

# Journée équipe ICAR

13/07/2018

## Reconstruction intervalliste en TEP : Applications en neurologie

- ❖ Pr. Denis Mariano-Goulart – PU-PH CHU Montpellier
- ❖ Dr. Olivier Strauss – MC – HDR LIRMM – Equipe ICAR
- ❖ Florentin Kucharczak – Doctorant CIFRE Siemens Healthineers

## ❖ Contexte :

- Partenariat entre le service de médecine nucléaire et Siemens Healthineers.
- Travaux communs entre Pr. Mariano-Goulart et Dr. Strauss sur l'utilisation des méthodes de quantification de l'imprécision pour l'aide au diagnostic de maladies neurodégénératives.

## ❖ Cadre :

- Thèse CIFRE sur la reconstruction tomographique intervalliste en tomographie d'émission.

# Plan de la présentation

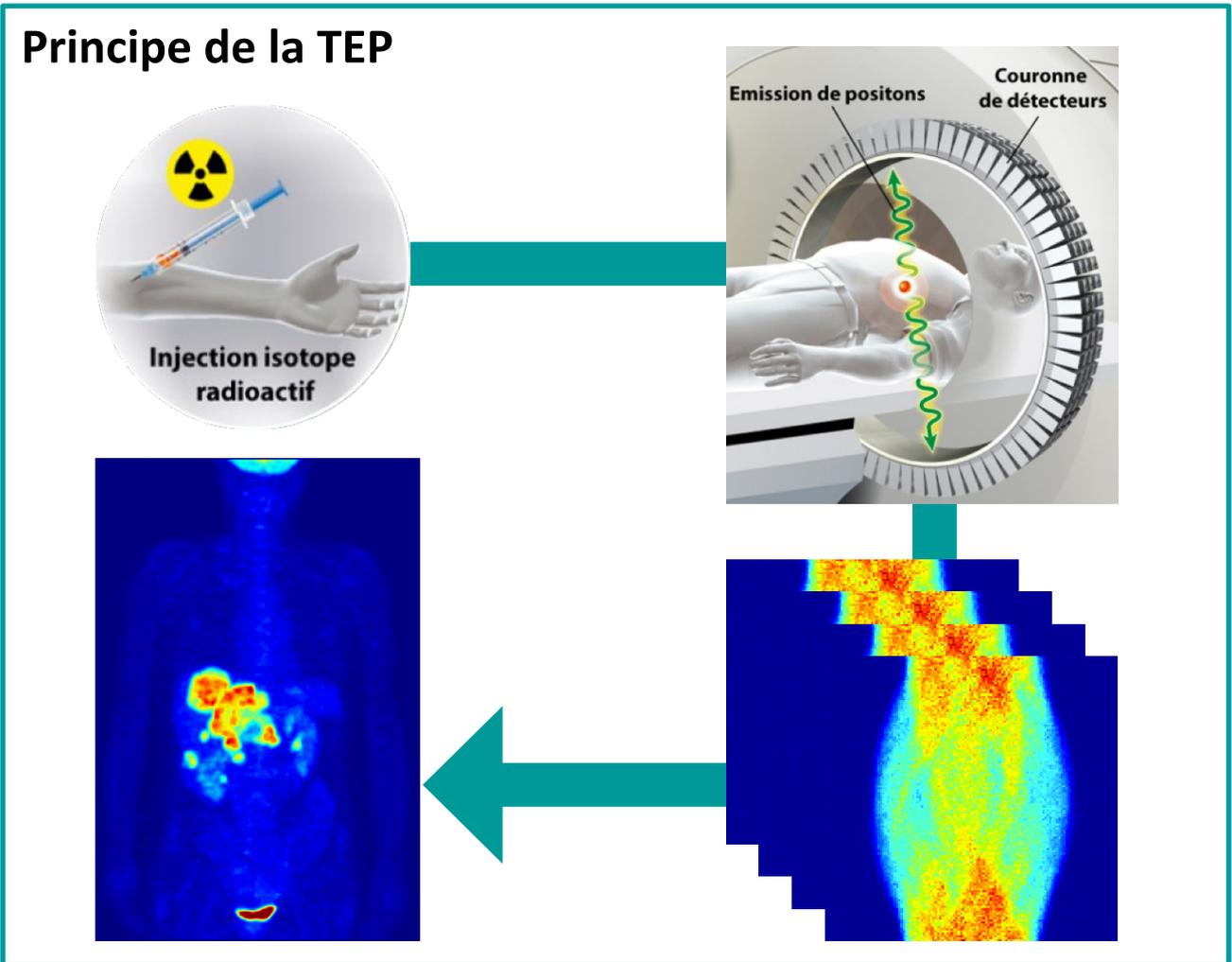


- **La tomographie d'émission**
- **Le diagnostic de démences neurodégénératives**
- **Aide au diagnostic**  
Limites des méthodes déjà proposées  
Notre proposition : la reconstruction intervalliste
- **Résultats préliminaires pour le diagnostic de démences**
- **Conclusion**

# La tomographie d'émission



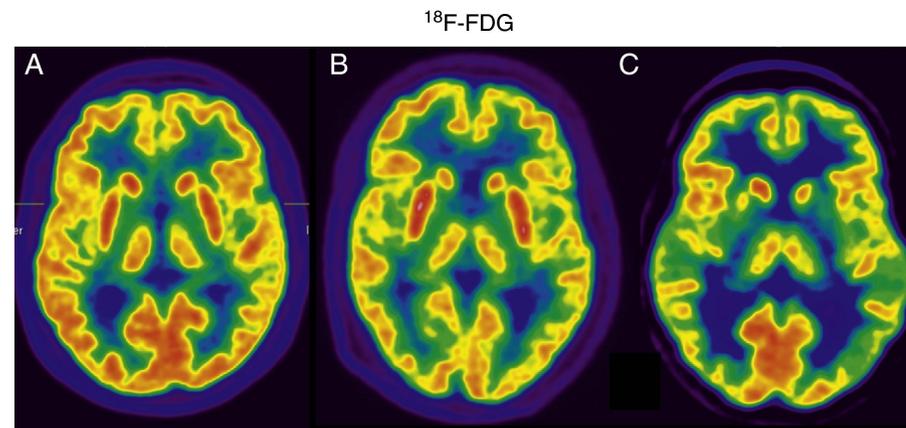
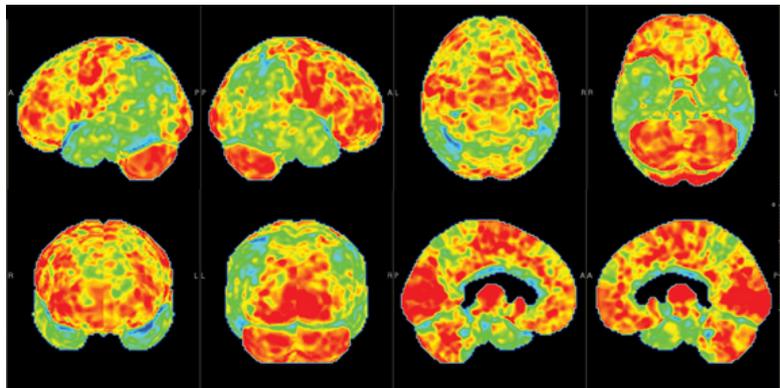
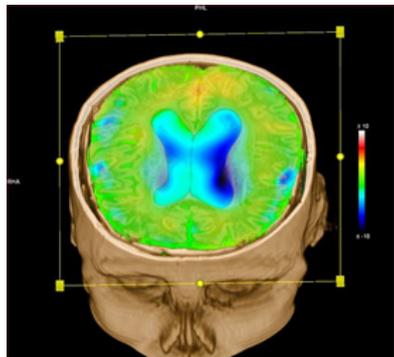
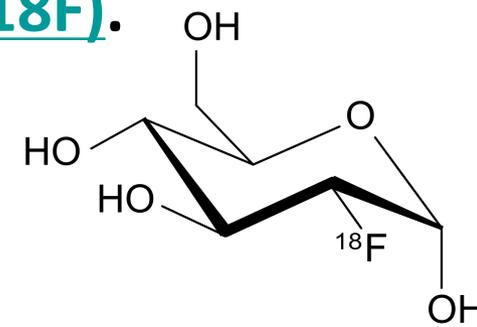
Siemens mCT20 Flow - PET CT  
Service de médecine nucléaire CHU Gui de Chauliac



# Le diagnostic de démences neurodégénératives

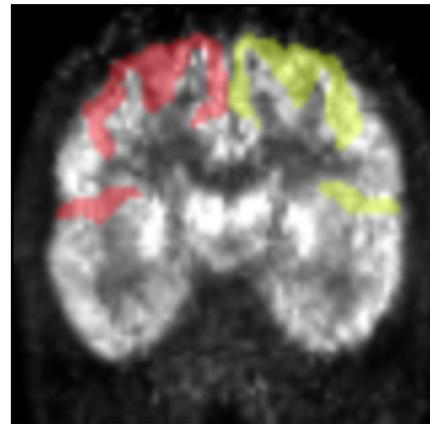
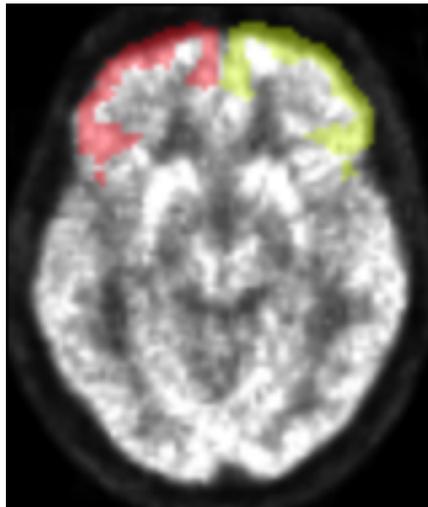


- ❖ **Objectif** : mesurer quantitativement des processus biologiques importants, mais altérés dans le cerveau des patients atteints de démence, par exemple le métabolisme du glucose.
- ❖ Utilisation d'un marqueur du glucose, le **FluoroDésoxyGlucose (18F)**.
- ❖ Reconstruction de la distribution 3D du radio-traceur dans le cerveau du patient.



# Le diagnostic de démences neurodégénératives

- ❖ Diagnostic en médecine nucléaire souvent basé sur la comparaison de régions d'intérêt (ROIs).

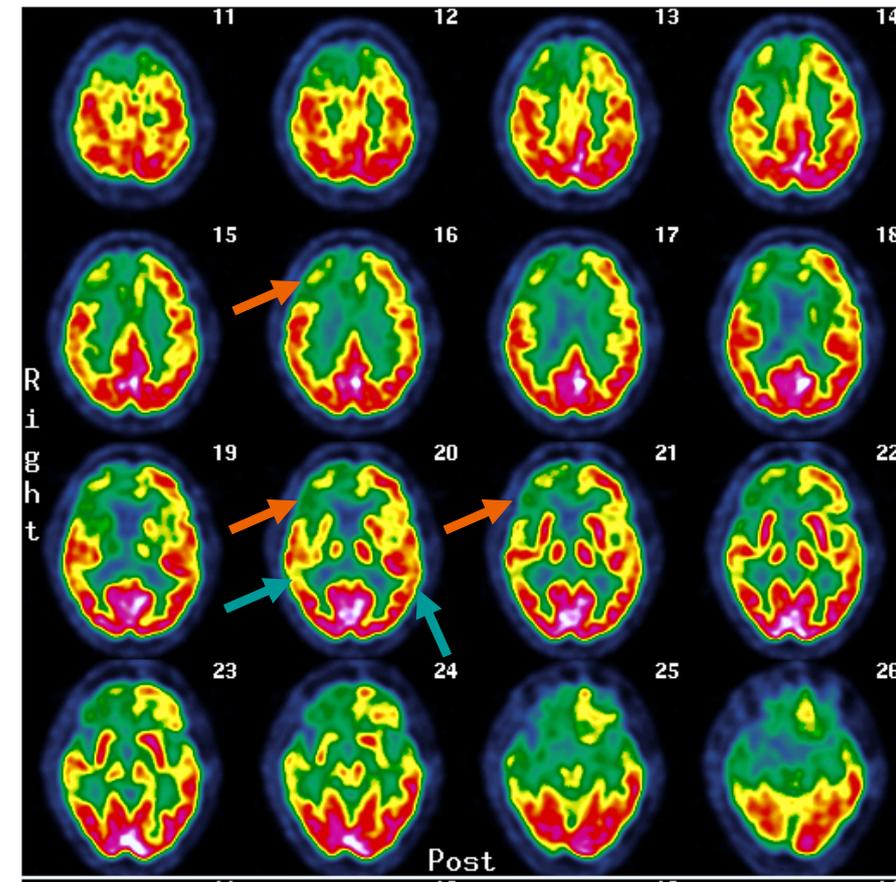


- ❖ On cherche à répondre à la question:  
« Est-ce que **ROIs** = **ROIs** ? »

# Le diagnostic de démences neurodégénératives



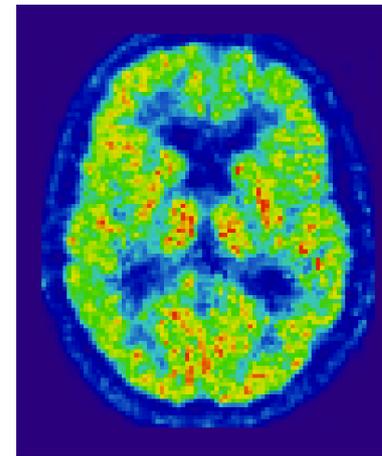
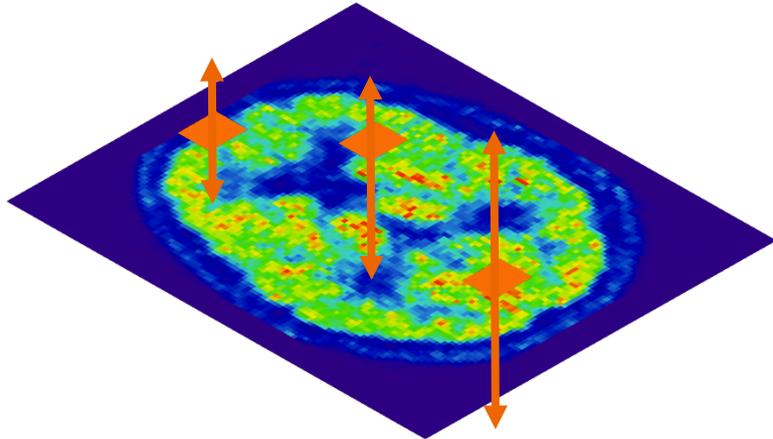
- ❖ Diagnostic en routine clinique :  
Recherche, dans les ROI, de différences de métabolisme et perfusion.
- ❖ Ces perfusions sont souvent asymétriques.
- ❖ Détection d'hypo-métabolismes, illustration d'un cas typique de démence temporo-frontale.



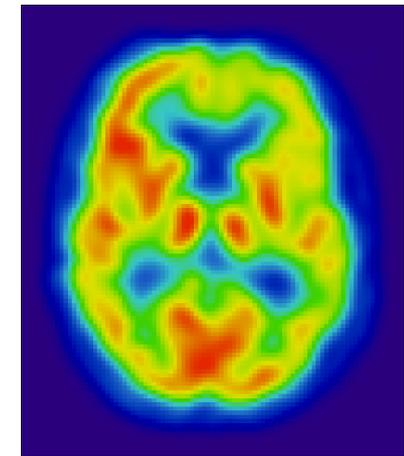
❖ Limites de la comparaison directe de ROIs :

❖ Variabilité statistique importante

❖ Image post-traitées pour faciliter l'évaluation visuelle du médecin

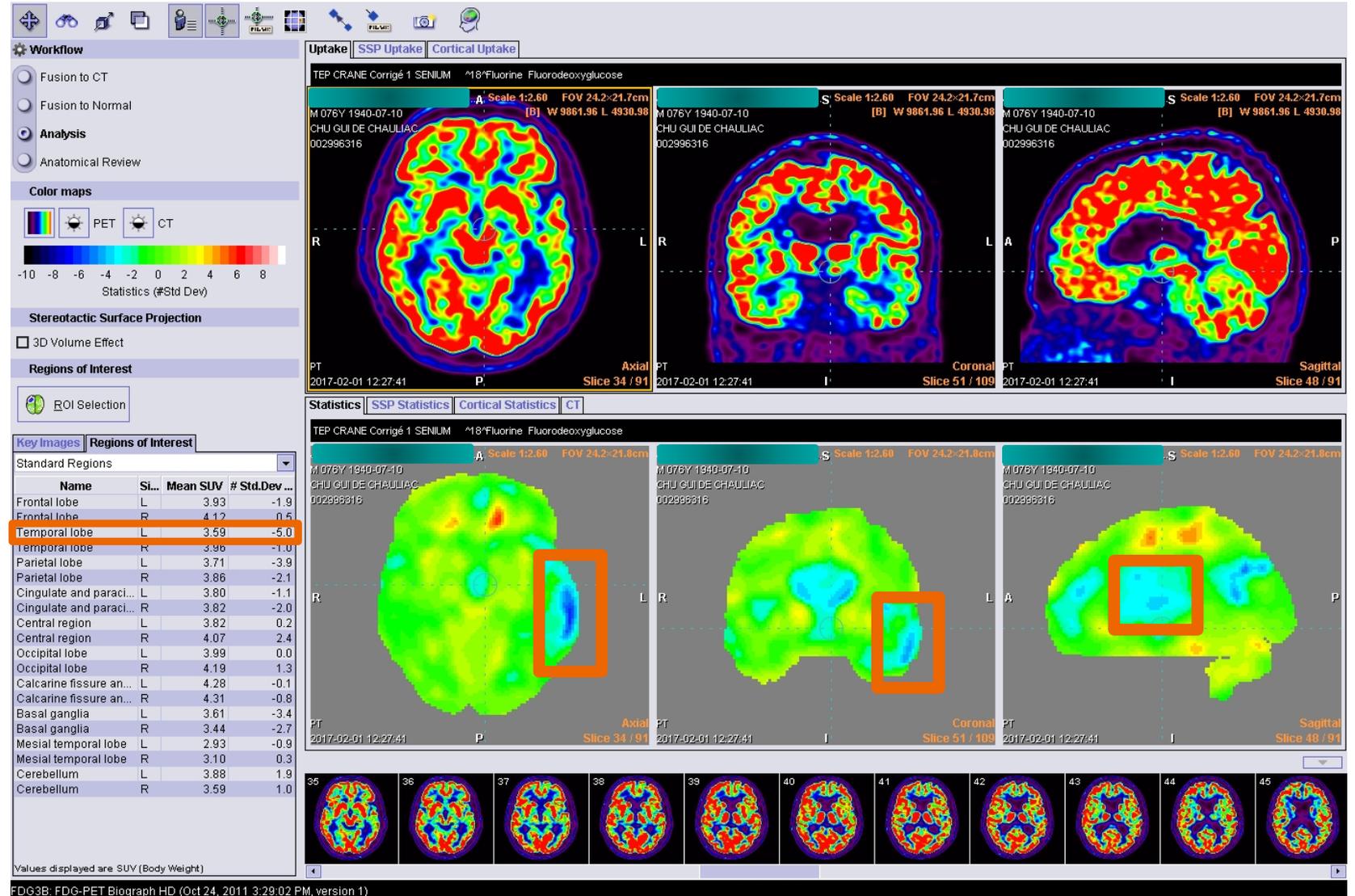


AVANT



APRÈS

## ❖ Outil proposé par Siemens Healthineers



Exemple d'un cas de démence de type Alzheimer

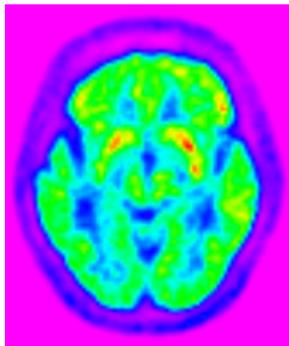


- ❖ **Aucune connaissance de la loi statistique suivie par données reconstruites.**  
➡ **Impossible d'inférer de la variabilité statistique directement.**
  
- ❖ **Principales familles de méthodes proposées dans la littérature :**
  - Méthodes basées propagation de variance (Fessler 1996, Li 2011)
  - Méthodes basées répétition statistique – bootstrap (Buvat 2002, Lartizien 2011)
  
- ❖ **Inconvénients :**
  - Pas utilisées en routine car trop complexes ou gourmandes en temps de calcul
  - Aucune méthodologie proposée pour la comparaison de ROIs utilisant l'information de la variance statistique jusqu'à aujourd'hui

### ❖ Cahier des charges :

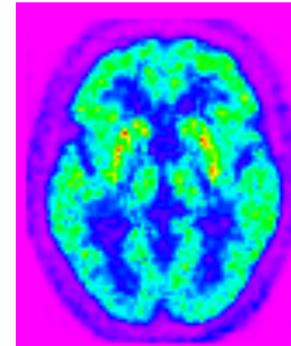
- Algorithme de reconstruction permettant la quantification de la variabilité statistique.
- Production d'images interprétables par le médecin.
- Temps de reconstruction compatible avec la routine clinique.

Approche classique :

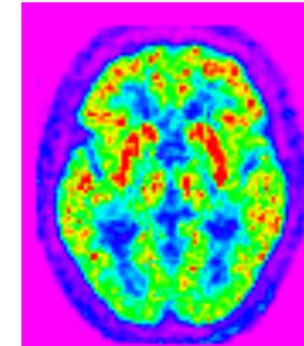


Notre proposition :

INF



SUP

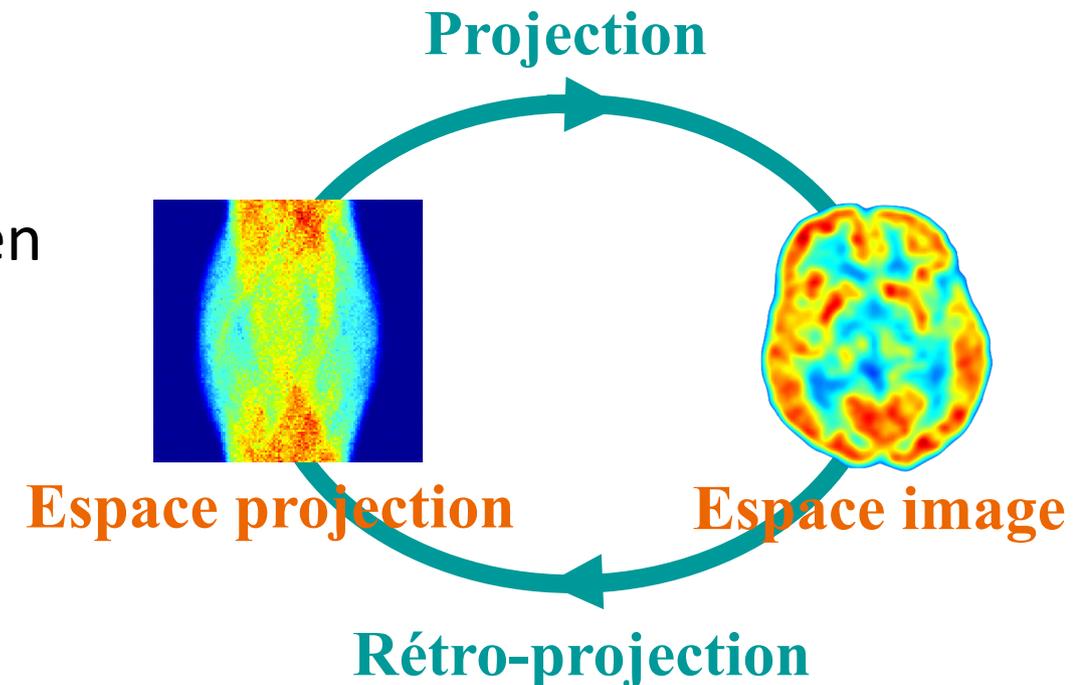


### ❖ Notre algorithme:

- Quantification de la variabilité statistique basée sur la modélisation de l'imprécision du modèle.

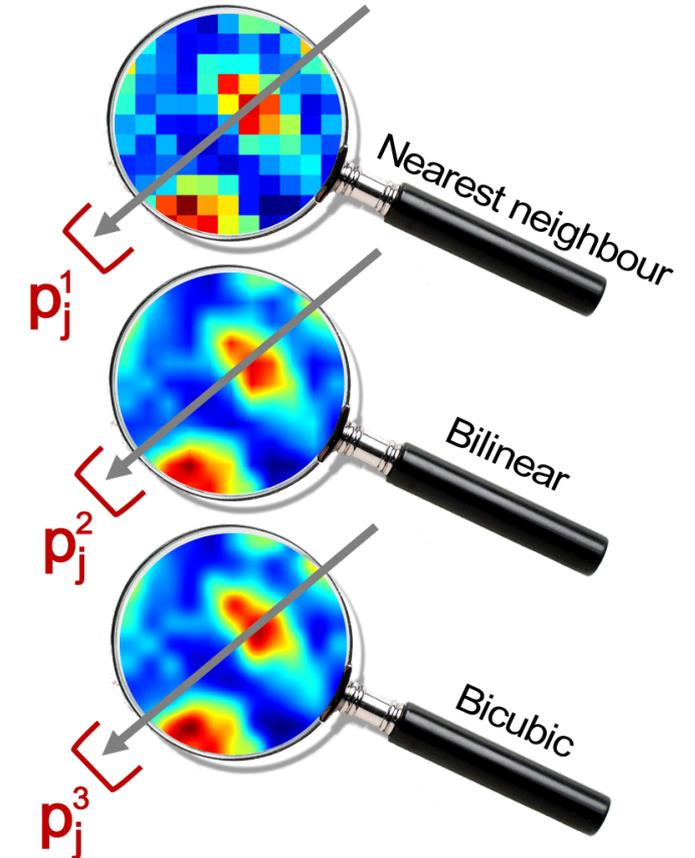
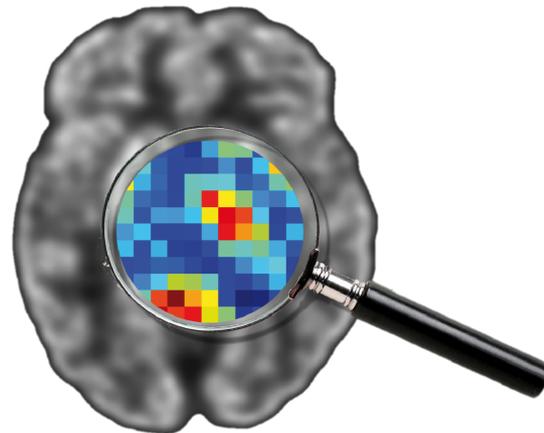
### ❖ L'algorithme classiquement utilisé:

- Algorithme itératif pour lequel on alterne en deux espaces : projection et image.
- Choix de modèles de projection et rétro-projection.



### ❖ Le passage discret-continu:

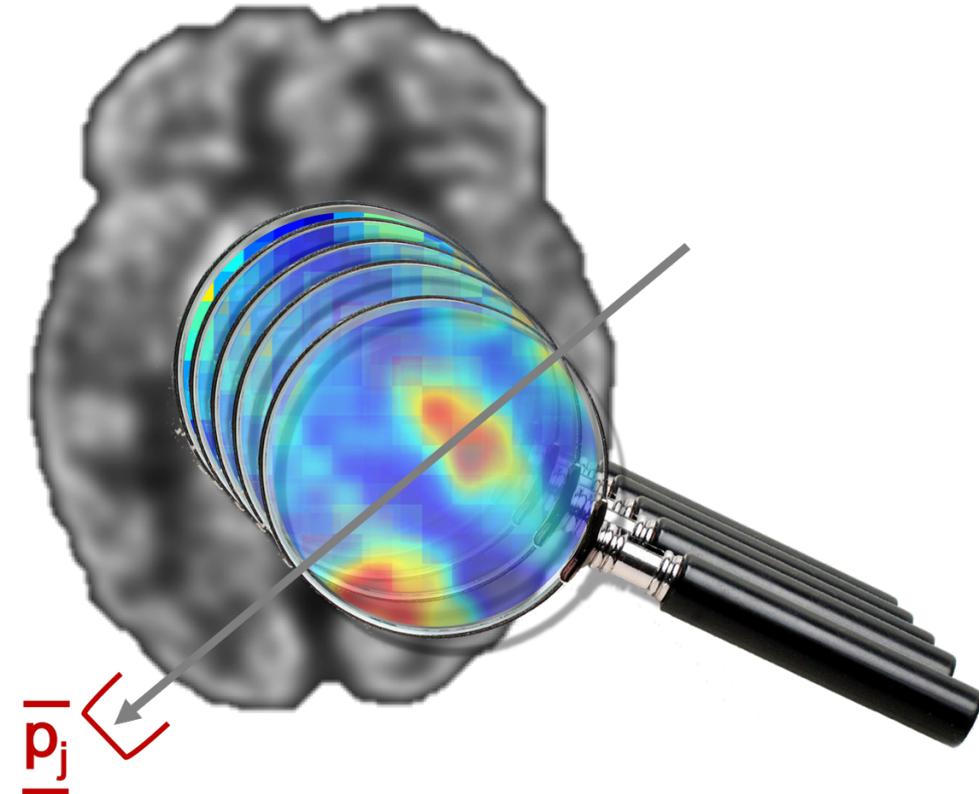
- Physiquement -> la distribution de la source  $f(x)$  est continue dans le domaine spatial.
- En pratique -> utilisation d'un ensemble fini de fonctions de base (généralement pixels ou voxels en 3D) pour représenter  $f(x)$  lors de la reconstruction.



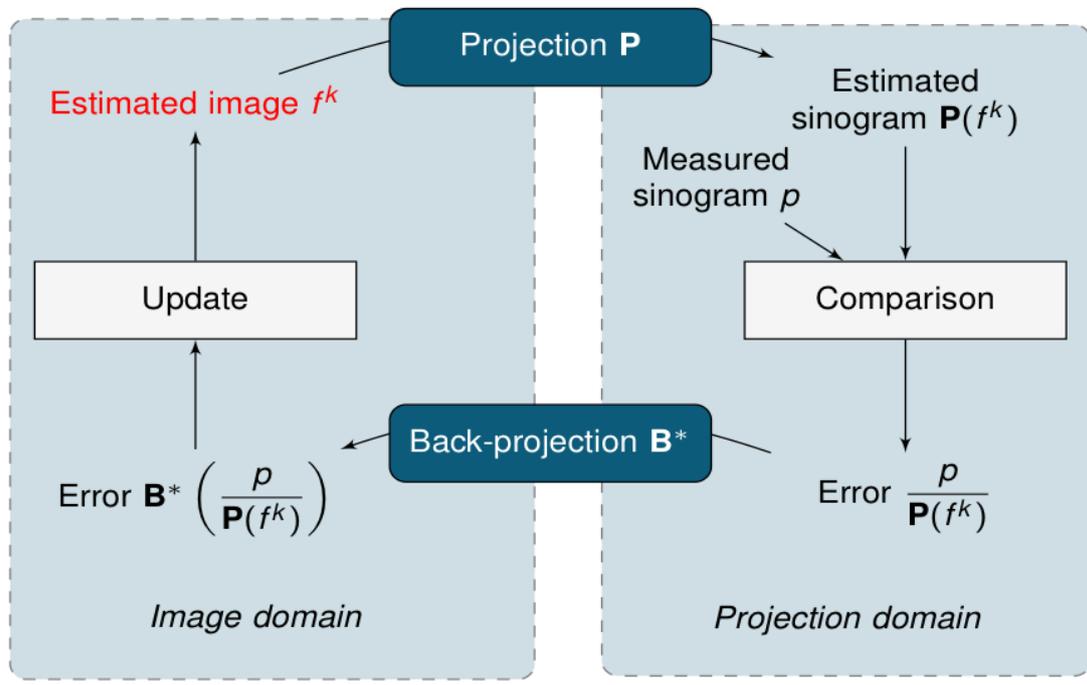
### ❖ Notre proposition : projection « garantie » :

- Utilisation de la théorie des probabilités imprécises pour modéliser l'imprécision du passage discret-continu.
- Utilisation de l'intégrale de Choquet comme opérateur de projection non-additif.

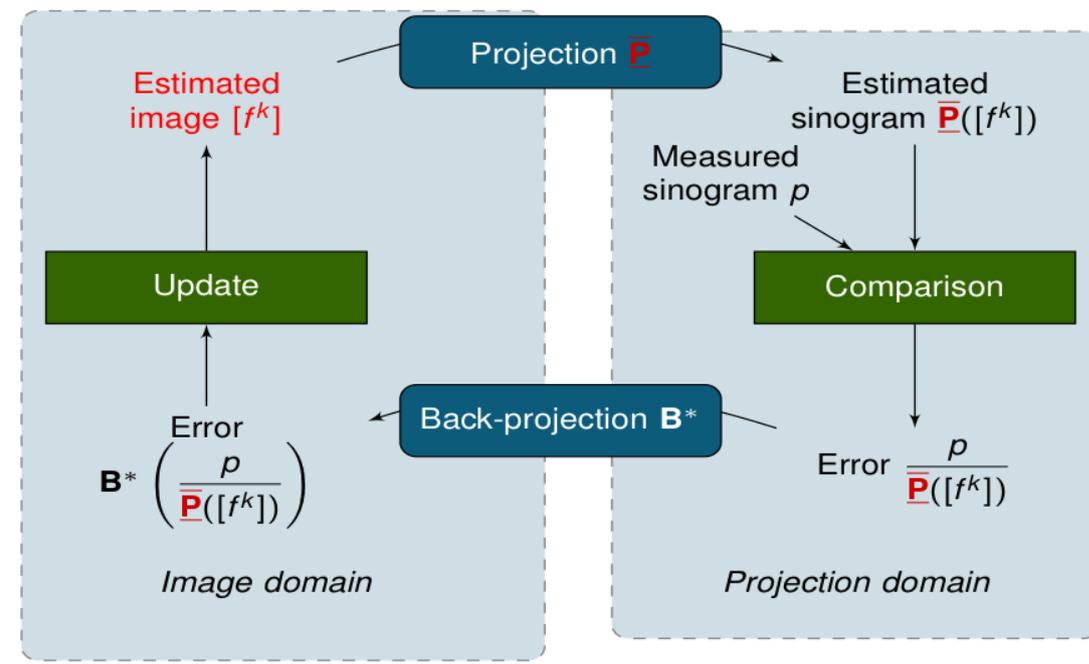
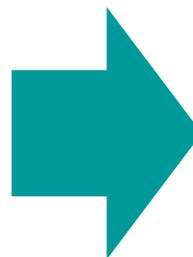
Calcul de chaque projection  $\underline{\bar{p}}_j$ , comme l'ensemble des projections possibles considérant un noyau d'interpolation basé 4 plus proches voisins.



### ❖ Adaptation de l'algorithme ML-EM en sa version intervalliste NIBEM :



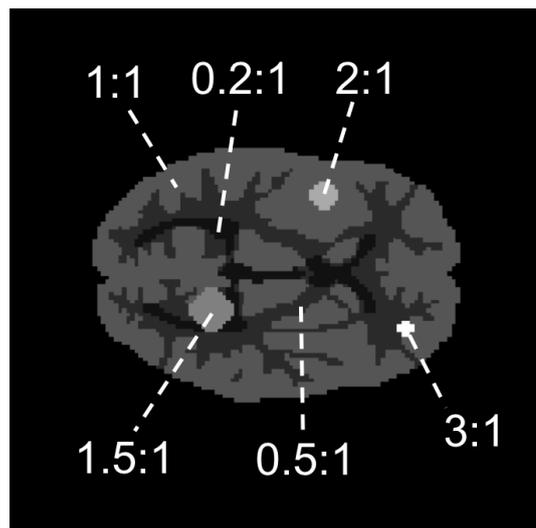
$$f^{k+1} = f^k \times \mathbf{B}^* \left( \frac{p}{\mathbf{P}(f^k)} \right)$$



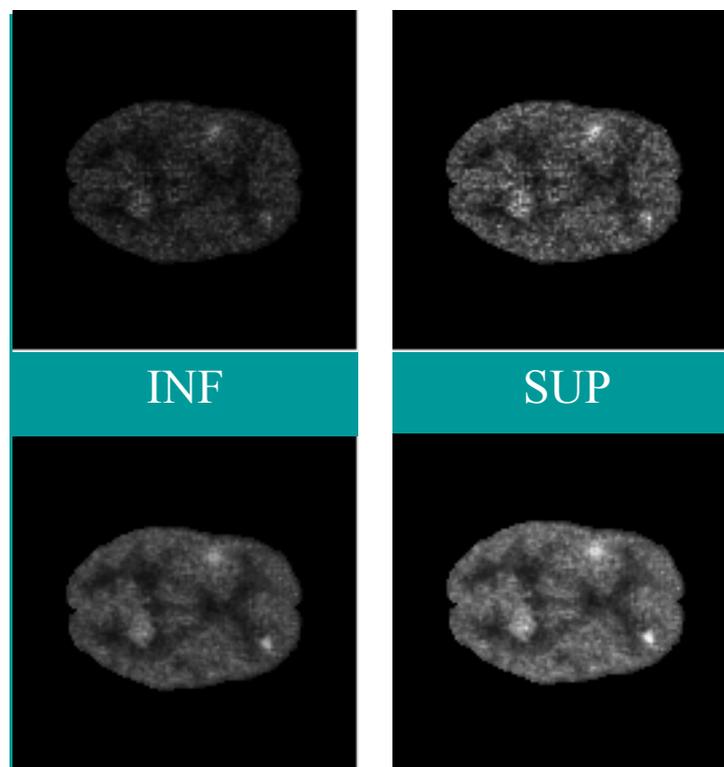
$$[f^{k+1}] = \mathbf{B}^* \left( p \oslash \overline{\mathbf{P}}([f^k]) \right) \boxtimes [f^k]$$

### ❖ Des intervalles aux propriétés intéressantes :

Simulations d'acquisitions du fantôme de Hoffman



Reconstruction pour deux niveaux de comptage différents (3M, 9M)



### Intervalles de confiance :

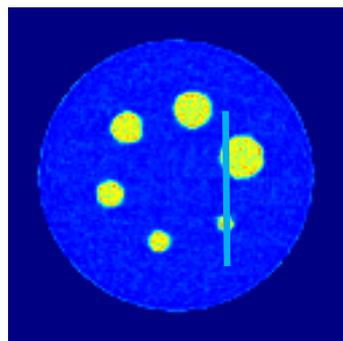
	NIBEM CL	
Number of counts	3M	9M
Region 1:1	0.940	0.920
Region 1.5:1	0.963	0.975
Region 2:1	1.0	1.0

3M

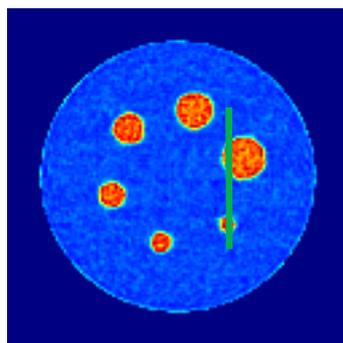
9M

### ❖ La sélection régularisée

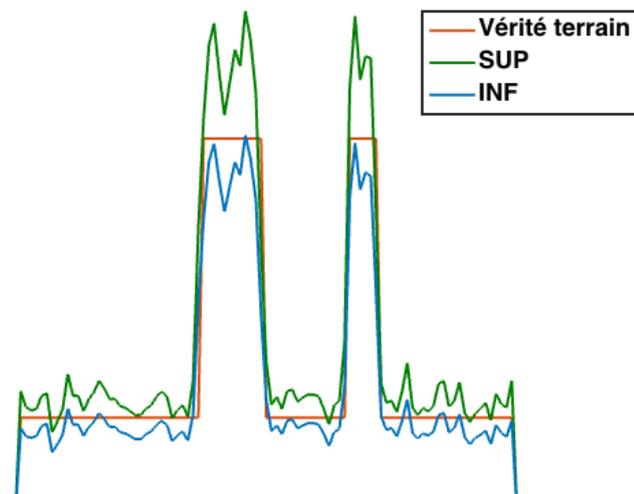
1<sup>ère</sup> étape : Reconstruction intervalliste



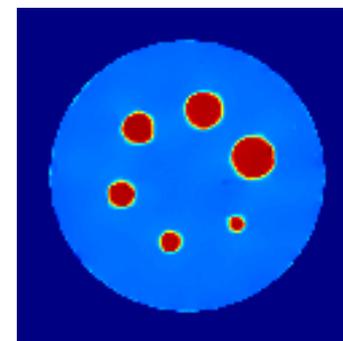
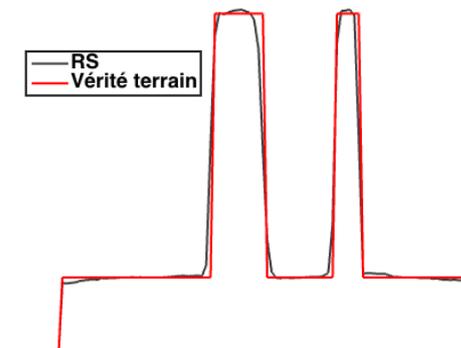
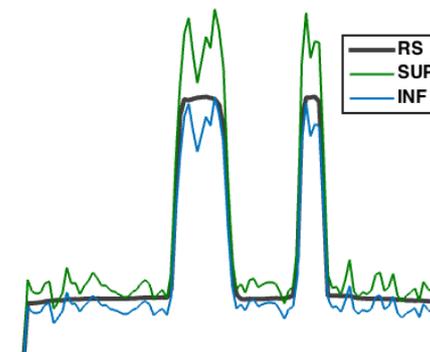
INF



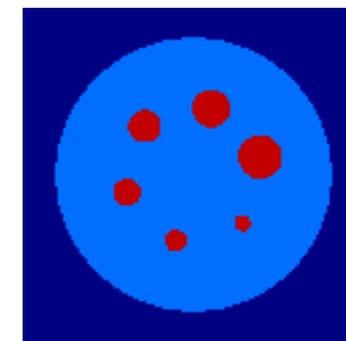
SUP



2<sup>ème</sup> étape : Sélection régularisée (RS)



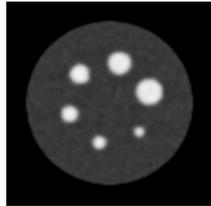
RS



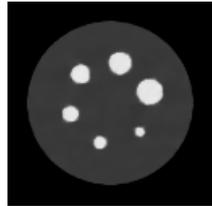
Vérité terrain

### ❖ La sélection régularisée : quelques résultats

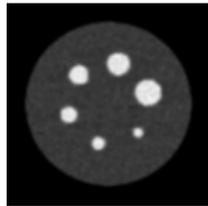
(a) MAP-EM quadratic  
NMAE=0.089  
NMV<sub>1:1</sub>=0.350



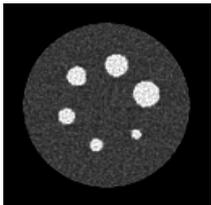
(b) MAP-EM TV  
NMAE=0.043  
NMV<sub>1:1</sub>=0.164



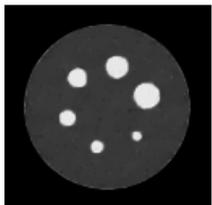
(c) Gaussian smoothing  
NMAE=0.093  
NMV<sub>1:1</sub>=0.479



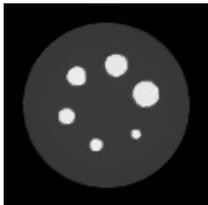
(d) ML-EM  
NMAE=0.086  
NMV<sub>1:1</sub>=0.256



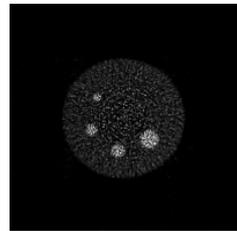
(e) HRS-NIBEM  
NMAE=0.053  
NMV<sub>1:1</sub>=0.153



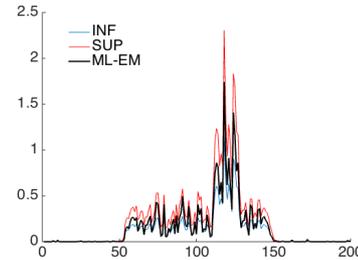
(f) SRS-NIBEM  
NMAE=0.034  
NMV<sub>1:1</sub>=0.121



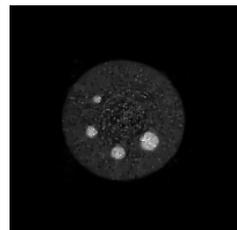
(a) ML-EM



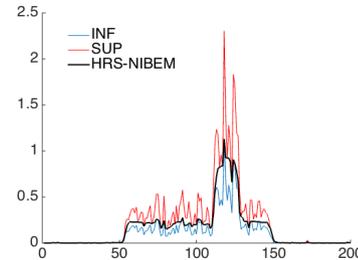
(b) ML-EM profile



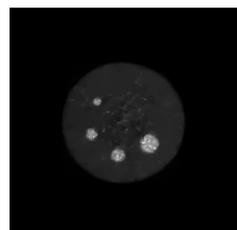
(c) HRS-NIBEM



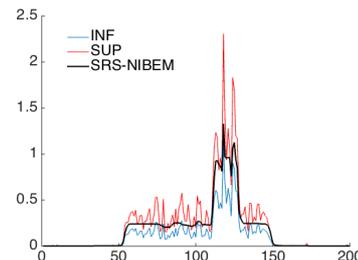
(d) HRS-NIBEM profile



(e) SRS-NIBEM



(f) SRS-NIBEM profile



### ❖ Bilan

- Nouvelle méthode de régularisation pour les problèmes inverses.
- Algorithme fiable, modulaire, et sans paramètres.
- Propriétés très intéressantes en reconstruction tomographique.

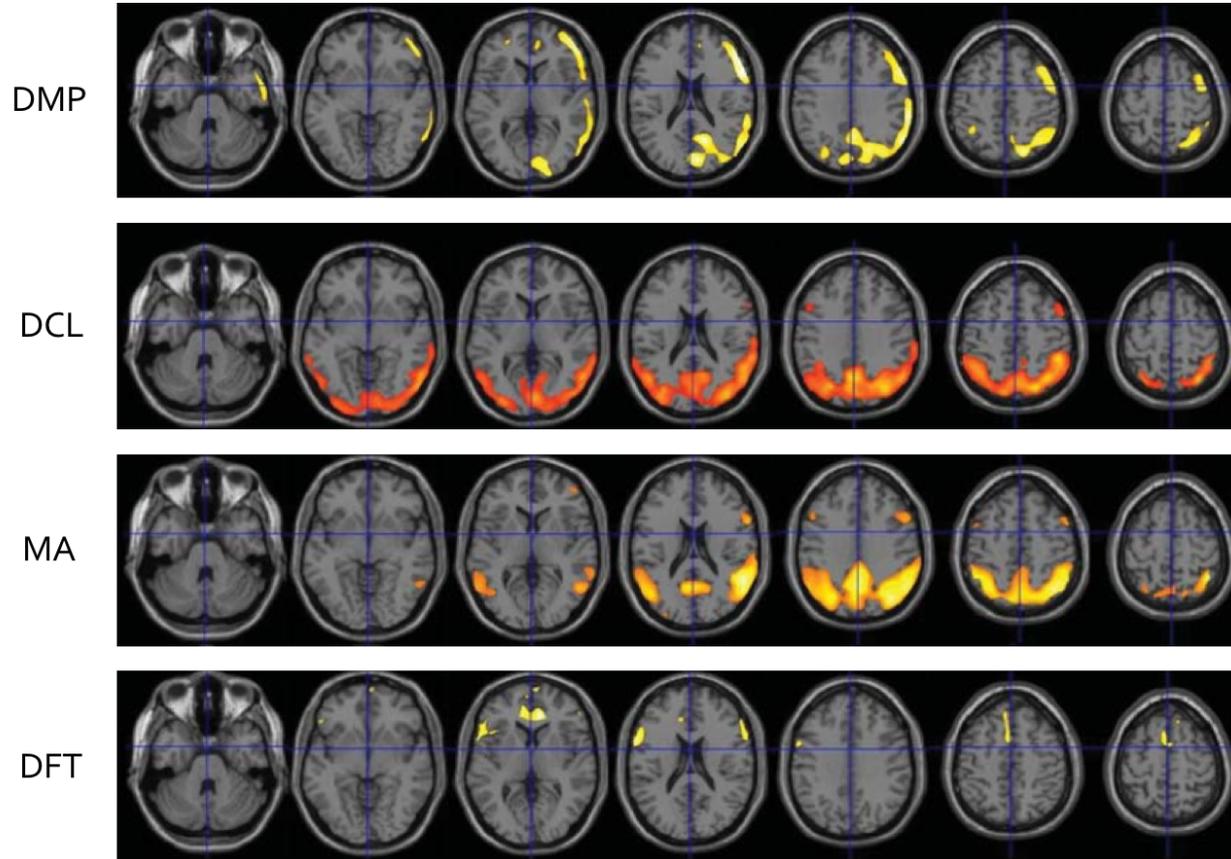
Confidence interval constraint based total variation regularization for PET quantization.  
Submitted to IEEE Transactions in Medical Imaging

# Diagnostic de démences

## Résultats préliminaires



### ❖ Classifier et caractériser

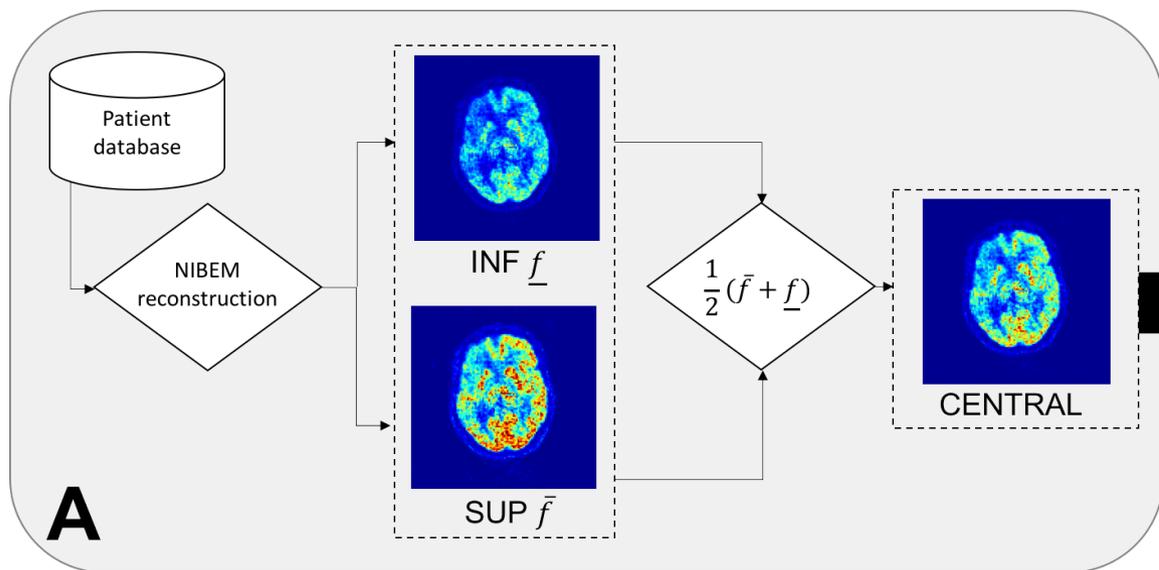


# Diagnostic de démences

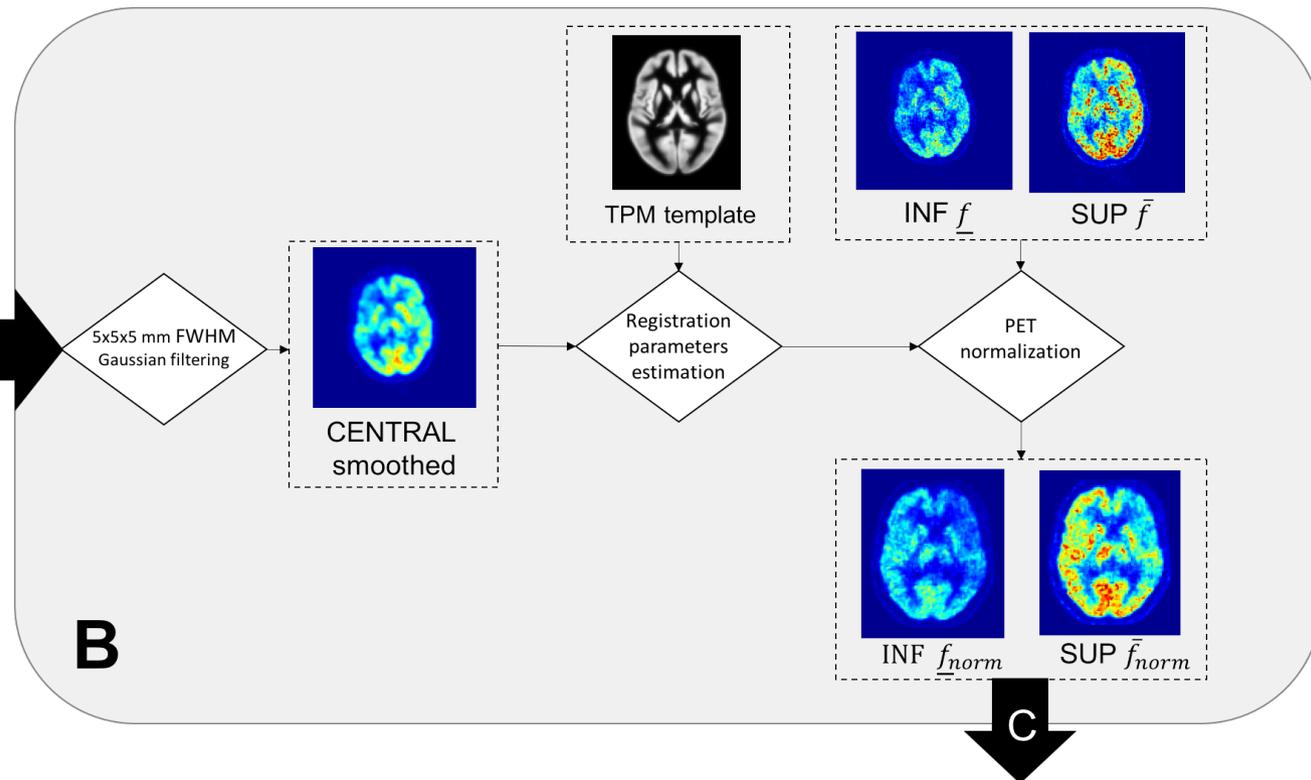
## Méthodologie proposée



### ❖ A : reconstruction



### ❖ B : recalage

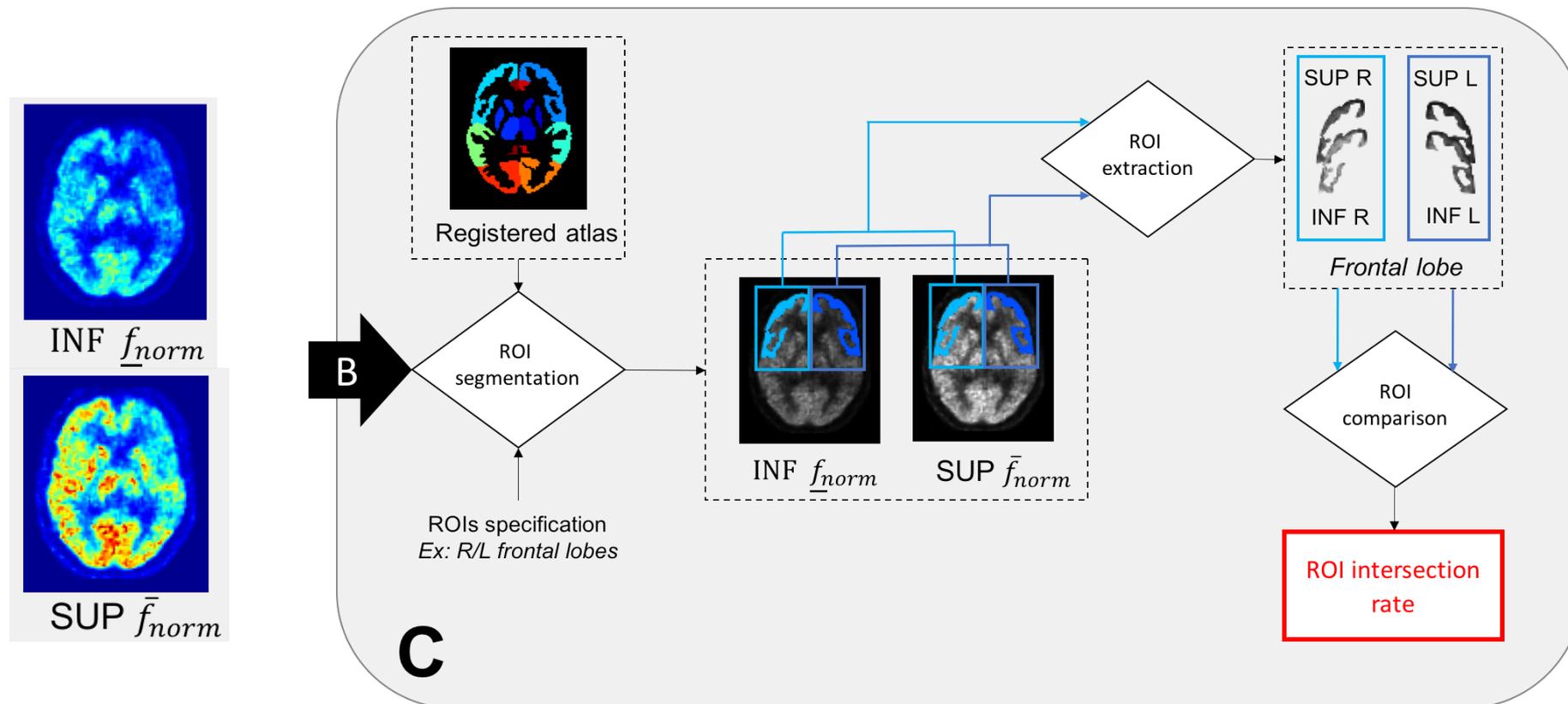


# Diagnostic de démences

## Méthodologie proposée



### ❖ C : segmentation et comparaison



# Diagnostic de démences

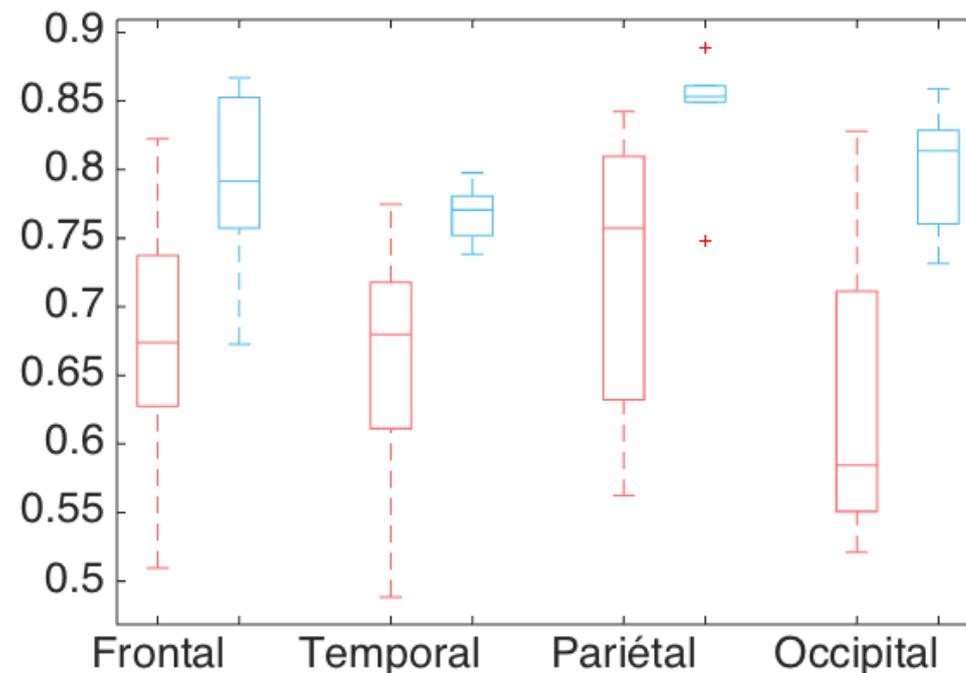
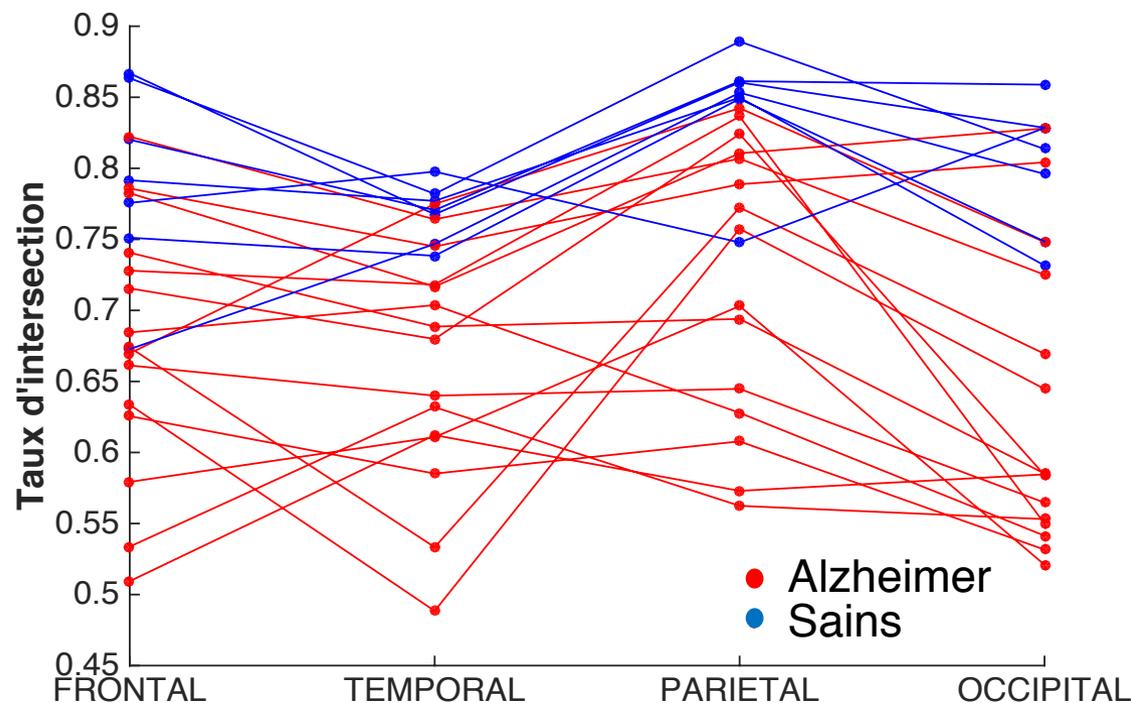
## Résultats (très) préliminaires



### ❖ Constitution d'une base de patients atteints de démence

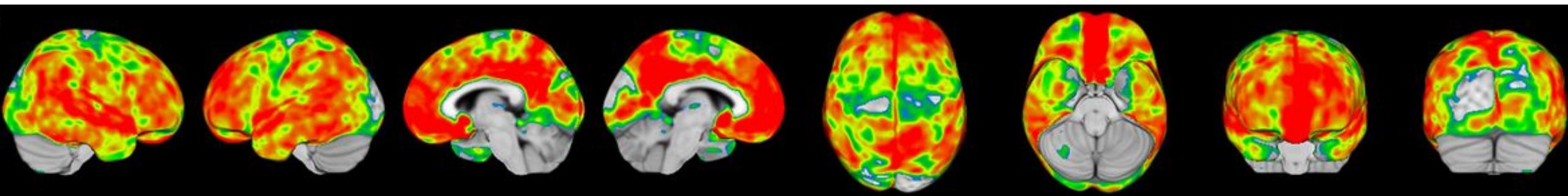
- Etude rétrospective jusqu'à diagnostic final du neurologue → *gold standard*

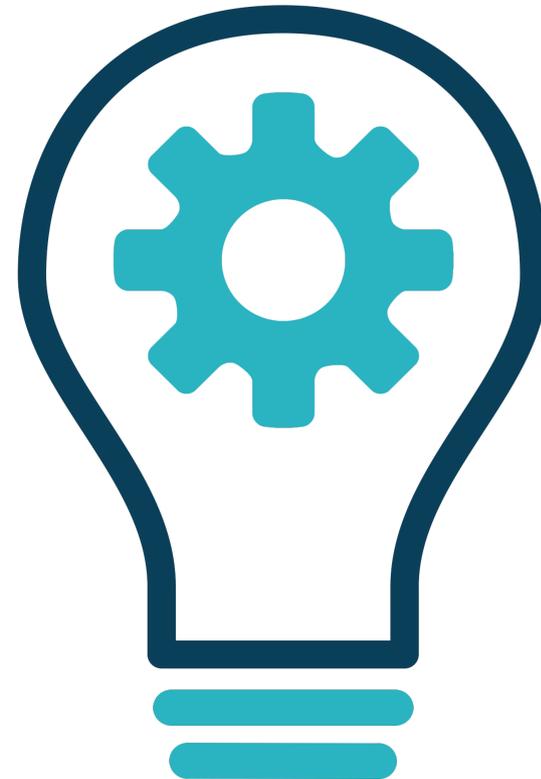
~15 patients Alzheimer  
~10 patients sains



## ❖ Objectifs futurs:

- Publier les travaux sur la méthodologie d'aide au diagnostic de démences
- Recalage imprécis, comparaison CI NIBEM et bootstrap...
- Validation sur d'autres problématiques comme le DaTSCAN.
- **Soutenir**, un jour? 😊





**Merci de votre attention  
Des questions?**