

## Congrès

# L'intelligence artificielle à la SFRétine

**RÉSUMÉ :** La Société française de la rétine s'est réunie lors de sa journée nationale les 20 et 21 janvier 2024 à l'Espace Saint Martin à Paris. La décision de consacrer une session à l'intelligence artificielle s'est imposée, face à l'importance croissante de cet aspect dans notre pratique quotidienne et les changements potentiels qu'il implique. L'ensemble des communications du congrès peut être visionné en replay sur le site internet : [www.sfretine-online.fr](http://www.sfretine-online.fr)

**T. MATHIS, L. SEJOURNET**  
pour la SFRétine

Cette session s'est articulée autour de trois axes principaux : d'abord, les modèles de fondation en ophtalmologie, exposés par le Pr. Pearse Keane ; ensuite, les applications de l'IA dans le domaine des dystrophies rétinienne, présentées par le Dr Alexandra Mière et enfin, l'apport de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'atrophie géographique, présenté par le Pr. Ursula Schmidt-Erfurth.

### Foundation Models in Ophthalmology

D'après la communication du Pr. P. Keane

Ces cinq dernières années ont été le théâtre d'une remarquable progression de l'intelligence artificielle, une accélération qui s'est notamment intensifiée de manière spectaculaire au cours de la dernière année. Cette évolution fulgurante a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de l'IA, dépassant largement les fonctionnalités initialement envisagées par ses créateurs.

Un exemple frappant de cette avancée se trouve dans les "foundation models", ou modèles de fondation. Ces modèles pré-entraînés sont conçus pour être

généralistes et polyvalents, et peuvent servir de point de départ pour un large éventail de tâches et d'applications spécifiques. Ils sont souvent entraînés sur d'immenses ensembles de données, leur permettant de capturer des schémas et des structures complexes. Ces modèles sont ensuite finement ajustés ou adaptés à des tâches spécifiques grâce à un processus appelé "fine-tuning" ou "ajustement fin". GPT (Generative Pre-trained Transformer) d'OpenAI est un exemple bien connu de *Foundation model* largement utilisé dans le domaine de l'IA.

Il est également pertinent de noter que des preuves de performance ont été fournies pour des modèles de langage tels que ChatGPT et GPT-4 dans le domaine de l'ophtalmologie. Ces études ont démontré une amélioration constante de l'efficacité de ces modèles de langage basés sur l'IA dans la fourniture de réponses précises et pertinentes aux questions spécifiques posées dans le domaine de l'ophtalmologie [1, 2].

"RETfound" désigne un modèle de fondation appliqué à l'ophtalmologie, qui permet de prédire des pathologies générales telles que la maladie de Parkinson, les infarctus du myocarde, les AVC, etc., à partir d'images de fond d'œil. Ce modèle représente une avancée majeure dans le domaine de la

médecine, permettant une détection précoce et non invasive de ces affections à partir d'un examen relativement simple et couramment utilisé en ophtalmologie (**fig. 1**).

Une autre avancée novatrice en ophtalmologie est l'utilisation de l'autoencodeur masqué, une architecture de réseau de neurones initialement décrite par les chercheurs de Facebook IA. Ce modèle est conçu pour traiter de grandes images en masquant sélectivement des parties de la rétine, puis en obligeant l'intelligence artificielle à reconstruire ces zones masquées. Cette méthode s'est avérée robuste dans différents groupes ethniques, offrant ainsi une solution prometteuse pour l'analyse d'imagerie rétinienne dans des contextes divers (**fig. 2**).

En ophtalmologie, un autoencodeur masqué (*masked autoencoder* en anglais) est un outil polyvalent utilisé pour plusieurs tâches, notamment la reconstruction d'images rétinienne, la segmentation d'images et la prédiction de caractéristiques à partir d'images médicales. Ce type d'architecture de réseau de neurones apprend à représenter efficacement ses entrées en comprimant les informations dans un espace latent de dimensions réduites, puis à reconstruire les données d'entrée à partir de cette représentation comprimée.

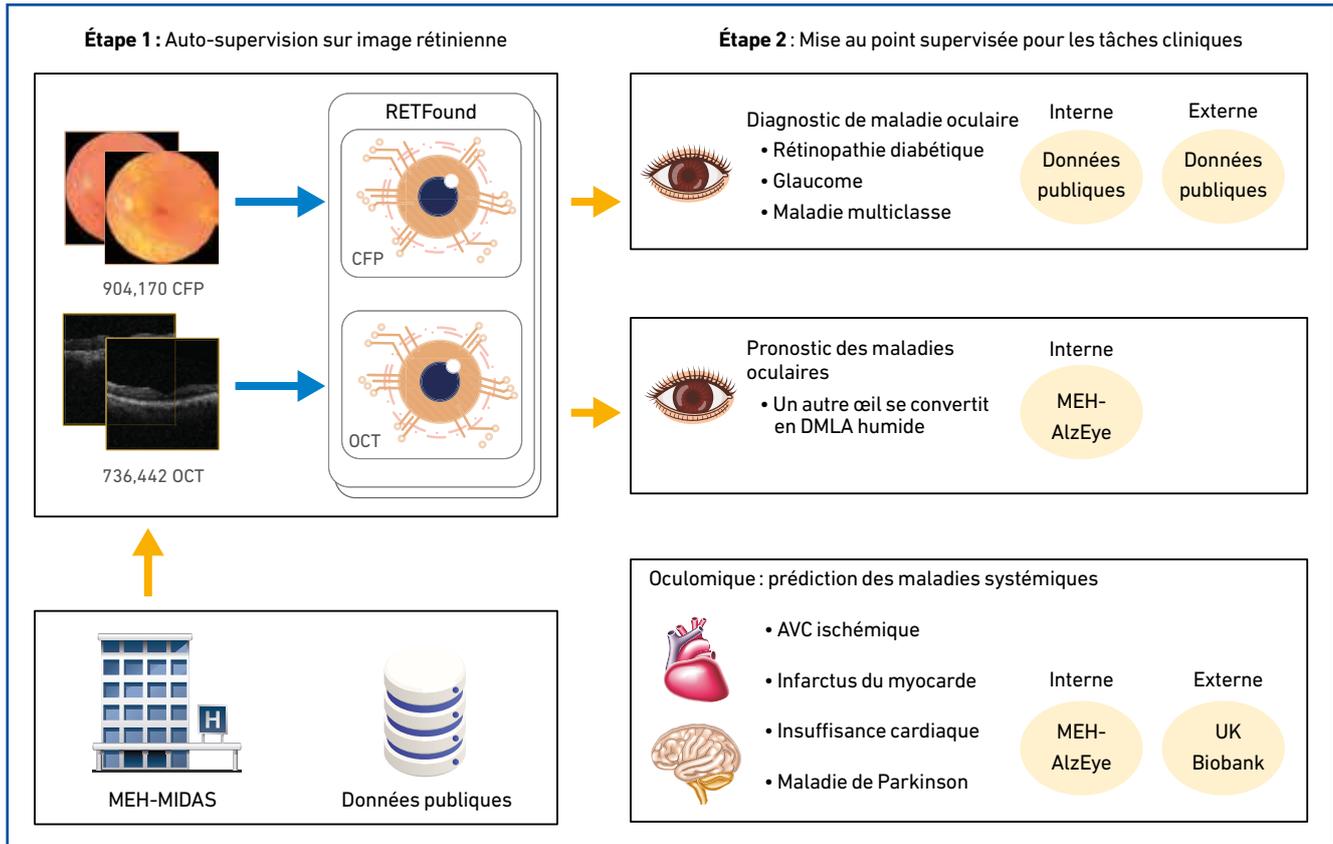


Fig. 1 : "Foundation Model" RETfound.

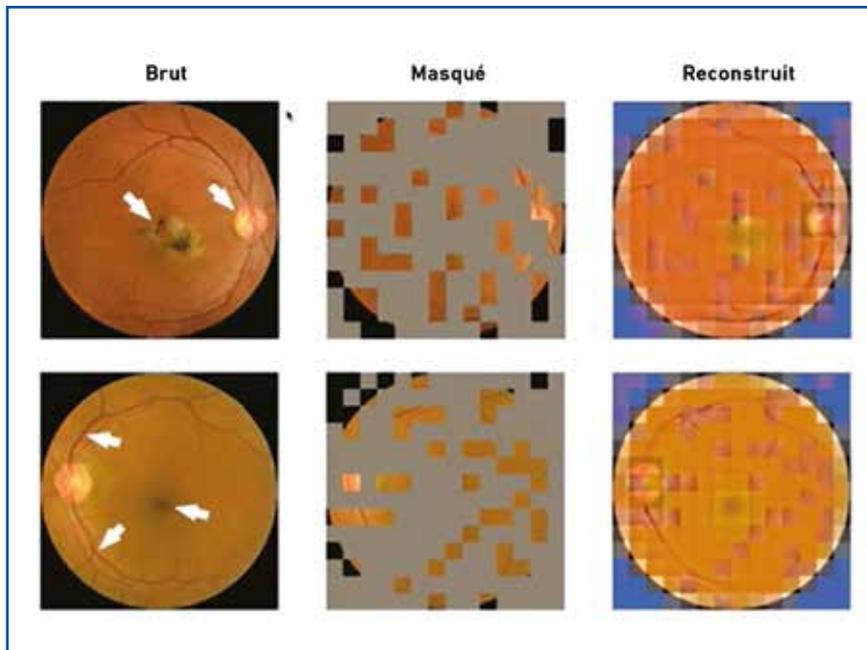


Fig. 2 : Principe de l'autoencodeur masqué en ophtalmologie.

Dans le domaine de l'ophtalmologie, les autoencodeurs masqués peuvent être utilisés pour diverses applications, telles que la détection de pathologies rétinienne à partir d'images médicales, la segmentation des différentes structures de l'œil, ou encore la prédiction de caractéristiques cliniques à partir d'images rétinienne. Ils jouent ainsi un rôle crucial dans l'automatisation du diagnostic et l'amélioration de la prise en charge des patients atteints de maladies oculaires.

L'utilisation de l'intelligence artificielle reste non seulement pertinente mais également remarquablement efficace dans le contexte des maladies rares, en particulier dans le domaine de la rétine. Cette efficacité découle en grande partie de l'abondance de données disponibles, notamment dans le domaine des maladies rétinienne, où les bases de données

## Congrès

d'imagerie médicale sont souvent riches et vastes.

Dans le domaine de la rétinopathie diabétique, par exemple, l'intelligence artificielle joue un rôle crucial, principalement en raison du grand volume de données disponibles. Ces données massives fournissent un terrain fertile pour les algorithmes d'apprentissage automatique, leur permettant de détecter des modèles subtiles et de prédire des trajectoires de maladie avec une précision accrue.

La prochaine étape consistera à élargir les bases de données et à passer à des modèles multimodaux, intégrant divers types de données tels que l'imagerie rétinienne ou la génétique. Cette approche plus holistique ouvre la voie à des diagnostics plus précis et à des traitements personnalisés, améliorant ainsi les soins pour les patients.

### L'intelligence artificielle dans les dystrophies rétinienne

D'après la communication du Dr A. Mière

Ces dernières années, le domaine de l'ophtalmologie a connu une transition

significative, passant d'une approche heuristique à une approche plus analytique, notamment dans le contexte des dystrophies rétinienne.

Alors que les cliniciens se sont traditionnellement appuyés sur leur expérience et leur expertise pour diagnostiquer ces affections, l'intégration de technologies telles que l'intelligence artificielle et le *deep learning* a ouvert de nouvelles perspectives en matière de diagnostic et de prise en charge.

Les modèles analytiques, basés sur des réseaux de neurones et des algorithmes sophistiqués, sont devenus des outils précieux pour différencier les différentes formes de dystrophies rétinienne. Par exemple, ces modèles ont montré une précision impressionnante dans la distinction entre l'atrophie associée à la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) et celle associée aux dystrophies rétinienne, avec une précision atteignant jusqu'à 94 % [3, 4].

Une des forces majeures de ces modèles réside dans leur capacité à distinguer des conditions cliniquement similaires mais génétiquement distinctes,

telles que les maladies de Stargardt et de pseudo-Stargardt. Alors que les cliniciens peuvent parfois avoir du mal à différencier ces affections, les modèles de neurones présentent une précision de plus de 90 %, ce qui en fait des outils de diagnostic extrêmement efficaces (fig. 3 et 4) [5].

De plus, ces modèles sont également capables de prédire le génotype à partir du phénotype, ce qui est particulièrement pertinent dans le contexte des maladies rétinienne héréditaires. Des outils comme Eye2gene, qui utilisent des données comme des images rétinienne et des scans OCT, permettent de prédire avec une grande précision le gène causal, ouvrant ainsi la voie à une médecine personnalisée et à des conseils génétiques précis pour les patients et leur famille. En outre, ces modèles peuvent également prédire la fonction rétinienne à partir de données d'imagerie, telles que l'atteinte de l'ERG ou de l'acuité visuelle, offrant ainsi une évaluation plus complète de la santé rétinienne du patient.

Cependant, malgré ces avancées prometteuses, il reste des défis à relever.

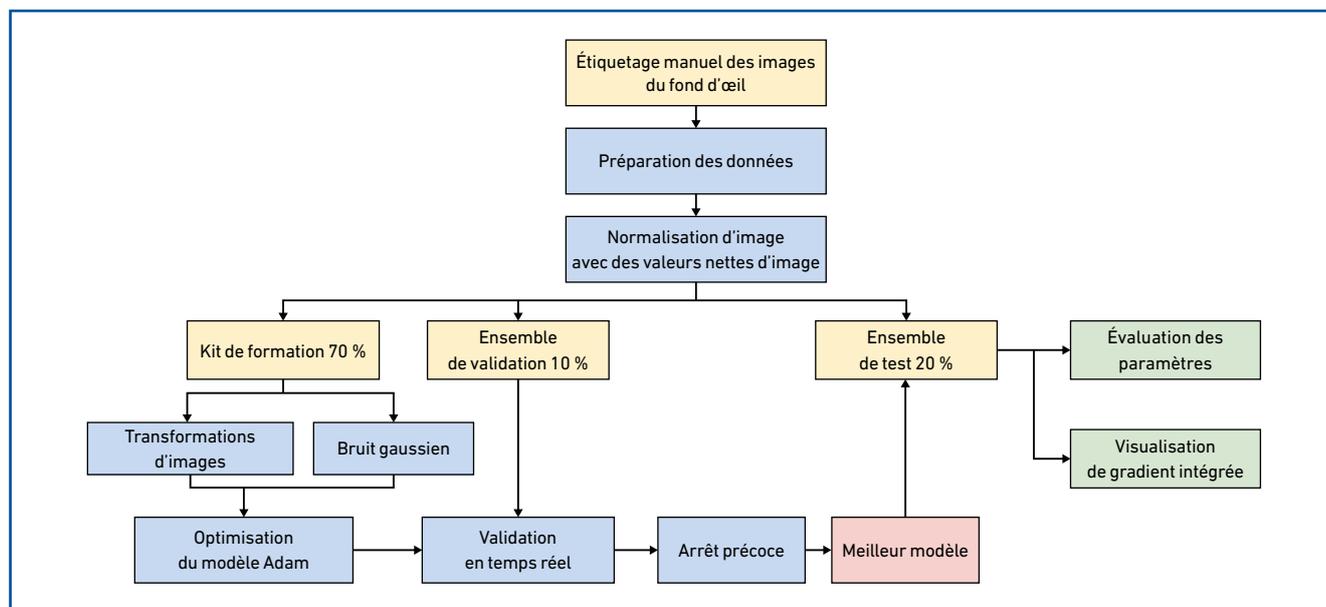


Fig. 3 : Principe de création d'un modèle de *deep learning*.

La rareté de nombreuses dystrophies rétiniennes signifie qu'il y a souvent un déséquilibre dans les données dis-

ponibles, avec moins d'images pour les gènes moins représentés. De plus, il est essentiel de garantir la validation et la

fiabilité de ces modèles avant de les intégrer pleinement à la pratique clinique.

Dans l'ensemble, l'évolution vers une approche plus analytique dans le domaine des dystrophies rétiniennes offre de nouvelles perspectives passionnantes pour le diagnostic, le suivi et la prise en charge de ces affections complexes, ouvrant ainsi la voie à une médecine plus précise et personnalisée pour les patients atteints de ces maladies rares.

### ■ AI in geographic atrophy

D'après la communication du Pr. U. Schmidt-Erfurth

Avec l'approbation récente par la FDA des premières thérapies pour l'atrophie géographique, une nouvelle ère s'ouvre

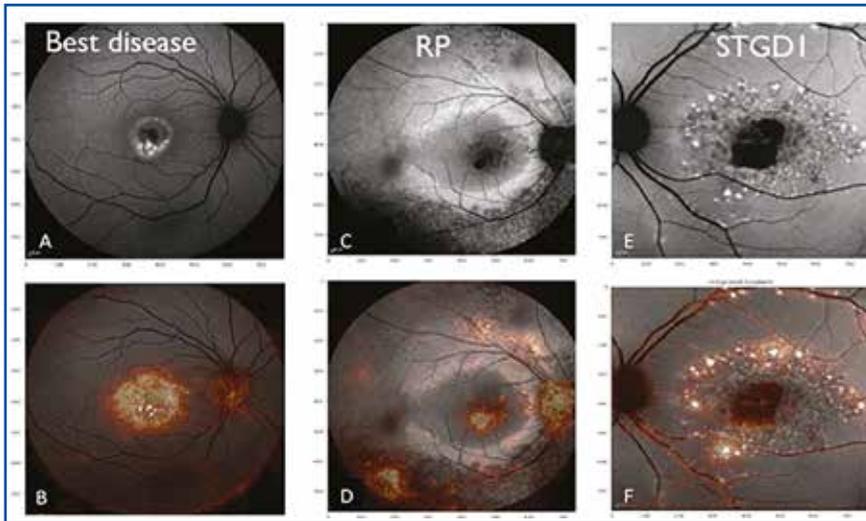


Fig. 4 : Zones d'intérêts utilisées par le modèle de deep learning pour classifier les pathologies.

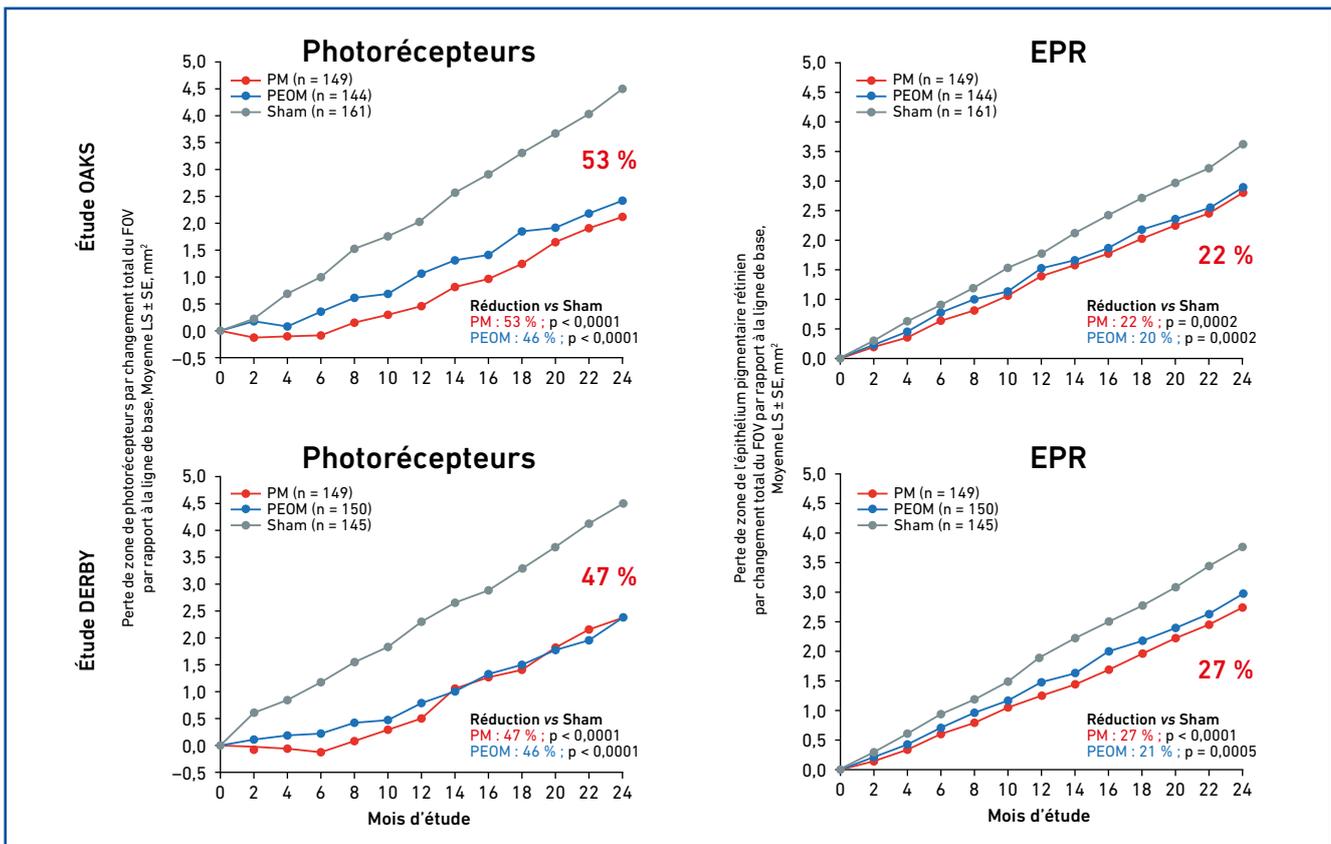


Fig. 5 : Résultats des études Oaks et Derby sur l'efficacité du pegcétacoplan sur la perte des photorécepteurs et de l'épithélium pigmentaire. **PM** : pegcétacoplan avec 1 infection mensuelle; **PEOM** : pegcétacoplan 1 mois sur 2; **Sham** : véhicule.

## Congrès

dans le domaine du traitement de cette affection. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle émerge également comme un outil prometteur pour améliorer le dépistage, le diagnostic et la gestion de l'atrophie géographique.

Dans le diagnostic de l'atrophie géographique, la transition de l'autofluorescence à l'OCT en face et à l'OCT B-scan s'est révélée décisive, offrant une différenciation plus précise entre la perte de l'épithélium pigmentaire rétinien (EPR) et des photorécepteurs. Une étude récente a démontré une équivalence dans la quantification de l'atrophie entre l'OCT et l'autofluorescence, avec une capacité plus discriminante de l'OCT pour différencier la perte des photorécepteurs et de l'EPR, rendant l'autofluorescence superflue [6].

Il est crucial de souligner que, dans l'atrophie géographique, la perte de photorécepteurs précède systématiquement la perte de l'EPR, permettant ainsi d'identifier les patients potentiellement éligibles à un traitement.

Les études OAKS et DERBY [7], ont mis en lumière l'efficacité du pegcétacoplan dans le maintien des photorécepteurs par rapport à l'EPR (fig. 5).

Grâce à des algorithmes d'IA, il est possible de prédire la progression de l'atrophie en utilisant des images OCT. Cette technologie permet de surveiller de manière précise la perte de photorécepteurs, ce qui présente une corrélation significative avec la fonction visuelle évaluée par micropérimétrie. Cette corrélation souligne l'importance cruciale de l'OCT dans la représentation de la fonction des photorécepteurs et dans la compréhension de la progression de la maladie. En outre, les recherches ont montré que le rapport entre la perte de l'EPR photorécepteurs et celle des cellules de peut prédire la progression de l'atrophie. Cette découverte permet de distinguer les patients présentant une évolution lente de ceux à progression

rapide de la maladie, ce qui est crucial pour une gestion clinique appropriée.

Pour déterminer quels patients bénéficieront le plus des traitements disponibles, une analyse approfondie de l'EPR et des photorécepteurs est nécessaire. L'utilisation de l'IA pour analyser ces images OCT représente une avancée prometteuse dans ce domaine.

En pratique clinique, l'analyse basée sur l'IA des images OCT est devenue une réalité, avec une disponibilité en temps réel *via* le cloud à partir de dispositifs OCT standard, accessible n'importe où et à tout moment. Cette analyse permet la localisation de la perte de l'épithélium pigmentaire et des zones d'amincissement des photorécepteurs, ainsi que le calcul du rapport entre les photorécepteurs et l'épithélium pigmentaire.

Avec l'amélioration continue de la fiabilité et de l'accessibilité des technologies basées sur l'OCT et l'intelligence artificielle, il existe un espoir tangible d'améliorer les résultats fonctionnels pour les patients atteints d'atrophie géo-

## POINTS FORTS

- L'utilisation de "foundation models" en ophtalmologie peut permettre une prédiction précoce de pathologies générales telles que la maladie de Parkinson ou les AVC à partir d'images de fond d'œil.
- L'utilisation de l'autoencodeur masqué pour l'analyse d'imagerie rétinienne offre une solution prometteuse pour améliorer le diagnostic des maladies oculaires, démontrant ainsi l'efficacité croissante de l'intelligence artificielle dans ce domaine.
- L'utilisation de l'intelligence artificielle est un outil efficace pour différencier précisément les diverses formes de dystrophies rétinienne, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour un diagnostic plus précis et une prise en charge personnalisée.
- La corrélation entre la perte de photorécepteurs et celle des cellules de l'épithélium pigmentaire rétinien permet de prédire la progression de l'atrophie géographique, ce qui permet de distinguer les patients à évolution lente de ceux à progression rapide. Cette distinction est cruciale pour déterminer quels patients pourraient bénéficier le plus des traitements disponibles.

graphique grâce à un traitement ciblé. Ces avancées offrent la perspective de stratégies de dépistage, d'identification et de suivi plus efficaces, ouvrant ainsi la voie à une prise en charge optimisée de cette affection.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANTAKI F, TOUMA S, MILAD D *et al.* Evaluating the Performance of ChatGPT in Ophthalmology: An Analysis of Its Successes and Shortcomings. *Ophthalmol Sci*, 2023;3:100324.
2. ANTAKI F, MILAD D, CHIA MA *et al.* Capabilities of GPT-4 in ophthalmology: an analysis of model entropy and progress towards human-level medical question answering. *Br J Ophthalmol*, Published online November 3, 2023-324438.
3. MIERE A, CAPUANO V, KESSLER A *et al.* Deep learning-based classification of retinal atrophy using fundus autofluorescence imaging. *Comput Biol Med*, 2021;130:104198.
4. CHOURAQUI M, CRINCOLI E, MIERE A *et al.* Deep learning model for automatic differentiation of EMAP from AMD in macular atrophy. *Sci Rep*, 2023;13: 20354.

5. MIERE A, ZAMBROWSKI O, KESSLER A *et al.* Deep learning to Distinguish ABCA4-Related Stargardt Disease from PRPH2-Related Pseudo-Stargardt Pattern Dystrophy. *J Clin Med*, 2021;10:5742.
6. MAI J, RIEDL S, REITER G *et al.* Comparison of Fundus Autofluorescence Versus Optical Coherence Tomography-based Evaluation of the Therapeutic Response to Pegcetacoplan in Geographic Atrophy. *Am J Ophthalmol*, 2022;244:175-182.
7. HEIER JS, LAD EM, HOLZ FG *et al.* Pegcetacoplan for the treatment of geographic atrophy secondary to age-related macular degeneration (OAKS and DERBY): two multicentre, randomised, double-masked, sham-controlled, phase 3 trials. *Lancet Lond Engl*, 2023; 402:1434-1448.

---

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.