

# Nouveaux opérateurs morphologiques pour la détection d'objets tubulaires

Odyssée Merveille <sup>1</sup>    Hugues Talbot <sup>1</sup>    Nicolas Passat <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique Gaspard Monge, ESIEE

<sup>2</sup>CReSTIC, Université de Reims

6 Février 2014

**ESIEE**  
PARIS



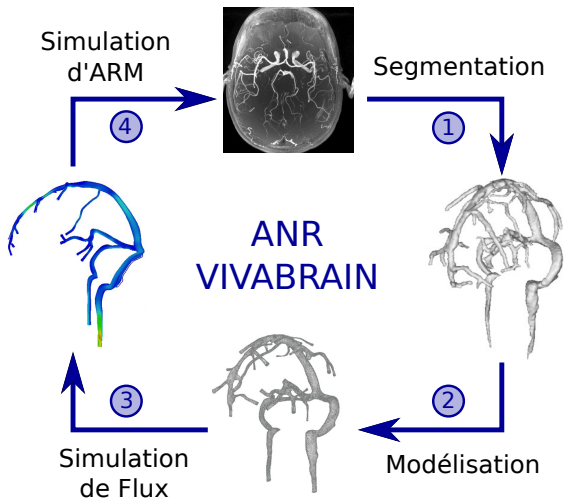
AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**

# Sommaire

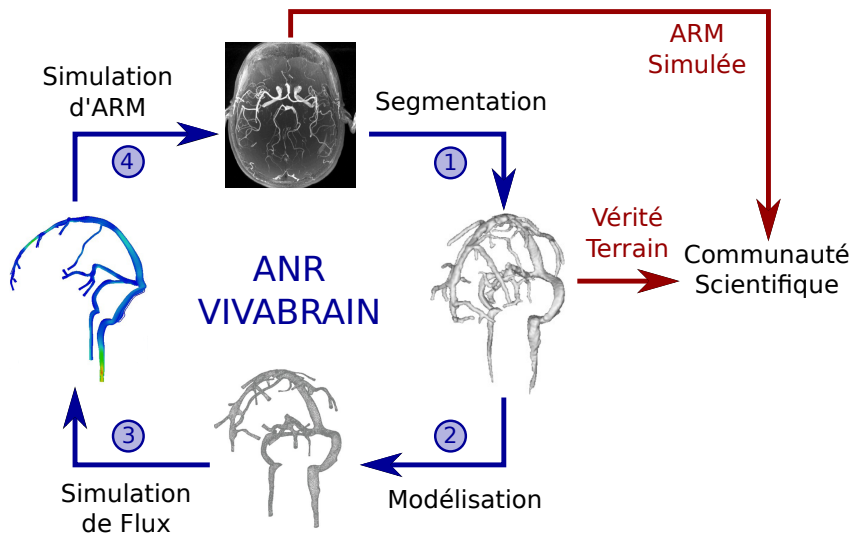
- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant
- 3 Filtrage proposé
- 4 Validation et Résultats
- 5 Conclusion et Perspectives

- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant
- 3 Filtrage proposé
- 4 Validation et Résultats
- 5 Conclusion et Perspectives

# Projet VIVABRAIN



# Projet VIVABRAIN

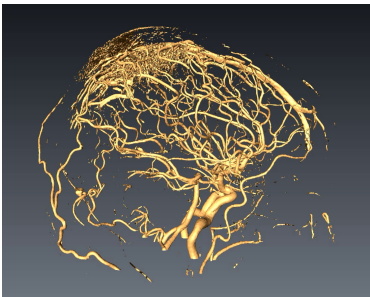


# Objectif

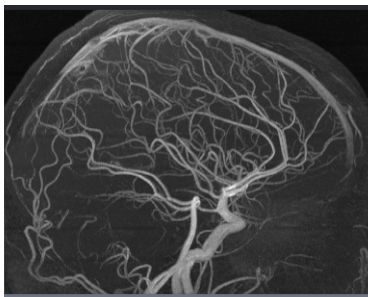
Développement d'une nouvelle méthode de filtrage d'objets fins.

2 axes complémentaires :

- Suppression des objets non tubulaires
- Diminution du bruit



Isosurface d'une ARM 3D



Projection d'une ARM 3D

# État de l'art

Nombreuses méthodes de filtrage d'objets fins :

- Banques de filtres
- Vesselness
- Filtres connexes
- Ondelettes
- Chemins minimaux ...

Peu de ces méthodes fonctionnent en 3D et chacune présente des limites :

- Banque de filtre : Temps de calcul très long
- Vesselness : Beaucoup de paramètres

Direction choisie pour la suite du travail : les **opérateurs par chemins**.

- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant**
- 3 Filtrage proposé
- 4 Validation et Résultats
- 5 Conclusion et Perspectives

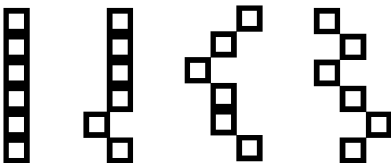


# Ouverture par chemins

Proposé par *Buckley et Talbot* en 2000.

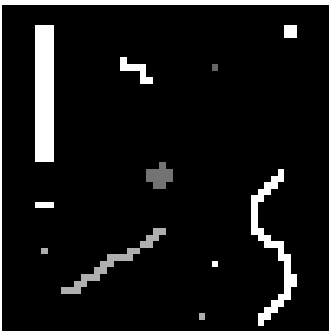
## Définition

Ouverture morphologique utilisant comme élément structurant (SE) un ensemble de pixels orienté, fin et non forcément rectiligne, de longueur donnée "L", appelées chemins.

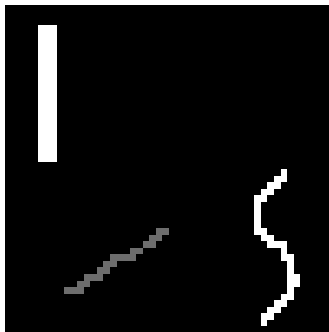


*Exemple de chemins de longueur  $L=6$*

# Ouverture par chemins



*Image initiale*



*Ouverture par chemins  $L=10$*

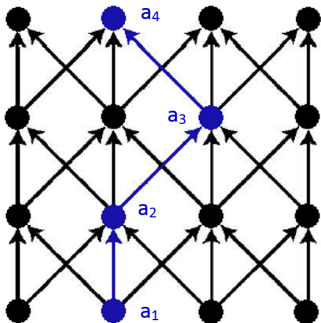
## Intérêt

- Diminue l'intensité des petites structures compactes (bruit).
- Réhausse le contraste des structures complexes fines et allongées.
- Ne nécessite pas de connaître l'orientation des SE.

# Graphe d'adjacence

Un chemin,  $a$ , est un ensemble de pixels voisins sur un graphe définissant la relation d'adjacence  $x \rightarrow y$  :

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_L) \quad \text{si } a_k \rightarrow a_{k+1}$$



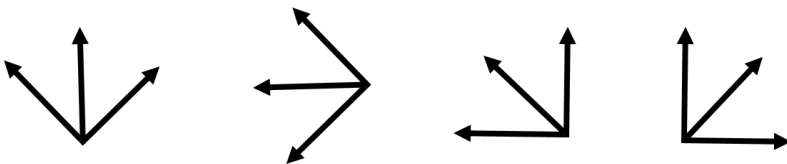
*Graphe d'adjacence (noir)  
et chemin vertical  $a$  de longueur 4  
(bleu).*

# Les différentes orientations

## Filtrage d'une image par ouvertures par chemins

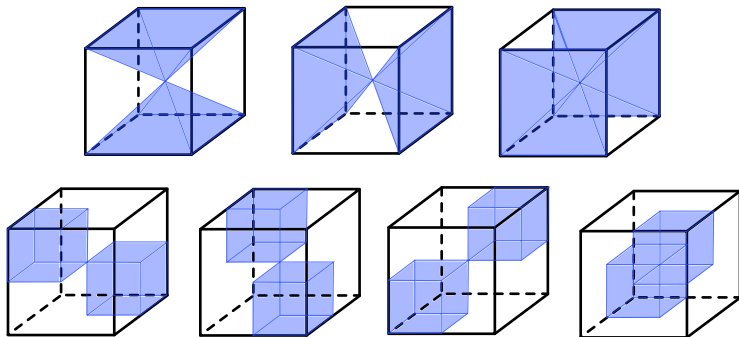
La conservation des structures fines présentant n'importe quelle orientation nécessite de filtrer l'image par plusieurs ouvertures par chemins utilisant chacune un graphes d'adjacence particulier.

Discrétisation de l'espace 2D en 4 orientations :



# Les différentes orientations

Discrétisation de l'espace 3D en 7 orientations :



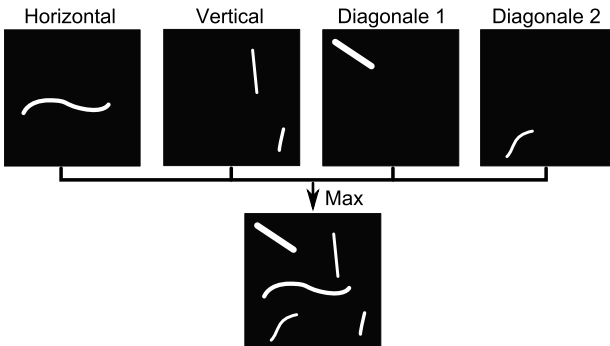
# Filtrage par ouverture par chemins

## Opérateur ouverture par chemins binaire

$$\alpha_L = \bigvee \{ \sigma(\mathbf{a}), \mathbf{a} \in \Pi_L(X) \}$$

$\sigma_L$  : Ensemble des pixels appartenant au chemin  $\mathbf{a}$ .

$\Pi_L(X)$  : Ensemble des chemins de taille L.



# Principe

*Proposé par Cokelaer, Talbot et Chanussot en 2012*

## Élargissement de la définition d'un chemin

Un chemin peut admettre des déconnexions de  $K$  pixels de bruits entre chaque pixel du chemin

Permet de conserver des structures tubulaires partiellement déconnectées :



*Chemin de longueur  $L=10$  admettant  $K=1$  pixel de bruit*

# Exemple

Exemple d'une RPO sur une image synthétique 2D bruitée (bruit Gaussien  $m=0$ ,  $\sigma=20$ ) :

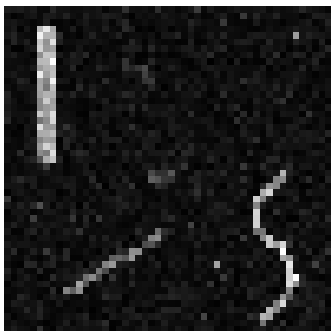
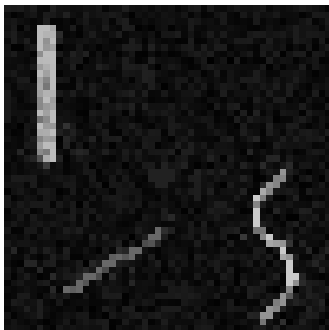


Image initiale 50x50px



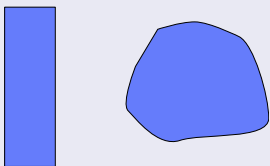
RPO  $L=10$ ,  $K=1$



## Cas 2D

2 Types de structures :

Tube et Blob

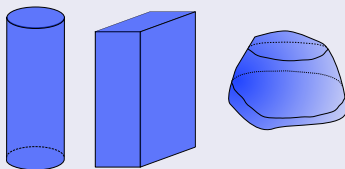


La RPO permet de ne conserver que les tubes.

## Cas 3D

3 types de structures :

Tube, Plan et Blob



La RPO conserve les tubes ET les plans.

La RPO seule ne conserve pas que les structures tubulaires dans des images 3D.

Un autre filtrage est donc nécessaire pour éliminer les structures planes.

- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant
- 3 Filtrage proposé**
- 4 Validation et Résultats
- 5 Conclusion et Perspectives

# Principe

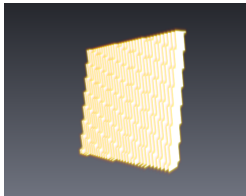
## Hypothèse

Les structures planes sont détectées dans au moins une orientation de plus que les structures tubulaires.

Test de l'hypothèse sur 3 structures synthétiques :



*Tube*



*Plan*



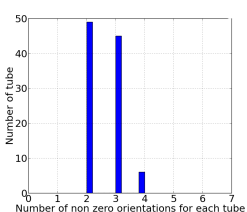
*Demi-ellipsoïde*

# Test de l'hypothèse

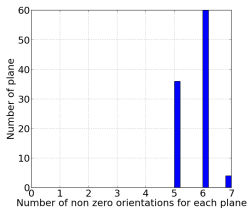
## Test :

Filtrage de 100 images 3D de chaque structure synthétique et calcul du nombre d'orientations de la RPO détectant la structure.

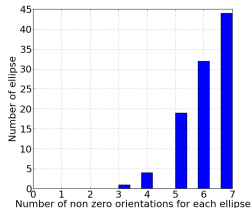
*Histogramme du nombre d'orientations détectant la structure synthétique :*



*Tubes*



*Plans*



*Demi-ellipsoïde*

# Méthode

## Opérateur

$$RPO\_RPO = RPO_1 - RPO_i$$

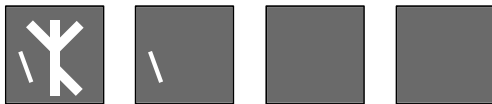
$RPO_1$  : le résultat de la RPO

$RPO_i$  : le  $i^{eme}$  plan trié de la RPO.

Four RPO filtered images



Sorting



RPO<sub>1</sub>

RPO<sub>2</sub>

RPO<sub>3</sub>

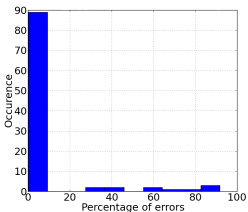
RPO<sub>4</sub>

# Test de Robustesse

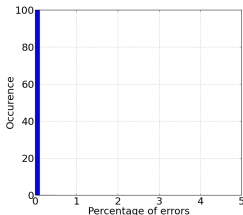
Calcul du pourcentage d'erreurs de *RPO\_RPO* sur 100 structures synthétiques de chaque type.

$$\%erreur = \frac{nb_{erreur}}{nb_{pixels}} \times 100$$

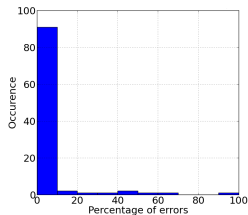
$nb_{erreur}$  : nombre de pixels faux négatifs pour les tubes et de pixels faux positifs pour les plans et demi-ellipsoïdes.



*Tubes*

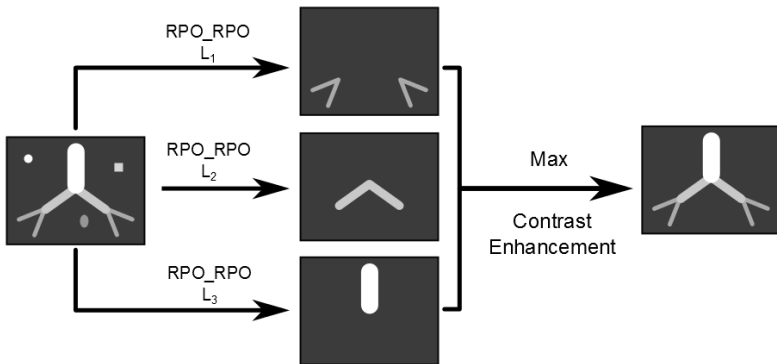


*Plans*



*Demi-ellipsoïde*

# Approche Multiéchelles

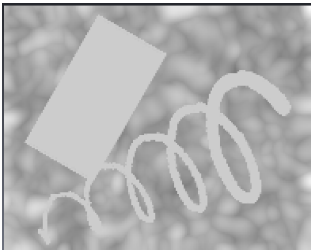


- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant
- 3 Filtrage proposé
- 4 Validation et Résultats**
- 5 Conclusion et Perspectives

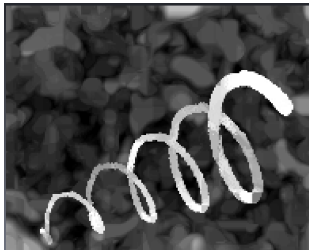
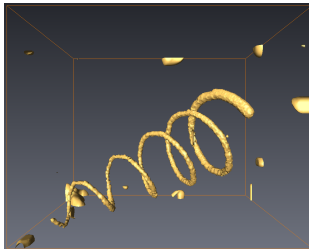


# Résultats sur une image synthétique

*Image initiale*

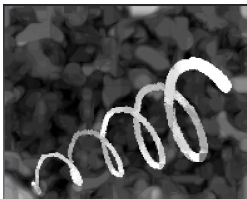
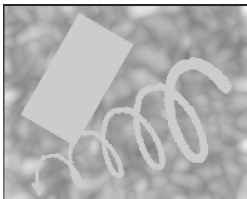


*Filtrage de l'image initiale*

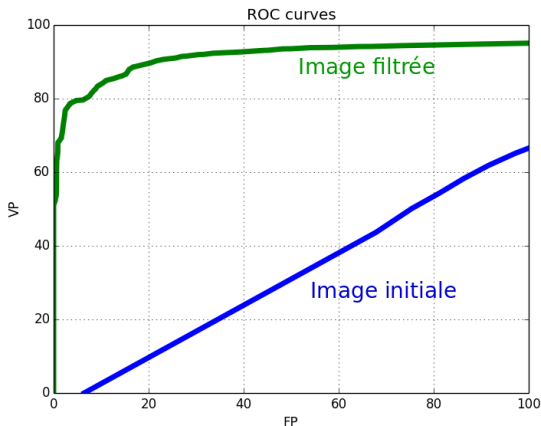


# Validation du filtre

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

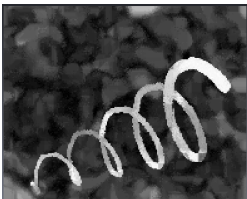
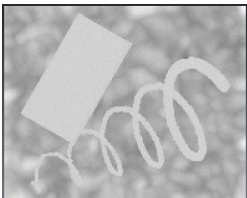


Résultats sans bruit :

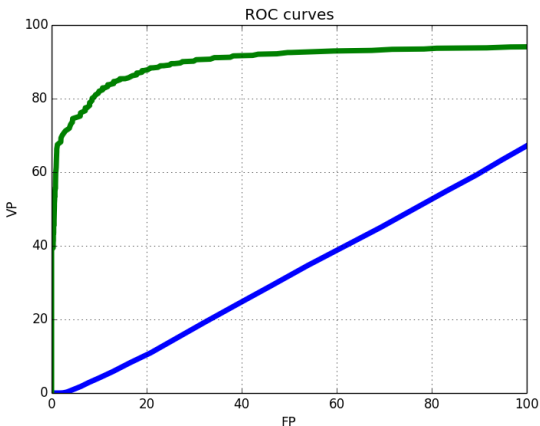


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

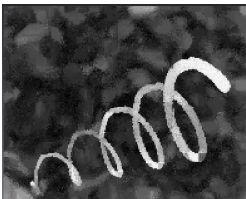
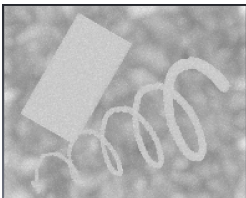


Avec bruit gaussien  $m=25$ ,  $std=5$  :

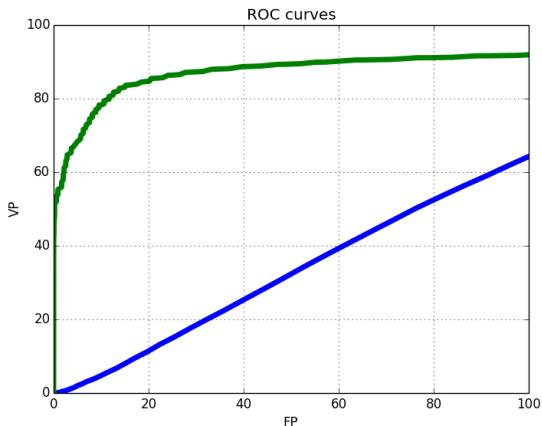


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

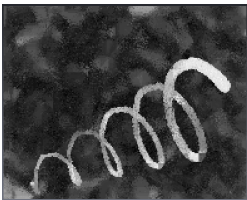
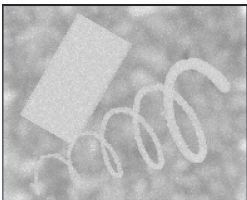


Avec bruit gaussien  $m=50$ ,  $std=10$  :

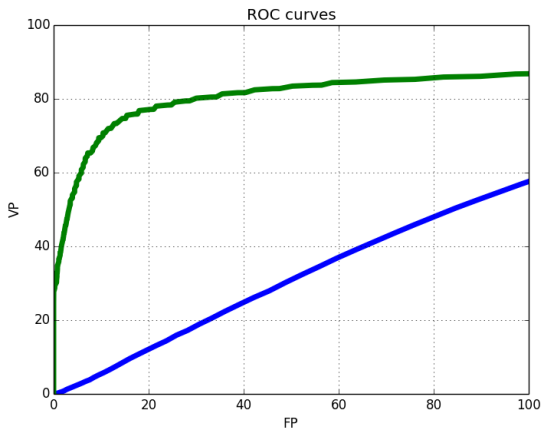


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

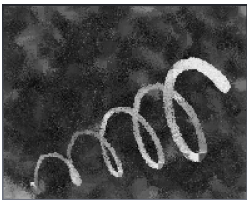
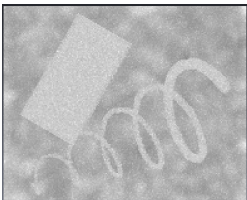


Avec bruit gaussien  $m=75$ ,  $std=15$  :

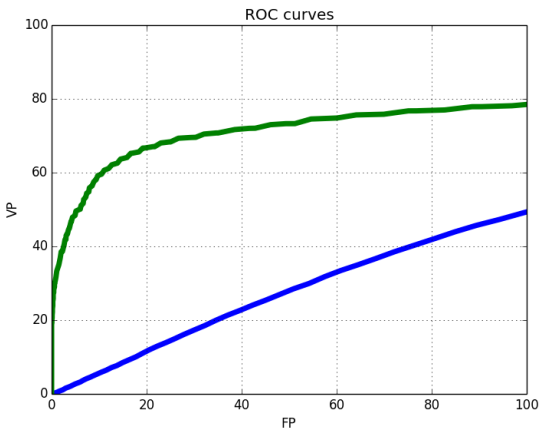


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

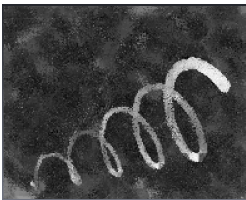
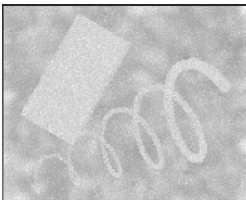


Avec bruit gaussien  $m=100$ ,  $std=20$  :

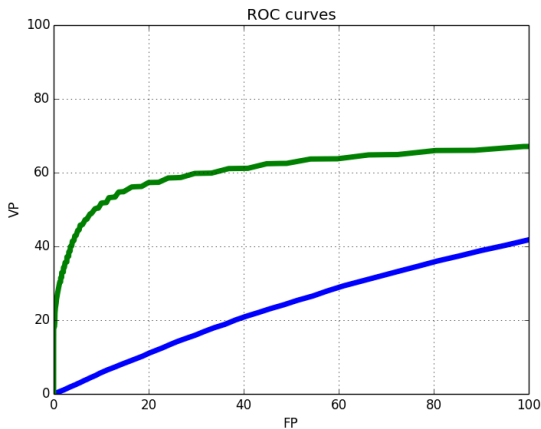


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.

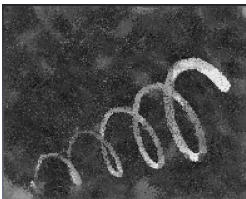
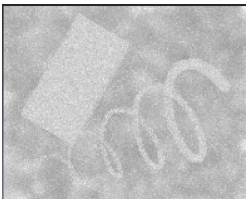


Avec bruit gaussien  $m=125$ ,  $std=25$  :

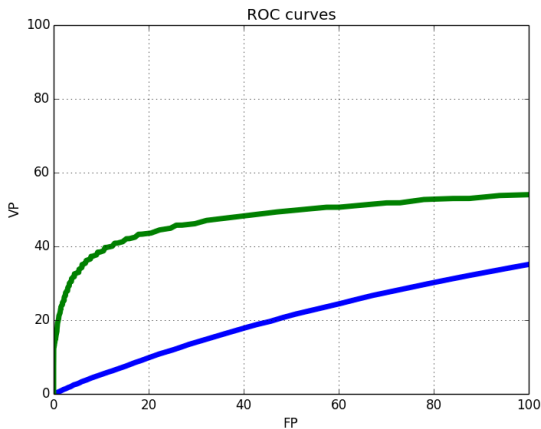


# Robustesse au bruit

Calcul des courbes ROC pour tous les seuils de l'image avant et après filtrage.



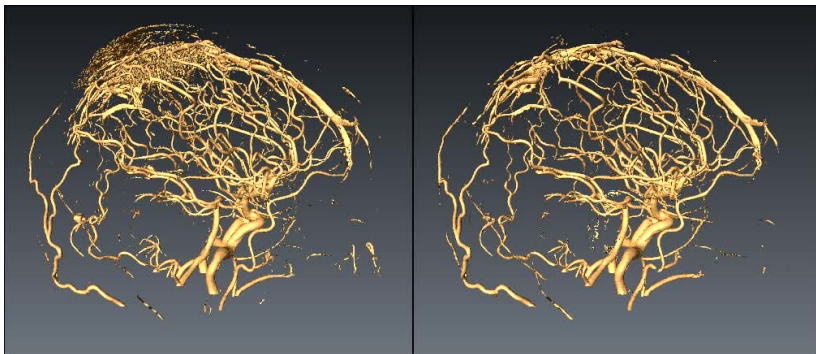
Avec bruit gaussien  $m=150$ ,  $std=30$  :





# Résultat sur une ARM

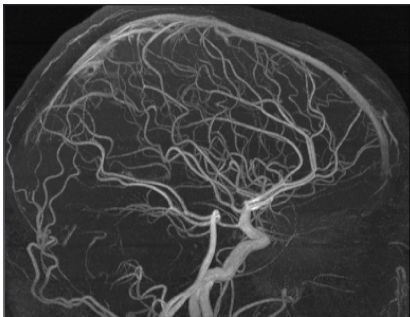
## ARM TOF artérielle



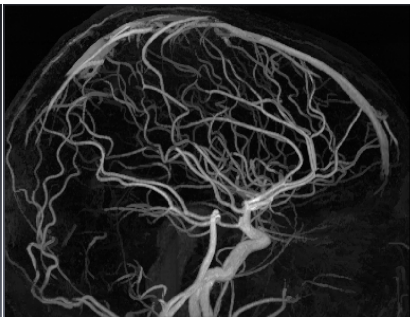
*Image initiale*

*RPO\_RPO*

# Résultat sur une ARM



*Image initiale*



*RPO\_RPO*

- 1 Introduction
- 2 Travail Pré-existant
- 3 Filtrage proposé
- 4 Validation et Résultats
- 5 Conclusion et Perspectives**

# Conclusion

Développement d'une méthode de filtrage :

- Multiéchelles
- Discriminant uniquement les objets fins
- Réduisant significativement le bruit de fond
- Robuste au bruit
- Utilisant peu de paramètres
- A paramètres significatifs (reliés aux dimensions des vaisseaux)

Premiers résultats sur les ARM encourageants :

- Détection de la majorité des vaisseaux sanguins
- Malgré une perte des vaisseaux les plus fins
- Suppression des "calottes"
- Mais il reste certains artefacts (notamment sur les bords des images)

# Perspectives

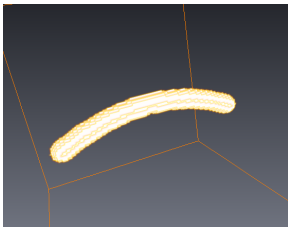
- Validation sur différentes bases d'images :
  - ARM TOF cérébrales
  - CT de coronaires
  - CT de Fibres de verres
- Comparaison à la Vesselness de Frangi
- Calcul des images d'échelles
- Calcul des directions

**Merci de votre  
Attention**

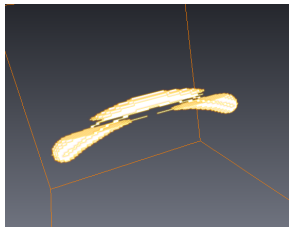
- 6 Cas limites
- 7 Multiéchelles
- 8 Courbes ROC

# Exemple d'un tube limite

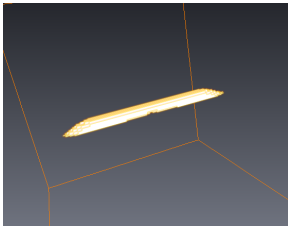
*Tube initial*



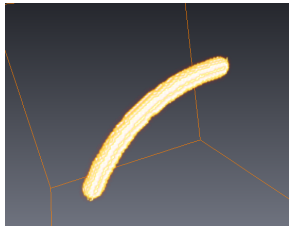
*RPO\_RPO*



*Différence*



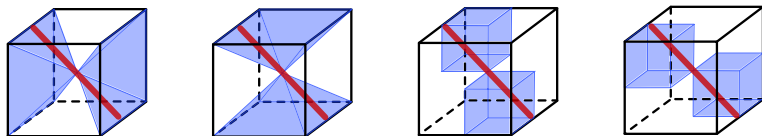
*RPO\_RPO sur une rotation du tube*



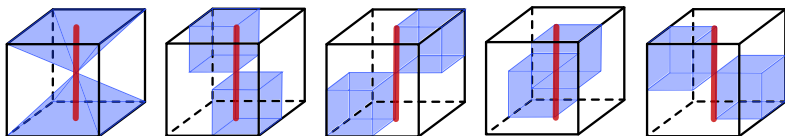


# Différents cas limites

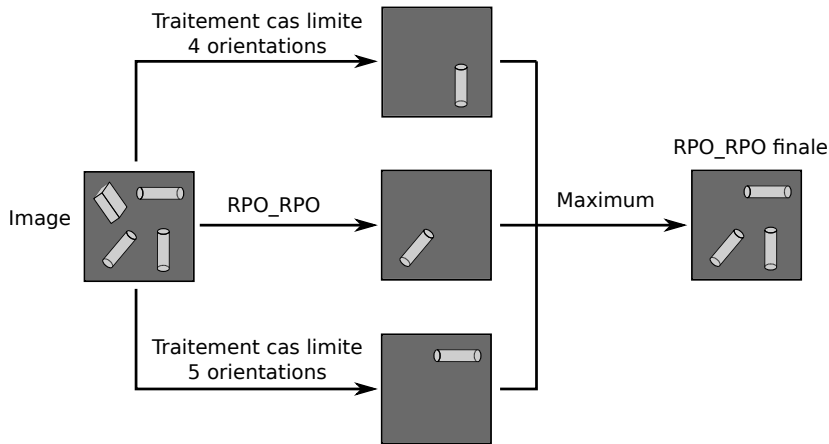
**Cas limite 4 orientations :**



**Cas limite 5 orientations :**



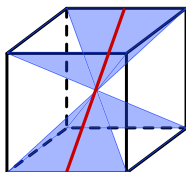
# Principe du traitement des cas limites



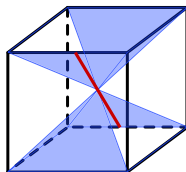
# Isolement des tubes limites 4 orientations

**6 tubes limites différents isolables par 6 intersections :**

Vertical  $\cap$  Profondeur

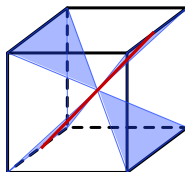


$\cap$  diag 1 ou 2

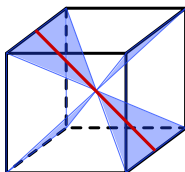


$\cap$  diag 3 ou 4

Horizontal  $\cap$  Vertical

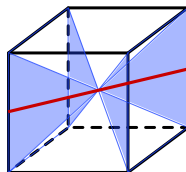


$\cap$  diag 2 ou 3

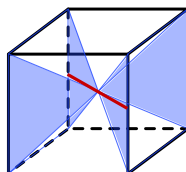


$\cap$  diag 1 ou 4

Horizontal  $\cap$  Profondeur



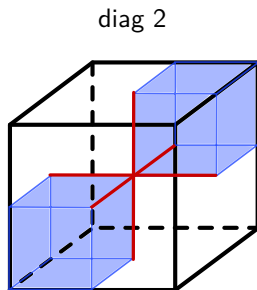
$\cap$  diag 2 ou 4



$\cap$  diag 1 ou 3

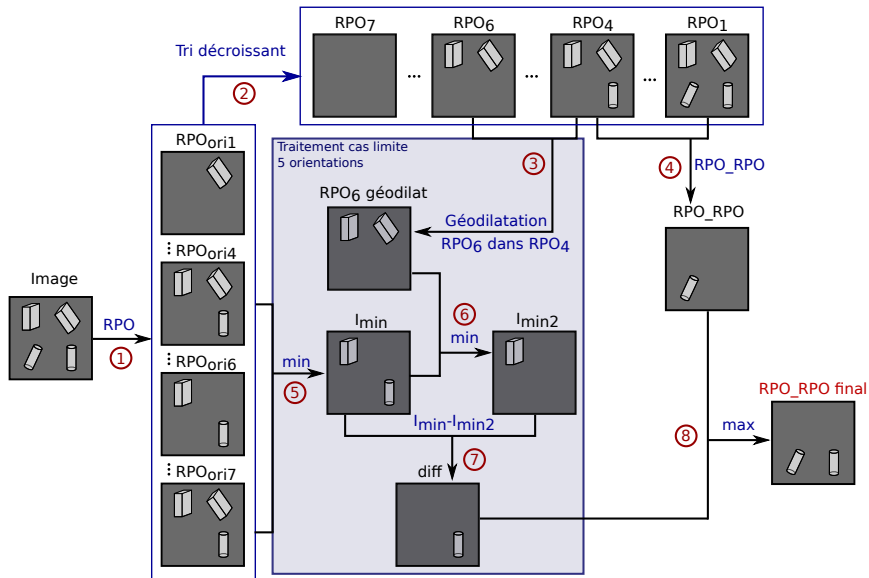
# Isolement des tubes limites 5 orientations

**3 tubes limites différents isolables par 1 intersection :**



$\cap \text{diag1} \cap \text{diag3} \cap \text{diag 4}$

# RPO\_RPO avec traitement du cas limite 5 orientations

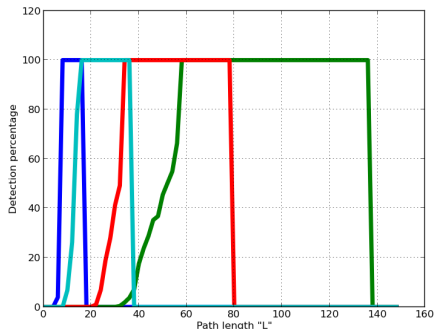


- 6 Cas limites
- 7 Multiéchelles**
- 8 Courbes ROC

# Influence de la longueur de chemins "L"

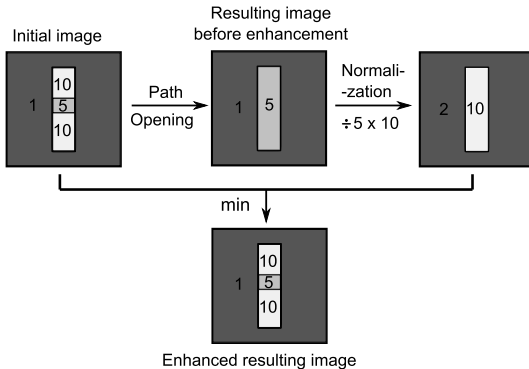
## Pourcentage de détection du tube en fonction de L.

Longueur du tube en pixels : 10 (bleu foncé), 20 (bleu clair), 40 (rouge), 70 (vert).

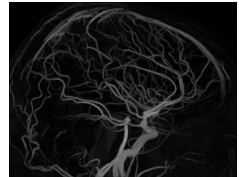


L'intervalle de L détectant un tube change en fonction de la taille du tube.

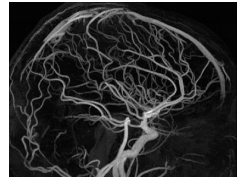
# Augmentation du contraste



Avant augmentation  
du contraste :

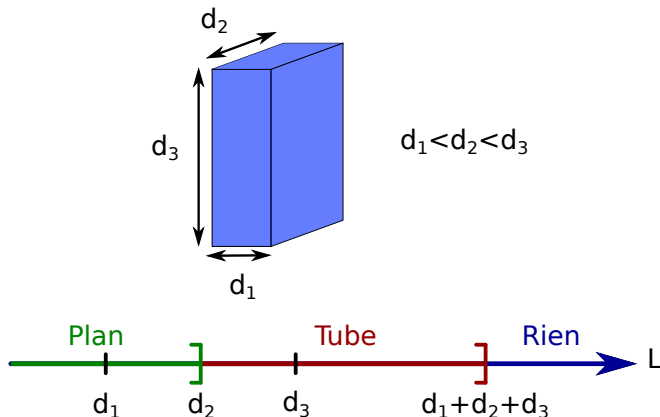


Après augmentation  
du contraste :





# Différence tube / plan en fonction de L



- 6 Cas limites
- 7 Multiéchelles
- 8 Courbes ROC**

# Courbes ROC sans bruit

La spirale représente 1.4% de l'image (= *nb VP max*)

$$VP = \frac{nb\ VP}{nb\ VP\ max} \quad ; \quad FP = \frac{nb\ FP}{2 \times nb\ VP\ max}$$

