IMAGER LA RÉTINE AVEC SON SMARTPHONE : QUE PEUT-ON EN ATTENDRE EN 2025 ?

Bertrand Michaud
DMV CES Ophtalmologie vétérinaire
DU Microchirurgie ophtalmologique, DU Exploration de la fonction visuelle
DU Chirurgie vitréorétinienne, DU OCT en Ophtalmologie
Agréé pour le dépistage des MHOC
Clinique vétérinaire Anima-Vet Saint-Genis-Pouilly (01)

La photographie du fond d'œil (rétinographie) permet de réaliser facilement le dépistage, le diagnostic, la documentation, l'enseignement et le suivi des cas d'anomalies rétiniennes. Les caméras dédiées à l'imagerie du fond d'œil en médecine humaine ne sont pas adaptées aux animaux de compagnie car non portables et bien trop coûteuses. Des dispositifs non mydriatiques portables de bonne qualité tels l'Aurora (Optomed®, Finlande) et le Smartscope Pro (Optomed®, Finlande) permettent la réalisation d'images (Photo 1) facilement, mais leur prix élevé peut en limiter l'accès au plus grand nombre. De nombreuses solutions utilisant le smartphone ont vu le jour ces dernières années, rendant l'imagerie du fond d'œil plus facile et accessible, et rendant la capture et le partage d'images toujours plus aisés. Nous nous proposons de faire le point sur ces solutions.

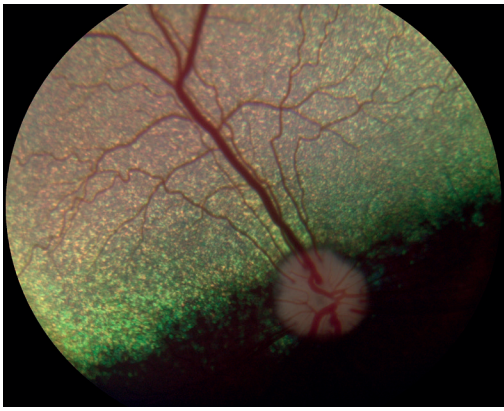

Photo 1.
Fond d'œil d'un Nova Scottia de 1 an obtenue avec l'Aurora® (Optomed). © B. Michaud

1 Place du smartphone dans le domaine de la santé

Les smartphones sont omniprésents dans la vie quotidienne, il n'est pas surprenant que leur présence se développe également dans le domaine de la santé [4,13]. De nombreuses applications et dispositifs permettent d'utiliser les smartphones pour le diagnostic médical afin de faciliter l'information au patient et la formation des étudiants [12]. L'imagerie du fond d'œil assistée par smartphone (IFOAS) est l'une des applications les plus avancées à ce jour [8,14,18,19].

2 Évolution de l'imagerie rétinienne assistée par smartphone

Les premiers pas de l'imagerie rétinienne mobile. Différentes approches d'IFOAS

L'IFOAS est issue de solutions « maison », à partir d'approches basées sur l'ophtalmoscopie indirecte utilisant des lentilles et des sources lumineuses externes, jusqu'à ce que les smartphones plus récents soient équipés d'un flash.

Dans la littérature, l'utilisation d'une lentille 20D avec un smartphone est l'une des premières méthodes d'enregistrement vidéo d'examen en ophtalmoscopie indirecte sur les yeux d'humains, de chats, de chiens et de lapins [1,5,7,9]. Cela permet d'obtenir des images du fond d'œil de meilleure qualité en milieu clinique, aussi bien sous anesthésie qu'éveillé.

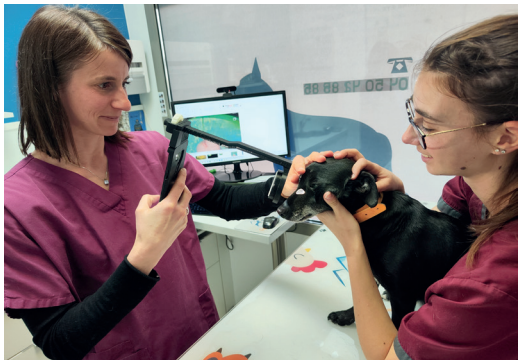

Photo 2. *Utilisation d'un adaptateur en impression 3D. © B. Michaud*

Cette méthode exige un alignement précis entre le smartphone et la lentille, rendant l'opération complexe, notamment pour les animaux agités [6,9]. Cet examen est d'autant plus difficile que l'inversion horizontale et verticale de l'image complique la prise de vue. Des supports de lentille universels en impression 3D (Photo 2) ont permis de faciliter l'examen qui demeure toutefois délicat [6].

Plus récemment, des dispositifs optiques fixés sur un cadre pour smartphone ont été développés comme le D-eye® (D-EYE Srl, Padoue, Italie), un ophtalmoscope direct qui présente l'inconvénient d'avoir un champ d'exploration restreint et d'être adapté à un seul modèle (ancien) de smartphone (Apple Iphone 6). Il permet d'obtenir des images de faible qualité.

Les systèmes d'IFOAS récents représentent une avancée majeure en ophtalmologie, y compris dans le domaine vétérinaire. En 2025, ces dispositifs sont devenus plus accessibles, fiables et polyvalents, rendant leur usage à la fois pratique et abordable.

L'IFOAS semble être une bonne alternative à la photographie numérique conventionnelle du fond d'œil et un excellent outil pédagogique pouvant servir de substitut à l'ophtalmoscopie directe. Cependant, la qualité d'image pour l'IFOAS varie considérablement selon les dispositifs utilisés mais aussi selon le smartphone employé.

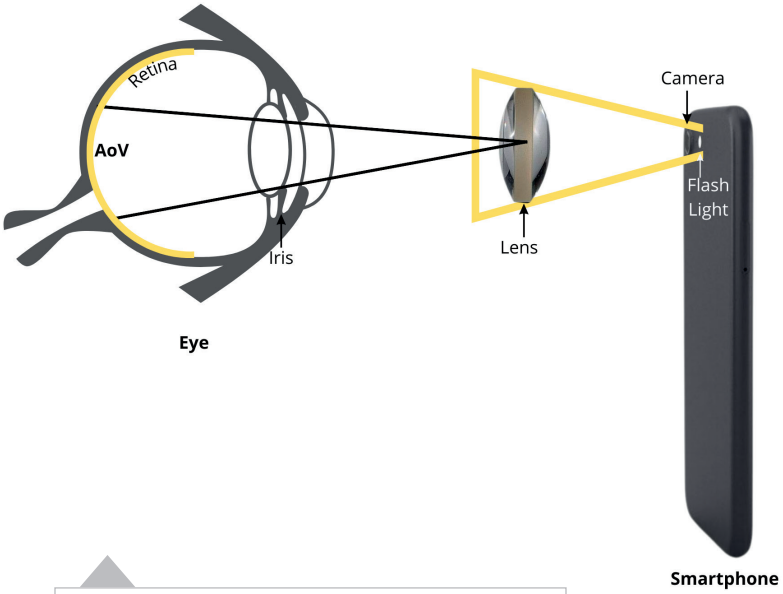

Photo 3. *Conception optique générale des dispositifs d'IFOAS. © B. Michaud*

Principes de fonctionnement des systèmes d'IFOAS

Le principe de fonctionnement des dispositifs d'IFOAS est relativement simple : la caméra du smartphone capte l'image formée par le reflet de la lumière arrière (ou de la lumière intégrée dans le dispositif) du smartphone sur la rétine après avoir traversé la pupille ainsi qu'une lentille convergente (Photo 3). L'image est redressée soit par un jeu de lentilles, soit par le logiciel de capture d'image. Chaque système d'IFOAS présente différents degrés d'angles de vue rétinienne (AoV) selon sa conception optique, permettant de capturer des images rétiniennes de champs d'observation variables.

Appareils disponibles à ce jour

Les nouveaux dispositifs d'IFOAS sont très portables grâce à leur format compact et d'une grande facilité d'utilisation ; ils permettent un examen du fond d'œil avec ou sans dilatation pupillaire. Ces caméras portables sont disponibles à des coûts allant de 700 à 3600 euros.

Cinq appareils d'imagerie rétinienne (Photo 4) portables exploitant la caméra et l'interface d'un smartphone existent à ce jour :

Photo 4. *Présentation des cinq dispositifs d'IFOAS. De gauche à droite : iExaminer®, NUN®, Clearview2®, VistaView® et OQVet®. © B. Michaud*

	iExaminer®	Clearview 2®	Nun WFE-02S®	Vistaview®	OQVet®
Smartphones compatibles	Universel +/-	iPhone 5/6/6S	Universel	Nokia XR20, intégré	Galaxy S20
Source / Type d'éclairage	Interne / Punctiforme	Lampe smartphone	Interne / Annulaire	Interne / Diffuse	Interne / Diffuse
Dilatation pupillaire	Non requise	Non requise	Non requise	Non requise	Non requise
Champ d'observation rétinien (°)	25	50	30	55	60
Distance de travail (mm)	22	65	15	15	20
Dimensions (mm)	70/220/162	180/76/180	125/42/155	88/202/103	81/160/198
Poids (g) [avec smartphone]	390	325	365	310 (560)	390
Prix (€)	1200	3000	700	2000	3600

Tableau 1. *Comparaison des différents dispositifs d'IFOAS.*

- Panoptic iExaminer® (Welch Allyn, États-Unis) ;
- ClearView 2® (Optibrand, États-Unis) ;
- NUN® WFE-02S (Wikiopics, Corée du Sud) ;
- Vistaview® (Volk, États-Unis) ;
- OQVet® (LabSD, Corée du Sud).

Dans les sous-sections suivantes, nous présentons les détails des systèmes d'imagerie du fond d'œil assistée par smartphone disponibles et leurs fonctionnalités. Le Tableau 1 résume et compare les caractéristiques importantes des systèmes d'imagerie rétinienne basés sur des smartphones disponibles au public sur le marché, notamment leur prix, leur taille, leur poids, les smartphones compatibles, la source d'éclairage, la dépendance à la dilatation de la pupille et le champ d'examen rétinien.

Plateforme iExaminer®

C'est un support qui permet d'aligner la caméra arrière d'un smartphone à l'oculaire d'un ophtalmoscope PanOptic Plus® (Welch Allyn, Auburn, New-York, États-Unis). Le iExaminer offre un champ de vision allant jusqu'à 25° pour les yeux dilatés, ce qui est relativement faible. La conception optique du PanOptic Plus lui permet de générer sa propre lumière, la fait converger vers un point au niveau de la cornée, puis diverger en regard de la rétine. Cela permet une entrée facile dans des petites ouvertures pupillaires et un éclairage étendu du fond d'œil. Par conséquent, il peut ne pas nécessiter de dilatation de la pupille pour imager la rétine. L'opérateur peut contrôler manuellement la quantité d'éclairage. La plus grande limitation de ce dispositif est sa non-compatibilité aux smartphones dont la caméra dépasse du cadre. Le coût de l'appareil complet est de 1200 €.

Nun WFE-02S®

L'ophtalmoscope Nun WFE-02S® (WikiOptics, Yongin, Gyeonggi, Corée du Sud) est un ophtalmoscope permettant d'observer un champ rétinien jusqu'à 30°. Il est associé à un adaptateur universel pour smartphone permettant d'accueillir tous les modèles de téléphone. Il est composé d'une lentille, de la lentille relais et d'un oculaire ; une application gratuite est disponible. Il dispose d'un système d'éclairage annulaire intégré avec un variateur, de deux filtres de couleur (cyan et bleu), ainsi que d'un réglage manuel de la mise au point de -20D à +20D. Une bonnette en caoutchouc est fournie avec l'appareil pour réduire l'impact de la lumière parasite lors de l'acquisition d'images (Photo 5). Le coût de l'appareil est d'environ 700 €, soit le tarif le plus raisonnable des systèmes présentés. Ce dispositif présente le gros avantage d'être maniable et d'être le seul à pouvoir être utilisé avec tous les smartphones existants.

Clearview 2®

La caméra rétinienne ClearView 2® (Optibrand, Fort Collins, Colorado, États-Unis) est une version modifiée du INView® (Volk, Mentor, Ohio, États-Unis) auquel un polariseur a été ajouté, ce qui réduit la quantité de réflexion du tapis clair (*tapetum lucidum*). Elle se compose d'une lentille d'ophtalmoscopie indirecte et d'un adaptateur de fixation pour iPod ou iPhone. Ce système capture les images rétiniennes à l'aide

Photo 5. *Réalisation d'une rétinographie chez un chat avec le NUN®. © B. Michaud*

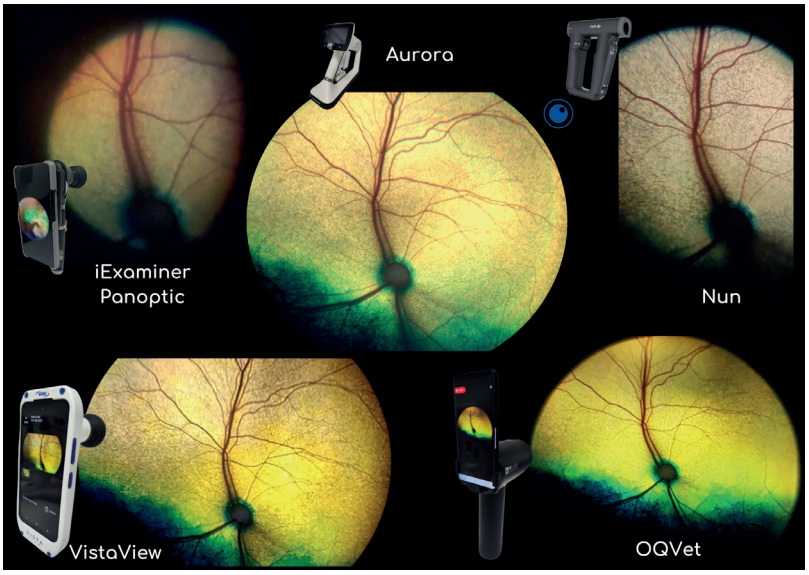

Photo 6. *Comparaison des dispositifs pour imager la rétine d'un chat.*
© B. Michaud

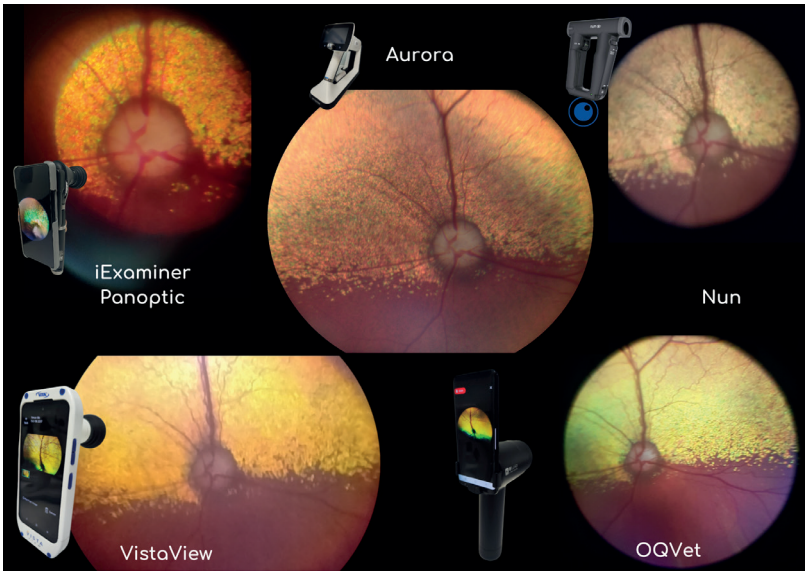

Photo 7. *Comparaison des dispositifs pour imager la rétine d'un chien.*
© B. Michaud

de l'appareil photo et du flash du smartphone, il ne nécessite pas de dilatation pupillaire et est capable de capturer un champ d'observation jusqu'à 50°. Il est compatible avec l'iPhone 5s, 6, 6s et l'iPod Touch (6e et 7e générations), ce qui est sa plus grande limitation car il ne peut pas accueillir les générations les plus avancées de smartphone qui auraient pu faire progresser la qualité des images obtenues. L'application mobile associée permet la capture automatique d'images rétiniennes et de bonnes fonctions de mise au point automatique. Le coût de ce dispositif est d'environ 3000 € (sans le smartphone). Une troisième version de ce dispositif devrait voir le jour cette année.

Vistaview®

Le Vistaview® (Volk, Mentor, Ohio, États-Unis) est un IFOAS qui dispose d'un mode vétérinaire pour limiter la surexposition lors des prises de vue du tapis clair des animaux. Le smartphone intégré est un Nokia XR20 (ne peut pas être désolidarisé) et la lumière provient d'une carte d'éclairage connectée au smartphone en bluetooth. Une bonnette en caoutchouc est intégrée à l'appareil. Le VistaView permet de passer au travers de pupilles de plus de 4 mm de diamètre et fournit une visualisation rétinienne de 55°. L'utilisateur peut contrôler le niveau de luminosité de l'appareil, modifier la mise au point et même commander la capture d'images à la voix *via* l'application VistaView. Le coût de l'appareil est inférieur à 2000 € (smartphone inclus).

OQVet®, le dernier né

L'OQveT est un ophtalmoscope numérique portable développé par la société coréenne LabSD. Cet appareil léger, pesant moins de 500 g, avec un smartphone Samsung S20 compris, permet de capturer des images du fond d'œil avec un champ d'observation de 60° qui est le plus large de tous les IFOAS présentés dans cet article. Il est fabriqué à l'aide de polycarbonate recyclé et le smartphone fourni est un téléphone reconditionné. Son tarif de commercialisation en Europe devrait approcher les 3600 €, soit le plus onéreux des modèles présentés.
Cet appareil est dérivé de la version humaine du dispositif : le Eyelike™ qui bénéficie d'un système d'aide au diagnostic assisté par l'intelligence artificielle (AI-CDSS), et d'une base de données collaborative en ligne rassemblant les images et données des pathologies oculaires.
Le projet de l'OQVet va plus loin dans ses services que les autres dispositifs, et proposera à terme un service de lecture et de consultation à distance par des ophtalmologistes vétérinaires. Cette approche permettra aux cliniques vétérinaires de toutes tailles de proposer une interprétation rapide des examens, tout comme déjà réalisée pour l'interprétation des examens tomodensitométriques ou des cytologies à distance.

Retour d'expérience

Nous avons eu l'occasion de travailler avec quatre (Nun®, Iexaminer®, VistaView® et OQVet®) des cinq appareils disponibles sur le marché. De manière générale, la réalisation de prises de vue est aisée quel que soit le dispositif. Les principaux facteurs de variation de la qualité des images sont la qualité des optiques et du système d'éclairage, ainsi que le mode de prise de vue choisi. En effet, la réalisation de clichés en mode photo semble plus compliquée : le décalage de temps après l'appui sur le déclencheur du smartphone rend la prise de vue au bon moment délicate. La qualité de la caméra du smartphone est également un facteur de variation, tout comme l'autofocus des smartphones qui est parfois perturbé, ce qui rend l'obtention d'images nettes plus complexe. Enfin, les images sont plus souvent surexposées en mode photo, particulièrement avec le VistaView® (cf. infra, Photo 8). Nous encourageons ainsi la réalisation de vidéos d'examen permettant d'extraire dans un second temps l'image de la meilleure qualité. Ce mode semble moins enclin à obtenir des images surexposées. L'importance du champ d'observation du VistaView® et de l'OQVet® leur confère un avantage substantiel par rapport à leurs concurrents. Le NUN® se démarque par sa très bonne fidélité des couleurs, l'universalité d'adaptation à tous les smartphones et sans doute le meilleur rapport qualité-prix des dispositifs essayés. L'iExaminer® se révèle très décevant tant par la qualité des images que par son ergonomie. Nous avons réalisé un comparatif entre les différents dispositifs par rapport à l'Aurora pour mettre en évidence les différences de champ d'observation et de qualité d'image entre les 4 IFOAS chez un chat (Photo 6) et un chien (Photo 7).

Les applications dédiées de chaque fabricant sur le smartphone permettent de régler l'intensité lumineuse et la durée du flash afin d'optimiser la capture d'images dans des environnements non mydriatiques [18].

3 Avantages de l'IFOAS par rapport à l'imagerie numérique conventionnelle du fond d'œil

L'IFOAS présente plusieurs avantages par rapport à l'imagerie numérique conventionnelle du fond d'œil. L'IFOAS peut rendre les examens oculaires plus accessibles car elle est plus abordable, portable et facile à utiliser. Cela permet un diagnostic plus précoce des pathologies rétiniennes [15,16] et une surveillance dans les cabinets généralistes, comme pour le suivi de la rétinopathie hypertensive par exemple.
Sa mobilité permet également l'examen des animaux en dehors de la clinique et sa connectivité offre le potentiel de transmettre aisément des images. Les capacités informatiques des smartphones permettent en outre le post-traitement et l'édition ultérieure, comme l'assemblage d'images [8,11]. Même si la qualité de l'image est en général inférieure à celle de la photographie numérique du fond d'œil conventionnelle, l'IFOAS peut être utilisée pour documenter les diverses pathologies du fond d'œil. Tous ces systèmes d'imagerie basés sur des smartphones sont capables de capturer des images de la rétine, mais aucun de ces systèmes n'offre un moyen d'analyser et d'évaluer les maladies oculaires en utilisant des techniques de traitement d'image ou l'intelligence artificielle dans le domaine vétérinaire pour le moment.

Les dispositifs d'IFOAS se distinguent par leur portabilité et leur capacité à donner des résultats satisfaisants sans dilatation pupillaire dans la majorité des cas [16]. Les appareils modernes comme le Vistaview® et l'OQVet® permettent des champs d'observation supérieurs à 55°, ce qui facilite l'observation des structures rétiniennes et nerveuses [17, 19]. Ces systèmes intègrent des éclairages avancés (LED annulaire ou diffus) et des interfaces adaptées à une large gamme de smartphones, rendant leur utilisation intuitive, même pour les utilisateurs novices.

Une étude comparative avec des méthodes traditionnelles a mis en avant leur capacité à améliorer l'apprentissage des techniques d'ophtalmoscopie et la confiance des utilisateurs, qu'il s'agisse d'étudiants en médecine ou de cliniciens [10]. Les dispositifs dédiés comme le PanOptic® montrent un fort potentiel pour remplacer ou compléter les ophtalmoscopes classiques tout en rendant possible la capture et le partage d'images.

4 Limites et facteurs d'amélioration

Malgré ces avantages, les IFOAS présentent encore des limitations. Par exemple, la qualité d'image varie selon le modèle de smartphone utilisé et les conditions d'éclairage. De plus, les problèmes de surexposition lumineuse (Photo 8) et d'autofocus sont régulièrement observés ; bien que certains modèles comme le Vistaview® et particulièrement l'OQVet® aient intégré des modes spécifiques pour réduire ces effets [17], le résultat reste encore perfectible. L'ensemble de ces dispositifs ayant été, à l'origine, développés pour le marché humain puis adaptés à l'animal, ils peinent à produire un rendu fidèle d'une structure à fort contraste entre la zone du tapis qui est très claire et la zone hors tapis très sombre telle que la rétine animale. De plus, les capteurs des caméras des smartphones actuels permettent une résolution spatiale limitée, ce qui empêche de capturer des images avec une grande

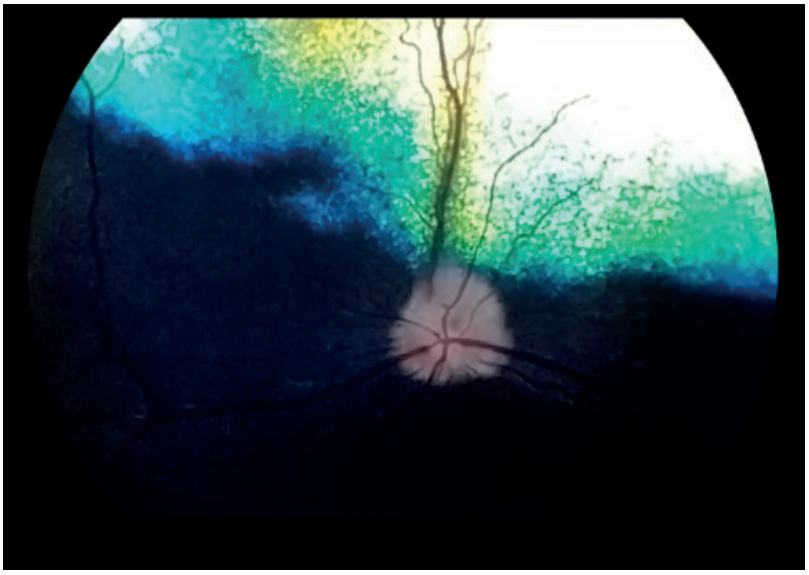

Photo 8. *Surexposition de la zone du tapis (Vista View®).*
© B. Michaud

précision des détails.

5 Perspectives

Les développements technologiques récents et à venir, tels que le photomontage automatisé, l'éclairage adaptatif et les algorithmes d'intelligence artificielle offrent des perspectives prometteuses pour surmonter ces limites. Par exemple, les systèmes d'imagerie comme le CellScope Retina® intègrent des fonctionnalités de guidage visuel automatisé et de montage large champ, permettant d'obtenir une couverture rétinienne étendue avec un minimum d'intervention humaine [18].

6 Conclusion

L'IFOAS est en passe de transformer la pratique ophtalmologique grâce à sa portabilité, son coût réduit et sa polyvalence. Bien que des améliorations soient encore nécessaires pour résoudre certains problèmes techniques, les dispositifs actuels représentent déjà une alternative viable pour des examens rétiniens de qualité. Avec l'intégration des nouvelles technologies, ces systèmes pourraient devenir incontournables dans les pratiques cliniques et d'enseignement en ophtalmologie, tant humaine que vétérinaire.

D'autres champs d'application du smartphone en ophtalmologie vétérinaire sont également accessibles : imagerie du segment antérieur, meibographie, gonioscopie, enregistrement des chirurgies sous microscope opératoire et plus récemment l'électrorétinographie.

Références

1. *Barikian A, Haddock LJ. Smartphone assisted fundus fundoscopy/photography.* Curr Ophthalmol Rep *2018;6:46–52.*
2. *Bastawrous A. Smartphone fundoscopy.* Ophtalmology *2012;119:432–3.*
3. *Bifolck E, Fink A, Pedersen D, Gregory T. Digital ophthalmoscopy: through a non-specialist lens.* JAAPA *2018;31:34–8.*
4. *Chhablani J, Kaja S, Shah VA. Smartphones in ophthalmology.* Indian J Ophthalmol *2012;60:127–31.*
5. *Das S, Kuht HJ, De Silva I, Deol SS, Osman L, Burns J,* et al. *Enhancing comprehensive diabetic care: A smartphone fundus camera with an offline AI-powered diabetic retinopathy screening solution for physicians.* Eye (London) *2023;37(2):274–9.*
6. *Espinheira GF, Ledbetter E. Canine and feline fundus photography and videography using a nonpatented 3D printed lens adapter for a smartphone.* Vet Ophthalmol *2018;00:1–5.*
7. *Haddock LJ, Kim DY, Mukai S. Simple, inexpensive technique for high-quality smartphone fundus photography in human and animal eyes.* J Ophthalmol *2013;2013:518479.*
8. *Hogarty DT, Hogarty JP, Hewitt AW. Smartphone use in ophthalmology: What is their place in clinical practice?* Surv Ophthalmol *2020;65:250–62.*
9. *Kanemaki N, Inaniwa M, Terakado K, Kawarai S, Ichikawa Y. Fundus photography with a smartphone in indirect ophthalmoscopy in dogs and cats.* Vet Ophthalmol *2017;20:280–4.*
10. *Karakaya M, Hacisoftaoglu RE. Comparison of smartphone-based retinal imaging systems for diabetic retinopathy detection using deep learning.* BMC Bioinformatics *2020;21(Suppl 4):259.*
11. *Kim TN, Myers F, Reber C, et al. A smartphone-based tool for rapid, portable, and automated wide-field retinal imaging.* Transl Vis Sci Technol *2018;7:21.*
12. *Lord RK, Shah VA, San Filippo AN, Krishna R. Novel uses of smartphones in ophthalmology.* Ophtalmology *2010;117:1274.*
13. *Mosa AM, Yoo I, Sheets L. A systematic review of healthcare applications for smartphones.* BMC Med Inform Decis Mak *2012;12:67.*
14. *Nazari Khanamiri H, Nakatsuka A, El-Annan J. Smartphone fundus photography.* J Vis Exp *2017;55958.*
15. *Russo A, Morescalch F, Costagliola C, Delcassi L, Semeraro F. Comparison of smartphone ophthalmoscopy with slit-lamp biomicroscopy for grading diabetic retinopathy.* Am J Ophthalmol *2015;159:360–4.*
16. *Ryan ME, Rajalakshmi R, Prathiba V, et al. Comparison Among Methods of Retinopathy Assessment (CAMRA) Study: smartphone, nonmydriatic, and mydriatic photography.* Ophtalmology *2015;122:2038–43.*
17. *Sebbag L, Ofri R, Arad D, Handel KW, Pe'er O. Using a smartphone-based digital fundus camera for screening of retinal and optic nerve diseases in veterinary medicine: A preliminary investigation.* Veterinary Record *2024;194(9):e4088.*
18. *Shanmugam MP, Mishra DK, Madhukumar R, et al. Regarding fundus imaging with a mobile phone: A review of techniques.* Indian J Ophthalmol *2014;62:960–2.*
19. *Wintergerst MW, Jansen LG, Holz FG, Finger RP. Smartphone-based fondus imaging – Where are we now?* Asia Pac J Ophthalmol (Phila) *2020;9(4):308–314.*