

Imagerie et analyse des parois d'artères avec la microtomographie aux rayons X synchrotron

Xiaowen Liang^{1,2}, Aïcha Ben Zemzem², Sébastien Almagro², Jean-Charles Boisson³,
Luiz-Angelo Steffene³, Timm Weitkamp⁴, Laurent Debelle², Nicolas Passat¹

¹Université de Reims Champagne Ardenne, CReSTIC EA 3804, 51100 Reims, France

²Université de Reims Champagne Ardenne, CNRS, MEDyC UMR 7369, 51100 Reims, France

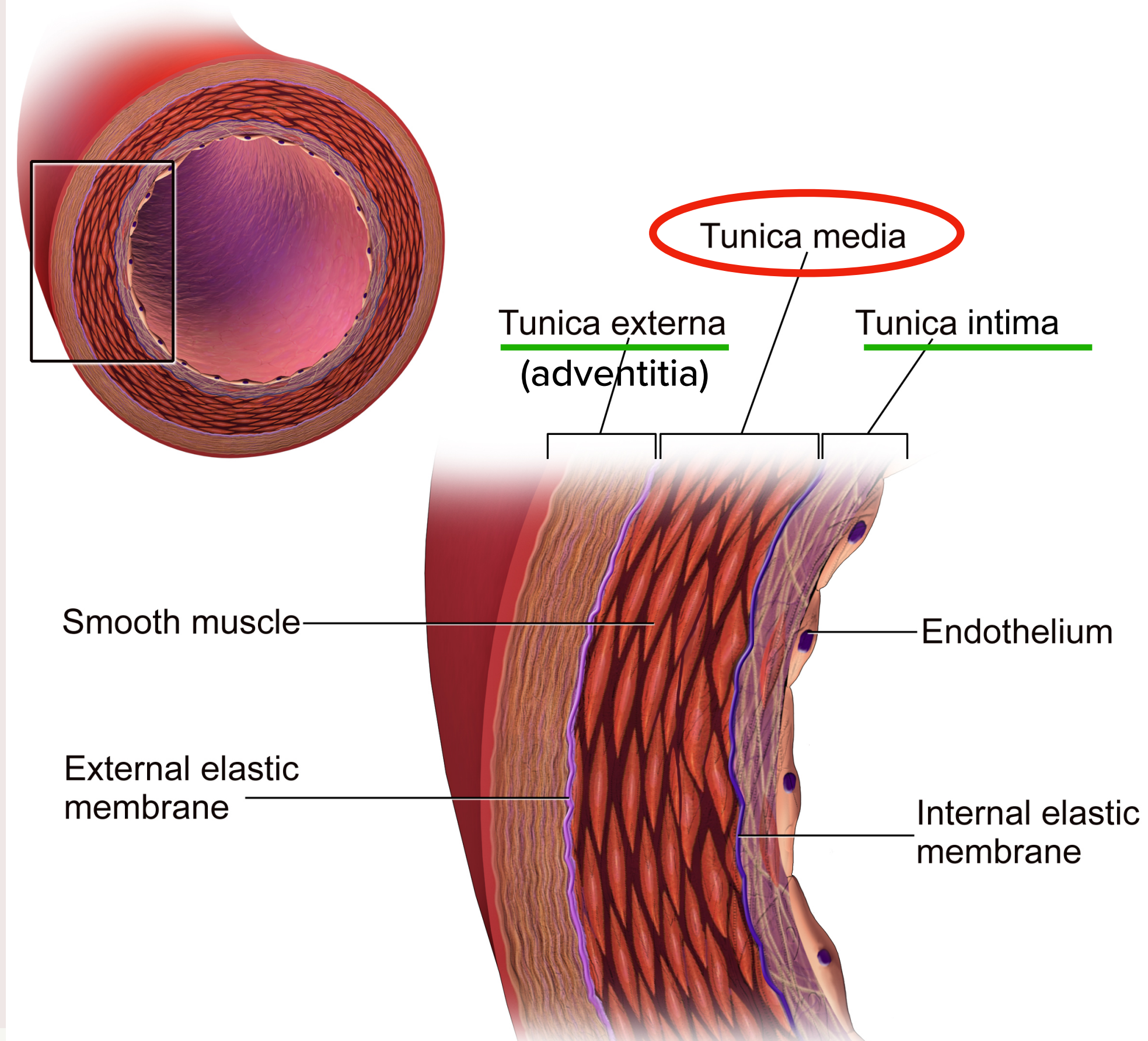
³Université de Reims Champagne Ardenne, LICIS/LRC CEA DIGIT, 51100 Reims, France

⁴Synchrotron SOLEIL, 91192 Gif-sur-Yvette, France

20/10/2022

Contexte

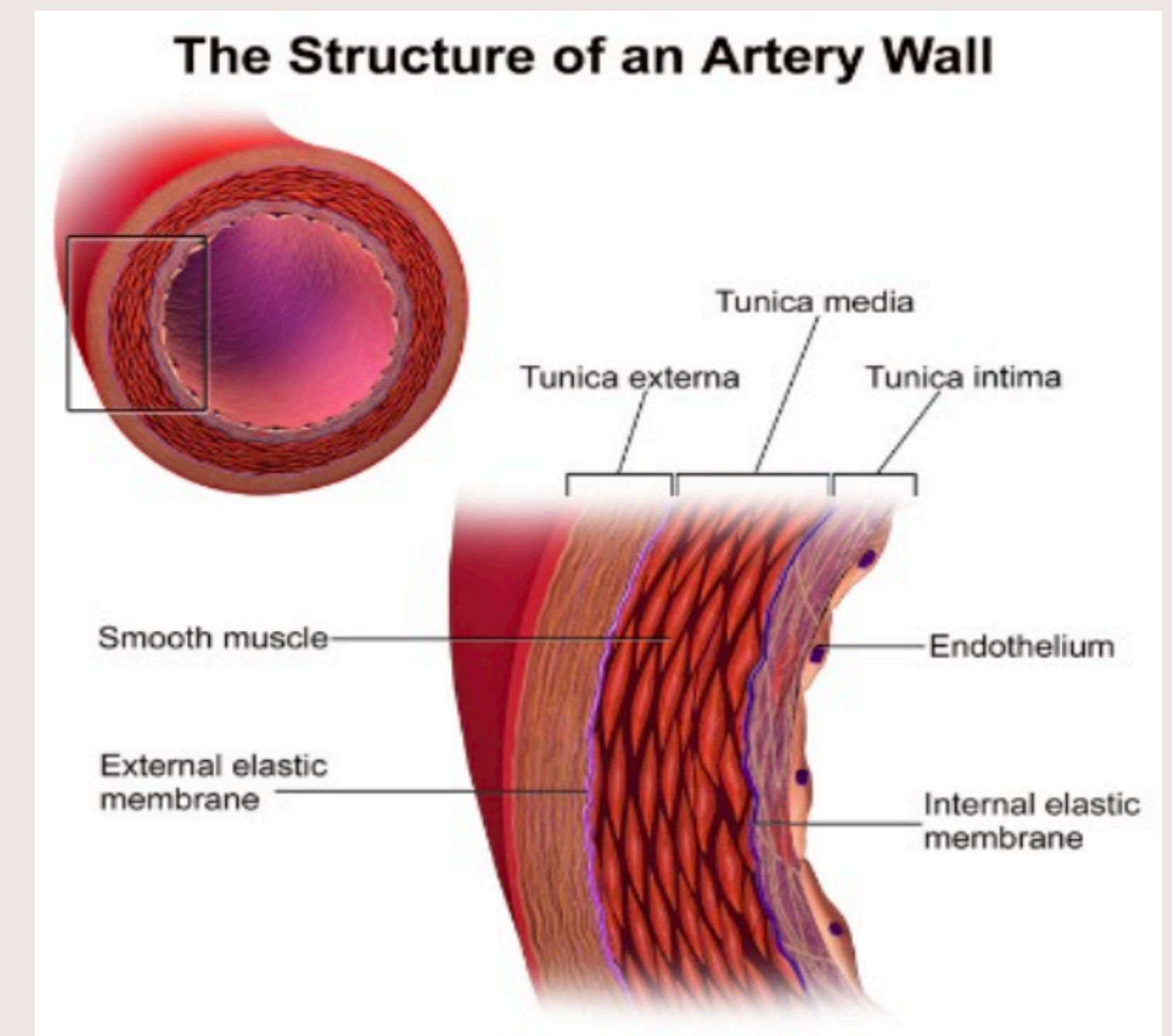
The Structure of an Artery Wall



Contexte

Les **maladies vasculaires liées au vieillissement** affectent les grosses artères élastiques.

La **matrice extracellulaire** (y compris **les lames élastiques**) de la paroi vasculaire est altérée pendant le vieillissement normal/pathologique.



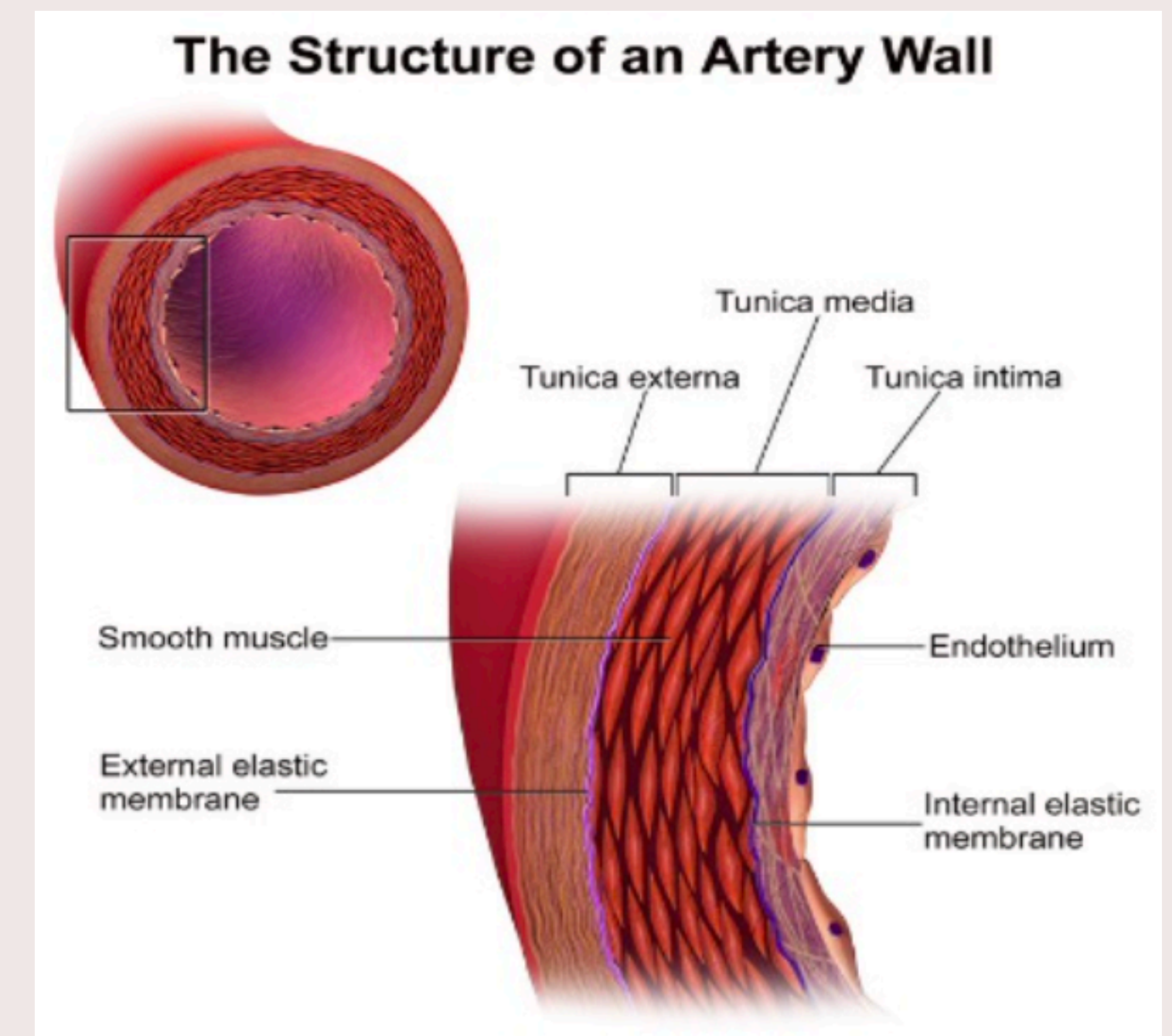
Source: *Blausen medical*

Contexte

Les **maladies vasculaires liées au vieillissement** affectent les grosses artères élastiques.

La **matrice extracellulaire** (y compris **les lames élastiques**) de la paroi vasculaire est altérée pendant le vieillissement normal/pathologique.

Les conséquences du vieillissement sont difficiles à décorrélérer de celles des pathologies.



Source: Blausen medical

Contexte

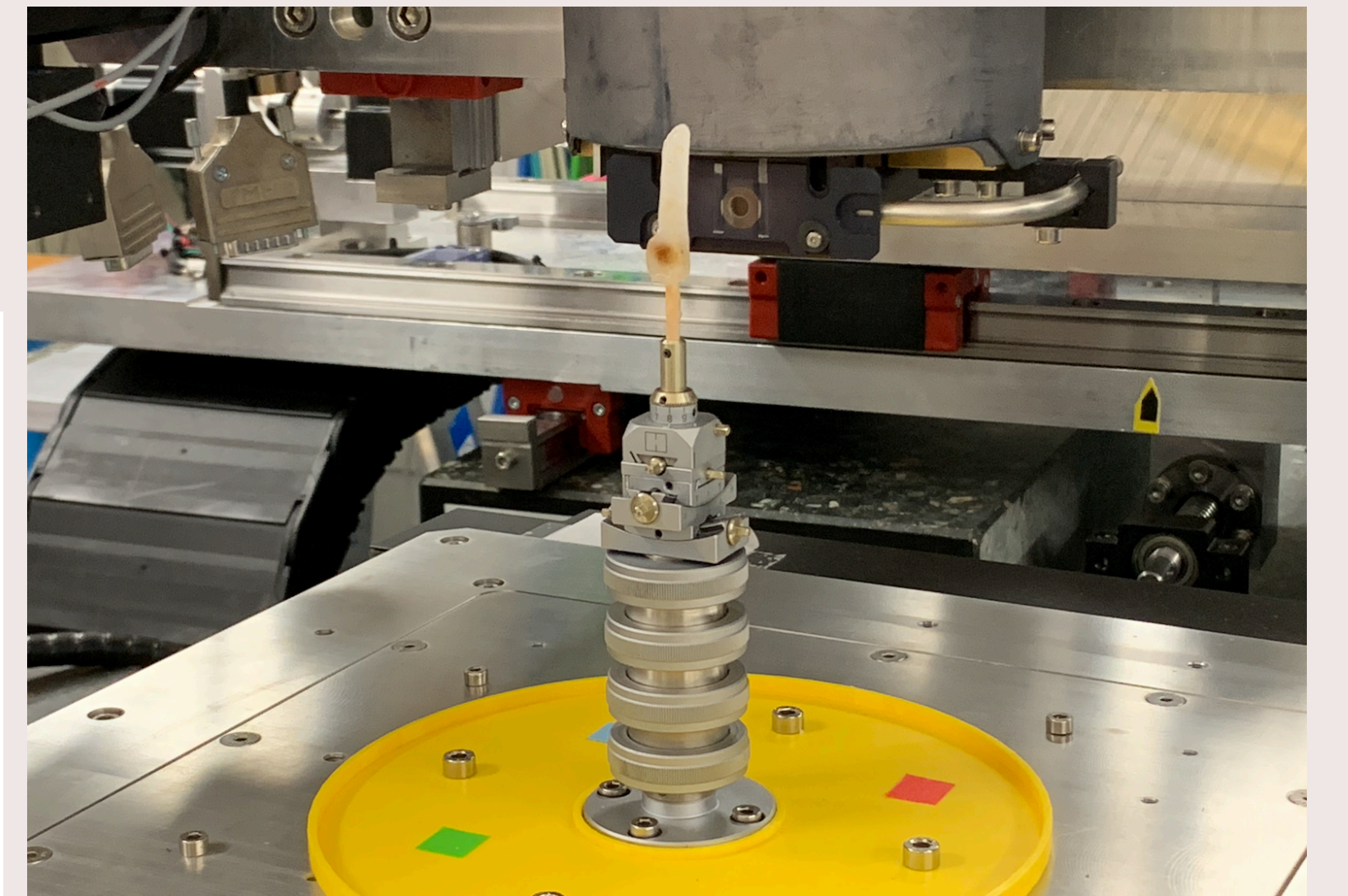
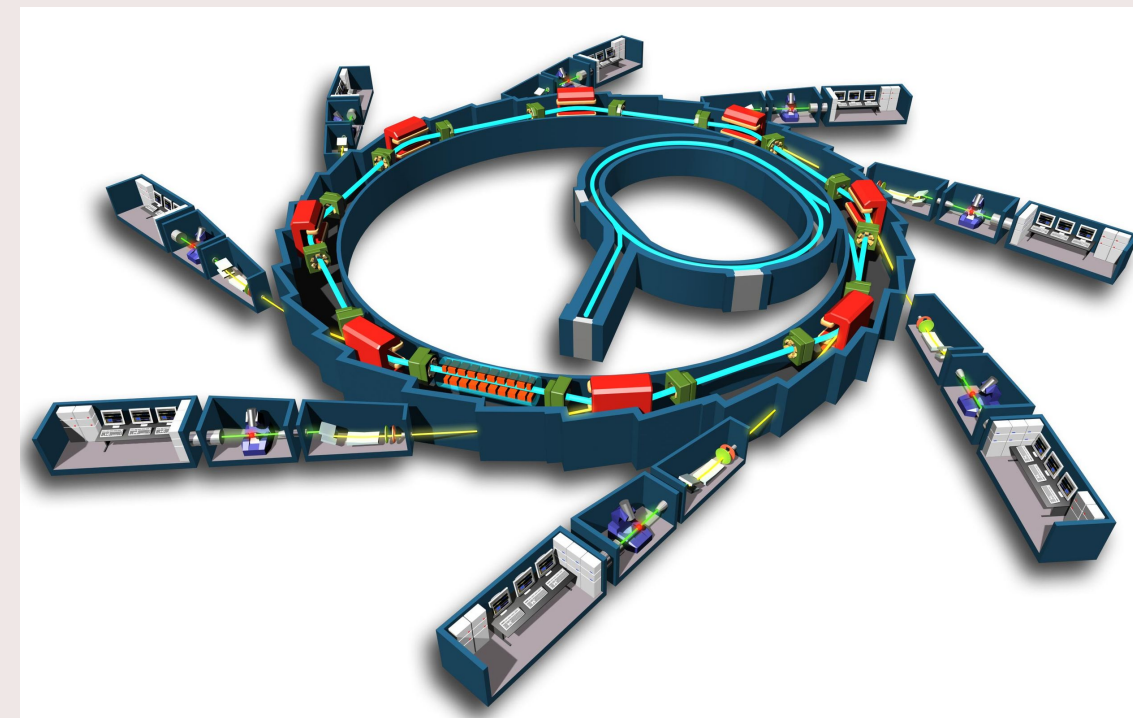
But : Nous souhaitons déterminer quels sont les dommages induits par ces pathologies et connaître les **biomarqueurs précurseurs** de leur survenue.

Contexte

But : Nous souhaitons déterminer quels sont les dommages induits par ces pathologies et connaître les **biomarqueurs précurseurs** de leur survenue.

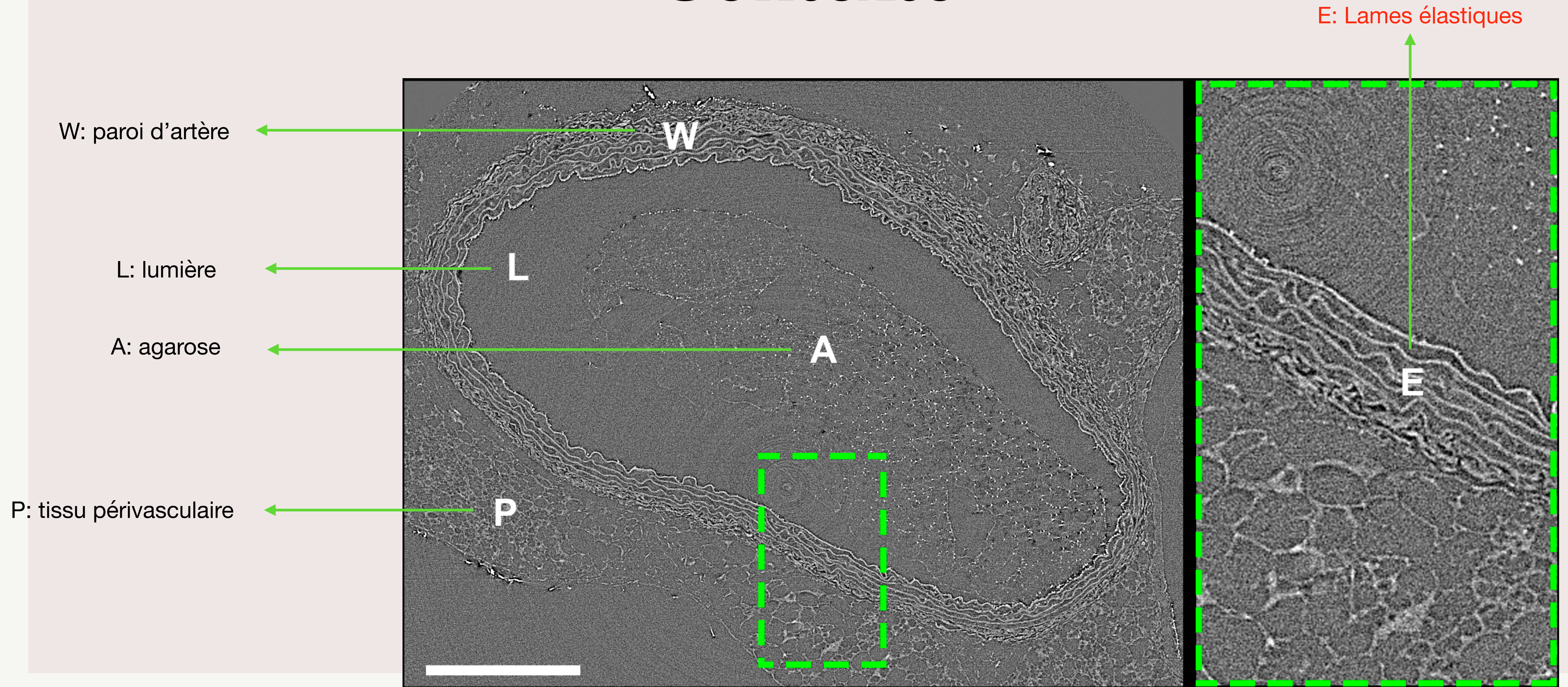
Matériaux : Notre étude a été réalisée sur des acquisitions de **tomographie X synchrotron haute résolution** d'artères de souris contenant cette matrice.

Images 3D, taille = 2048*2048*2048 voxels



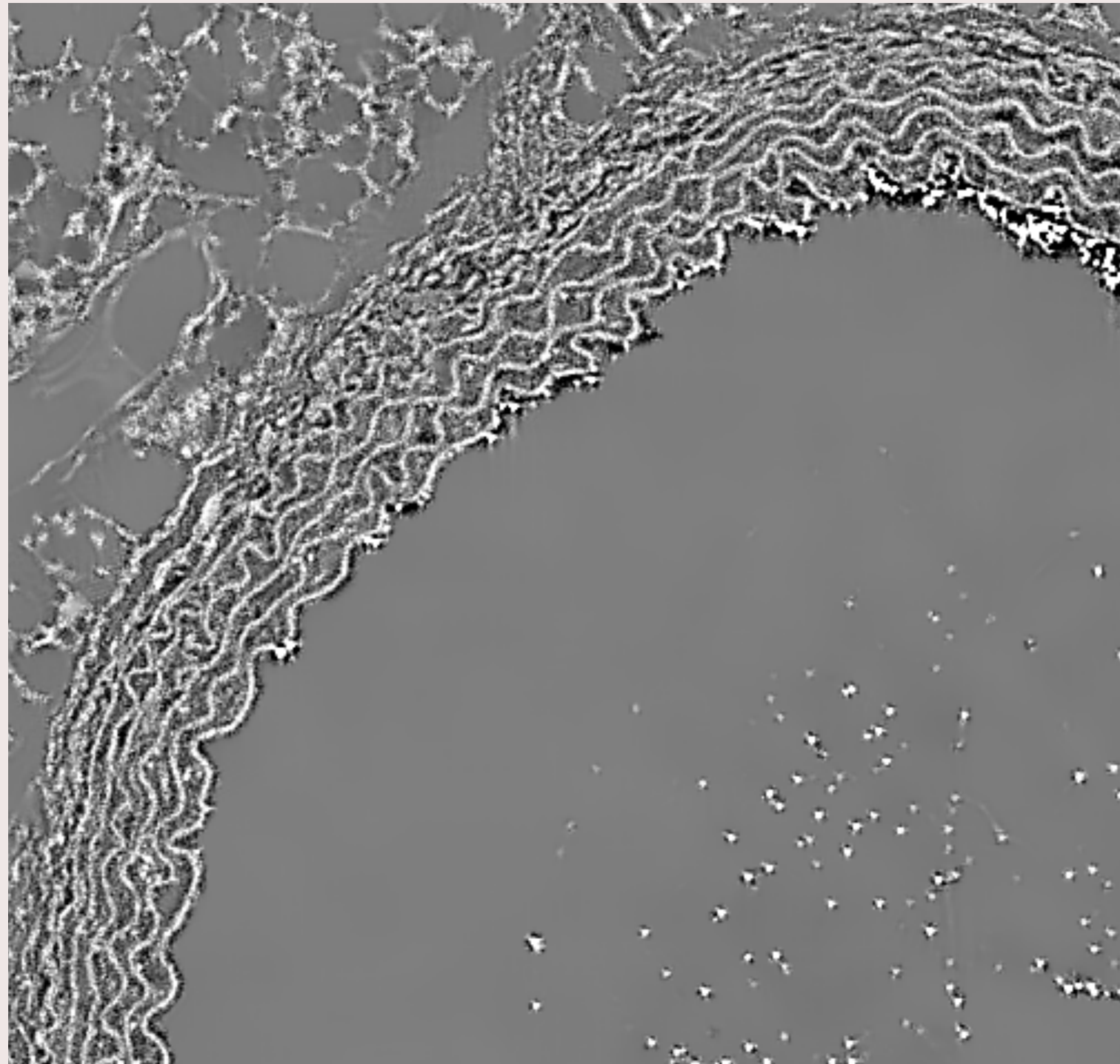
Source: <https://fr.wikipedia.org/wiki/SOLEIL>

Contexte

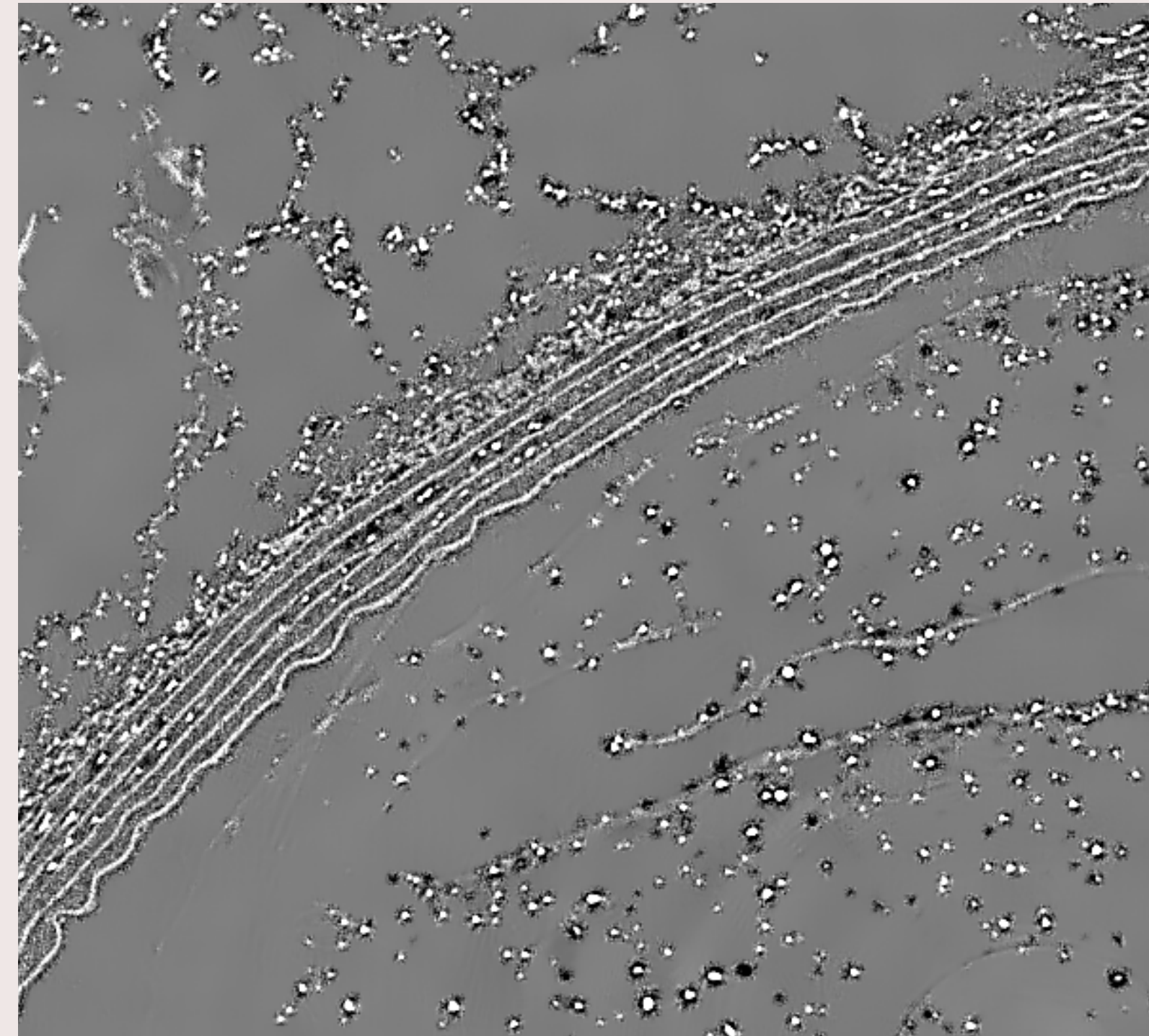


Contexte

Comparaison



Souris normale



Souris diabétique

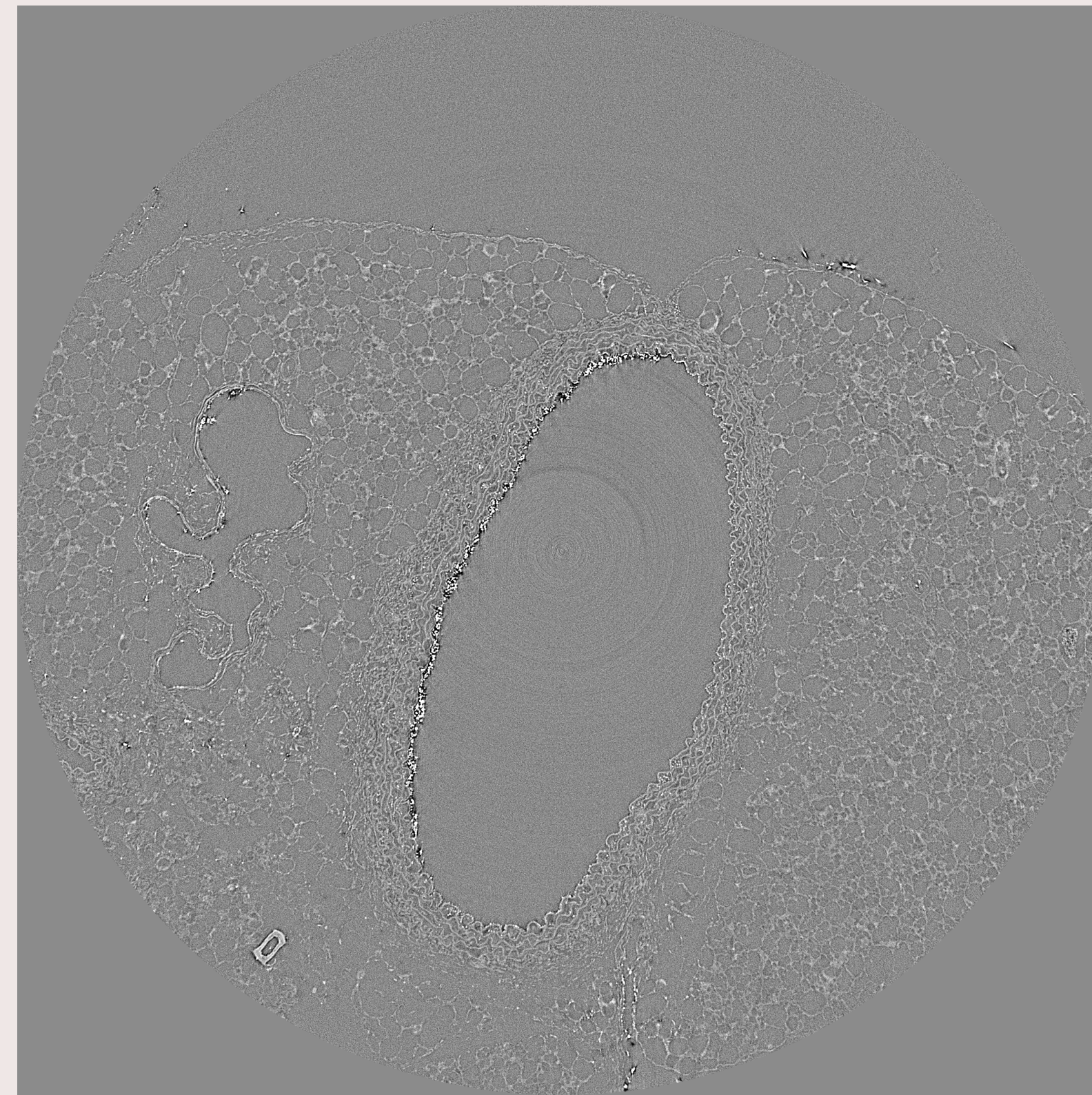
Un pipeline de segmentation

- Pré-traitement
- Segmentation de la lumière
- Classification de textures

Pré-traitements

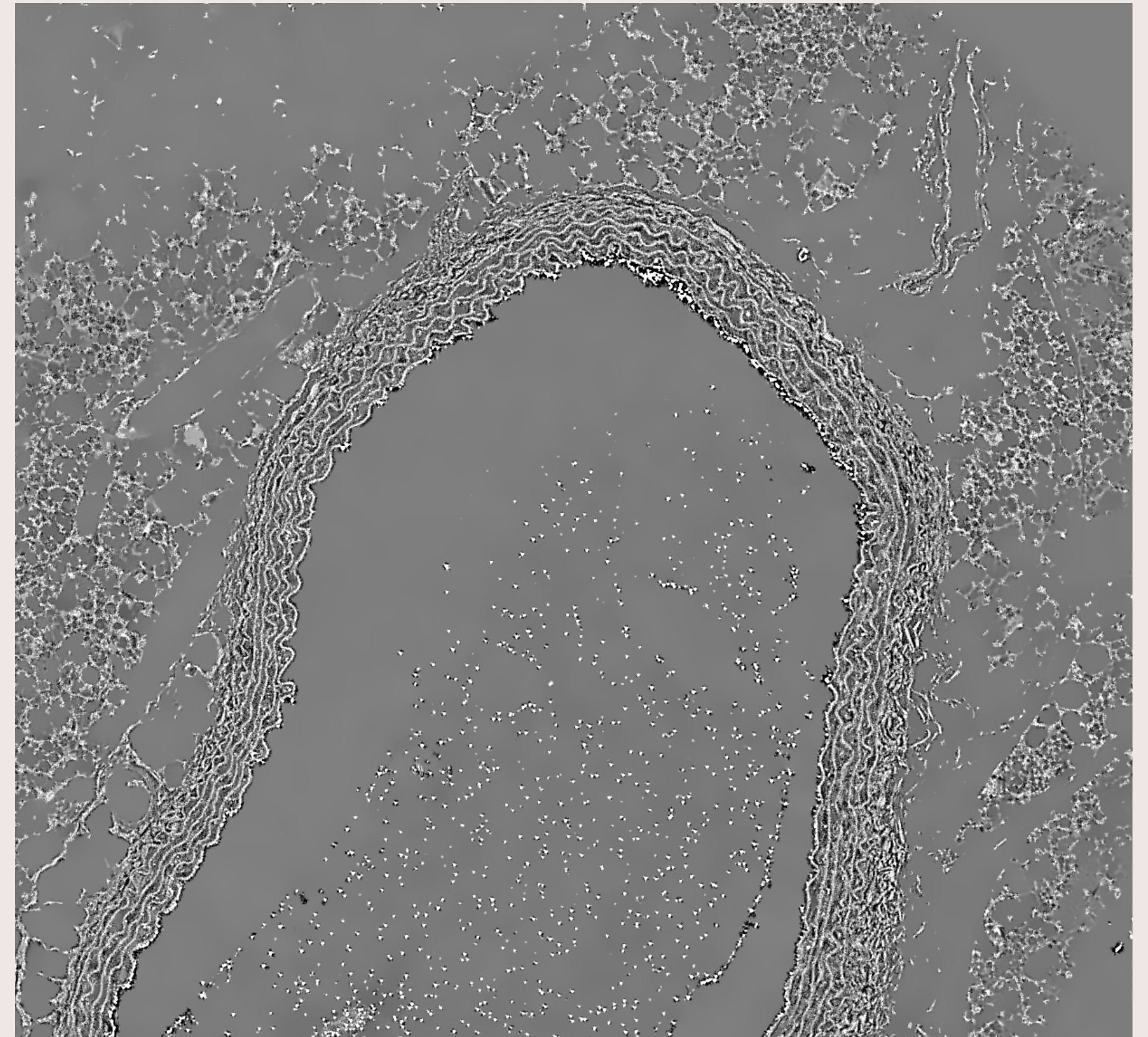
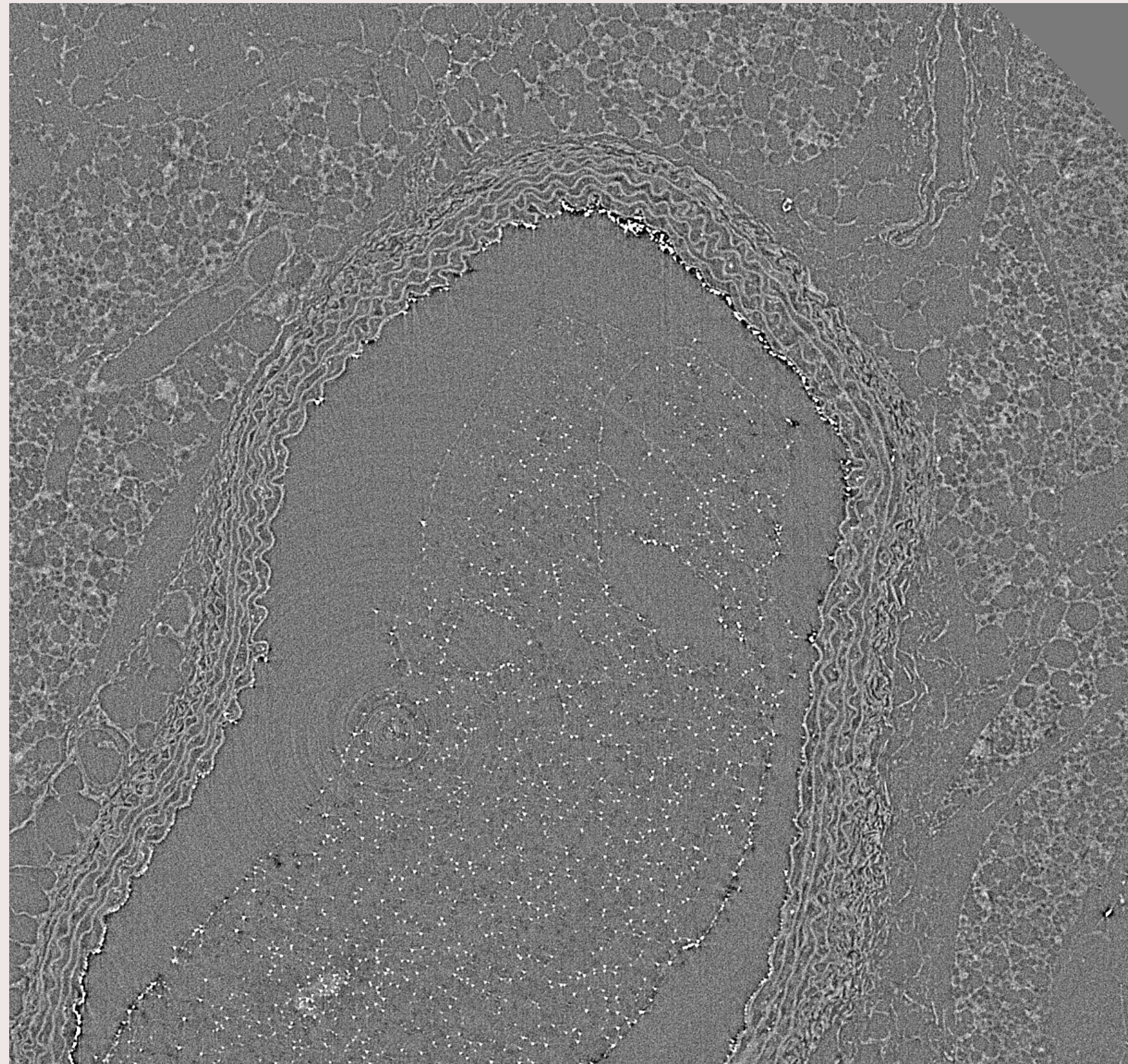
Problèmes

1. Contraste bas
2. Bruit



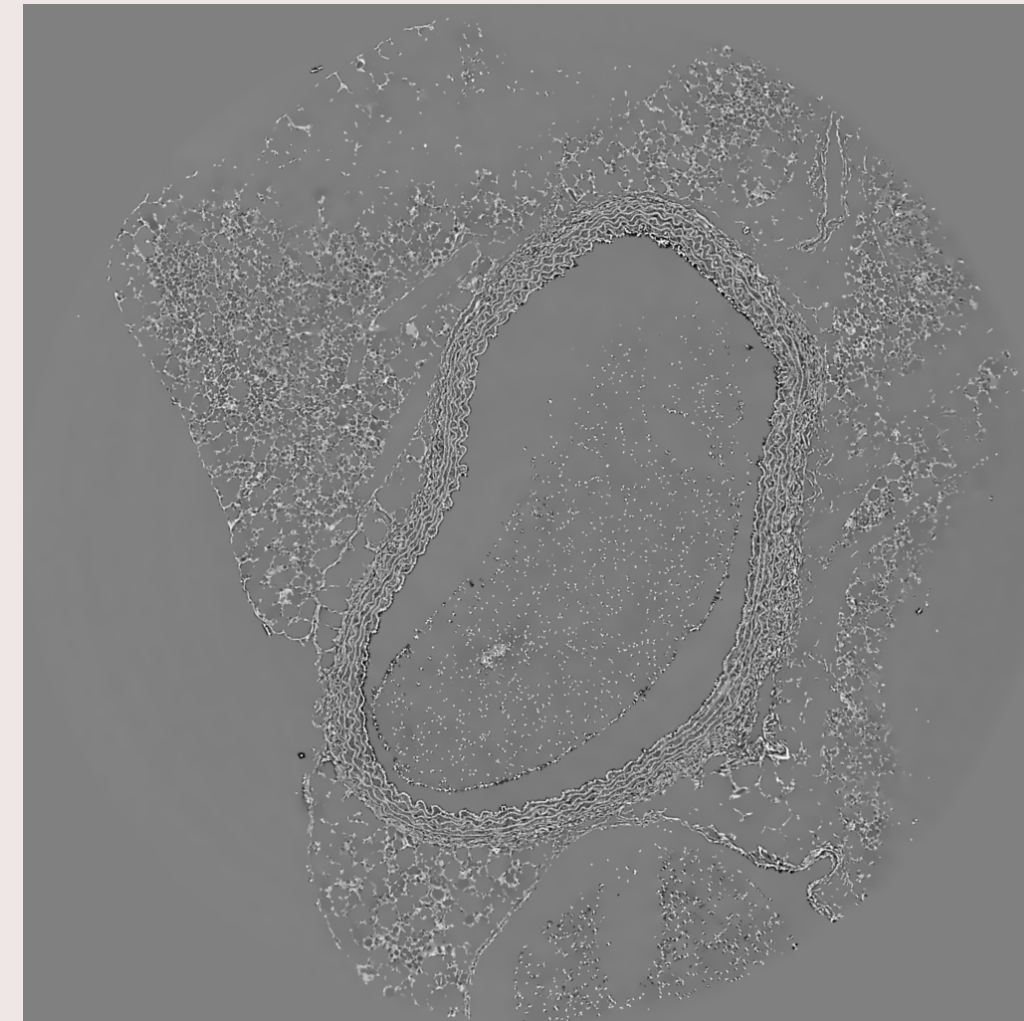
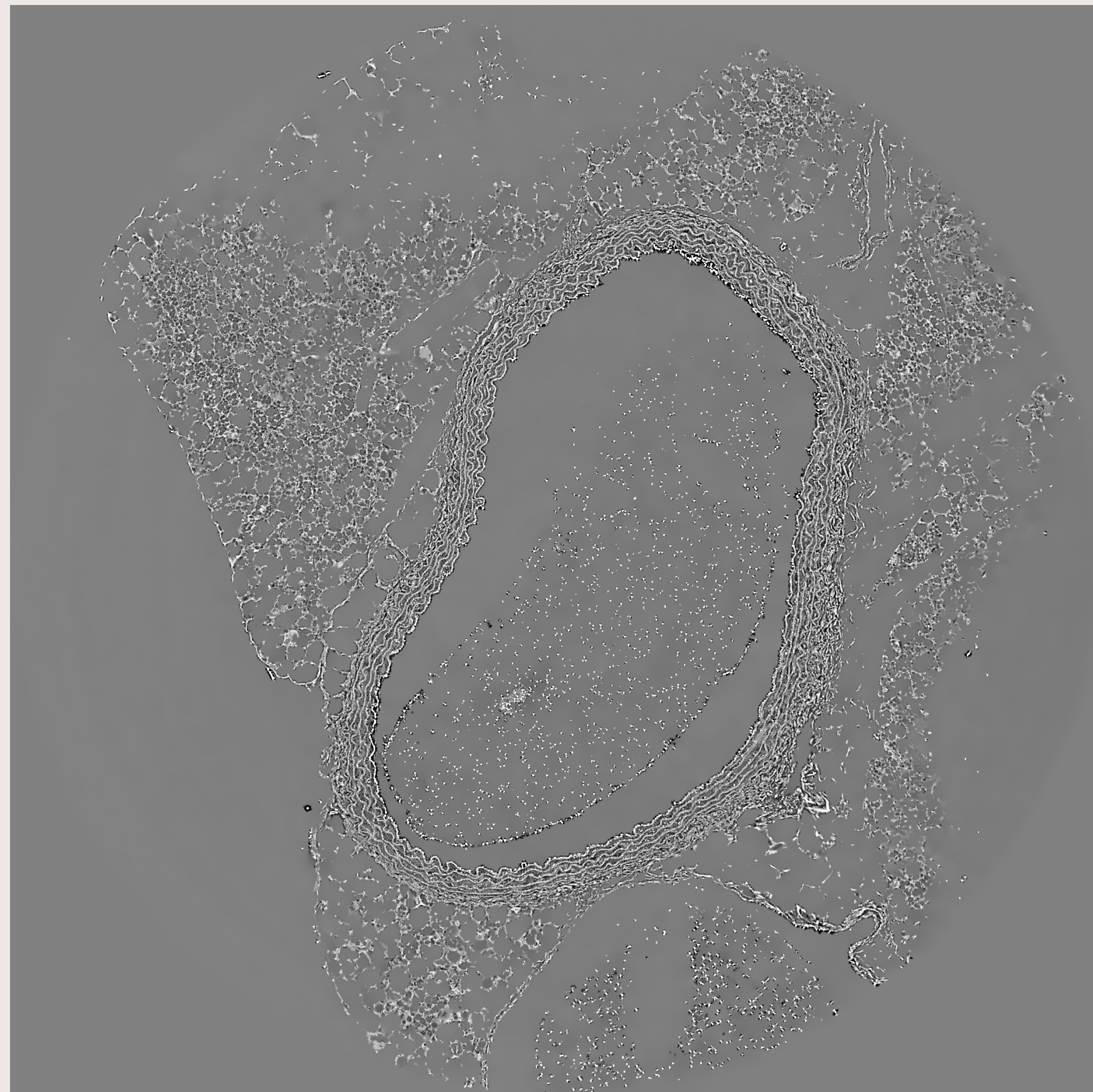
Pré-traitements

Solution : Rehaussement du contraste + débruitage bilatéral + NL-Means



Pré-traitements

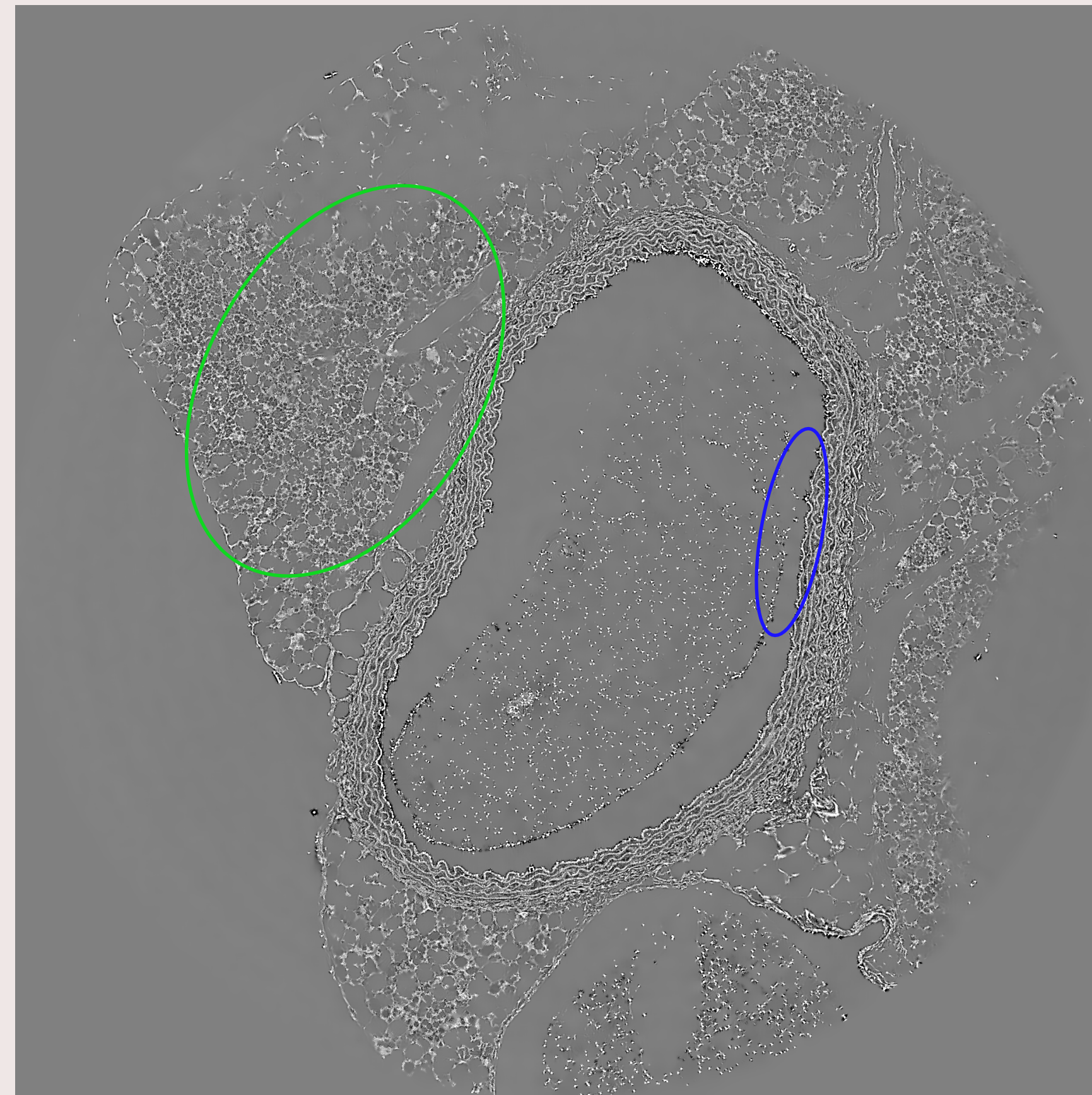
Réglage d'échelle



Segmentation globale

Analyse

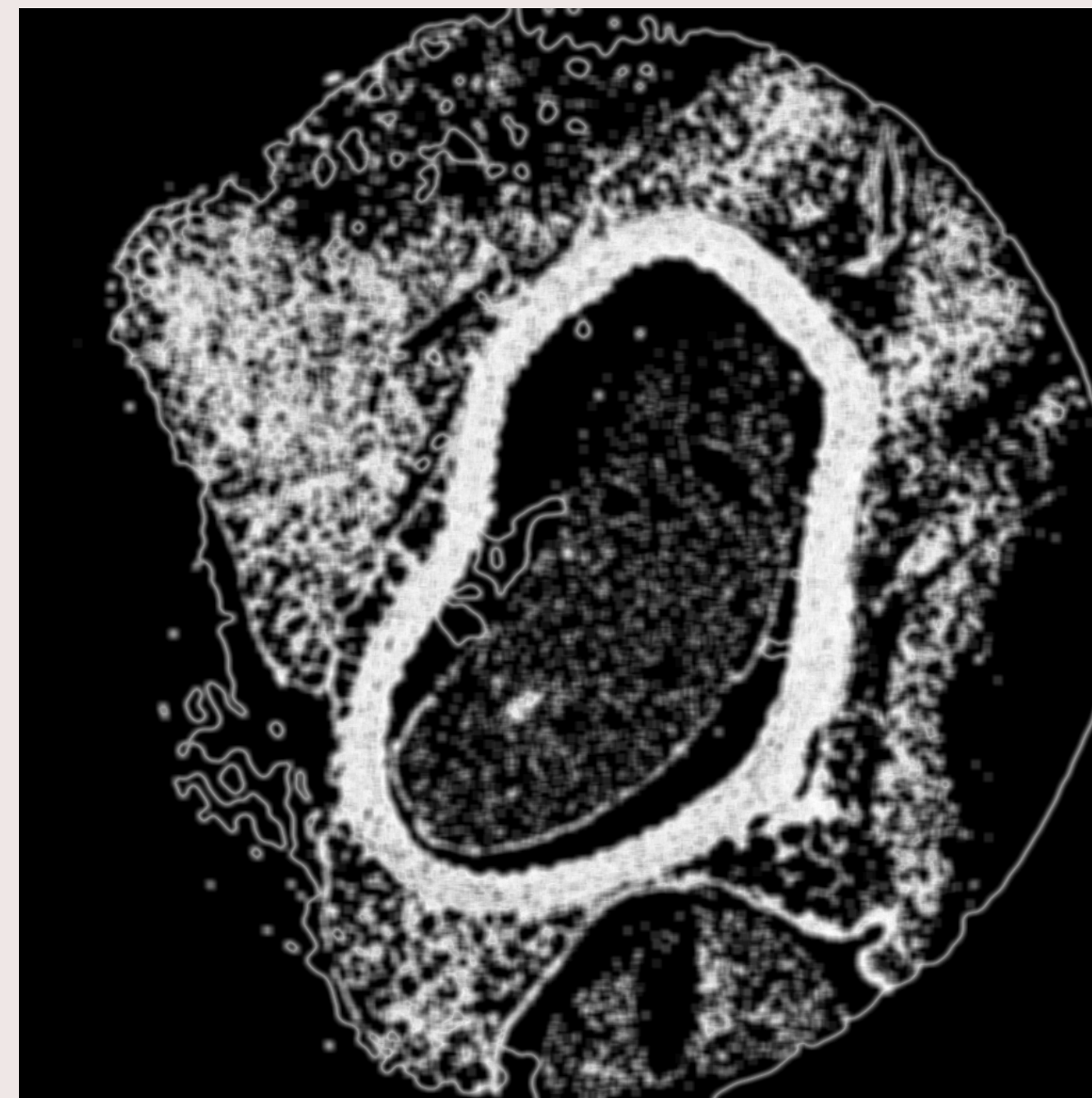
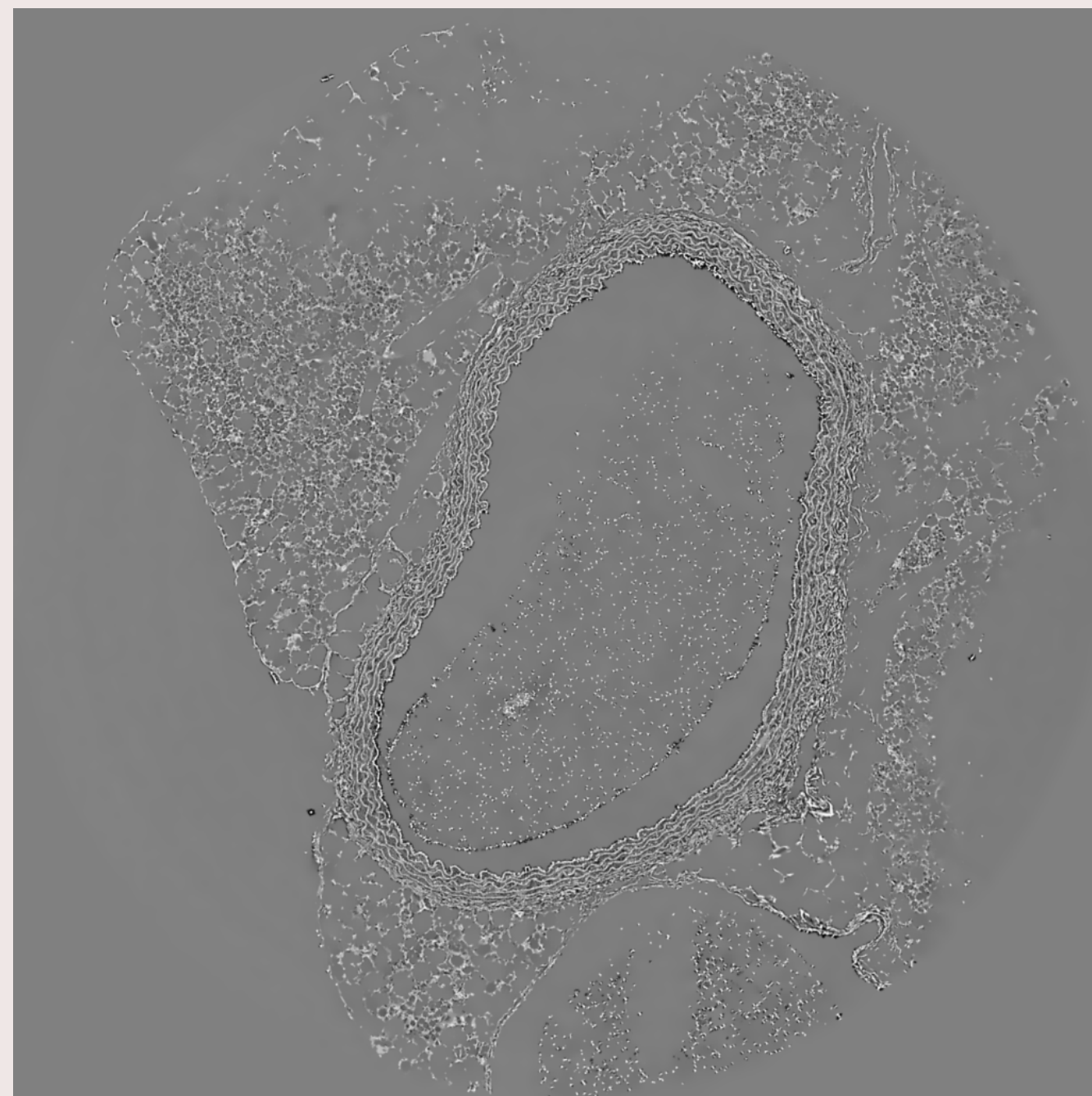
Segmenter la **paroi interne**



Segmentation globale

Matrice de co-occurrence

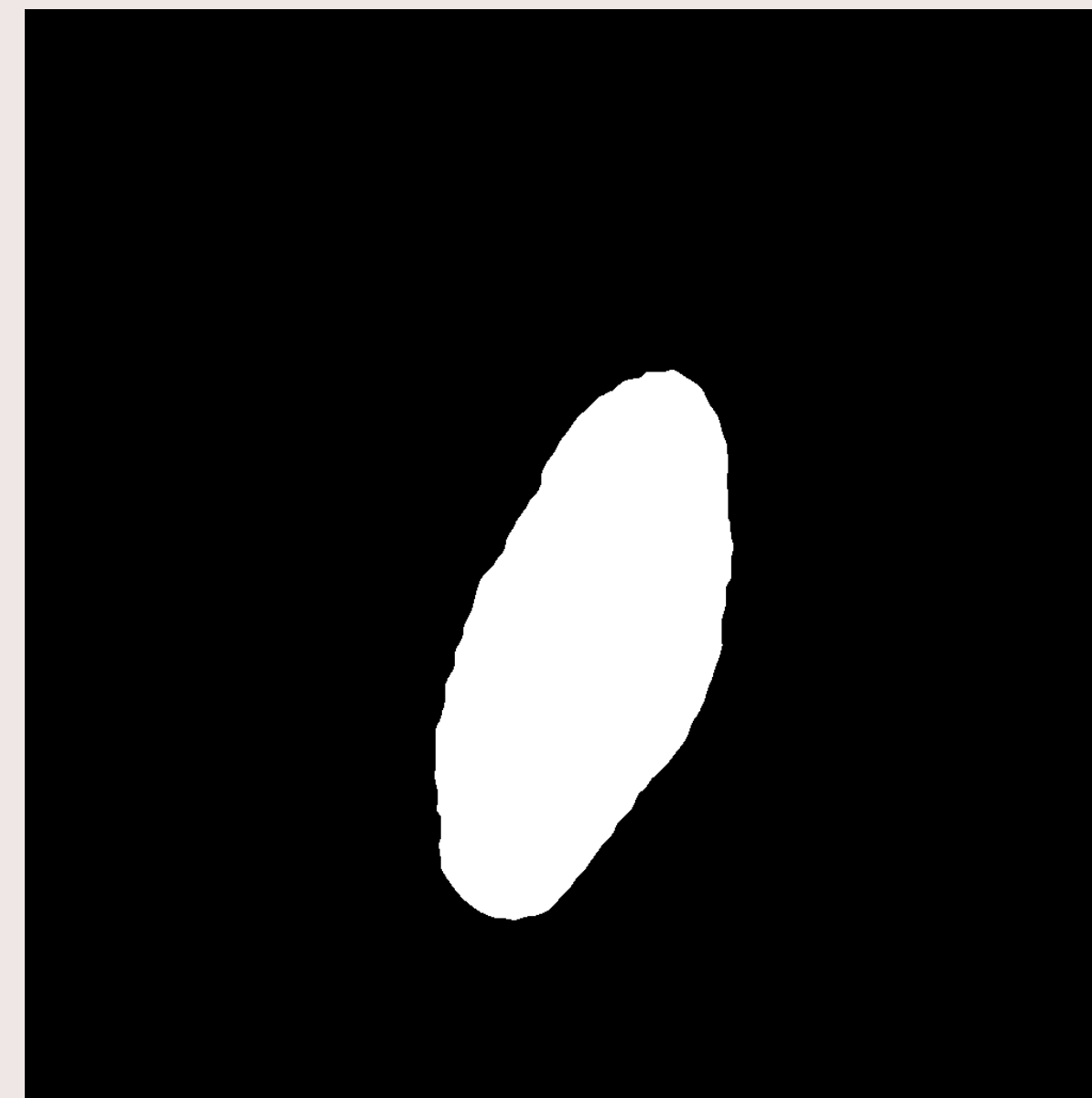
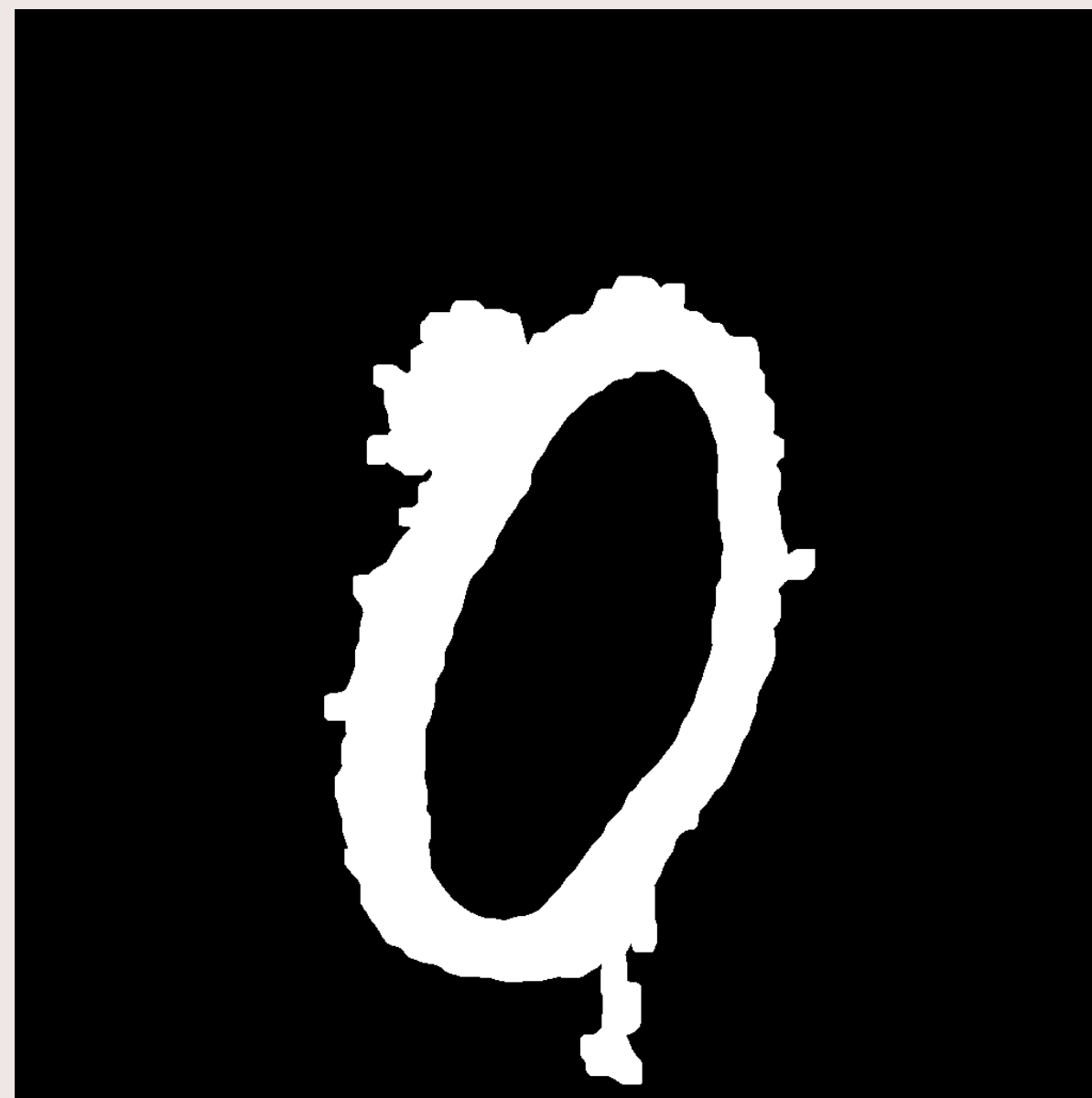
- Matrice de co-occurrence + Max



Segmentation globale

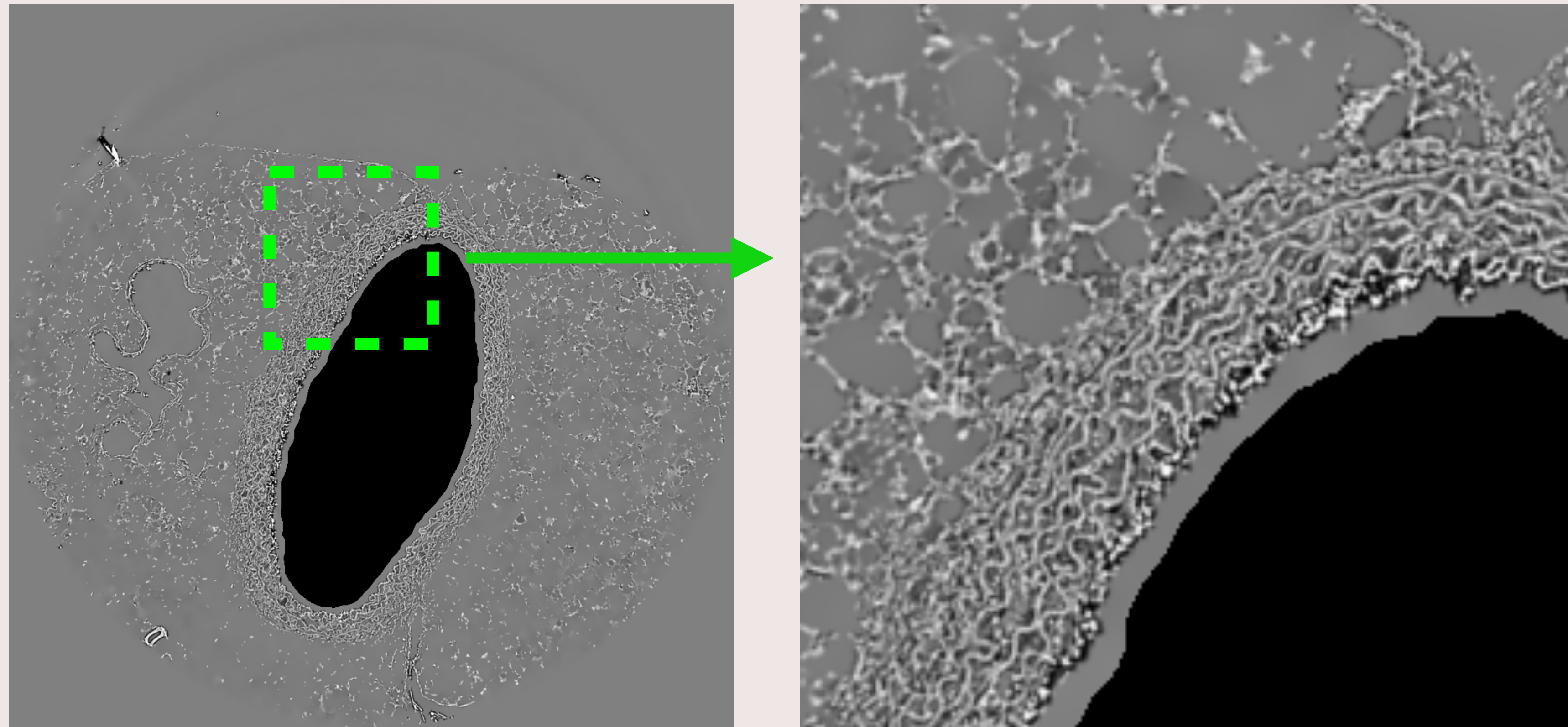
Extraction de la lumière

- Traitements suivants : filtre de moyenne, seuillage, dilatation (opération morphologique)
- Résultat : une lumière initiale



Segmentation globale

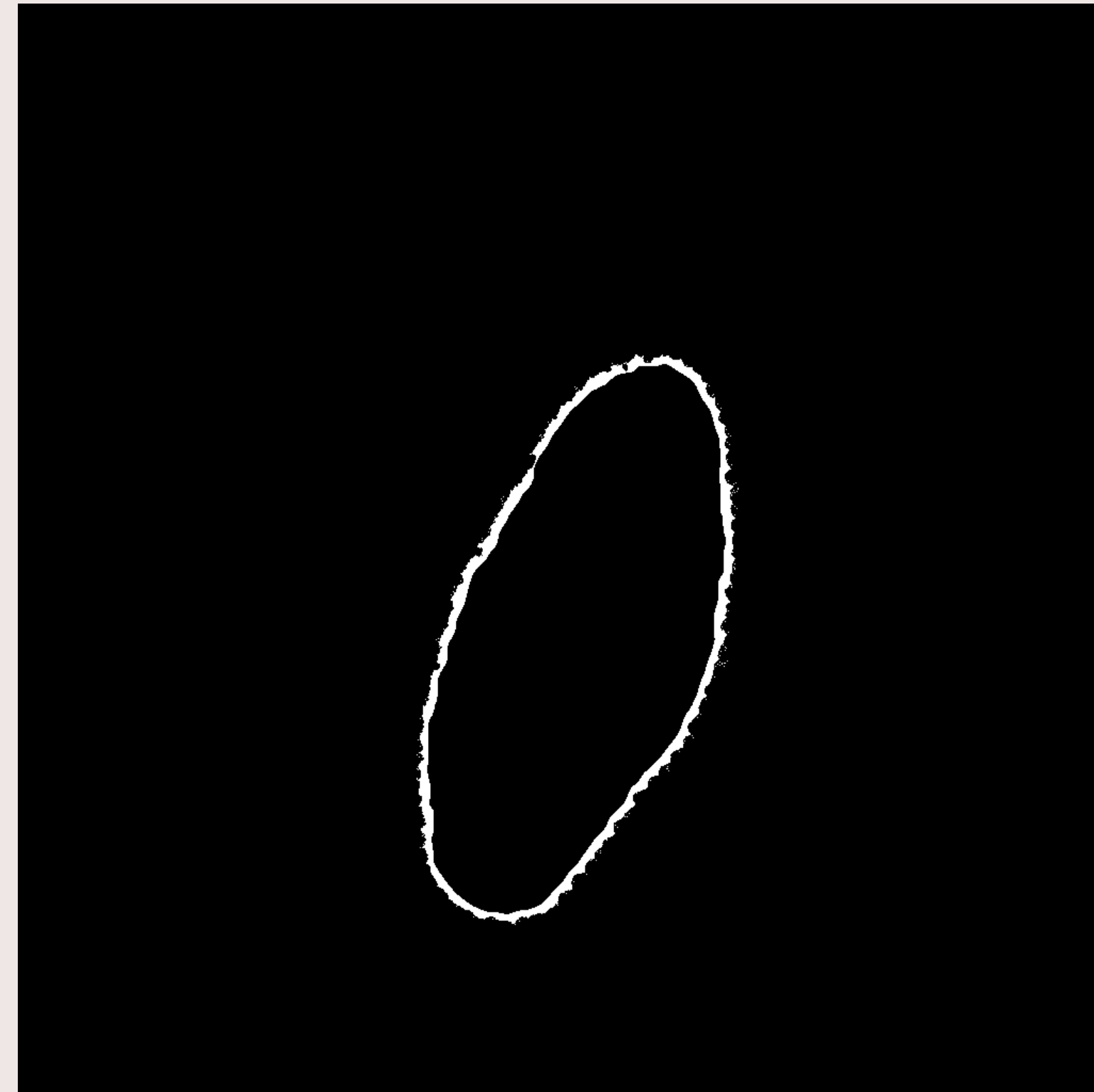
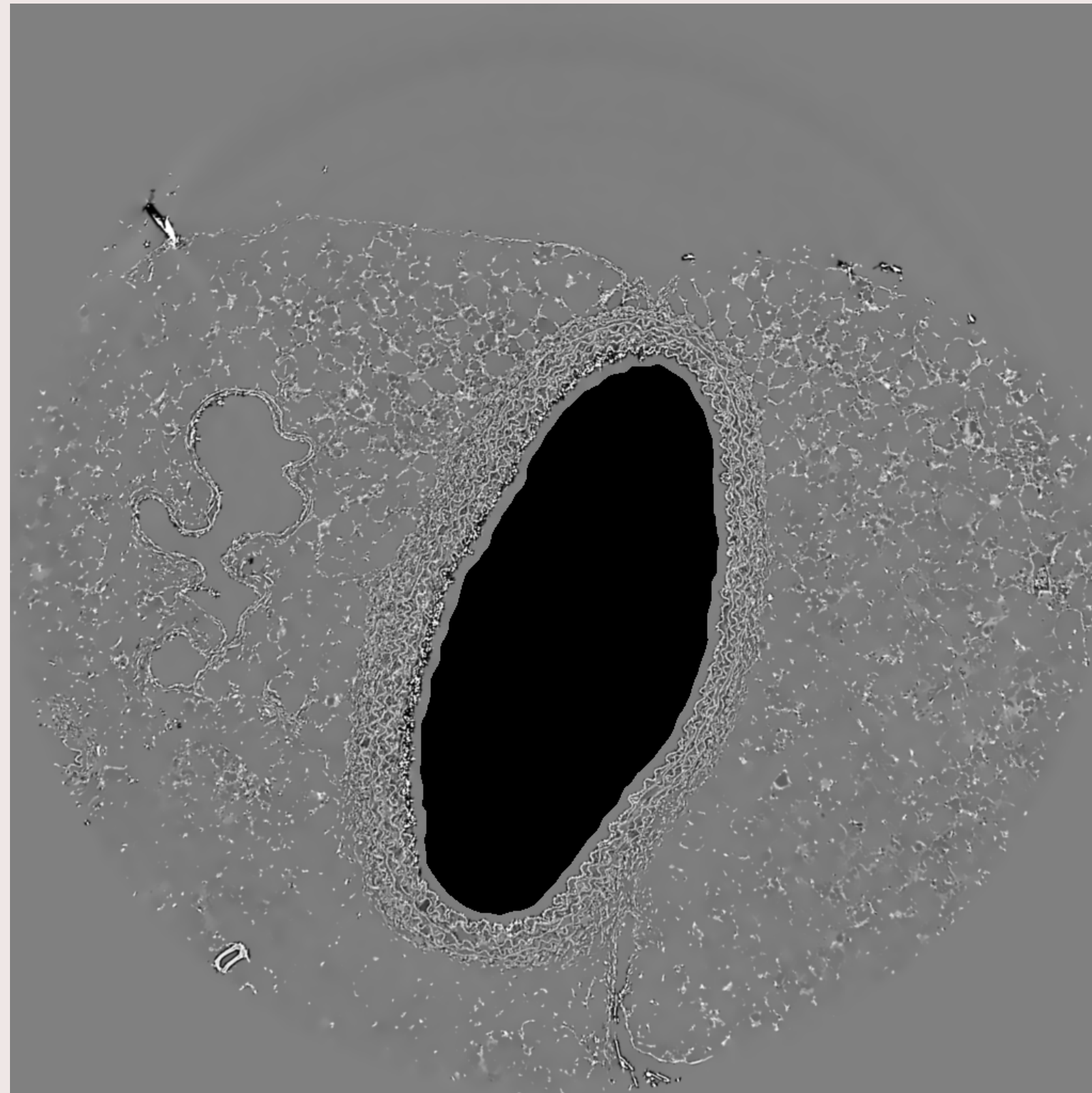
Extraction de la lumière



Segmentation globale

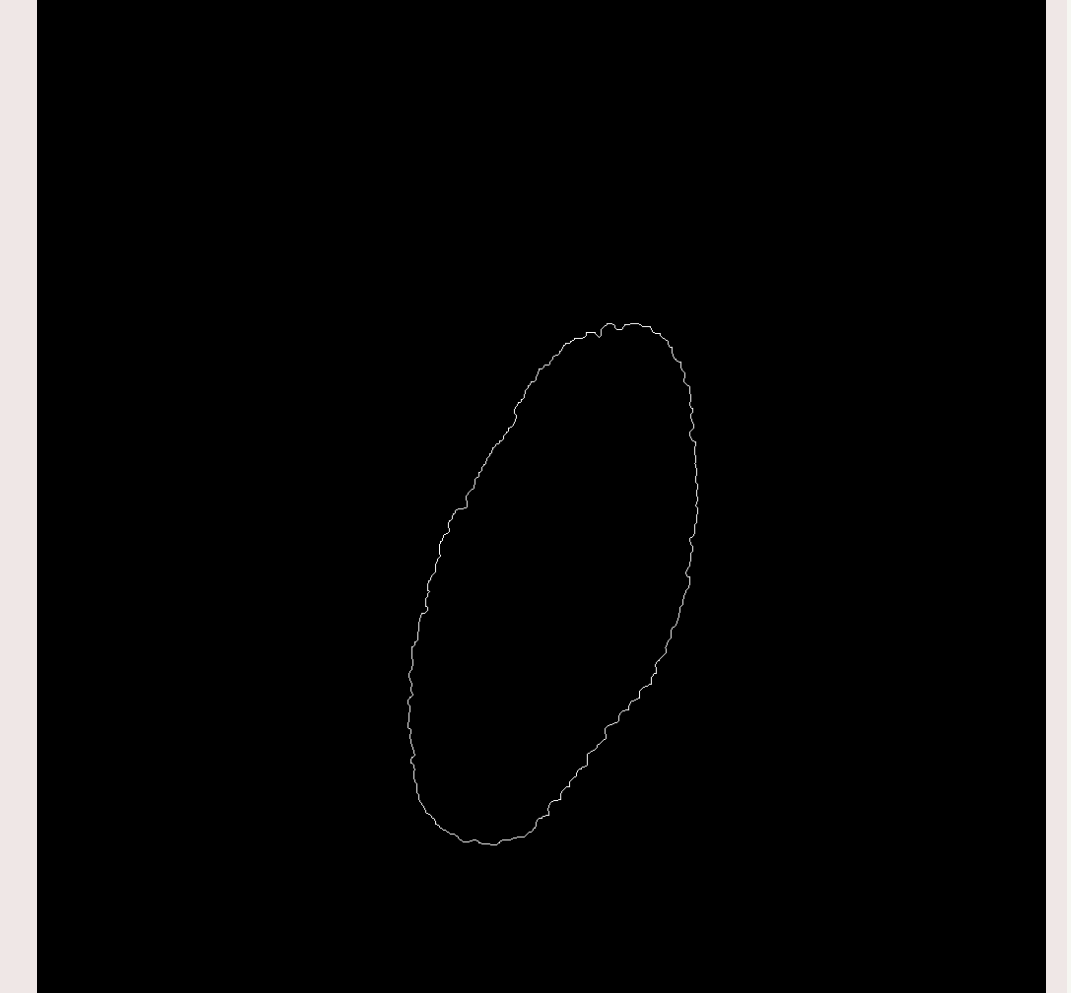
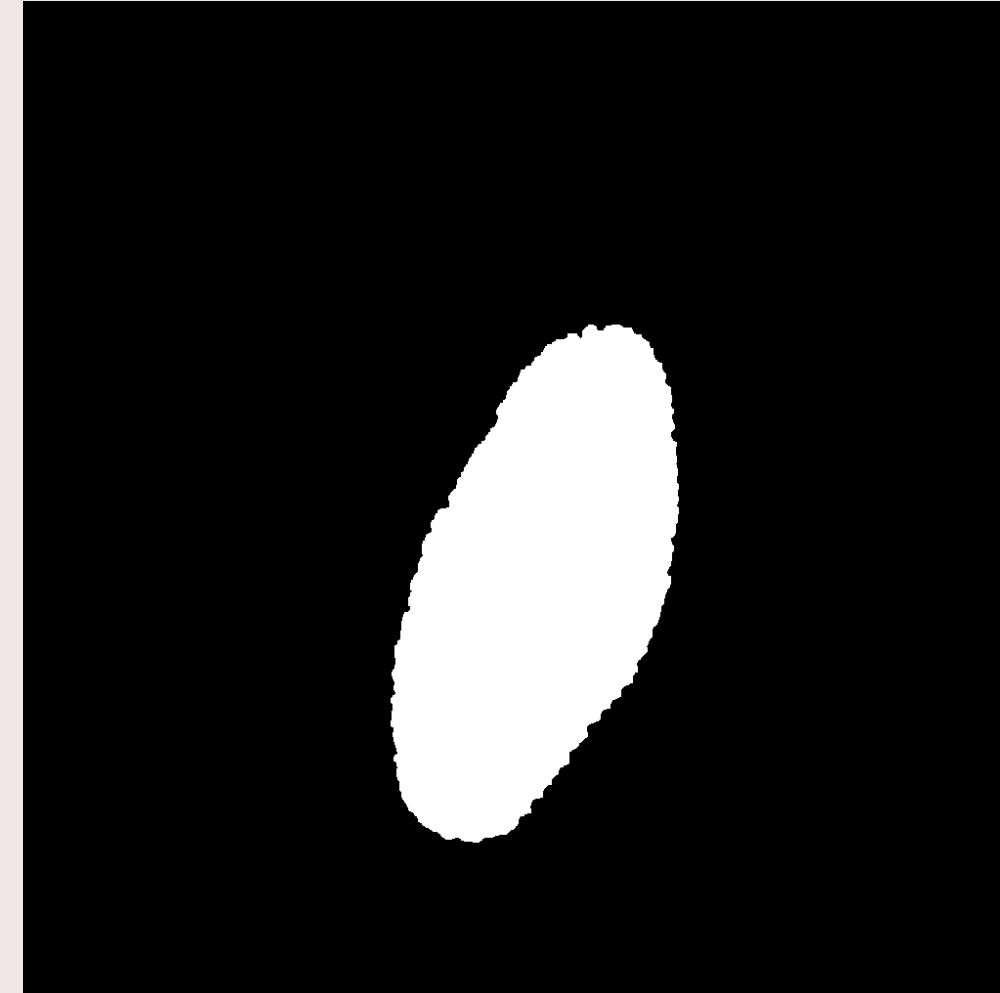
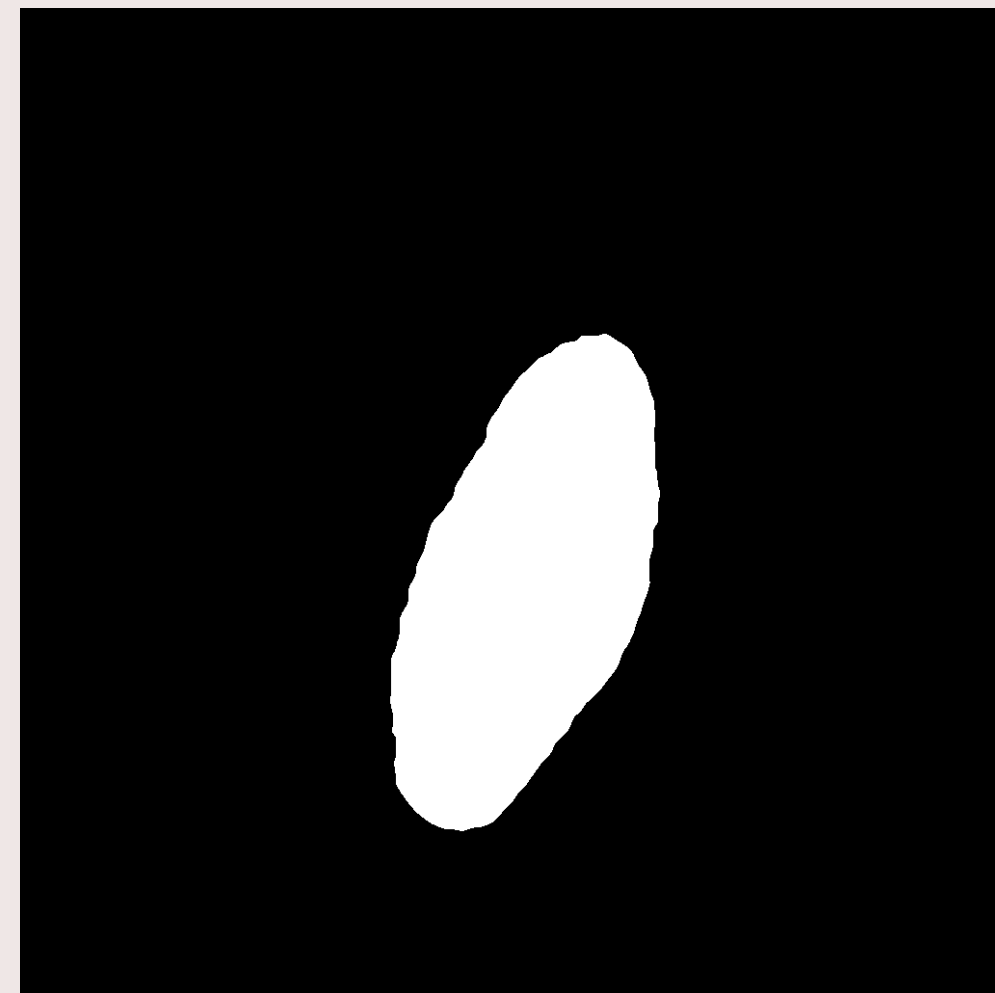
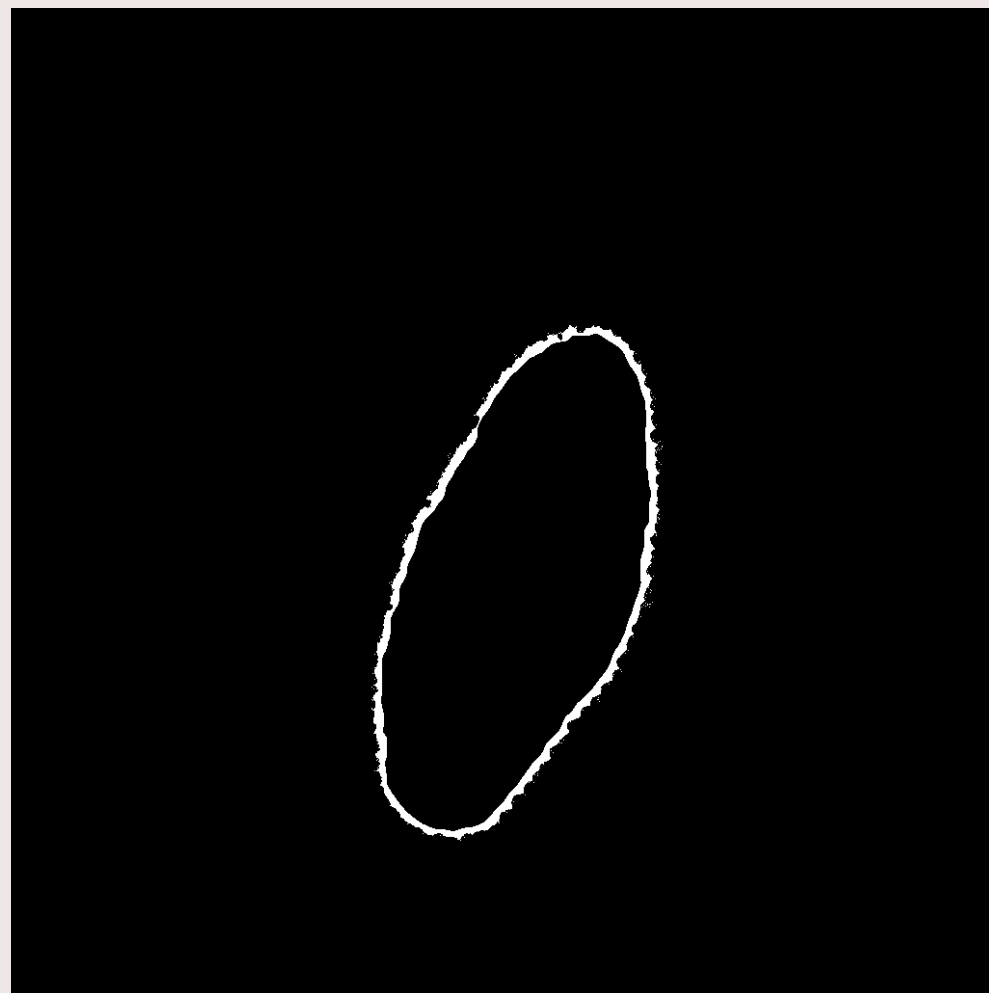
Extraction de la lumière

Région growing



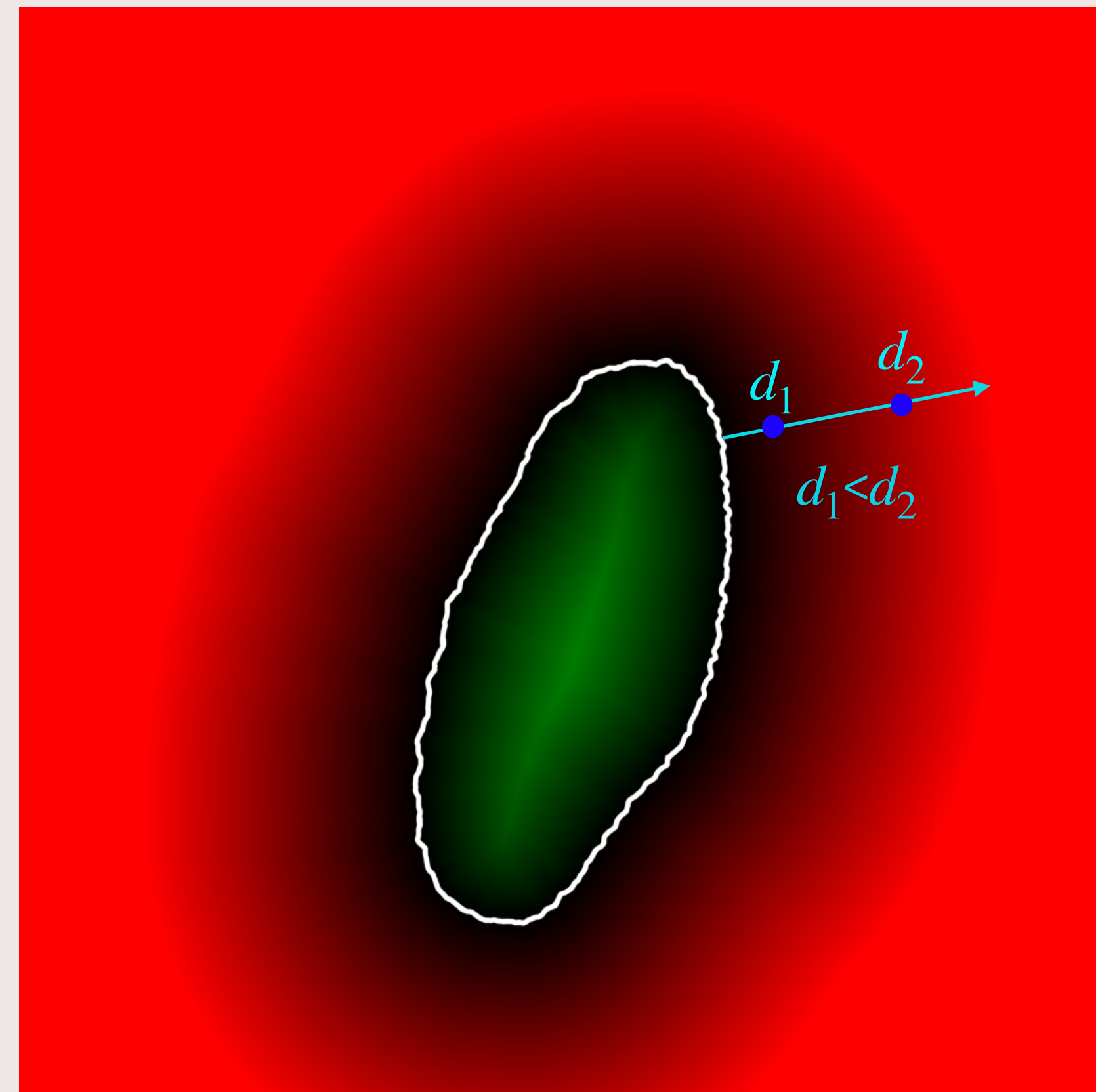
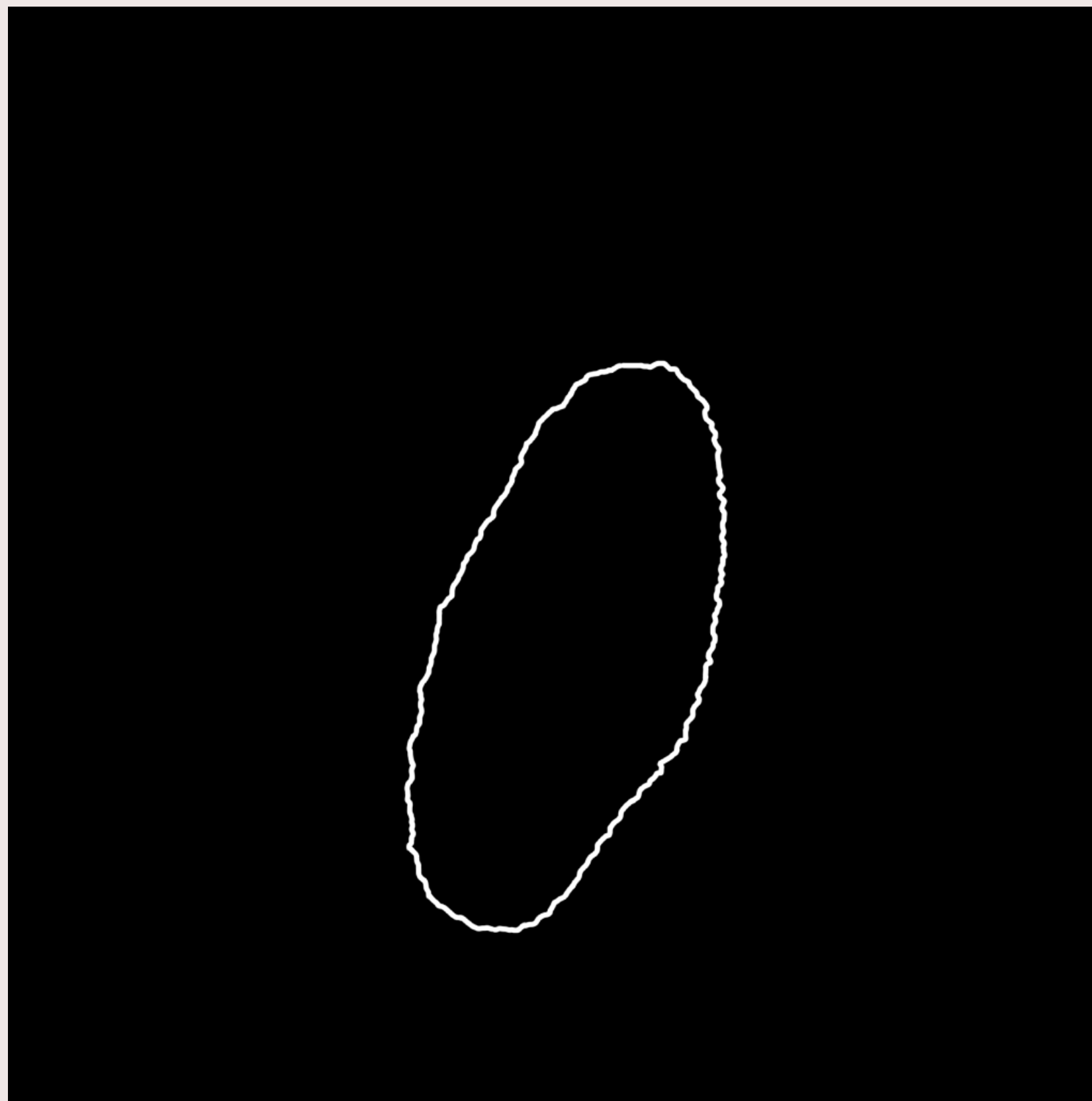
Segmentation globale

Extraction de la lumière



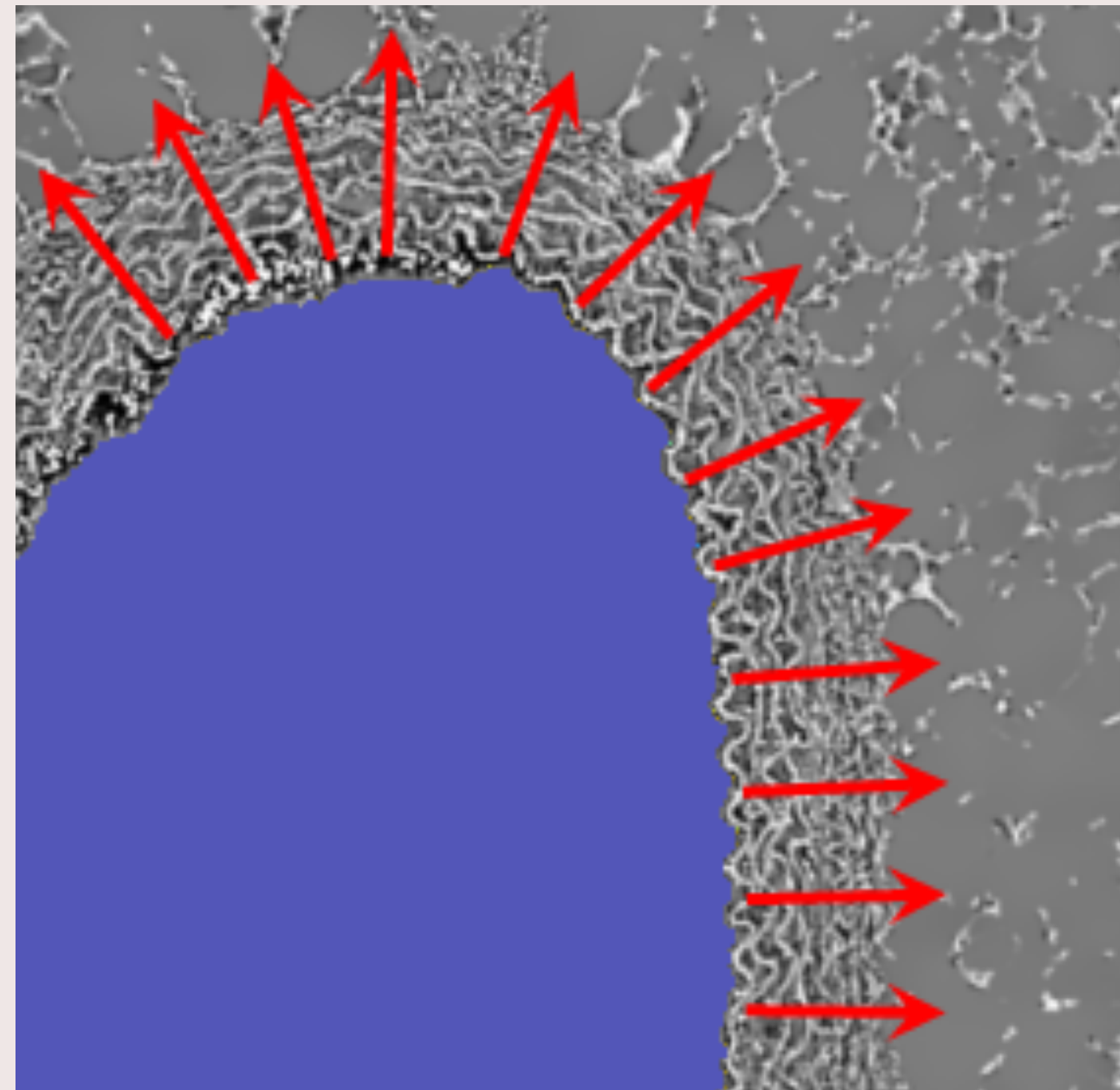
Segmentation fine

Carte de distance



Segmentation fine

Champ des normales



Segmentation fine

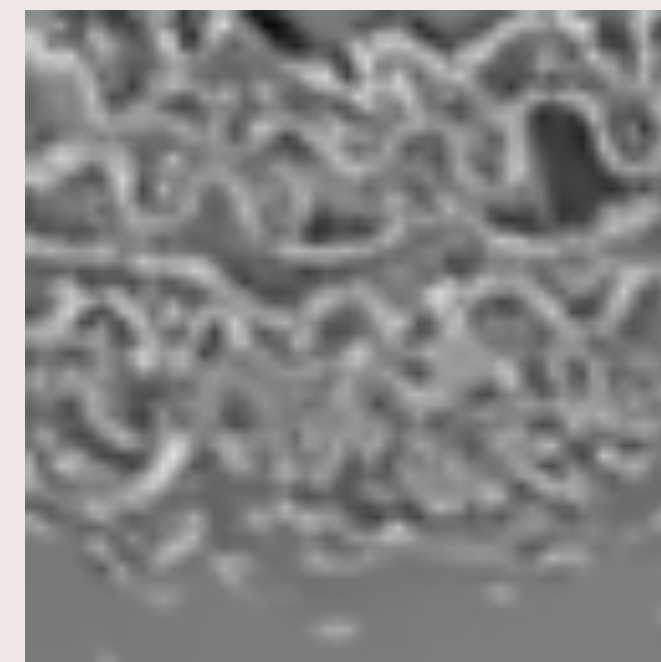
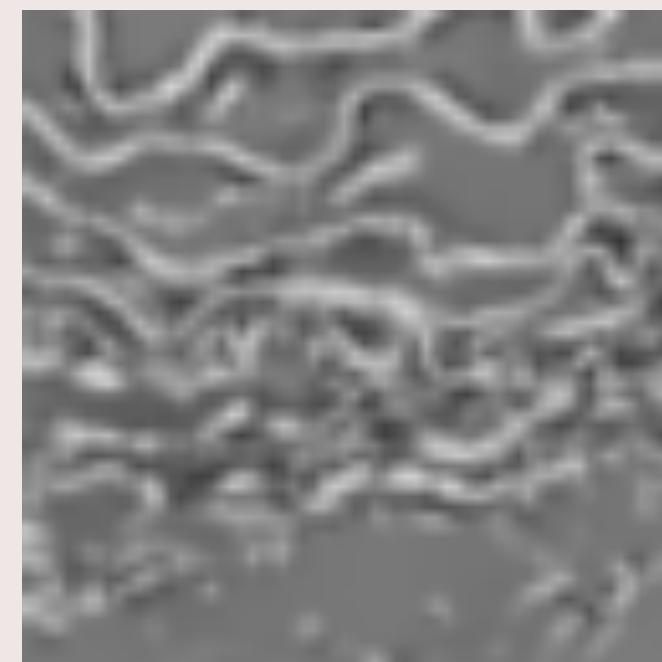
Patches découpés

Patches

découpés

et

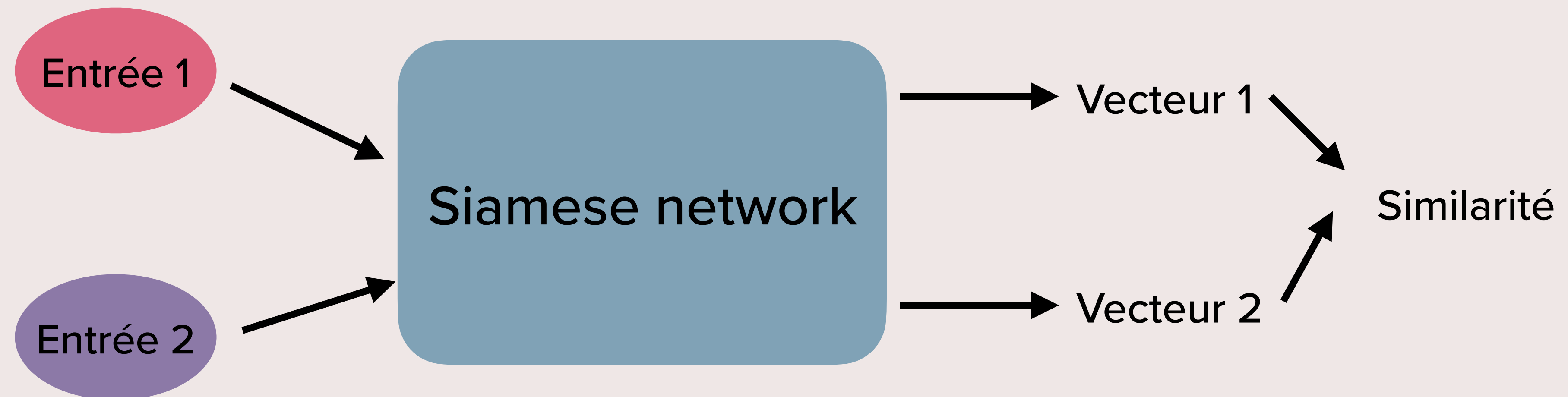
orientés selon **le champ des normales**



Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice

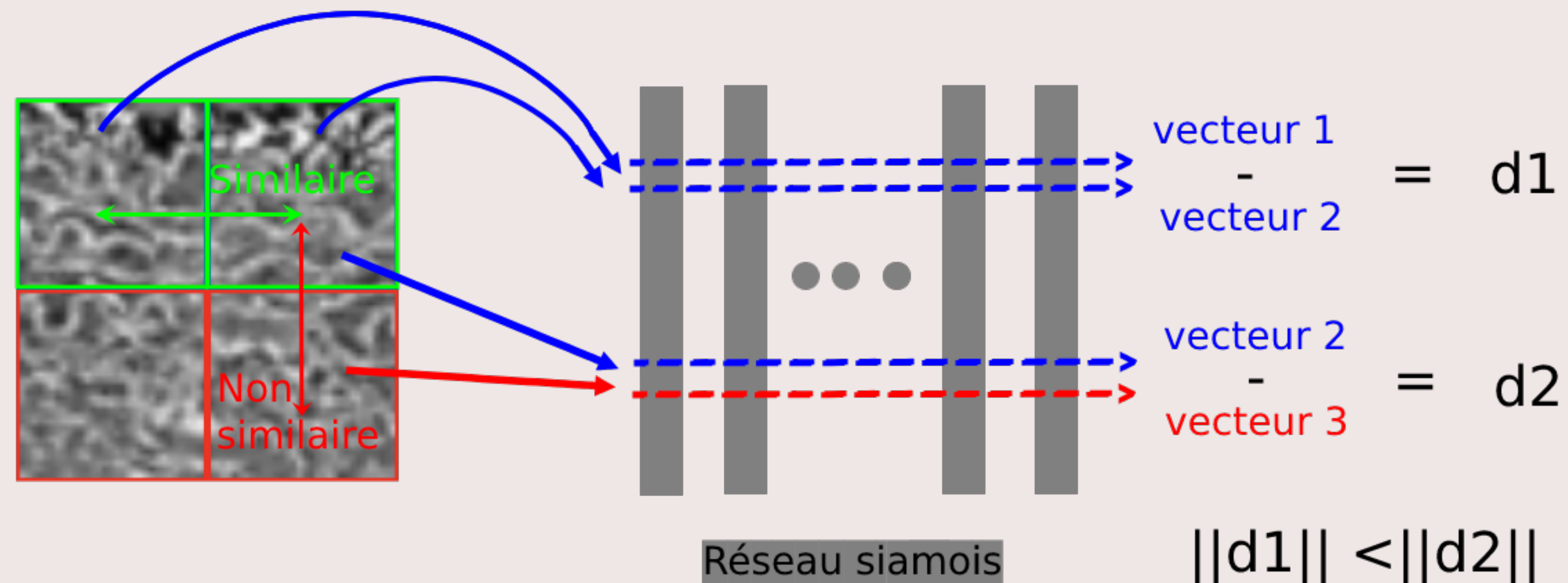
- Siamese network : 2 entrées, 2 vecteurs sortis, 1 similarité



Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice

- Appliquer le réseau siamois aux patches orientés

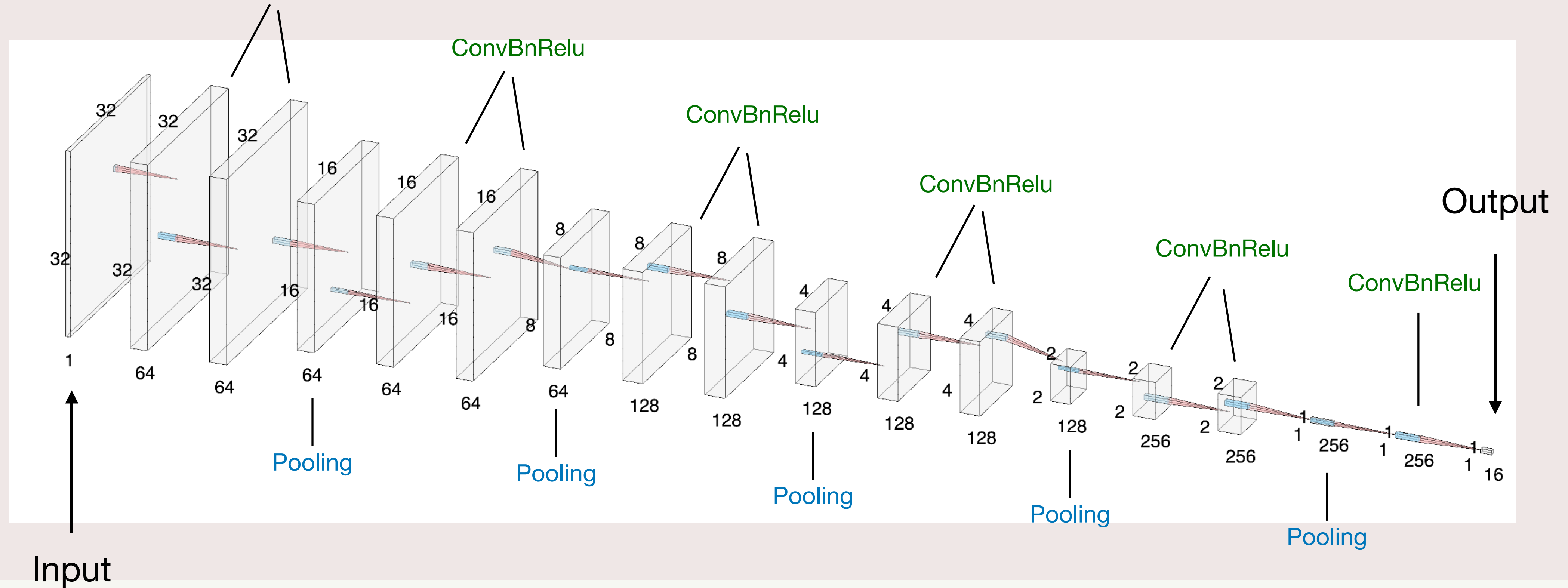


Entraînement : 47118 patches (80% pour l'entraînement, 20% pour la validation)

Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice

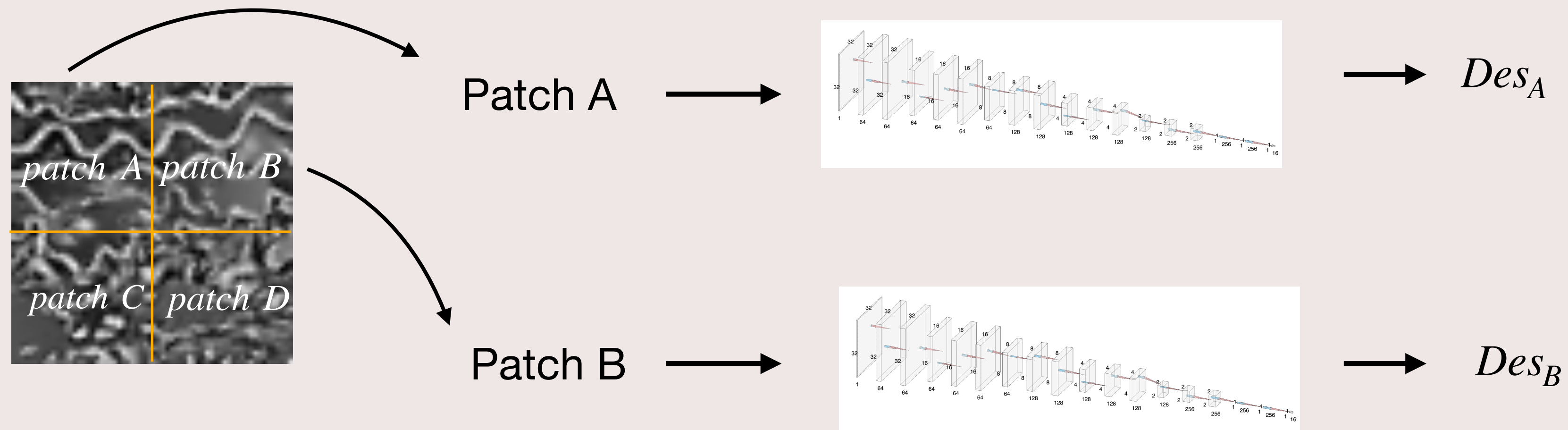
- Structure



Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice

- Loss function



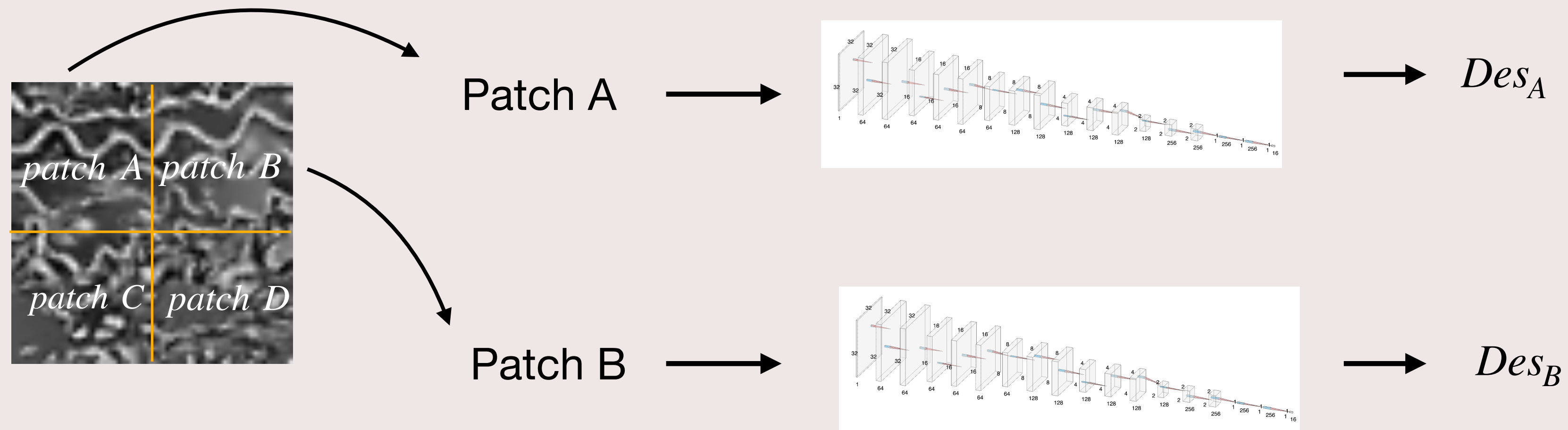
- $\mathcal{L}(d_{ij}, d_{kl}) = \alpha \cdot \delta_{ik} \cdot \Delta^T \cdot \Delta + \beta \cdot (1 - \delta_{ik}) \cdot [\max\{0, m_p - (\Delta^T \cdot \Delta)^{1/2}\}]^2$

Où $\Delta = d_{ij} - d_{kl}$, δ : Kronecker symbol, $\alpha = 2$, $\beta = 1$, $m_p = 2$

Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice

- Loss function



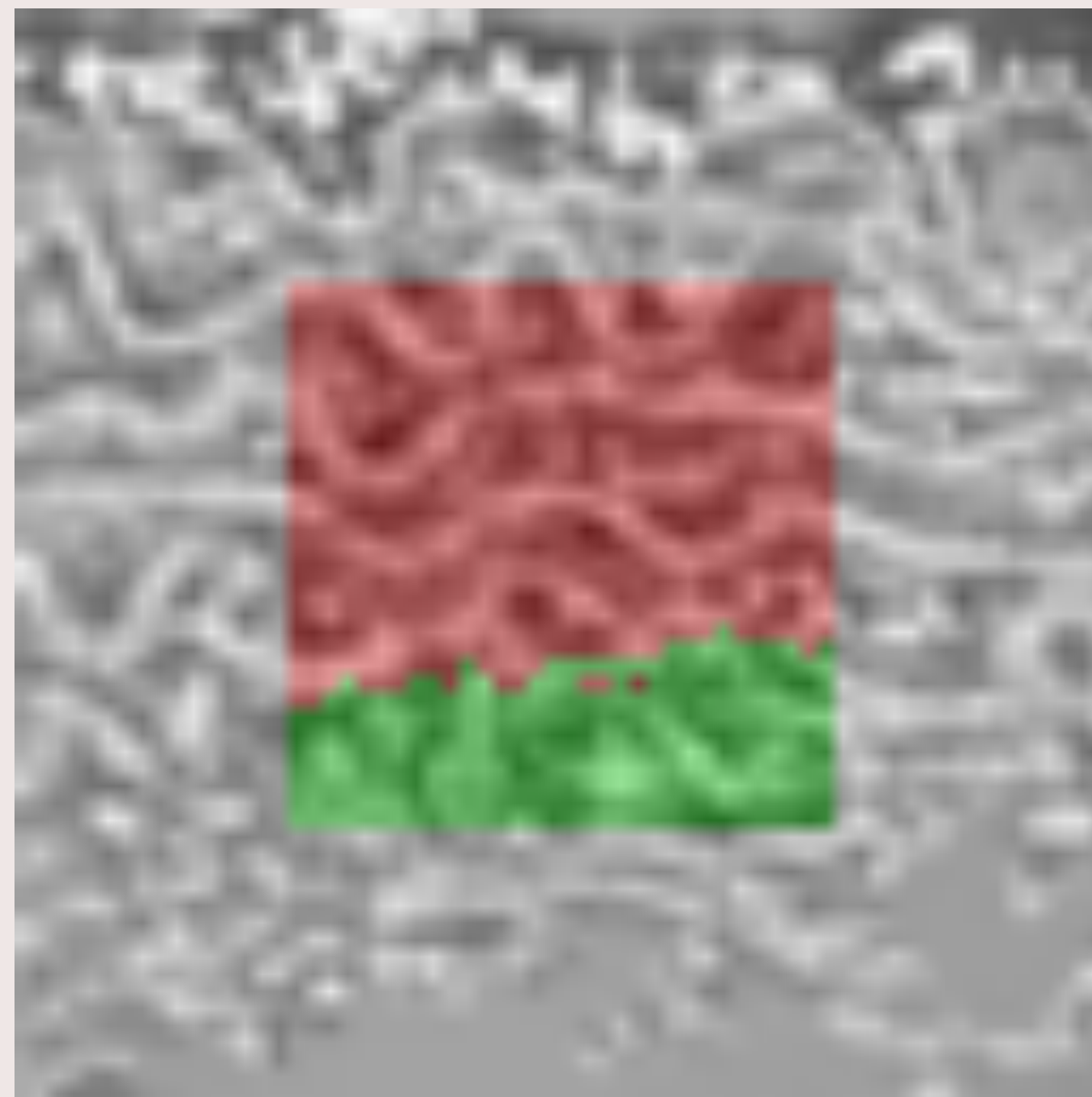
- $\mathcal{L}(d_{ij}, d_{kl}) = \alpha \cdot \delta_{ik} \cdot \Delta^T \cdot \Delta + \beta \cdot (1 - \delta_{ik}) \cdot [\max\{0, m_p - (\Delta^T \cdot \Delta)^{1/2}\}]^2$

Où $\Delta = d_{ij} - d_{kl}$, δ : Kronecker symbol, $\alpha = 2$, $\beta = 1$, $m_p = 2$

- $Loss(Des_A, Des_B) = \alpha \cdot y \cdot D(Des_A, Des_B)^2 + \beta \cdot (1 - y) \cdot \max(0, m - D(Des_A, Des_B))^2$

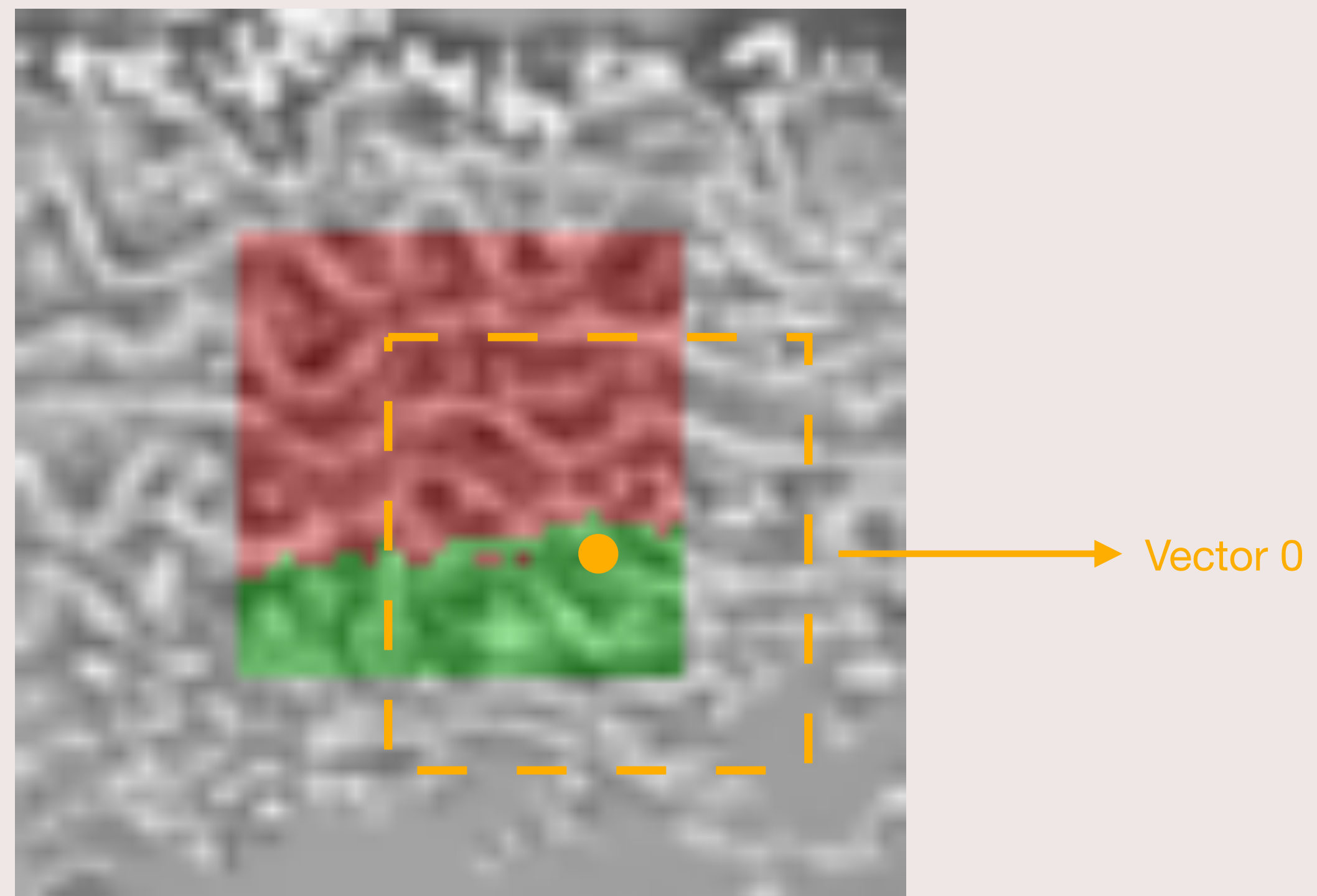
Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice



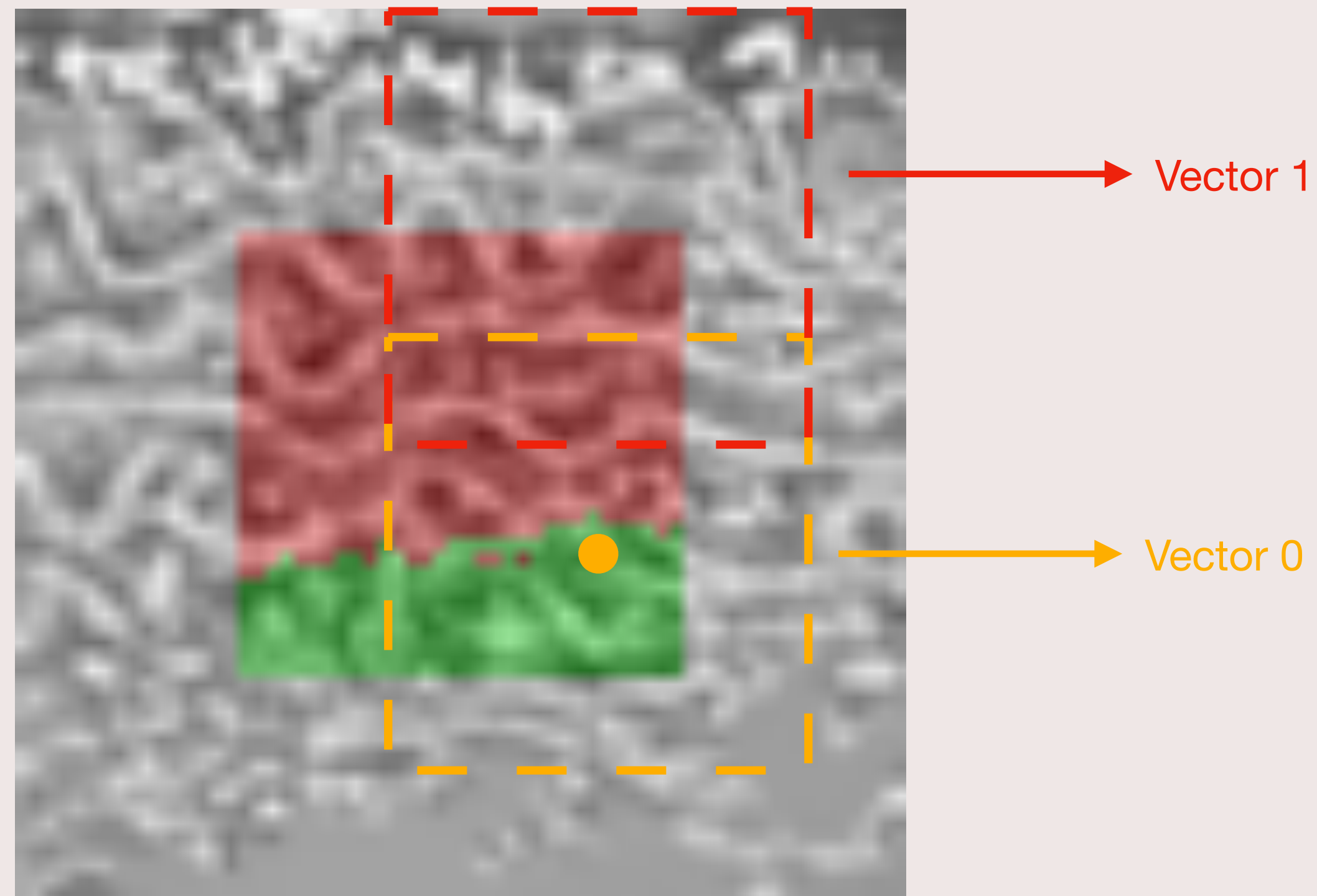
Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice



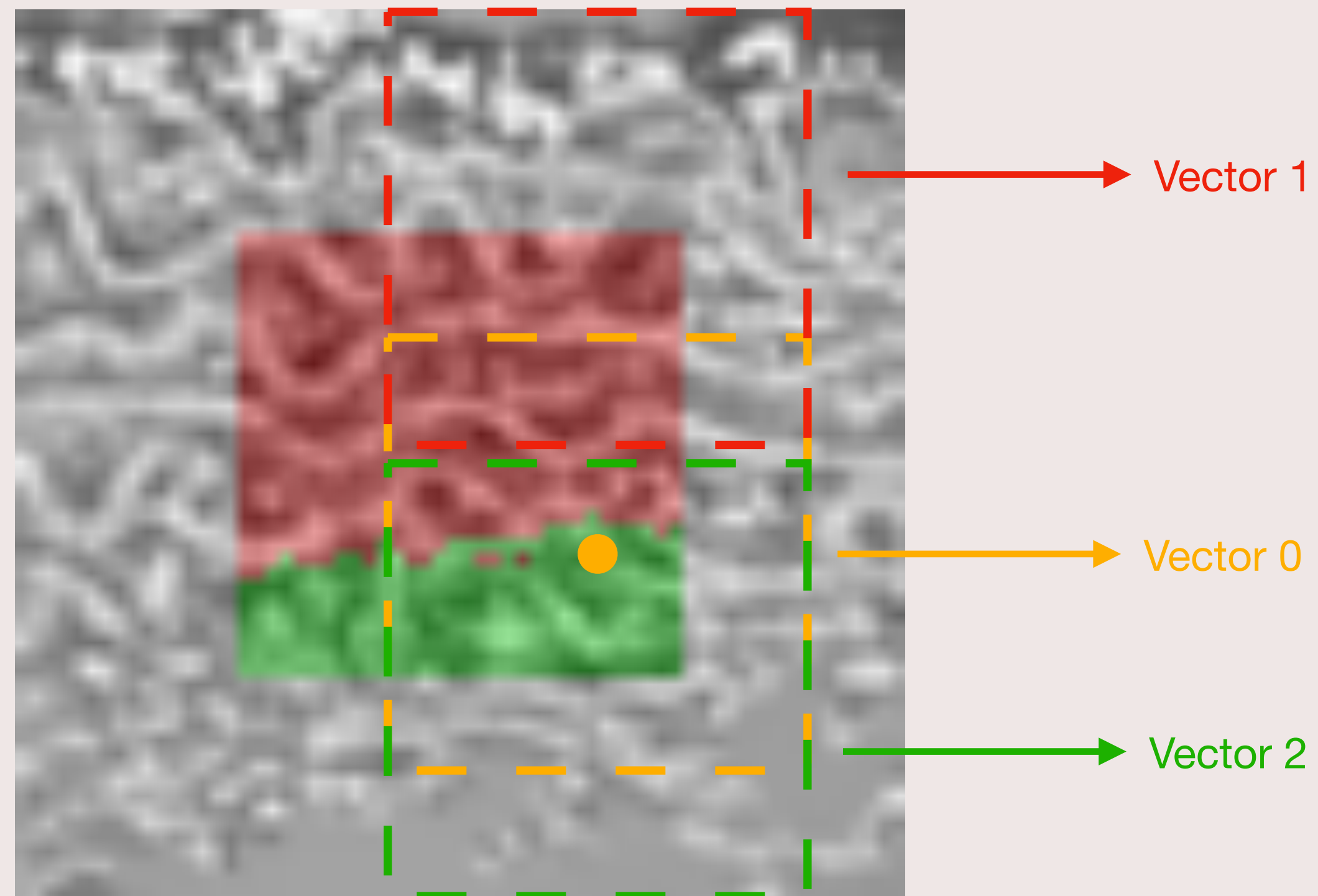
Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice



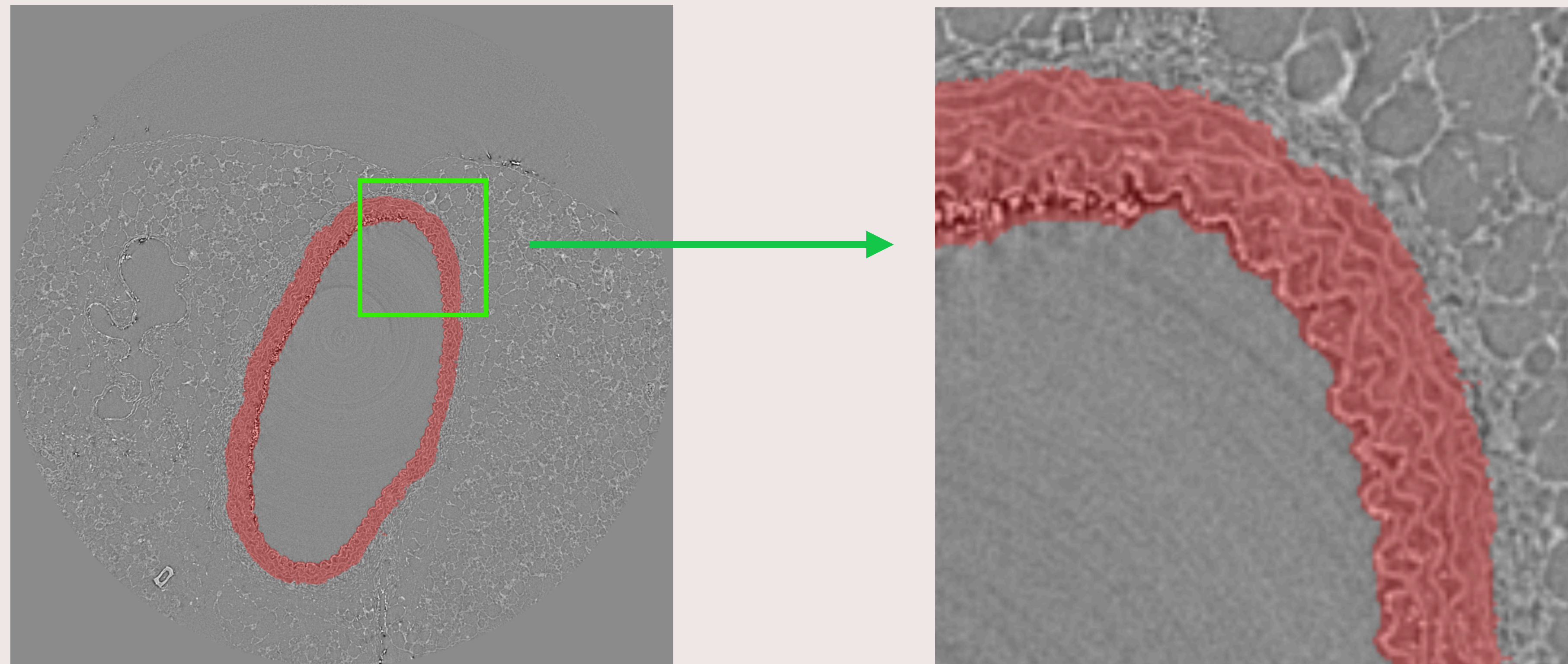
Segmentation fine

Distinguer les lames élastiques et l'adventice



Segmentation fine

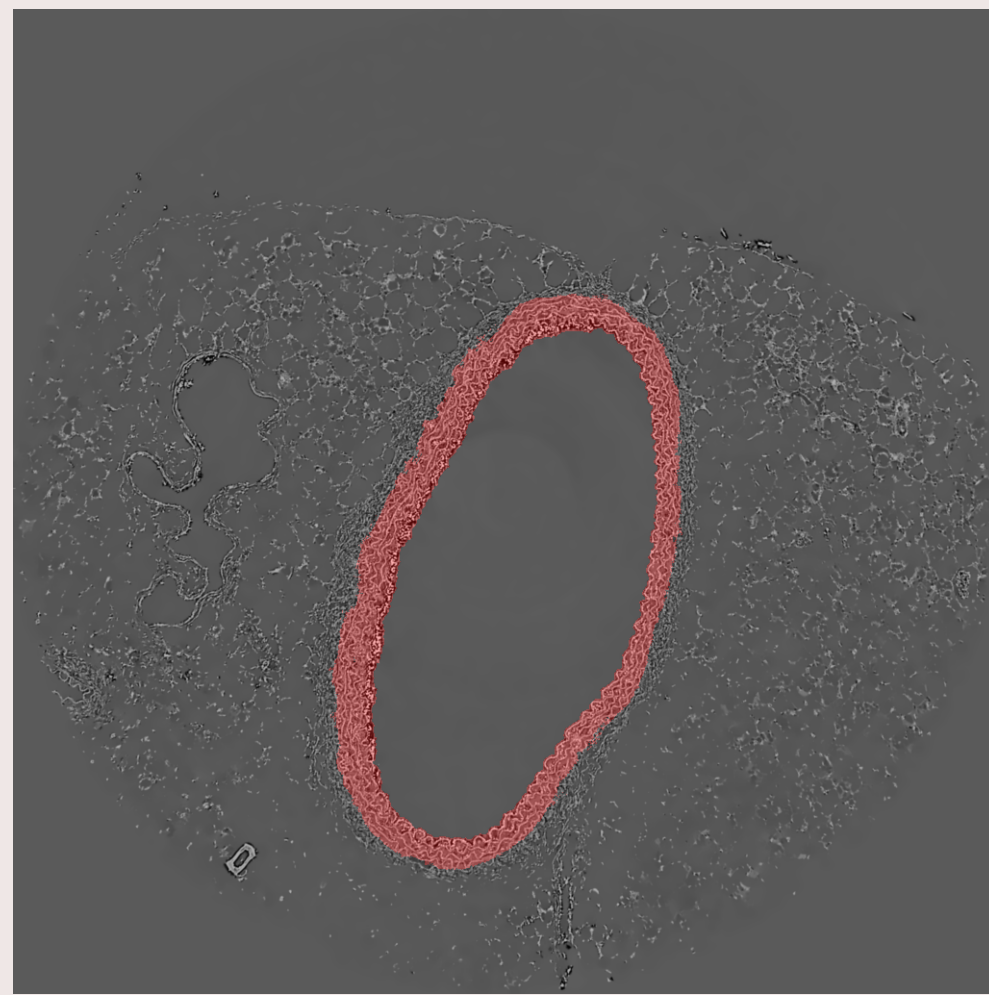
Résultat final : masque interne + segmentation fine



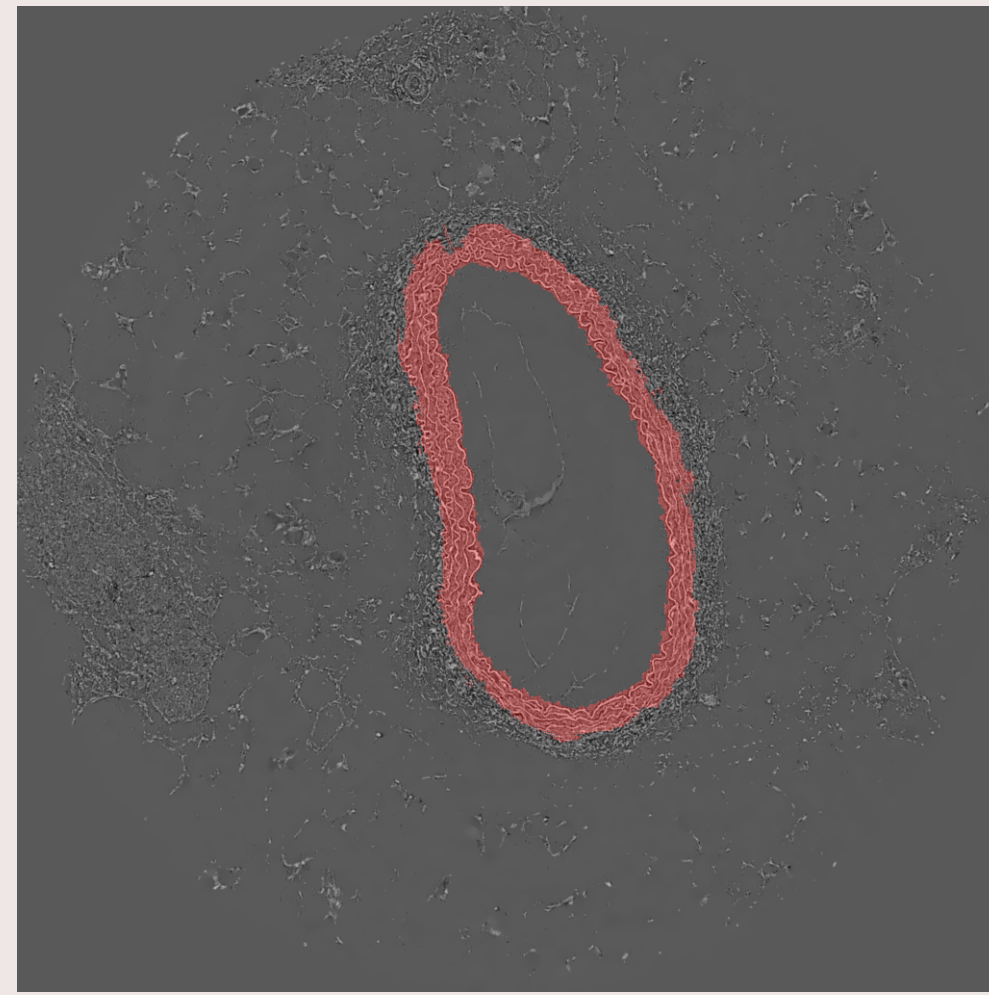
Précision > 90%

Segmentation fine

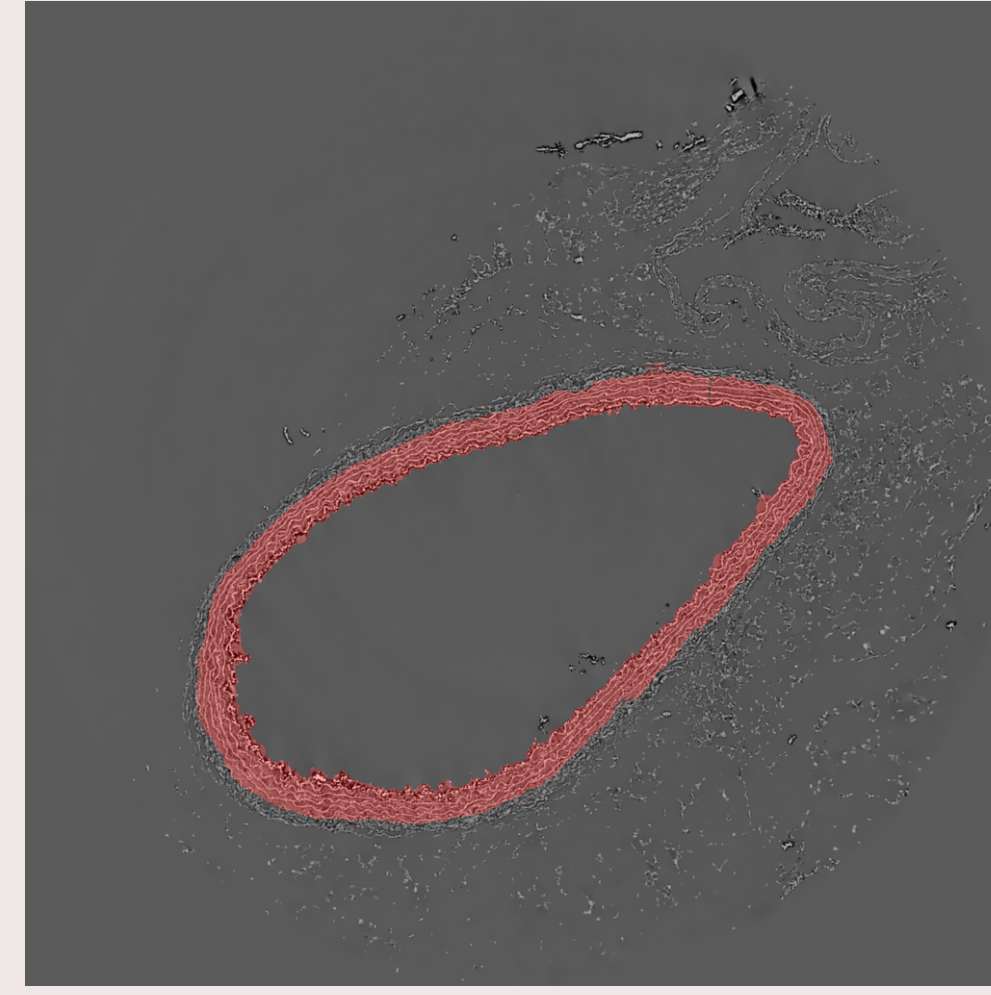
Résultat final : masque interne + segmentation fine



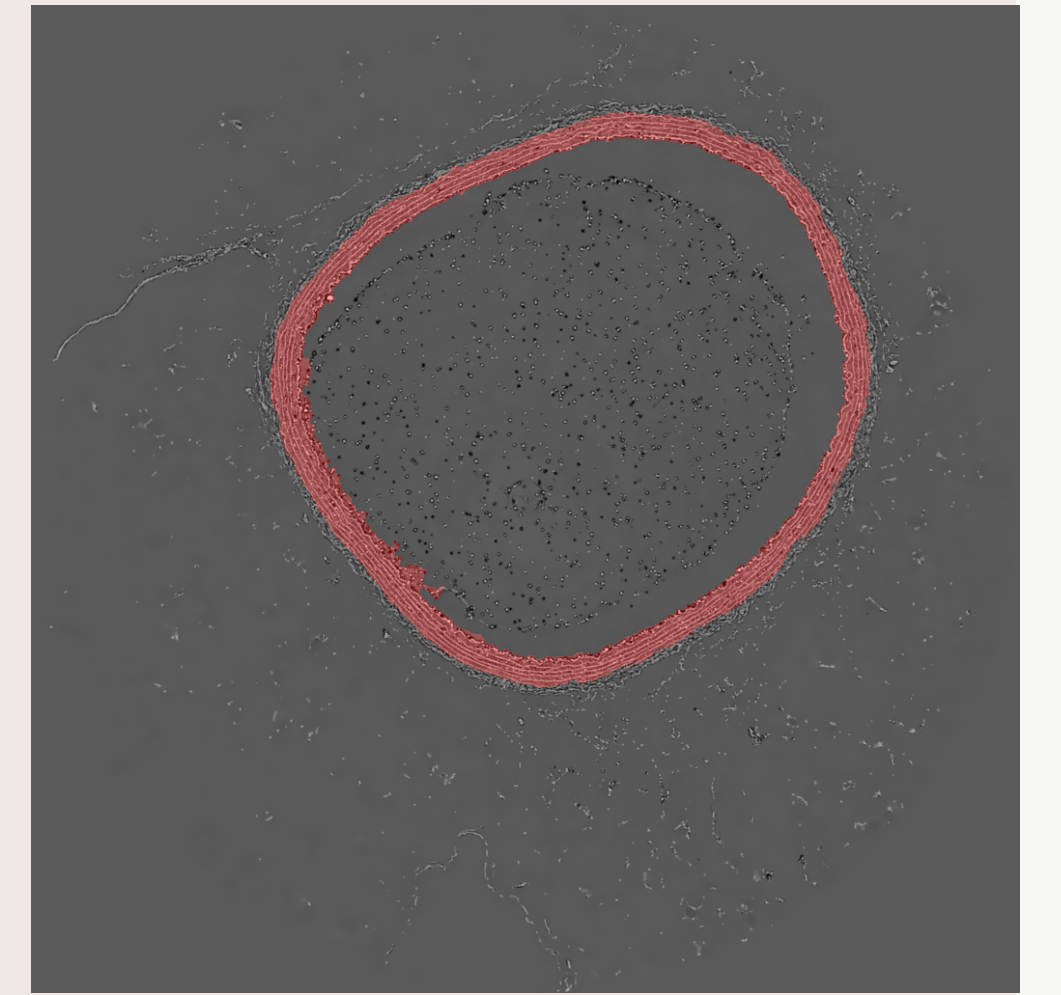
0.926



0.921



0.933



0.917

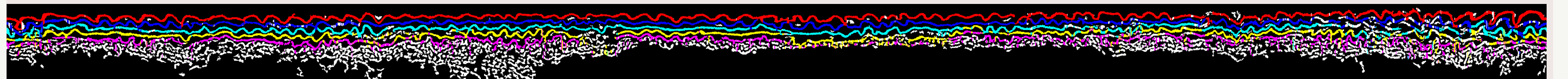
Dice score:

Travaux suivants

Mise en ordre des lames élastiques (en 3D)



Paroi d'artère déroulée (coupes 2D continues)



Mise en d'ordre des lames élastiques

Merci !