



Savoir interpréter une angiographie et un examen en OCT

Florence Coscas^{1,2}, Elsa Bruyère¹, Alexandre Sellam¹, Eric H. Souied¹

L'imagerie rétinienne a connu des progrès spectaculaires avec des tomographies en cohérence optique (OCT) et des angiographes de plus en plus performants permettant de comprendre, de décrire de nouvelles lésions, d'établir le suivi adéquat et ainsi cibler les thérapeutiques.

À l'heure de l'émergence de l'OCT-angiographie, nous proposons de rappeler la description et l'interprétation de l'imagerie multimodale « classique » dans la DMLA permettant de caractériser les lésions et guider au mieux la prise en charge thérapeutique personnalisée.

Les angiographies

La numérisation des angiographies est une avancée fantastique composée avec un système d'acquisition des images et un ordinateur permettant l'accès immédiat des images, l'obtention d'un diagnostic et d'une prise en charge immédiats.

Au cours de la séquence angiographique, on distingue les temps : choroïdien, artériel, artérioveineux précoce (capillaire) et veineux (courant laminaire).

Base de l'interprétation

On distinguera des situations avec **hypofluorescence** :

- effet masque : par la présence de sang, pigments ou matériel ;
- déficit de remplissage : lors d'occlusions vasculaires, rétinopathie diabétique ;

ou des zones avec **hyperfluorescence** :

- imprégnation, dit « *Staining* », par accumulation de fluorescéine au sein d'un espace anatomique. Le staining peut être intense et précoce, comme dans les lésions fibreuses, ou lent et progressif, comme dans les lésions pseudoviteliformes de l'adulte ;
- diffusion, dit « *leakage* ». Il s'agit de l'augmentation de la fluorescence en surface et intensité entre les temps précoces et tardifs. C'est le cas dans la diffusion liée aux néovaisseaux choroïdiens actifs ;
- hyperfluorescence sans imprégnation ni diffusion. Il s'agit le plus souvent d'un effet fenêtre à travers une zone de défaut de l'épithélium pigmentaire (EP). Il peut s'y

associer un déficit de la choriocapillaire.

L'angiographie en lumière bleue à la fluorescéine (AF) est l'examen de référence pour confirmer le diagnostic positif de néovascularisation choroïdienne, la perfusion donc l'activité de ceux-ci, de préciser son type et sa localisation par rapport à la fovéa. La classification des NVC en visible, occulte, et mixte est basée sur l'AF.

L'angiographie en infrarouge au vert d'indocyanine (ICG)

Séquence angiographique : au cours de la séquence angiographique, on distingue les temps artériel, veineux (précoce, moyen, tardif), puis la phase d'inversion. La molécule d'indocyanine, ou d'infacyanine, possède un poids moléculaire supérieur à la fluorescéine et donc retenue plus longtemps au sein de la choriocapillaire.

Base de l'interprétation : comme pour l'AF, on distinguera des situations d'hypo-cyanescence (masquage, hypoperfusion) ou hypercyanescence précoce ou tardive.

L'ICG permet de visualiser simultanément les réseaux vasculaires choroïdiens et rétinien qui sont superposés. Cet examen permet en effet de convertir les NVC occultes en AF en un réseau vasculaire bien délimité et parfaitement identifiable. L'ICG va pouvoir déceler une anastomose chorioretinienne (ACR) ou une vasculopathie polypoïdale (VPC) isolée ou associée. Elle permettra surtout de trancher en cas de doute sur un diagnostic différentiel.

L'ICG confirme les résultats de l'AF et apporte de nouvelles données dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). Sa limite : pour pouvoir être visibles, les vaisseaux doivent avoir un calibre supérieur à 40 µm.

1. CHI Créteil 2. Centre d'exploration ophtalmologique de l'Odéon

La tomographie en cohérence optique (OCT)

L'OCT est un examen clé pour le diagnostic et l'évaluation du degré d'activité des lésions néovasculaires, mettant en évidence des signes exsudatifs.

Le principe basé sur l'interférence partielle entre un faisceau lumineux réfléchi par la rétine et un faisceau réfléchi par un miroir de référence permet une imagerie en coupe antéro-postérieure, avec un délai de retour ou d'écho de la lumière réfléchie, à partir des microstructures rétinienne (figure 1).

La rapidité d'acquisition entraîne une diminution des artefacts liés au mouvement et une augmentation du nombre et de la densité des scans permettant la reconstruction réelle en 3D à grande vitesse. L'amélioration d'images par « sommation d'images » automatique en temps réel permet de réduire le rapport signal/bruit et d'augmenter la définition des images. Un repositionnement automatique des scans lors d'examen successifs et du suivi thérapeutique est possible grâce au système de « *Tracking Laser Tomography™* » (Spectralis HRA-OCT).

L'OCT permet de matérialiser les phénomènes d'exsudation de fluide intrarétinien, diffus ou cystoïde (central ou paracentral), d'accumulation de fluide sous-rétinien, de décollements de l'EP ainsi que les points hyperréfléctifs [1] et les lésions hyperréfléctives pré-épithéliales, et d'effectuer une cartographie.

L'OCT analyse l'état des couches externes notamment l'intégrité de la membrane limitante externe et de l'ellipsoïde [2]. En EDI et en swept source, la choroïde peut être interprétée : amincie dans la DMLA et la maculopathie liée à l'âge (MLA), épaissie dans la CRSC (choriorétinopathie séreuse centrale), la VPC et la dégénérescence pseudo-vitelliforme [3].

L'OCT en face matérialise le trajet des NVC ou la réorganisation tubulaires des couches externes d'une lésion évoluée.

SD-OCT et angiographie dans la maculopathie liée à l'âge

- **Les drusen miliaires** sont ronds, réguliers, de petite taille (inférieure à 63 µm), jaunâtres.

- OCT : ils entraînent de très minimes soulèvements de

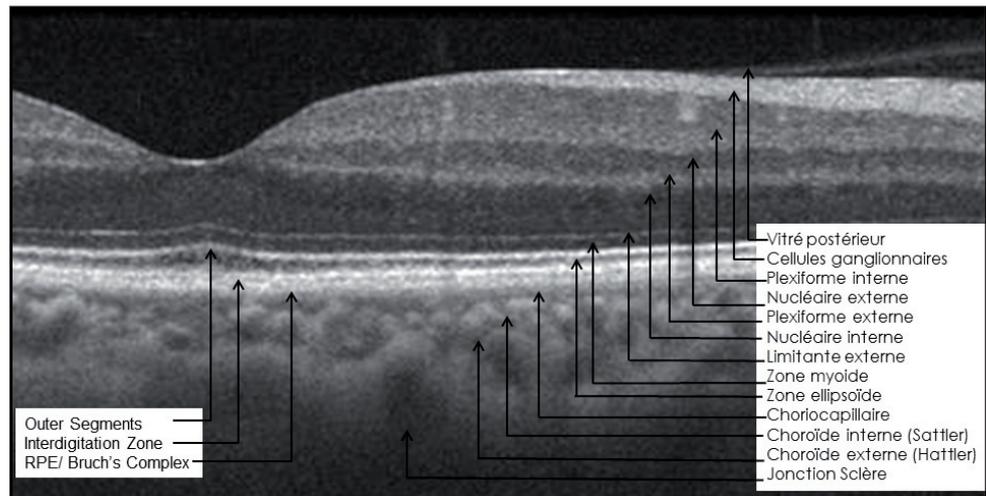


Figure 1. Coupe fovéale normale en tomographie en cohérence optique spectrale domaine et en mode B-scan.

l'EP en OCT B-scan. L'OCT en face permet de bien observer ces très nombreuses microlésions.

- Angiographies : ils apparaissent hyperfluorescents dès le début de la séquence, par effet fenêtre sur l'AF, mal visibles au temps précoce du SLO-ICG.

- **Les drusen séreux** sont à contours flous, plus pâles que les drusen miliaires, très nombreux, plus périphériques, de plus de 125 µm.

- OCT : multiples soulèvements en dôme de l'EP modérément réfléchitifs avec conservation de la visibilité de la limitante externe et de l'ellipsoïde. Certains confluent plus en profondeur vers l'organisation d'un décollement de l'épithélium pigmentaire (DEP) drusénoïde à contenu modérément réfléchitif et associé à des drusen séreux.

- Angiographies : en AF, hypofluorescents en temps précoce puis s'imprègnent et deviennent hyperfluorescents par coloration progressive, sans diffusion. Ils restent toujours hypocyaneux en ICG.

- **Les pseudo-drusen** réticulés d'aspect cérébroïde, visibles en lumière bleue.

- OCT : hyperréfléctifs, denses en avant de l'EP et pouvant altérer l'ellipsoïde, et associés à une choroïde amincie en EDI-OCT. Ils prennent un aspect de pic partant de l'EP et faisant irruption dans la couche ellipsoïde.

- Angiographies : hypofluorescents en AF et SLO-ICG, sont préférentiellement de localisation temporale. Ils sont mieux visibles en ICG.

- **Les drusen fantômes**

- OCT : à contours hyperréfléctifs, en forme de pyramides ou de cônes, denses en avant de l'EP. Ils sont associés à la DMLA atrophique.

- Angiographies : mal visibles en AF, ils prennent un aspect normo- ou hyperfluorescent sur fond d'atrophie. En ICT, ils sont hypocyanescents.

- **Les altérations de l'EP**

- OCT : ils s'expriment peu, avec de fines irrégularités de la couche de l'EP.

- Angiographies : ce sont des plages décolorées centrales avec quelques migrations pigmentaires sur les clichés monochromatiques, hypo-autofluorescentes se colorent peu en AF et sont hypercyanescents par perte de l'EP en SLO-ICG.

- **Les dépôts de matériel** peuvent être isolés en avant de l'EP ou infiltrant l'EP.

- OCT : l'OCT en face montre la présence de matériel homogène, dense, surajouté, hyperréfléctif à l'intérieur de l'EP, avec une discrète hypoauto fluorescence inférieure se colorant sans diffusion sur l'AF et sans NVC sur le SLO-ICG. L'OCT montre une zone épaissie hyperréfléctive surmontant une zone hyporéfléctive au sein de l'EP rétrofovéal irrégulier (« *bumps* ») avec conservation des couches externes et sans DSR. Un DEP hyperréfléctif peut être associé à du matériel fragmenté hyper- et hyporéfléctif, sans DSR ni logette cystoïde et avec une bonne intégrité de la limitante externe.

- Angiographies : ils sont caractérisés par une hyperauto fluorescence centrale se colorant en AF sans diffusion et réalisant une plaque hyperfluorescente en SLO-ICG par dilatation des gros vaisseaux choroïdiens.

La dégénérescence pseudovitelliforme pose un problème de diagnostic différentiel avec la DMLA exsudative lorsque un pseudo-DSR est présent, mais sans diffusion en AF avec respect des couches internes, choroïde épaissie [3], hyperauto fluorescence caractéristique et absence de réponse aux anti-VEGF (*figure 2*).

SD-OCT et angiographie dans la DMLA

- **Le DEP avasculaire** : il apparaît en rétrofovéal par confluence de drusen séreux.

- OCT : à cavité moins réfléctive que celle liée au soulèvement des drusen, sans altération de la membrane de Bruch, entraînant un amincissement de la nucléaire externe et associé à des accumulations de matériel de surcharge dans les couches externes, sans DSR, et sans trajet néovasculaire visible en OCT en face.

- Angiographies : il se colore par imprégnation de façon inhomogène et retardée en AF, sans NVC hyperfluorescent en ICG. L'aspect est hypofluorescent en ICG.

- **Les néovaisseaux choroïdiens visibles (type 2)**

- OCT : l'OCT B-scan montre l'hyperréfléctivité pré-épithéliale, les logettes cystoïdes, le DSR et les points

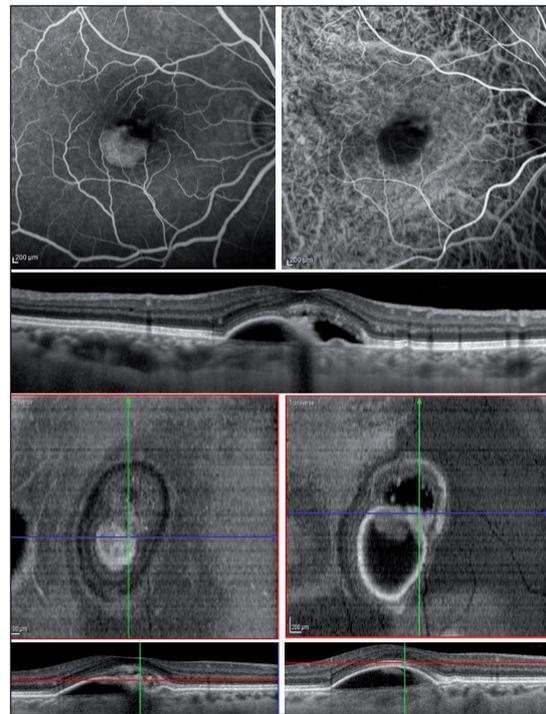


Figure 2. Dystrophie pseudovitelliforme mimant un décollement de l'épithélium pigmentaire vascularisé (DEP), en angiographie à la fluorescéine (AF) ; le remplissage est relativement homogène sans *pin points*. En ICG, le DEP est hypofluorescent avec une encoche supéro-nasale hyperfluorescente. Le SD-OCTB montre un DEP hyporéfléctif associé à une hyporéfléctivité sous-rétinienne. De plus, les couches externes ne sont pas fragmentées et il s'associe du matériel de surcharge hyperréfléctif. L'OCT-C en face transverse montre la présence de matériel hyperréfléctif au sein de l'EP et du matériel hyporéfléctif par liquéfaction et fragmentation en avant de l'EP (le DSR subirait les lois de la gravité) ; les couches externes sont conservées.

hyperréfléctifs pouvant être associés à une hémorragie sous-rétinienne et lésion grisâtre sur le cliché couleur. L'EDI-OCT montre une choroïde amincie. L'OCT en face montre l'orifice de passage des NVC à travers l'EP qui se décolle à ce niveau.

- Angiographies : hyperfluorescence en roue de bicyclette dont le halo noir est comblé par sa diffusion au temps tardifs sur l'AF. Le SLO-ICG montre les NVC avec leur arcade anastomotique périphérique (*figure 3*).

- **Les néovaisseaux choroïdiens occultes (NVO) (type 1)**

- OCT : ce sont des néovaisseaux sous-épithéliaux. L'OCT permet de mettre en évidence un soulèvement irrégulier de l'EP avec la présence de signes exsudatifs (DSR, logettes intrarétiniennes, points hyperréfléctifs).

- Angiographies : ils se traduisent par une hyperfluorescence hétérogène irrégulière, mal définie, avec une diffusion modérée tardive avec l'aspect de *pin points*. Le SLO-ICG permet de mettre en évidence un lacis néovas-

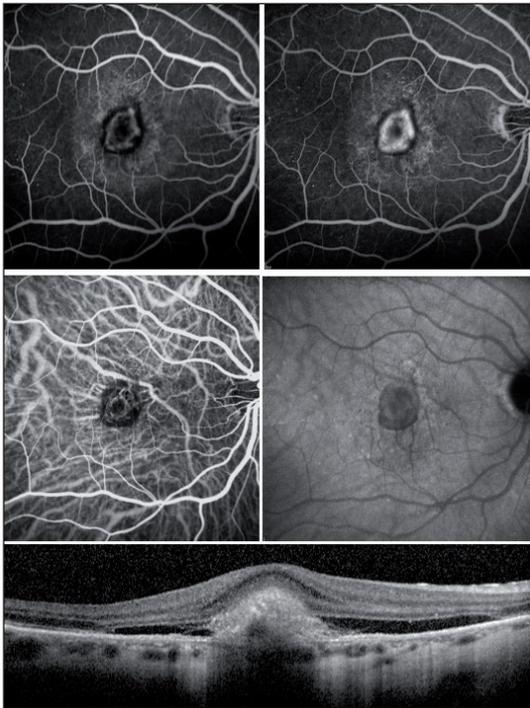


Figure 3. Imagerie multimodale des néovaisseaux choroïdiens visibles (NVV ou « classics ») en angiographie à la fluorescéine, bien définis avec halo hypofluorescent perlésionnel comblé par la diffusion de la fluorescéine au temps tardif (haut droit et gauche), En ICG, ces NVV ont un effet de « wash-out » rapide et sont hypocyanescents au temps tardif (milieu droite et gauche). En SD-OCT B, les NVV apparaissent préépithéliaux par effraction de l'épithélium pigmentaire discrètement décollé et associés à une accumulation hyporéfléctive de fluide sous-rétinien (DSR).

culaire précoce mais surtout d'identifier une plaque bien délimitée hypercyanescence tardive.

- **Néovaisseaux visibles « minimally classic », mixtes**
 - OCT : le B-scan met en évidence un DEP correspondant à la partie « occulte » sous-épithéliale avec DSR, points hyperréfléctifs, et une hyperréfléctivité en avant de l'EP correspondant à la partie visible sur l'AF et préépithéliale sur l'OCT. L'OCT en face visualise le trajet hyper-réfléctif des NVC au sein du DEP dont les limites sont irrégulières fragmentées et hyperréfléctives.
 - Angiographies : l'AF va montrer la partie visible qui réalise un « wash-out » plus précoce et dont la partie occulte apparaît hyperfluorescente en rétrofovéal en SLO-ICG.
- **Les néovaisseaux avec DEP vasculaires**
 - Ils sont peu détectables sur les clichés monochromatiques seuls.
 - OCT : il traduit la réaction exsudative associant DEP, DSR, logettes cystoïdes, points hyperréfléctifs et infiltration diffuse hyperréfléctive des couches externes. La cho-

roïde est amincie en EDI-OCT. L'EDI-OCT en face permet de visualiser et localiser le « *branching neovascular network* » des NVC au sein du DEP [4].

- Angiographies : le SLO-ICG met en évidence une membrane néovasculaire rétrofovéale avec visibilité du pédicule et des ramifications néovasculaires au sein, dans l'encoche ou à distance de l'hypofluorescence du DEP.

- **Les anastomoses choroïdiennes (néovascularisation de type 3)**

- OCT : elles apparaissent souvent sur des drusen séreux et réticulés. Ce sont les NVC type 3 évoluant en trois stades en OCT (érosion, clapet, « *kissing sign* ») et associées à une hémorragie sous rétiniennne.

- Angiographies : un vaisseau rétinien se coude vers un bouquet de néovaisseaux choroïdiens, anastomosé à un autre vaisseau rétinien coude lui aussi en AF, avec diffusion tardive. L'ICG montre un DEP de remplissage tardif et un « *hot spot* » juxtafovéal au voisinage des vaisseaux maculaires.

- **Stades évolués**

- OCT : on peut observer une fibrose hyperréfléctive pré-épithéliale en OCT à bords bien délimités, où les couches externes ne sont plus présentes, et parfois associés à des tubulations [5] de celles-ci et des logettes intrarétiniennes dégénératives.

- Angiographies : la lésion fibreuse apparaît intensément hyperfluorescente dès le début de la séquence, à bords nets, rétractiles, fréquemment associés à des aspects de « *spicules* » sur les bords.

SD-OCT et diagnostic différentiel de la DMLA

- **Dégénérescence pseudo-vitelliforme**

C'est un problème de diagnostic différentiel de la DMLA exsudative lorsqu'un pseudo-DSR est présent, mais sans diffusion en AF, avec respect des couches internes, choroïde épaissie [3], hyperautofluorescence caractéristique et absence de réponse aux anti-VEGF (figure 2).

- **CRSC**

La choroïdite séreuse centrale peut montrer des *pin points* en AF avec diffusion tardive comme les NVO mais sans NVC et sans plaque en ICG et avec des gros vaisseaux choroïdiens dilatés. Le DSR prédomine en OCT avec une choroïde épaissie et ne répond pas aux anti-VEGF.

- **Les VPC [6]**

- OCT : l'OCT B-scan montre la dilatation polypoïdale au sein du DEP à bords abrupts, à angle aigu, associée à un dédoublement et un épaississement de l'EP/choriocapillaire correspondant au *branching network* (figure 4).

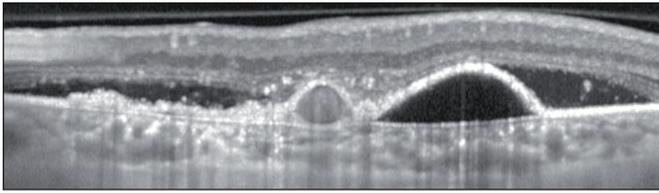


Figure 4. Vasculopathie polypoïdale en SD-OCT B.

Le décollement de l'épithélium pigmentaire (EP) est à pentes douces et à contenu hyporéfléctif. Il s'associe à une protrusion de l'EP contenant l'ectasie polypoïdale (polype) dont les contours sont visibles par sommation d'au moins 25 images.

Ce polype est relié à des vaisseaux choroïdiens anormaux dilatés qui apparaissent sous l'aspect d'une ondulation de l'EP. La choroïde est très épaisse par dilatation vasculaire. Il s'associe une réaction exsudative : DSR et points hyperréfléctifs.

- Angiographies : la vasculopathie polypoïdale donne une hyperfluorescence précoce et une diffusion en temps tardif en AF souvent masqués par hémorragie ou hyperfluorescence du DEP. L'ICG est l'examen clé mettant en évidence un réseau vasculaire choroïdien anormal, « *branching vascular network* », avec des ectasies hyperfluorescentes sans diffusion et « *wash-out* » (aux temps tardifs) à la terminaison de ces vaisseaux choroïdiens anormaux, sans arcade anastomotique les reliant entre eux.

Par ailleurs, le suivi en AF et SD-OCT de la DMLA dépiste l'évolution de l'atrophie, le passage d'une MLA à une DMLA. Dans le cas de la DMLA exsudative, ces examens permettent de poser l'indication ou l'abstention thérapeutique. De plus, il a été montré que l'aspect altéré initial des couches externes conditionne l'acuité visuelle finale [2].

Conclusion

L'imagerie multimodale maculaire est un puzzle d'exams tous utiles au diagnostic positif, au diagnostic différentiel et/ou au suivi des patients. L'angio-OCT est le nouvel examen qui a déjà trouvé sa place au sein de ce puzzle et qui occupera une place de plus en plus importante dans les mois et années à venir.

Bibliographie

1. Coscas G, De Benedetto U, Coscas F *et al.* Ophthalmologica. 2013; 229(1):32-7.
2. Coscas F, Coscas G, Lupidi M *et al.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015; 56(6):4129-34.
3. Coscas f, pucho n, coscas g *et al.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2014; 55 (1):64-9.
4. Coscas F, Coscas G, Querques G *et al.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53(7):4147-51.
5. Wolff B, Matet A, Vasseur V *et al.* J Ophthalmol. 2012;2012:542417.
6. Coscas G, Lupidi M, Coscas F *et al.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56(5):3187-95.