

Propositions de sujets – Tremplin Recherche ESIEE Paris « sujet 1 »

Pipeline Deep Learning pour la classification des pathologies rétinienne, la prédiction des stades et l'analyse visuelle explicative.

LIGM — ESIEE Paris, Université Gustave Eiffel

A3SI (Algorithmes, architectures, analyse et synthèse d'images)

Présentation générale du sujet :

Les pathologies oculaires telles que la rétinopathie diabétique, le glaucome et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) comptent parmi les principales causes de cécité évitable dans le monde (Li et al. 2021). La figure ci-dessous présente quelques exemples de pathologies rétinienne. Les récents progrès du deep learning ouvrent la voie à des systèmes capables non seulement de classer automatiquement ces pathologies à partir d'images de fond d'œil (González-Gonzalo et al. 2020), mais aussi d'en prédire les stades de sévérité (Gulshan et al. 2016) (Chakour et al. 2025). Un enjeu majeur réside toutefois dans l'**explicabilité** des modèles : il est essentiel que les prédictions puissent être comprises par les cliniciens. L'intégration de cartes d'activation visuelle (Class Activation Maps – CAM), via des méthodes avancées comme Grad-CAM, Score-CAM ou leurs variantes (Chattopadhyay et al. 2018) (Wang et al. 2024), permet de mettre en évidence les régions d'intérêt qui ont guidé la décision du modèle, renforçant la confiance et la pertinence clinique des résultats.

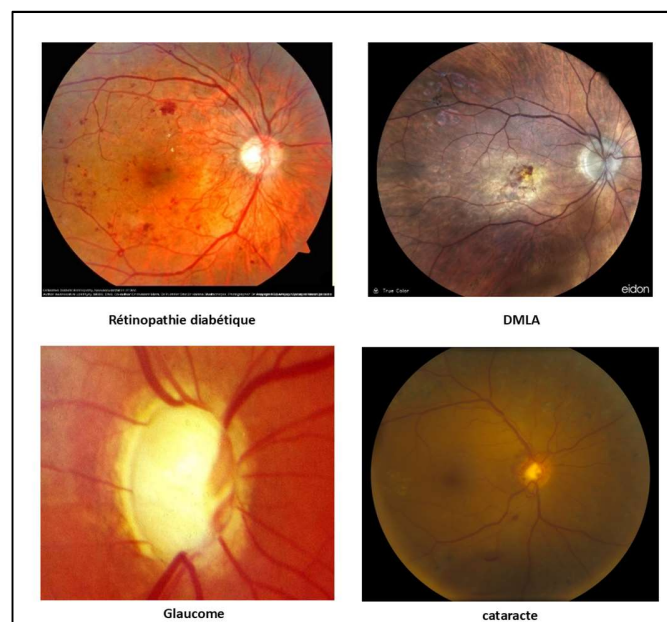


Figure 1. Illustration des principales pathologies responsables de cécité évitable : RD, DMLA, Glaucome, Cataracte

Objectifs du projet :

L'objectif de ce projet est de concevoir un pipeline complet de deep learning pour l'analyse des images rétinienues, intégrant à la fois la **classification multi-pathologies**, la **prédiction des stades de sévérité** et la **génération de visualisations explicatives**.

Dans un premier temps, l'étudiant(e) réalisera un état de l'art des approches récentes, en identifiant les limites persistantes, comme le manque de généralisabilité entre bases de données, la difficulté à calibrer les scores de confiance et l'insuffisante explicabilité des modèles utilisés en pratique clinique.

Le projet consistera ensuite à développer et comparer plusieurs approches :

- Implémenter un modèle de classification multi-pathologies (RD, glaucome, DMLA) en explorant différentes architectures (CNN : ResNet, EfficientNet – Transformers : Vision Transformer, Swin Transformer).
- Étendre le modèle pour intégrer la prédiction des stades de sévérité, conformément aux échelles internationales.
- Associer un **score de confiance calibré** à chaque prédiction afin d'en renforcer la fiabilité.
- Mettre en œuvre des méthodes avancées de génération de heatmaps explicatives (Grad-CAM, Grad-CAM++, Score-CAM, Ablation-CAM, Eigen-CAM) pour identifier les régions discriminantes utilisées par le modèle.

Enfin, le pipeline sera évalué de manière approfondie à travers des métriques adaptées (accuracy, AUC, matrice de confusion, sensibilité/spécificité, F1-score) et une comparaison de la lisibilité des heatmaps. Selon leur pertinence, les résultats obtenus peuvent être éventuellement valorisés par une **publication scientifique** dans une conférence ou une revue (exemple : ISBI, ICIP, CPVR, MICCAI, EMBC, Ophthalmology Science, ...).

Filières visées :

- Data science et intelligence artificielle
- Biotechnologie et e-santé
- Informatique
- Artificial Intelligence and Cybersecurity

Nom et adresse e-mail du tuteur :

Pr. KACHOURI Rostom - rostop.kachouri@esiee.fr (*Professeur associés*)

Mr. CHAKOUR EL-Mehdi - elmehdi.chakour@esiee.fr (*Ingénieur de recherche*)

Bibliographie :

- Chakour, El-Mehdi, Zineb Sadok, Rostom Kachouri, et al. 2025. « Mobile-based deep learning system for early detection of diabetic retinopathy ». *Intelligence-Based Medicine*: 100259. <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2025.100259>.
- Chattopadhyay, Aditya, Anirban Sarkar, Prantik Howlader, et Vineeth N. Balasubramanian. 2018. « Grad-CAM++: Improved Visual Explanations for Deep Convolutional Networks ». *2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, mars, 839-47. <https://doi.org/10.1109/WACV.2018.00097>.
- González-Gonzalo, Cristina, Verónica Sánchez-Gutiérrez, Paula Hernández-Martínez, et al. 2020. « Evaluation of a Deep Learning System for the Joint Automated Detection of Diabetic Retinopathy and Age-Related Macular Degeneration ». *Acta Ophthalmologica* 98 (4): 368-77. <https://doi.org/10.1111/aos.14306>.
- Gulshan, Varun, Lily Peng, Marc Coram, et al. 2016. « Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs ». *JAMA* 316 (22): 2402. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>.
- Li, Tao, Wang Bo, Chunyu Hu, et al. 2021. « Applications of deep learning in fundus images: A review ». *Medical Image Analysis* 69 (avril): 101971. <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.101971>.
- Wang, Dong, Jian Lian, et Wanzhen Jiao. 2024. « Multi-label classification of retinal disease via a novel vision transformer model ». *Frontiers in Neuroscience* 17 (janvier): 1290803. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1290803>.