

# Utilisation de la classification spectrale pour la caractérisation et la détection de pathologie cérébrale

Chuzel Philippe

ENSTA Bretagne

31 aout 2016

*Membres du jury*

President: L. Hardouin

Examineurs: L. Jaulin

Sous la tutelle: A. Mansour

# Sommaire

## Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

## Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Objectif : Proposer une méthode de détection de pathologie et de segmentation automatique d'image médicale.

- ▶ Etude d'image IRM de perfusion.
- ▶ Image dynamique.
- ▶ Extraction de signal à partir de ces IRM.
- ▶ Classification sur ces signaux.
- ▶ Réaliser un programme de classification non-supervisé le plus automatisé possible.

### Partenaires rencontrés pendant ce stage.

- ▶ INSERM de Lille.
- ▶ CHRU de Brest



## Utilisation de la classification spectrale pour la caractérisation et la détection de pathologie cérébrale

Chuzel Philippe

## Introduction

### Évolution du PFE.

## Méthodologie.

## La classification spectrale.

## Résultats.

# Sommaire

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Sujet étudié actuellement à l'ENSTA Bretagne :

## "Détection et caractérisation de la thrombose"

La piste utilisant des images d'élastométrie et d'échographie est étudiée par M. Thibaud Berthomier, en thèse actuellement à l'ENSTA Bretagne.

# Introduction

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Premier sujet proposé par M. Ali Mansour:

"Étudier la piste des IRM pour la détection et la caractérisation de la thrombose."

Listes des problèmes rencontrés pendant l'étude:

- ▶ Signature extrêmement variable avec le temps
- ▶ Déplacement du caillot au cours du temps
- ▶ le type et la composition du caillot ne peut être déduits ssi on extrait le caillot.



→ Redirection du projet de fin d'étude.

Proposition de M.Gentrix:

Application vers la caractérisation et la  
détection de pathologie cérébrale.

→ Tentative de publication d'article au cours du mois de juin.

# Sommaire

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Après deux mois de travail principalement bibliographique, nous avons pu récupérer deux sources d'images :

- ▶ Images IRM de pathologie prostatique de l'INSERM de Lille qui a été le premier à implémenté la classification spectrale pour l'aide au diagnostic.
- ▶ Images d'IRM de cerveau présentant certaines pathologies fournies par le CHRU de Brest.
- ▶ Proposition de la part du HIA Clermont Tonnerre mais qui n'a pas aboutie.

# Principe de l'IRM de perfusion.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

**Méthodologie.**

La classification  
spectrale.

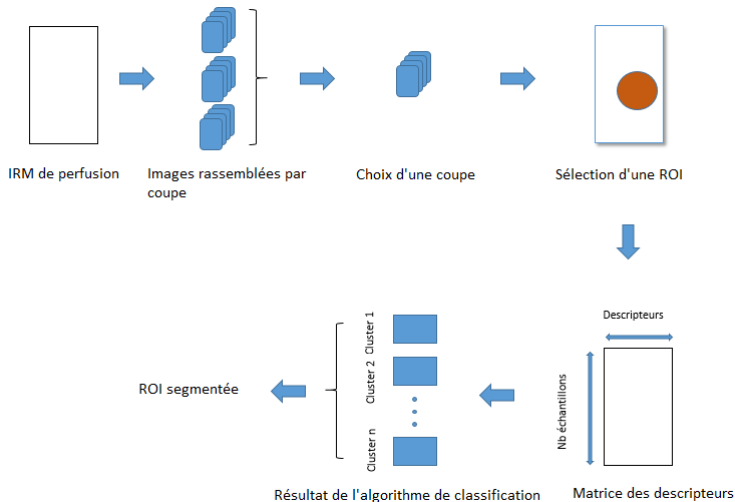
Résultats.

Au final, nous avons pu établir une base de données de d'image IRM de cerveau de 13 patients présentant toutes une pathologie :

- ▶ Tumeur.
- ▶ Hématome.
- ▶ ...

On arrive a des ensembles d'image de taille 128\*128 pixels qui traduisent la diffusion d'un produit de contraste dans les tissus cérébraux.

# Chaine de traitement développée dans le cadre du PFE.



Utilisation de la classification spectrale pour la caractérisation et la détection de pathologie cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

# Sommaire

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

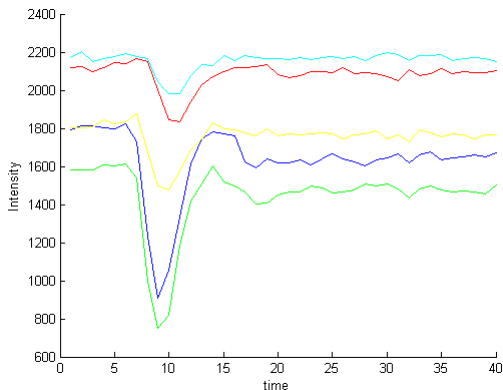
Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Idée: proposer un algorithme non-supervisé qui pourrait réaliser des clusters à partir des informations extraites de ces images.

→ Extraction de signaux temporels correspondant à l'évolution d'intensité d'un pixel donné.





## Problème:

Les algorithmes classiques de classification non-supervisée comme le k-means ne sont pas adaptés pour la classification de signaux temporels.

## Proposition:

Utiliser la classification spectrale qui a déjà été employé pour ce type de données.

## Principe:

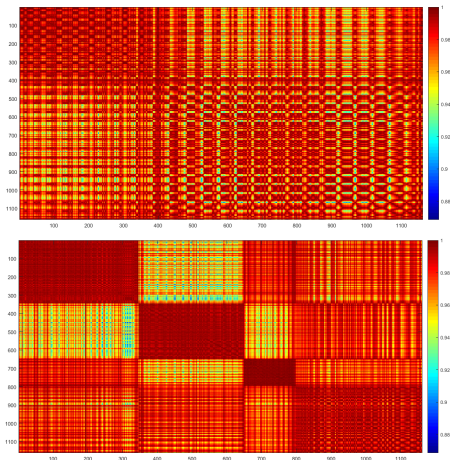
Se placer dans un espace plus adapté pour la classification.

## Principales étapes:

- ▶ Construction d'un graphe sur toutes les données.
- ▶ Construction d'une matrice de voisinage qui traduit la proximité des données entre elles.
- ▶ Travail de classification sur les vecteurs propres et valeurs propres de cette matrice.

## Construction du graphe:

- ▶ Graphe entièrement connecté.
- ▶ Construction de la matrice de similarité noté  $W$ .



Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

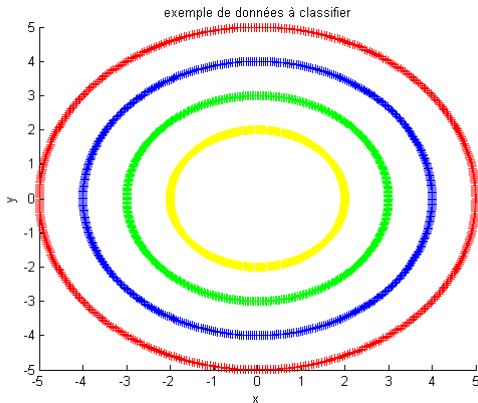
Calcul de la matrice Laplacienne  $L$  de  $W$  défini par la formule

$$L = I - D^{1/2} W D^{1/2} \quad (1)$$

Où  $D$  est la matrice de degrés défini par  $d_{ii} = \sum_j w_{ij}$ , une matrice diagonale et  $I$  est la matrice identité.

On va ensuite extraire les vecteurs propres associés aux plus petites valeurs propres de la matrice  $L$  et on crée des clusters à partir des informations portées par ces vecteurs propres.

## Exemple d'application:



Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

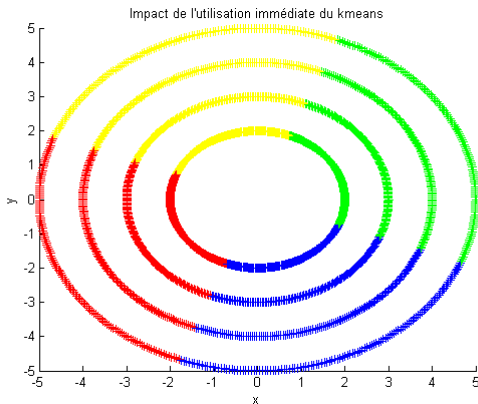
Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

## Résultats des k-means:



Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

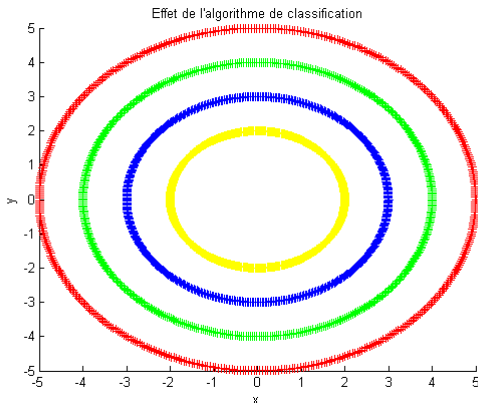
Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

## Résultats de l'algorithme de classification spectrale:



Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

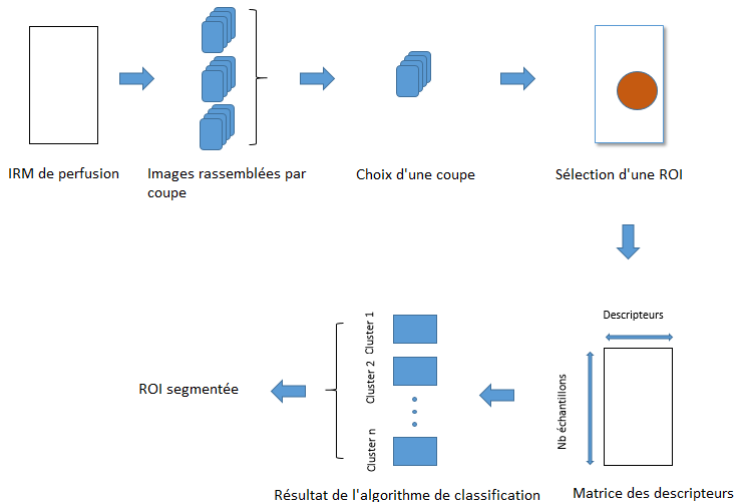
Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

# Chaine de traitement développée dans le cadre du PFE.



Utilisation de la classification spectrale pour la caractérisation et la détection de pathologie cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.



# Sommaire

Introduction

Évolution du PFE.

Méthodologie.

La classification spectrale.

Résultats.

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

Présentation des résultats des algorithmes pour deux patients:

- ▶ Une patiente présentant un cancer.
- ▶ Un patient présentant un lymphome cérébrale primitive.

# IRM de perfusion Patient 1

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

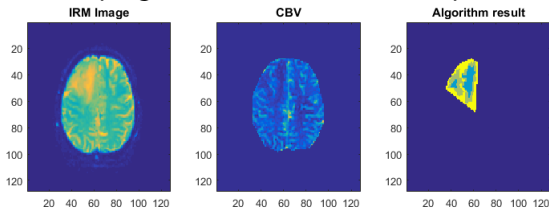
Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

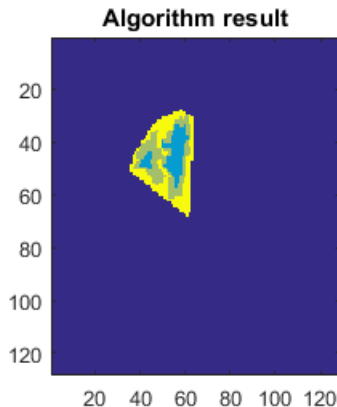
## Résultats du programme sur les IMRs récupérées:



Ici, on voit clairement 2 principaux tissus:

- ▶ Une protubérance à gauche qui correspond à une tumeur et un œdème.
- ▶ le tissu sain.





# IRM de perfusion Patient 2

Utilisation de la  
classification  
spectrale pour la  
caractérisation et  
la détection de  
pathologie  
cérébrale

Chuzel Philippe

Introduction

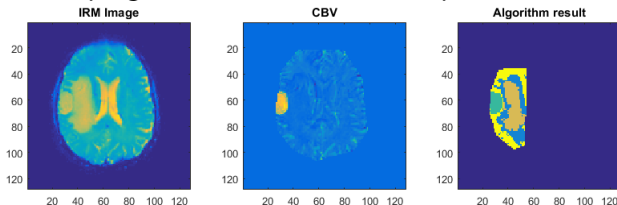
Évolution du  
PFE.

Méthodologie.

La classification  
spectrale.

Résultats.

## Résultats du programme sur les IMRs récupérées:



Ici, on voit clairement quatre principaux tissus:

- ▶ Une protubérance à gauche qui correspond à une tumeur ici bénigne.
- ▶ La zone à sa droite qui correspond à un hématome.
- ▶ Le ventricule cérébral au centre.
- ▶ le tissu sain.



Chuzel Philippe

## Évolution du PFE.

## La classification spectrale.

## Résultats.





## Conclusion:

- ▶ Méthode particulièrement adaptée pour certaines pathologies qui impacte la vascularisation et la diffusion du produit de contrast.
- ▶ Permet d'isoler facilement les pathologies et autres symptômes comme les œdèmes des tissus sains.

## Néanmoins:

- ▶ Pour certaines maladies, il faut avoir recours à d'autres méthodes (CBV, autres modalités d'IRM ...)
- ▶ Besoin d'une connaissance a priori sur la ROI à sélectionner.

Un immense remerciement:

- ▶ Ali Mansour et Thibaud Berthomier à l'ENSTA Bretagne.
- ▶ Jean-Christophe Gentrix et Julien Ognard au CHRU de Brest, Cavale Blanche.
- ▶ Nacim Betrouni et Denis Hamad à l'INSERM de Lille.

# Des Questions ?