



**HAL**  
open science

# Introduction à l'utilisation de l'IRM 4D de flux pour la prédiction de l'évolution des anévrismes intra-crâniens

Esther Fontaine, Christophe Portefaix, Stéphanie Salmon

## ► To cite this version:

Esther Fontaine, Christophe Portefaix, Stéphanie Salmon. Introduction à l'utilisation de l'IRM 4D de flux pour la prédiction de l'évolution des anévrismes intra-crâniens. Journée Rémoise des Jeunes Chercheurs en Santé (JRJCS), 2023, Reims, France. hal-04241538

**HAL Id: hal-04241538**

**<https://hal.science/hal-04241538v1>**

Submitted on 14 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# INTRODUCTION A L'UTILISATION DE L'IRM 4D DE FLUX POUR LA PREDICTION DE L'EVOLUTION DES ANEURISMES INTRACRANIENS



Esther Fontaine<sup>1</sup>, Christophe Portefaix<sup>1,2</sup> et Stéphanie Salmon<sup>3</sup>

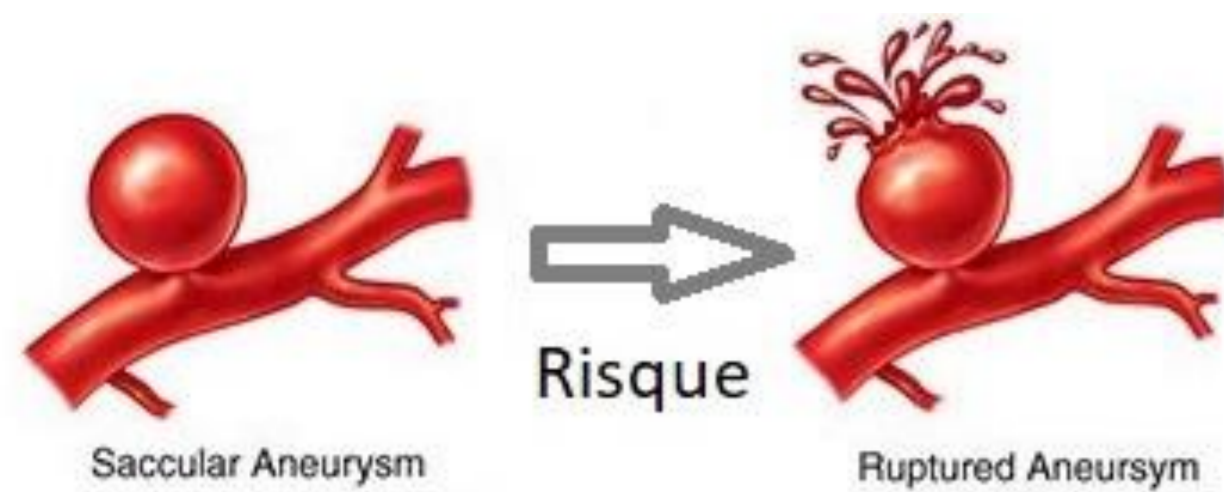
<sup>1</sup> Laboratoire CReSTIC équipe MIPA (EA 3804)

<sup>2</sup> Pôle d'Imagerie - CHU de Reims

<sup>3</sup> Laboratoire LMR (CNRS FRE 2011)



## CONTEXTE MEDICAL : LES ANEURISMES CEREBRAUX



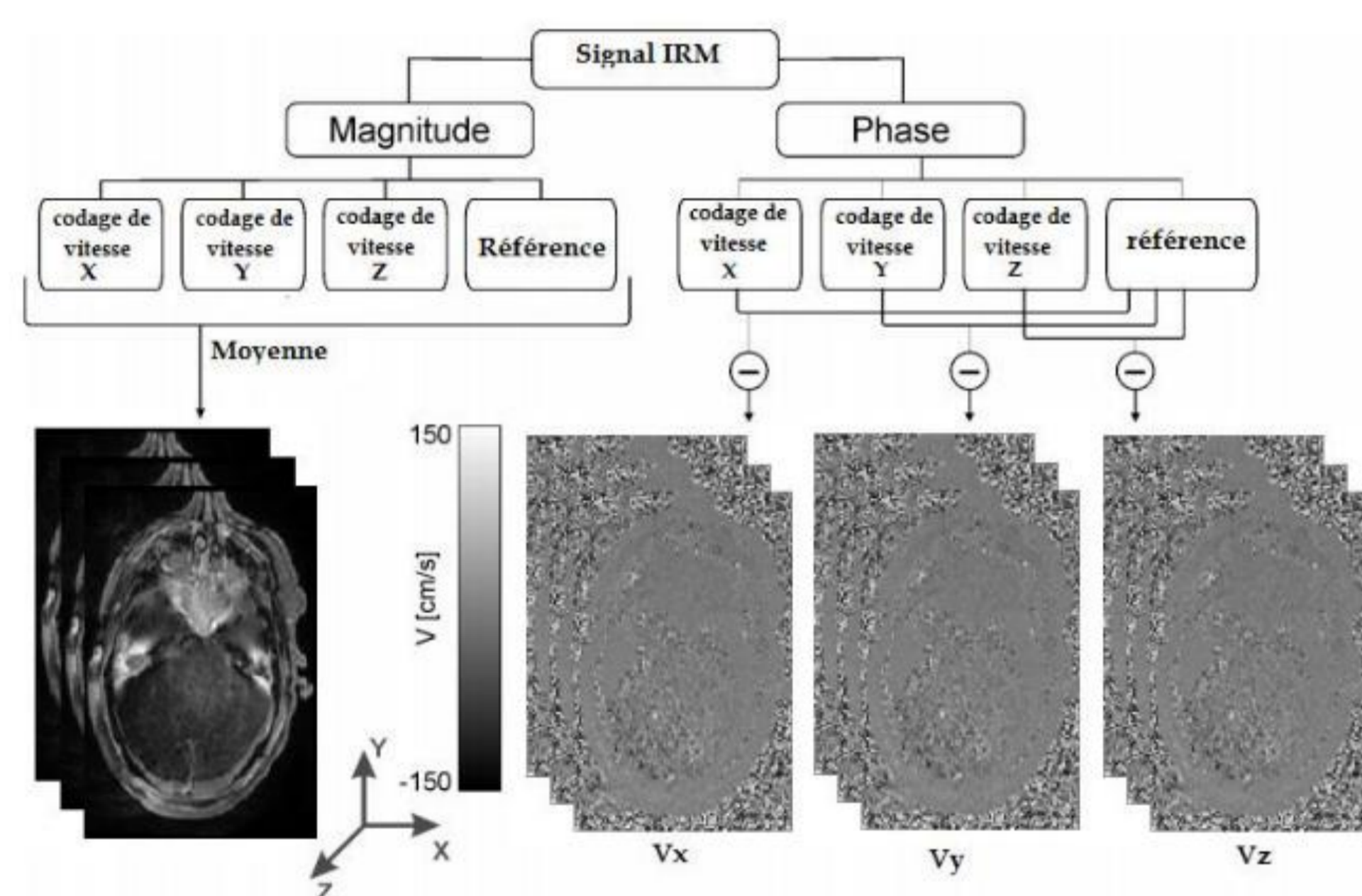
- prévalence de 5 à 6 % dans la population générale
- rupture avec une prévalence de 1 à 2 % par anévrisme par an
- 60% de décès dans les 3 mois et 30% gardant un handicap définitif

Les mécanismes d'évolution des anévrismes ne sont pas connus mais on en connaît des facteurs de risque :

- l'âge, le sexe, le tabac, la drogue, l'alcool,
- la polykystose rénale, l'hypertension
- la taille et la localisation de l'anévrisme.

Chaque facteur de risque est, ici, statistique.

Le but du projet, ici, est d'utiliser un examen de routine non invasif et non irradiant l'IRM, notamment les séquences de flux 4D, pour étudier la paroi et l'hémodynamique de l'anévrisme afin d'en prédire son évolution.



## METHODOLOGIE NUMERIQUE DE SUPPRESSION DU SCALP

L'idée principale de cette méthodologie est de supprimer, sur les IRM de flux 4D, le scalp du patient à l'aide des tissus statiques. Ceux-ci sont calculés lors des prétraitements des images IRM pour chaque direction de l'espace en seuillant le calcul de l'écart type des images sur l'ensemble des dynamiques.

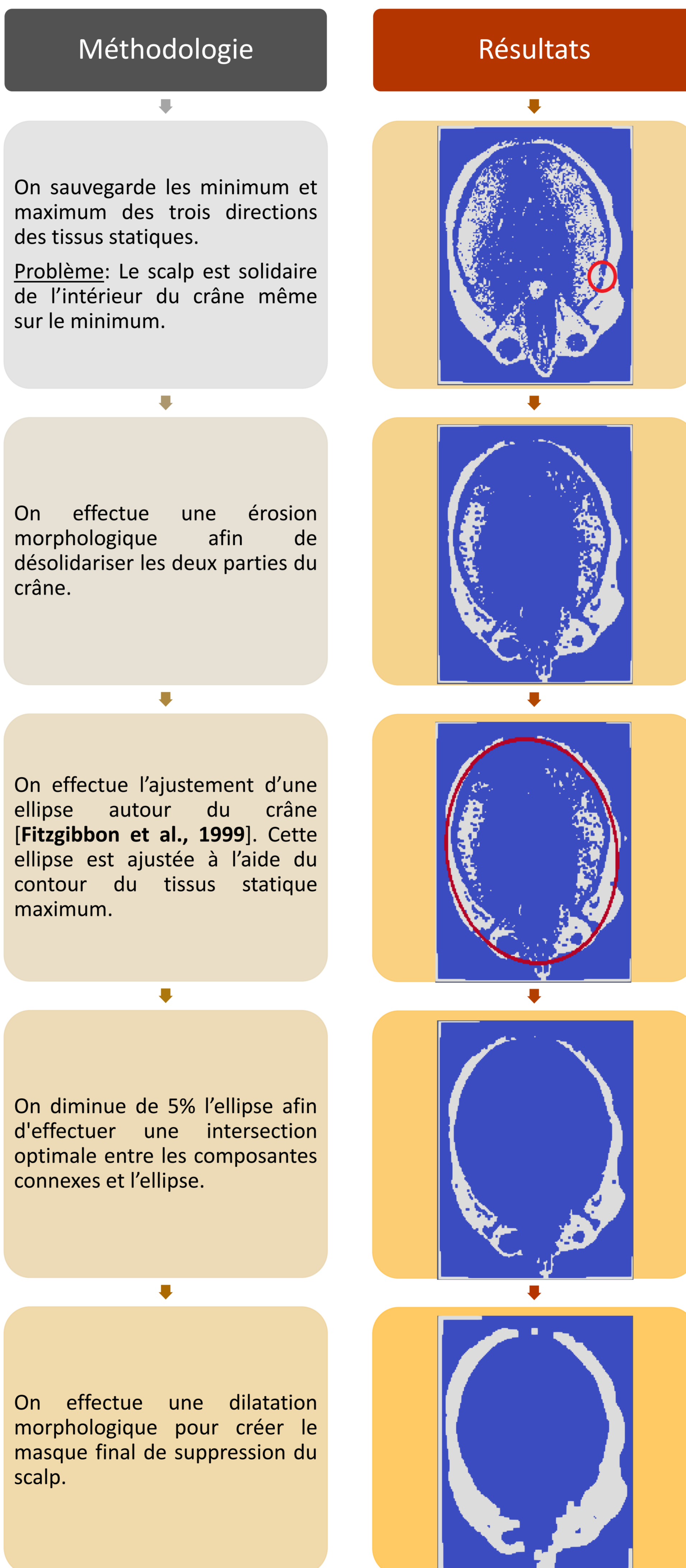
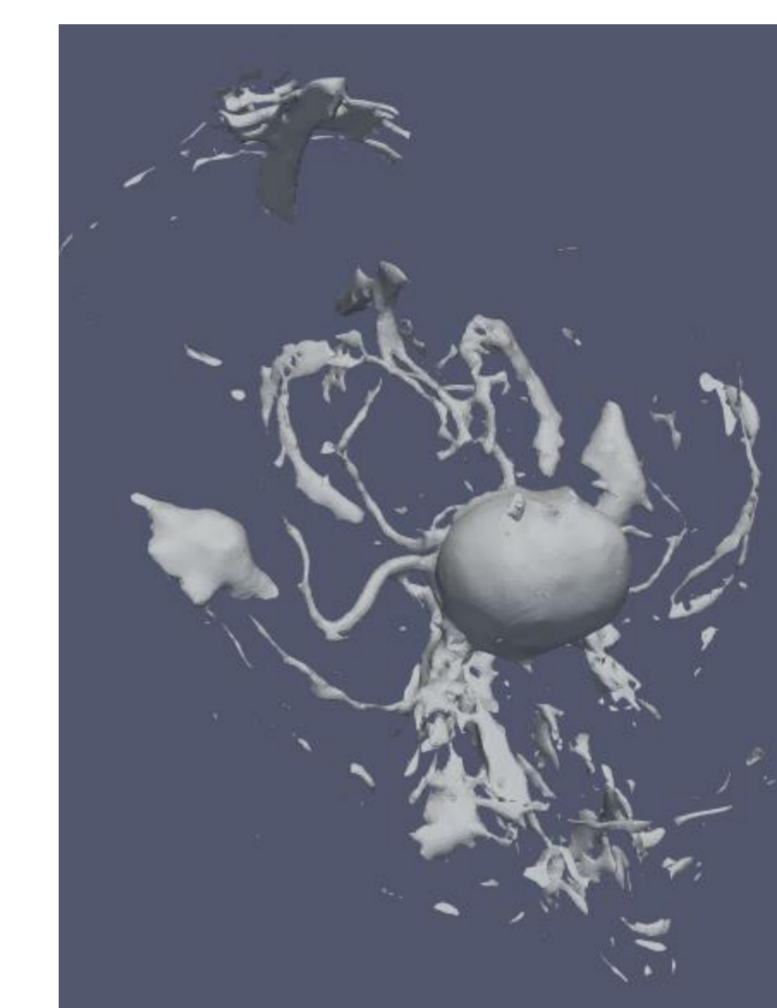


Figure 3: Méthodologie de suppression du scalp

## EXPORT DE GEOMETRIE ET DE DONNEES DE FLUX PATIENT SPECIFIQUE

On souhaite pouvoir :

- comparer les données des IRMs avec celles de la modélisation
- ajuster la modélisation afin qu'elle corresponde aux données médicales.



Pour pouvoir simuler un écoulement comparable aux données d'IRM, nous avons besoin de la géométrie vasculaire exacte du patient. On seuille la série d'amplitude dynamique des séquences de flux 4D pour en limiter l'export aux régions contenant du mouvement.

Figure 4: Géométrie vasculaire

Pour pouvoir effectuer une simulation, il faut fournir *a minima* une donnée d'entrée correspondant à une coupe perpendiculaire au flux. On effectue :

- une coupe dans le volume d'amplitude
- la même coupe dans la géométrie vasculaire
- le produit des deux images exportées.

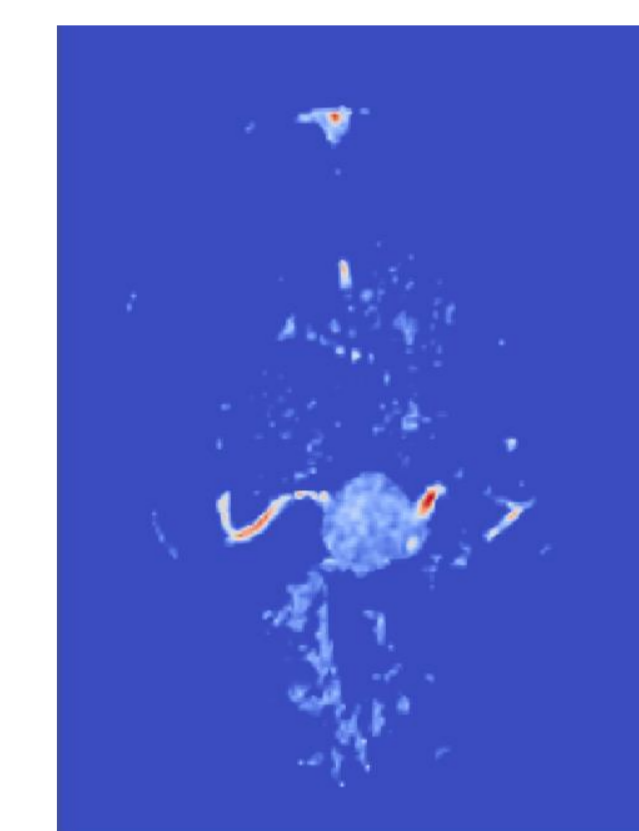


Figure 5: Coupe de flux

## SIMULATION NUMERIQUE DANS UN ANEURISME IDEAL

On effectue une simulation d'écoulement de fluide dans un anévrisme idéal avec une interaction entre le fluide et sa structure. Cette interaction apparaît dans les conditions de bord de la modélisation et le domaine reste fixe. La modélisation de Fluid Structure Interaction FSI [Agbalessi, 2023] est une simplification de la propagation d'une onde de pression dans un domaine fluide bidimensionnel.

On impose la vitesse maximale mesurée sur l'IRM comme entrée de la simulation (700 mm/s). Le fluide a un mouvement circulaire dans l'anévrisme et l'effet de la paroi se retrouve dans le tassement de ce mouvement.

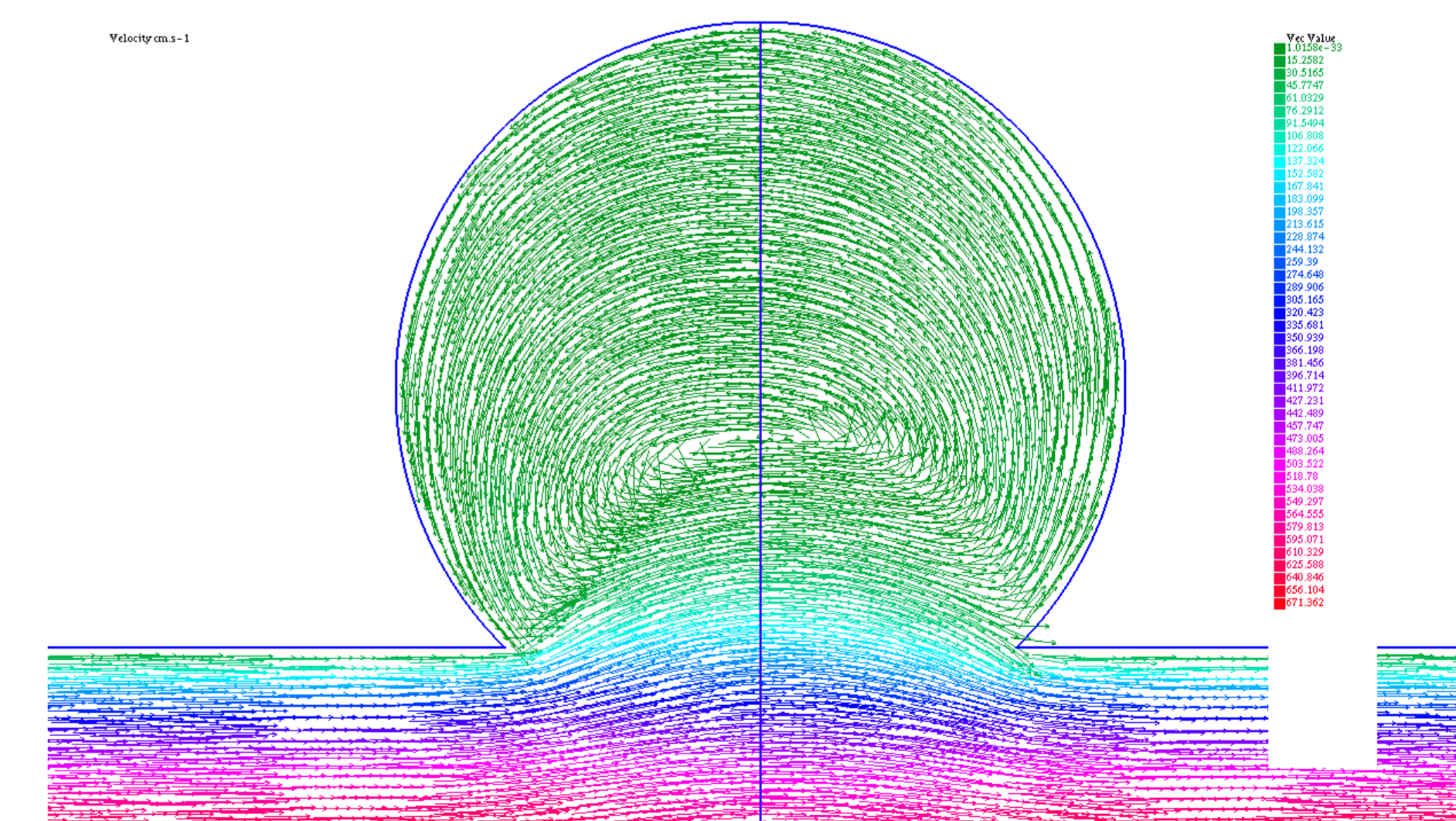
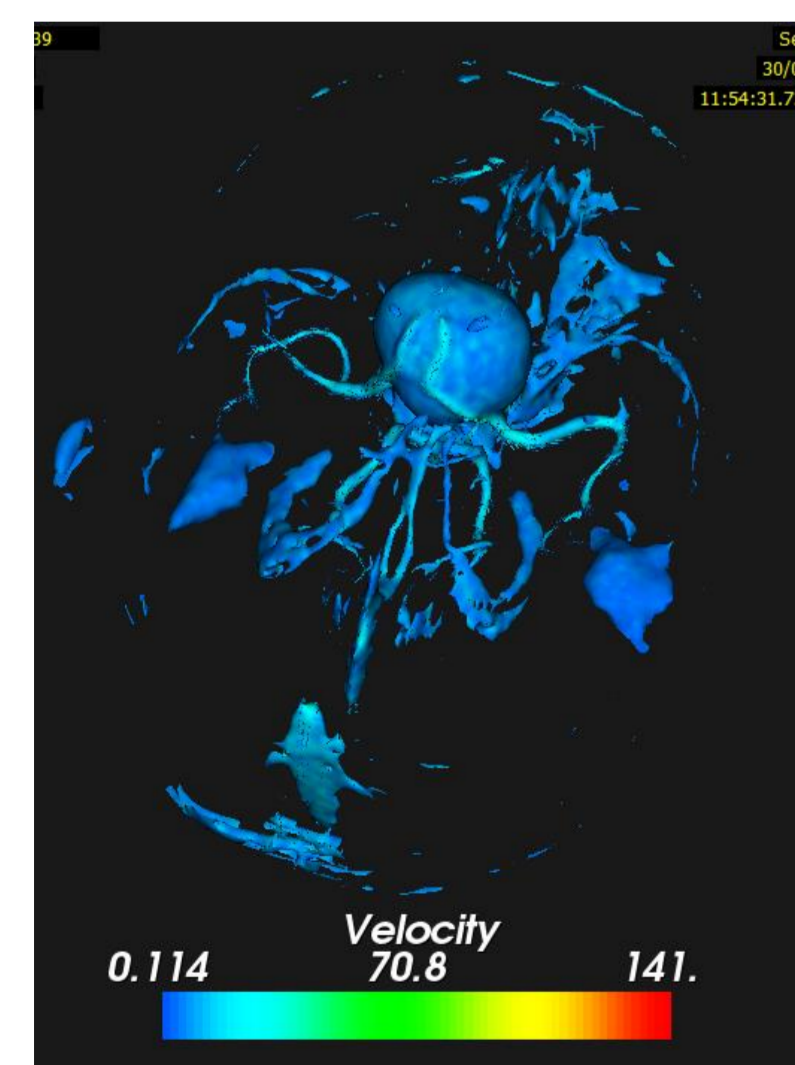


Figure 6: Simulation avec interaction fluide structure

## VISUALISATION DE MARQUEURS HEMODYNAMIQUES SUR LA SURFACE VASCULAIRE

L'objectif ici est de pouvoir visualiser des marqueurs hémodynamiques de l'évolution des anévrismes sur la géométrie réelle du patient afin d'aider au diagnostic.



Les biomarqueurs possibles :

- Wall Shear Stress
- Oscillatory Shear Index
- Residence Time
- etc

La visualisation est faite par :

- seuillage de la série d'amplitude des séquences de flux 4D
- superposition en couleur des biomarqueurs

Figure 2: Visualiseur surfacique

## CONCLUSION

Les améliorations suivantes ont été ajoutées au projet:

- ajout d'un visualiseur surfacique de paramètres hémodynamiques pertinents de l'évolution des anévrismes
- suppression du scalp sur les données de flux 4D
- exports de données IRM afin de pouvoir effectuer des simulations d'écoulements de fluide dans une géométrie réaliste
- modélisation avec interaction fluide-structure dans un anévrisme idéal

## PERSPECTIVES

- Comparaisons entre les images IRM et les modélisations
- Simulation et validation d'écoulement du fluide dans une géométrie réaliste
- Calculs sur l'IRM de flux de biomarqueurs susceptibles de prédire l'évolution des anévrismes
- Recherche de biomarqueurs prédictifs

## REFERENCES

- [Agbalessi, 2023] Agbalessi, M. (2023). State Estimation in Fluid-Structure Interaction from 4D-flow MRI Data. PhD thesis.
- [Fitzgibbon et al., 1999] Fitzgibbon, A., Pilu, M., and Fisher, R. (1999). Direct least square fitting of ellipses. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21(5) :476-480.
- [Tamraoui, 2019] Tamraoui, M. (2019). Visualisation 4D des images médicales.