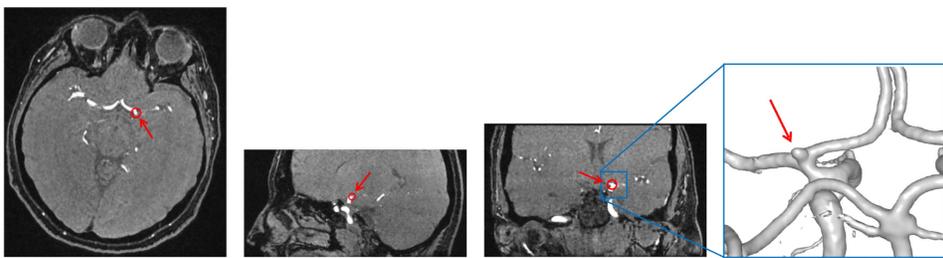


Résumé

La détection des anévrismes intracrâniens à partir d'images d'angiographie par résonance magnétique (ARM) est un problème dont l'importance clinique croît rapidement, mais qui est par ailleurs extrêmement difficile à automatiser. L'objectif de cette thèse est d'offrir au médecin un outil de détection des anévrismes, basé sur l'apprentissage profond, qui réduit de manière significative le temps d'analyse, tout en améliorant la spécificité insuffisante des techniques actuelles.

Introduction

- Anévrismes intracrâniens : dilatations locales des vaisseaux sanguins cérébraux (Figure 1, flèches rouges).
- Détection extrêmement difficile :
 - **Rareté de données :**
 - Bases de données petites et privées.
 - 0 à 5 anévrismes par patient.
 - **Déséquilibre de classes :** petites structures ($\approx 10/1M$ voxels).
 - **Annotation de données :** difficile et chronophage.



(a) Axial (b) Sagittal (c) Coronal (d) 3D

Figure 1 : (a,b,c) axes de coupes; (d) Un sous-volume de l'ARM (anévrisme de 3.4 mm)

Méthode

1. Données

- 111 patients collectés entre 2015 et 2020.
- IRM TOF (ARM) avec une résolution de 0.4 mm/voxel.
- 155 anévrismes au total.
- Taille moyenne : 3.86 mm (min: 1.23; max: 19.63).

2. Stratégie d'échantillonnage de données

a) Annotation de données

- Approximative et rapide : 2 points => sphère (Figure 2).

b) Petits patches

- $48 \times 48 \times 48$ voxels.
- Sans chevauchement : patches indépendants.

c) Sélection et synthèse des patches

- **Patches négatifs (sans anévrisme): Sélection**
Moitié sur vaisseaux sanguins, moitié sur parenchyme.
- **Patches positifs (avec anévrisme): Synthèse**
Duplication et déformation par distorsion aléatoire (Figure 3).

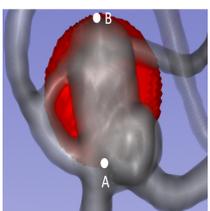


Figure 2 : Annotation proposée

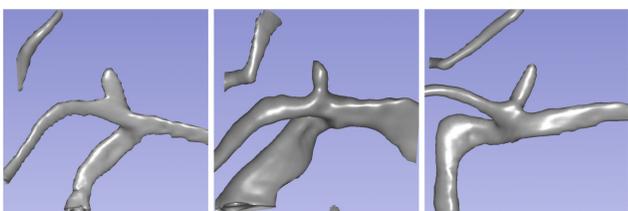


Figure 3 : Exemples d'instances générées pour un patch positif

Expérimentations

Configuration:

- 200 patches négatifs (100 vaisseaux, 100 parenchyme).
- 50 duplications + déformation pour chaque patch positif.
- Réseau: 3D UNet standard.
- Fonction de coût: entropie croisée binaire (BCE).
- Augmentation de données: translation et rotation aléatoires.
- Métriques d'évaluation: Dice et Kappa de Cohen.

1. Étude préliminaire

- Etude par ablation: confirme la stratégie de données.
- Résultats (train/valid/test = 78/22/11 patients)
 - ✓ Ensemble de validation: Dice = 0.339; Kappa = 0.665.
 - ✓ Ensemble de test: sensibilité de 0.970 pour 0.454 FP/cas.

2. Validation croisée à 5 plis

- Sensibilité de 0.82 pour 0.61 FP/cas (seuil = 0.5).
- Analyse FROC (Figure 4): comparaison avec ADAM²
 - 0.80 @ 0.40 FP/cas (vs abc³ [0.68 @ 0.40]).
 - 0.72 @ 0.13 FP/cas (vs mibaumgartner⁴ [0.67 @ 0.13]).

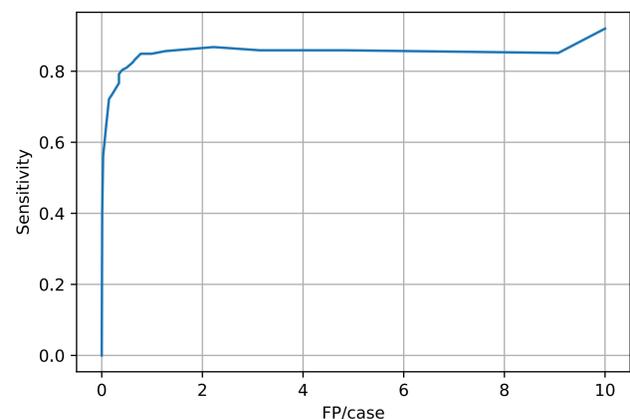


Figure 4 : La courbe FROC pour notre modèle (AUC = 85.24%)

Résultats visuels

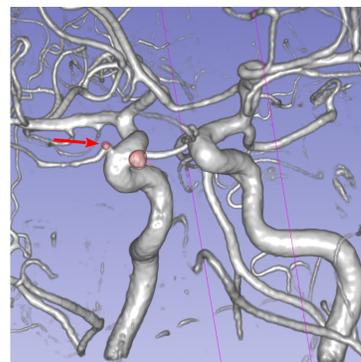


Figure 5: La ramification des petites artères peut être confondue avec un anévrisme (faux positif)

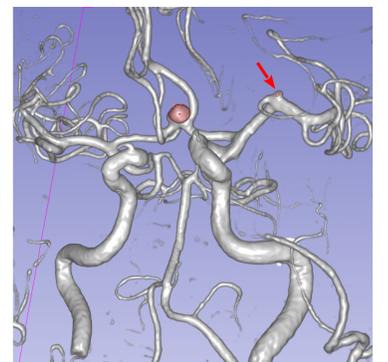


Figure 6 : Un anévrisme détecté qui a été omis lors de la phase d'annotation initiale (faux négatif)

Références

1. Y. Assis, L. Liao, F. Pierre, R. Anxionnat and E. Kerrien. An efficient data strategy for the detection of brain aneurysms from MRA with deep learning, *DALI @ MICCAI 2021*, Sep 2021, Strasbourg, France.
2. In Automatic Detection And Segmentation Challenge (ADAM), 2020, <https://adam.isi.uu.nl>
3. H. Yu, Y. Fan, and H. Shi. Team abc. In Automatic Detection And Segmentation Challenge (ADAM), 2020.
4. Baumgartner, P.F. Jaeger, F. Isensee, et al. Retina U-net for aneurysm detection in MR images. In Automatic Detection And Segmentation Challenge(ADAM), 2020.

Conclusion

- Stratégie d'échantillonnage de données efficace pour détecter les anévrismes intracrâniens.
- Peut être adoptée pour d'autre cas d'utilisation pour compenser les problèmes de rareté de données, déséquilibre de classes et la qualité d'annotation.
- Perspectives : combiner cette stratégie de données avec des architectures et des fonctions de coût plus sophistiquées.