteinte,
- réflectance (notion de contraste),
- flux ou amplitude de décorrélation,
- morphologie et architecture vasculaire,
- texture.

Le concept de *texture* est un nouveau concept, très utilisé dans les techniques radiologiques modernes, qui devra

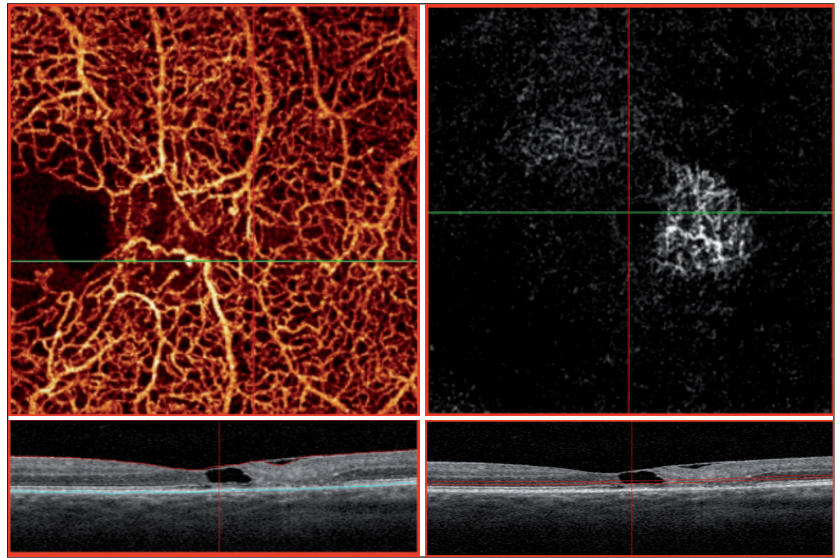


Figure 10. Télangiectasies maculaires idiopathiques.

s'analyser couche par couche. Cet aspect est étroitement corrélé à la présence ou à l'absence de capillaires.

Les différences de texture sont plus évidentes en cas d'ischémie où l'absence de capillaires laisse place à un aspect grisâtre à texture d'aspect granulaire.

Tous ces paramètres devront s'enrichir de détails au fur et à mesure de l'évolution de notre expérience clinique.

Conclusions

L'angiographie-OCT est une nouvelle technique d'imagerie très prometteuse et enthousiasmante. La confrontation avec les angiographies classiques à la fluorescéine et en ICG va favoriser et accélérer la courbe d'apprentissage, mais il faudra développer une nouvelle sémiologie adaptée à la technique.

L'angiographie à la fluorescéine et au vert d'indocyanine restent le gold standard dans le diagnostic des pathologies rétiniennes au bilan initial et à ce jour l'angiographie-OCT doit rester un complément d'information dans l'arbre décisionnel.

Il n'est nul doute que l'angiographie-OCT deviendra une technique d'imagerie à part entière dans un avenir proche, notamment grâce aux développements futurs de la technologie qui n'en est qu'à ses balbutiements, mais également grâce à l'évolution de nos connaissances.

Pour en savoir plus

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