



ORASIS

Une stratégie de données efficace pour la détection des anévrismes cérébraux avec l'apprentissage profond

Youssef Assis, Liang Liao, Fabien Pierre, René Anxionnat, Erwan Kerrien

ORASIS 2021

16 septembre 2021

Introduction

Anévrisme cérébral

- Une dilatation d'une artère du cerveau, localisée dans la surface des vaisseaux sanguins.
- Taille moyenne de 6mm (1 - 30 mm).

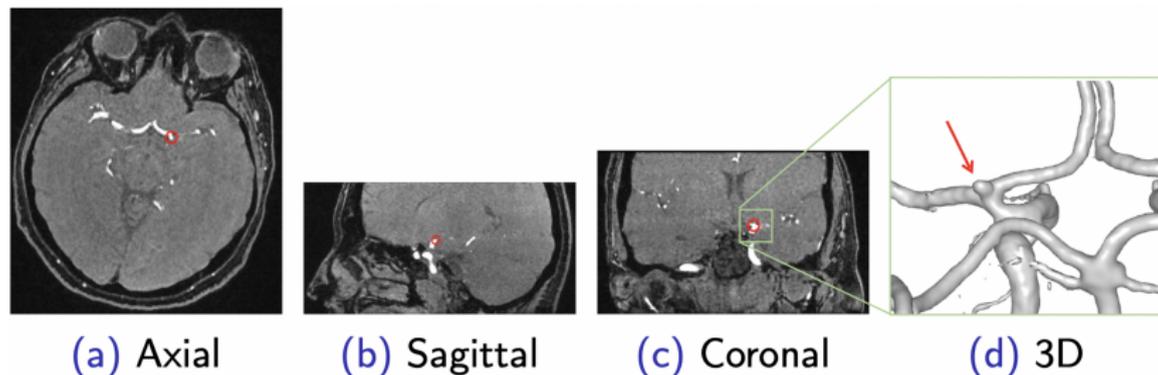


Figure – (a, b, c) Axes de coupes; (d) la vue d'une partie du volume 3D d'une IRM¹ (anévrisme de 3.4mm)

1. Image par résonance magnétique

Introduction

Challenges

- **Rareté de données**
 - Ensembles de données petits et privés.
 - 1-2 anévrismes par patient.
- **Déséquilibre de classes**
 - Les anévrismes sont de petites structures dans les données ($\approx 10/1M$ voxels).
- **Annotation de données**
 - Difficile et chronophage.

Basé sur l'apprentissage profond (après 2017)

- **Approches 2D**
 - Transformer l'image 3D en images 2D coupes.
 - Traiter des images 2D à l'aide d'un modèle 2D CNN.
- **3D + Approche basée sur les patches**
 - Diviser l'image entière en patches 3D.
 - Traiter chaque patch à l'aide d'un modèle 3D CNN.
- **Compétition ADAM² (2020)**
 - abc : 0.68 @ 0.40 FP/cas.
 - mibaumgartner : 0.67 @ 0.13 FP/cas.

Contribution

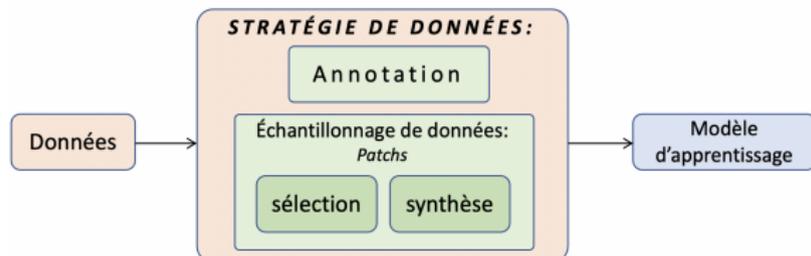
Une stratégie de données efficace pour la détection des anévrismes cérébraux

1. Base de données réduite :

- Annotation :
 - + Plus simple et rapide (base données plus importante).
 - Moins précise.
- Approche par petits patches :
 - + Indépendance de patches.
 - Réduction du contexte de l'image.

2. Modélisation statistique :

- + Sélection guidée de patches négatifs.
- + Synthèse de patches positifs.



Contribution

Données

Description

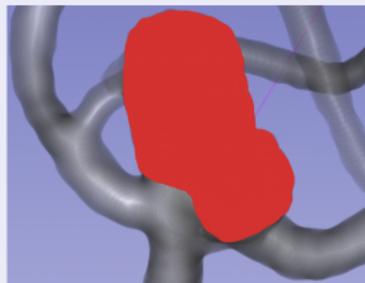
- 111 patients, CHU de Nancy (2015 - 2020).
- IRM TOF³
 - Dimension : 512×512×254.
 - Résolution : 0.4 mm / voxel.
- 155 anévrismes : 1 à 5 anévrismes / patient.
- Taille Moyenne : 3.86 mm (min : 1.23 ; max : 19.63).

Contribution

Annotation de données

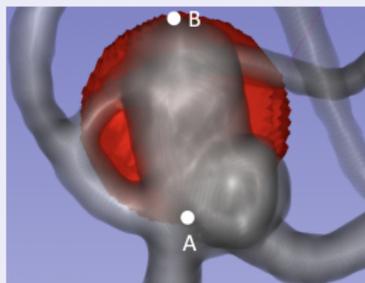
Annotation basée sur les voxels

- Fastidieux
- Chronophage



Annotation proposée

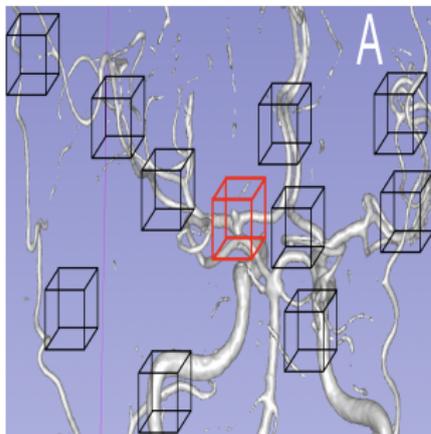
- Approximative
- Rapide



Contribution

Approche basée sur les patches

- Petits patches : $48 \times 48 \times 48$ voxels.
- Patches sans chevauchement : indépendance des patches.
- Comment modéliser le fond et les anévrismes ?



Contribution

Sélection et synthèse de données

- **Sélection de patches négatifs** : centrés à moitié sur les vaisseaux sanguins et à moitié sur le parenchyme.
- **Synthèse de patches positifs** : centrés sur chaque anévrisme, dupliqués et déformés par une distorsion aléatoire.

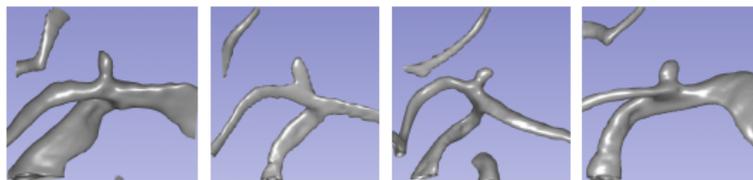


Figure – Exemples d'instances générées pour un anévrisme

- Nombre de patches/patient : $(negatifs + duplication \times \#anevrismes)$
- Nombre de patches d'entraînement : 78 patients \rightarrow 21 050 patches.

Contribution

Modèle d'apprentissage profond

- **Réseau** : 3D U-Net standard.
- **Fonction de coût** : BCE⁴.
- **Augmentation de données** : translation et rotation aléatoires.
- **Métriques d'évaluation** : Dice, Kappa de Cohen.

Étude expérimentale

Étude par ablation

- Modèles :

Modèle	Patches			Fonction Coût
	Négatifs	Positifs		
	#	#duplic.	Déformat.	
Modèle0	200	50	+	BCE
Modèle1	200	50	+	Focal
Modèle2	200	5	+	BCE
Modèle3	200	50	-	BCE
Modèle4	100	50	+	BCE

- Résultats : (train/valid/test : 78/22/11 patients)

	<i>Ensemble Validation</i>		<i>Ensemble Test</i>	
	Dice	kappa	Sensibilité	FPs/cas
Modèle0	0.339	0.665	0.970	0.454
Modèle1	0.089	0.527	0.803	0.190
Modèle2	0.038	-1.21e-8	0	0
Modèle3	0.434	0.772	0.879	1.545
Modèle4	0.245	0.589	0.833	1.0

Étude expérimentale

Validation croisée à 5 plis

- Sensibilité de 0.82 @ 0.61 FP/cas (seuil = 0.5).
- Analyse FROC⁵ :
 - abc [**0.68** @ 0.40] : **0.80** @ 0.40
 - mibaumgartner [**0.67** @ 0.13] : **0.72** @ 0.13

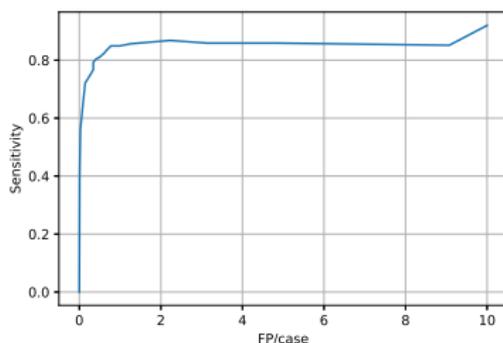


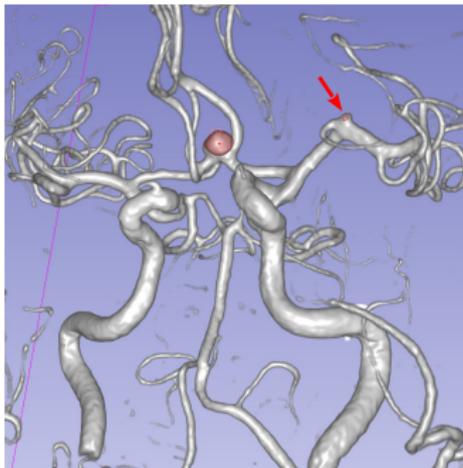
Figure – Courbe FROC (AUC=85.24%)

Étude expérimentale

Exemples de résultats



(a) La ramification des petites artères peut être confondue avec un anévrisme



(b) Anévrisme omis lors de la phase d'annotation initiale

Conclusion

Conclusion

- Stratégie efficace pour détecter les anévrismes intracrâniens.
- Compenser les problèmes de rareté de données, déséquilibre de classes et la qualité d'annotation.

Travaux futurs

- Enrichir la base de données.
- Combiner cette stratégie de données avec des architectures et des fonctions de coût plus sophistiquées.