



Imagerie échographique

Maté Strehó

Depuis les premières échographies de l'œil, réalisées dans les années 1950 et simplement destinées à établir un diagnostic, les techniques et les champs d'application ont considérablement évolué. L'imagerie échographique conserve donc, malgré l'avènement de l'OCT, un intérêt indéniable dans la détection et le traitement des pathologies oculaires.

L'échographie est une technique d'exploration oculaire bien connue qui garde de nos jours de nombreuses indications. Le *tableau* reprend les principales indications de l'échographie oculaire. Les premières échographies de l'œil remontent aux années 1950, avec initialement le mode A décrit par Mundt et Hughes [1] et Oksala et Lehminen [2]. Les travaux de Coleman et Carlin [3] sur la vitesse de propagation des ultrasons dans les différents tissus oculaires ont permis de déterminer la mesure de la longueur axiale. L'échographie standardisée est une variante, peu utilisée en France, développée par Ossoinig

[4] pour détecter les différentes pathologies (DR, MER, hémorragie, tumeur...) basées sur la forme et l'amplitude du A-scan comparé à une réflectivité tissulaire standardisée. Le B-scan a été développé par Baum et Greenwood [5], permettant une visualisation 2D avec un codage de l'amplitude en échelle de gris. Les années 1990 ont vu l'apparition de l'échographie de très haute fréquence appliquée au segment antérieur développée par Pavlin [6]. Le champ d'application actuel est large dans le domaine diagnostique, mais également thérapeutique.

Tableau. Indications actuelles de l'échographie oculaire.

Indications de l'échographie oculaire	
Troubles des milieux	Taie cornéenne, hyphéma, cataracte totale, hémorragie intravitréenne...
Analyse du vitré	DPV, synchisis étincelant, hyalite...
Analyse de la rétine	Rapports vitréo-rétiniens, déchirure, décollement de rétine, rétinoblastome
Analyse maculaire	Épaississement, œdème maculaire, trou maculaire, membrane épimaculaire, DMLA...
Analyse de la choroïde	Décollement choroïdien, tumeurs...
Analyse de la sclère	Épaississement, amincissement, sclérite
Tumeurs intraoculaires	Type, taille, localisation, extension...

Centre Explore Vision, Paris ; centre d'exploration de la vision, Rueil-Malmaison ; hôpital Lariboisière, Paris. Aucun conflit d'intérêt

Principe et applications

L'échographie consiste à utiliser des ultrasons pour analyser les différentes interfaces oculaires en analysant les échos de retour. Les ultrasons sont décrits comme étant inférieurs à 25 kHz mais en application clinique, il s'agit plutôt de MHz. Les ultrasons peuvent être focalisés et orientés, permettant une analyse précise de la structure étudiée. On utilise un transducteur avec une pièce piézo-électrique qui va émettre les ultrasons à une focale et à une fréquence donnée pour enregistrer ensuite les échos de retour. En ophtalmologie, nous employons une focale fixe (ex. 20 mm pour une sonde de 10 MHz), contrairement aux radiologues qui utilisent une ou plusieurs focales variables. La résolution de l'échographie dépend de sa fréquence d'oscillation. En effet, la résolution globale d'une sonde de 10 MHz sera de 150 µm, et celle d'une sonde de 50 MHz de 30 µm [7]. Avec l'augmentation de la fréquence d'oscillation, on observe également une augmentation exponentielle de l'absorption tissulaire des échos. C'est pourquoi l'UBM (*ultrasound biomicroscopy*) n'est possible que pour le segment antérieur. On parle de résolution axiale et latérale. Les appareils actuels enregistrent en moyenne 10 images/sec, permettant une analyse en image mais également en vidéo. Cette dimension cinétique est unique et propre à l'échographie, ce qui rend cet examen « opérateur-dépendant ».

L'échographie est utilisée comme technique d'imagerie diagnostique. Elle permet de visualiser le segment postérieur mais également le segment antérieur dans sa totalité (*figure 1*). Pour ce dernier, nous utilisons une (très) haute fréquence focalisée sur le segment antérieur. En effet, le vitré entraîne une atténuation trop importante pour avoir des images de la rétine. Néanmoins, on observe parfaitement les structures du segment antérieur, y compris la chambre postérieure en arrière de l'iris et les procès ciliaires.

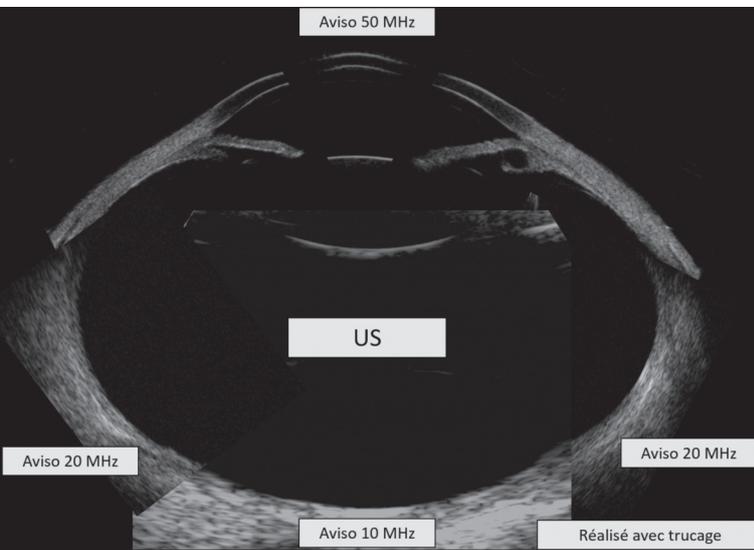


Figure 1. Coupe échographique (réalisée avec trucage) permettant une visualisation complète du globe oculaire.

OCT versus échographie

Il existe une analogie évidente dans le principe même du fonctionnement des deux appareils. L'OCT est comme un appareil d'échographie où la source ultrasonore est remplacée par de la lumière (laser). Il mesure les réflectivités des différentes interfaces. On parle d'interférométrie en cohérence optique. La nomenclature est par ailleurs la même avec les A- et B-scans. La longueur d'onde de la lumière est inférieure aux ultrasons et permet ainsi une meilleure focalisation et une meilleure concentration de la source lumineuse. Il en résulte également une meilleure résolution (*figure 2*). L'échographie garde un intérêt majeur pour analyser les structures où la lumière reste inaccessible (ex : orbite, tumeur pigmentée, chambre postérieure, corps ciliaires, trouble des milieux...). De plus, l'échographie est un examen statique mais également dynamique et permet donc l'analyse cinétique des différentes parois, impossible en OCT à ce jour.

Dossier

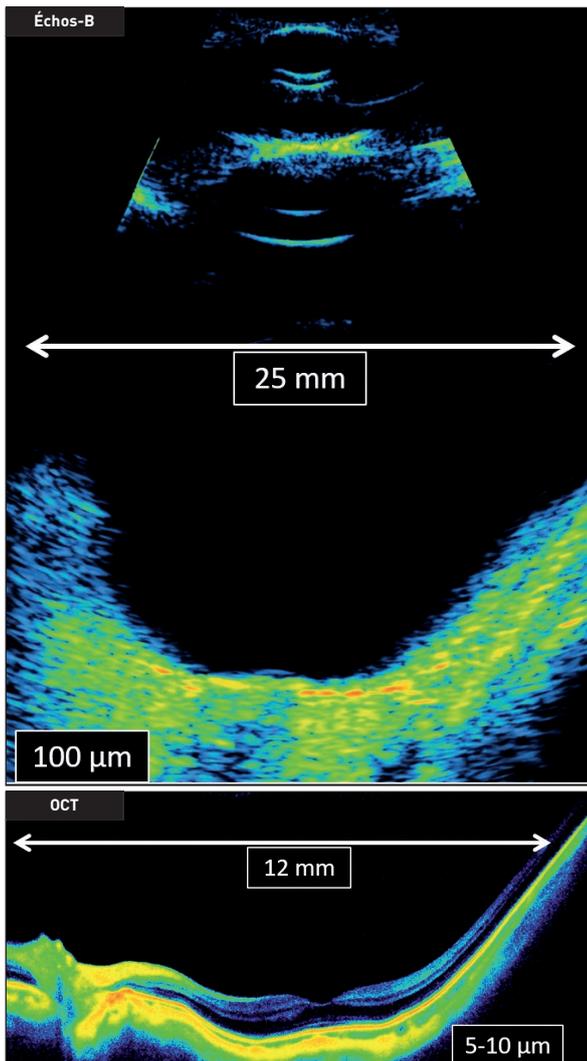


Figure 2. Comparaison d'une coupe d'échographie en mode B vs une coupe d'OCT du pôle postérieur.

Avenir de l'échographie

Les pistes de développement portent aussi bien sur l'appareillage que sur les logiciels de traitement de l'image. Concernant l'appareillage, il s'agit essentiellement d'adapter les sondes en variant les fréquences, les focales et les autres paramètres, mais également les matériaux. Une piste est actuellement en cours de développement pour une sonde « non focalisée » avec une fréquence de 18 MHz permettant des acquisitions jusqu'à 20 000 B-scans/sec. La limite d'utilisation des ultrasons repose principalement sur un effet thermique (ou cavitation) pouvant entraîner des dommages tissulaires. C'est ainsi que le procédé HIFU (*high intensity focused ultrasound*) utilise les ultrasons comme principe thérapeutique pour détruire en

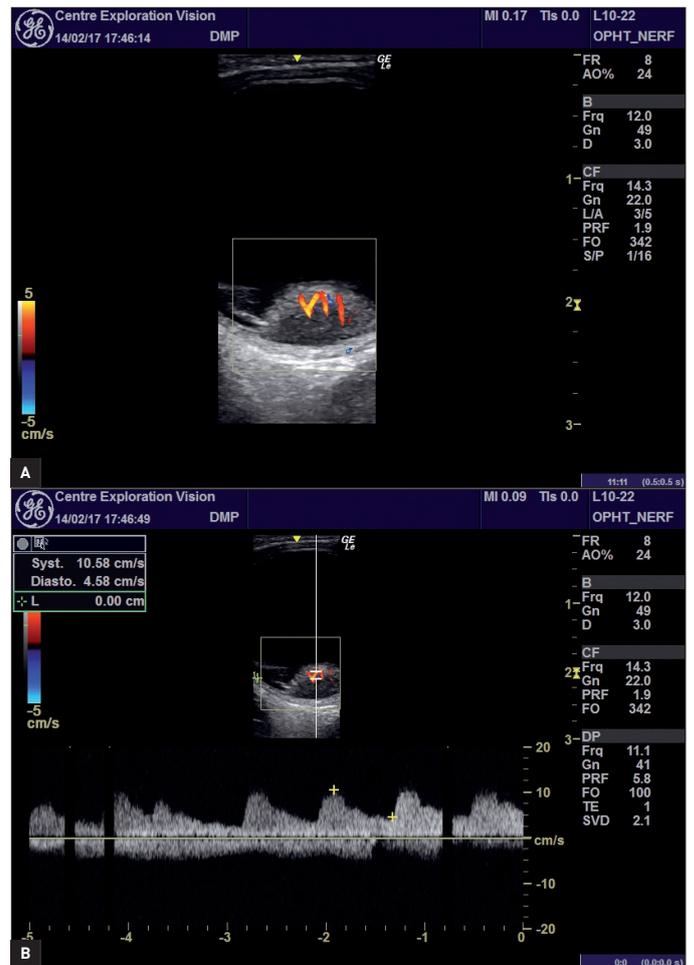


Figure 3. Visualisation d'une coupe échographique d'un mélanome choroïdien en mode doppler visualisant les vaisseaux intratumoraux (A) et leur flux (B).

partie les procès ciliaires [8]. Le doppler est également une évolution de l'échographie permettant la visualisation du flux (son sens, sa vélocité, son amplitude...), notamment dans les tumeurs oculaires (figure 3). Pour le soft (ou logiciel), il existe des développements pour traiter l'image en échelle colorimétrique (figure 4) ou avec différents filtres. Nous disposons également d'outils de mesure de taille et de surface. Et la miniaturisation de l'échographie rend le dispositif simple, portable et pratique. Finalement, la dernière tendance sera peut-être une nouvelle forme d'imagerie, la photo-acoustique. Présenté à l'American Academy of Ophthalmology, ce procédé utilise une source lumineuse et l'absorption de la lumière par les différentes interfaces émet un ultrason détecté par l'appareil. Il semblerait que ce procédé allie la résolution de l'OCT et la pénétration tissulaire de l'échographie.

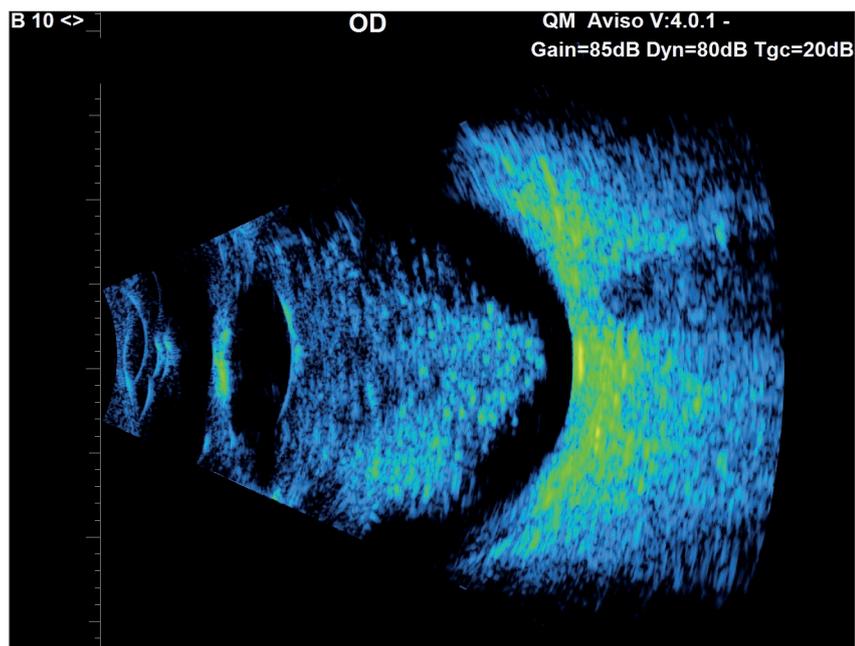


Figure 4. Coupe échographique montrant un synchisis étincelant en mode B à la sonde de 10 MHz avec filtre couleur.

Références bibliographiques

- [1] Mundt GH Jr, Hughes WF Jr. Ultrasonics in ocular diagnosis. *Am J Ophthalmol.* 1956;41(3): 488-98.
- [2] Oksala A, Lehtinen A. Diagnostic value of ultrasonics in ophthalmology. *Ophthalmologica.* 1957; 134(6):387-95.
- [3] Coleman DJ, Carlin B. A new system for visual axis measurements in the human eye using ultrasound. *Arch Ophthalmol.* 1967;77(1):124-7.
- [4] Ossoinig K. Clinical echo-ophthalmology. In: Blodi FC, editor. *Current Concepts of Ophthalmology.* Vol III. St Louis, MO: CV Mosby C; 1972: 101-30.
- [5] Baum G, Greenwood I. The application of ultrasound locating techniques to ophthalmology. theoretic considerations and acoustic properties of ocular media. Part I : Reflective properties. *Am J Ophthalmol.* 1958;82:475-79. Ou 1958;46:319-29 ?
- [6] Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD, Forest FS. Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology.* 1991;98(3):287-95.
- [7] Silverman RH. Focused ultrasound in ophthalmology. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:1865-75.
- [8] Aptel F, Lafon C. Treatment of glaucoma with high intensity focused ultrasound. *Int J Hyperthermia.* 2015;31(3):292-301.