

Classification des IRM par les descripteurs de contenu: Application au diagnostic précoce de la maladie d'Alzheimer

Olfa Ben Ahmed

Jenny Benois-Pineau, université de Bordeaux

Chokri Ben Amar, université de Sfax

Michèle Allard, université de Bordeaux

Plan

A. Introduction

B. Classification des sujets par indexation visuelle de l'Atrophie hippocampique

C. Fusion des signatures visuelles des régions de PCC et de l'hippocampe pour l'aide au diagnostic de MA

D. Extraction des signatures visuelles des Images de Tenseur de Diffusion

E. Conclusion et perspectives

Maladie d'Alzheimer (MA)

- Maladie **neurodégénérative** et **évolutive**
 - Dégradation des fonctions cognitives
 - Troubles de la mémoire, du langage et du comportement
 - Perte d'autonomie progressive
 - Désorientation dans le temps et dans l'espace



Statistiques⁽¹⁾

36 Millions



850000

(32000 < 65 ans)



- En 2050:
 - 115 millions dans le monde, un nouveau cas tout les 7 secondes
 - 2 millions en France (200000 nouveaux cas par an)
- L'impact économique mondial: **600 milliards de dollars en 2010**
- **Enjeu urgent**
 - Diagnostic précoce de la MA
 - Mise en place d'une thérapeutique
 - Ralentir le processus neurodégénératif



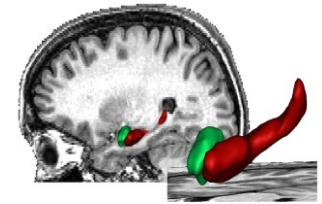
(1) Association Alzheimer's disease International

Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

- Analyse du cerveau: structurelle, fonctionnelle et non invasive
- Contribuer au diagnostic précoce de la MA
 - Altérations structurelles
 - Altérations métaboliques
- Détecter des changements
 - Macro-structurelle → IRM Anatomique/Structurelle
 - Micro-structurelle → Imagerie de Tenseur de Diffusion

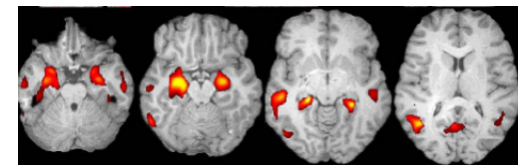
Analyse quantitative de l'atrophie

- Analyse volumétrique/ Région d'intérêt
 - Etudier de la variation du volume d'une région
 - **Manuelle: couteuse en temps, dépend de l'observateur**
 - **Automatique/semi-automatique: souffre des erreurs**



(Chupin 2009)

- Analyse voxélique/Voxel
 - Détecter des différences significatives au niveau de la MG entre deux groupes de sujets par des tests voxel à voxel
 - **Permettre seulement une localisation de l'atrophie, aucune quantification directe**
 - **L'utilisateur doit intervenir pour choisir le paramétrage**

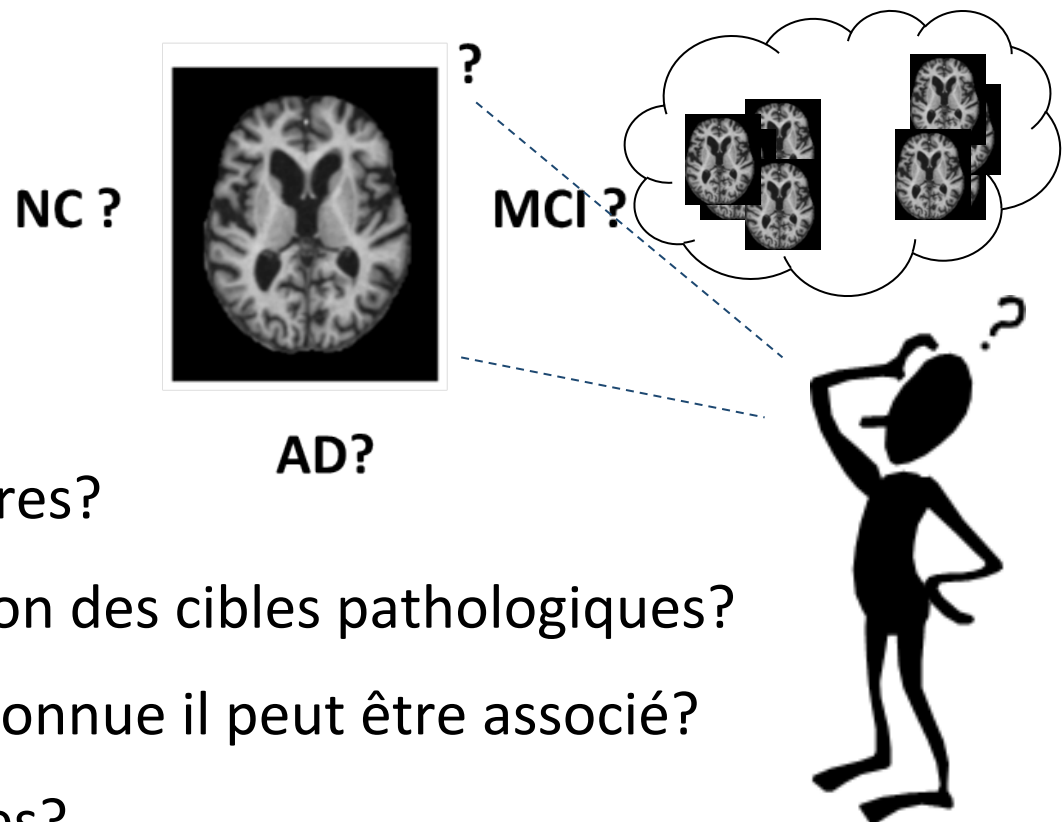


(Lehericy 2007)

- Méthodes pour l'analyse de groupe : ~~Diagnostic individuel?~~

Problématique

- Diagnostic individuel = appréciation visuelle d'un nouveau cas



- Apprendre des cas similaires?
- Détection et caractérisation des cibles pathologiques?
- A quelle classe de sujets connue il peut être associé?
- Listes des images similaires?

Solution

Quantifier l'atrophie cérébrale sous forme d'une signature visuelle spécifique à la MA

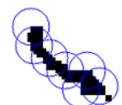
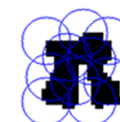
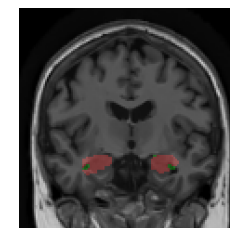
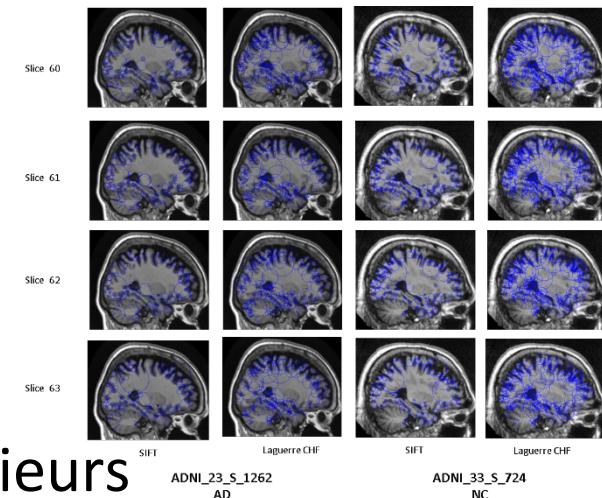
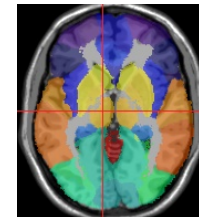
- Représentation des connaissances étroitement liée à la méthode de raisonnement du clinicien
- Diagnostic au niveau individuel

Outils

- Indexation par le contenu visuel des images
- Utilisation de « **Connaissance de domaine** » en :
 - Acquisition d'image IRM
 - Diagnostic de la MA

Méthodologies

- Etudier très finement les ROIs
 - Parcellisation par un atlas anatomique normalisé
- Extraire l'information visuelle
 - Slice 2D
 - Descripteurs locaux
- Fusionner des informations issues de plusieurs ROI
 - Fusion précoce
 - Fusion tardive



Plan

A. Introduction

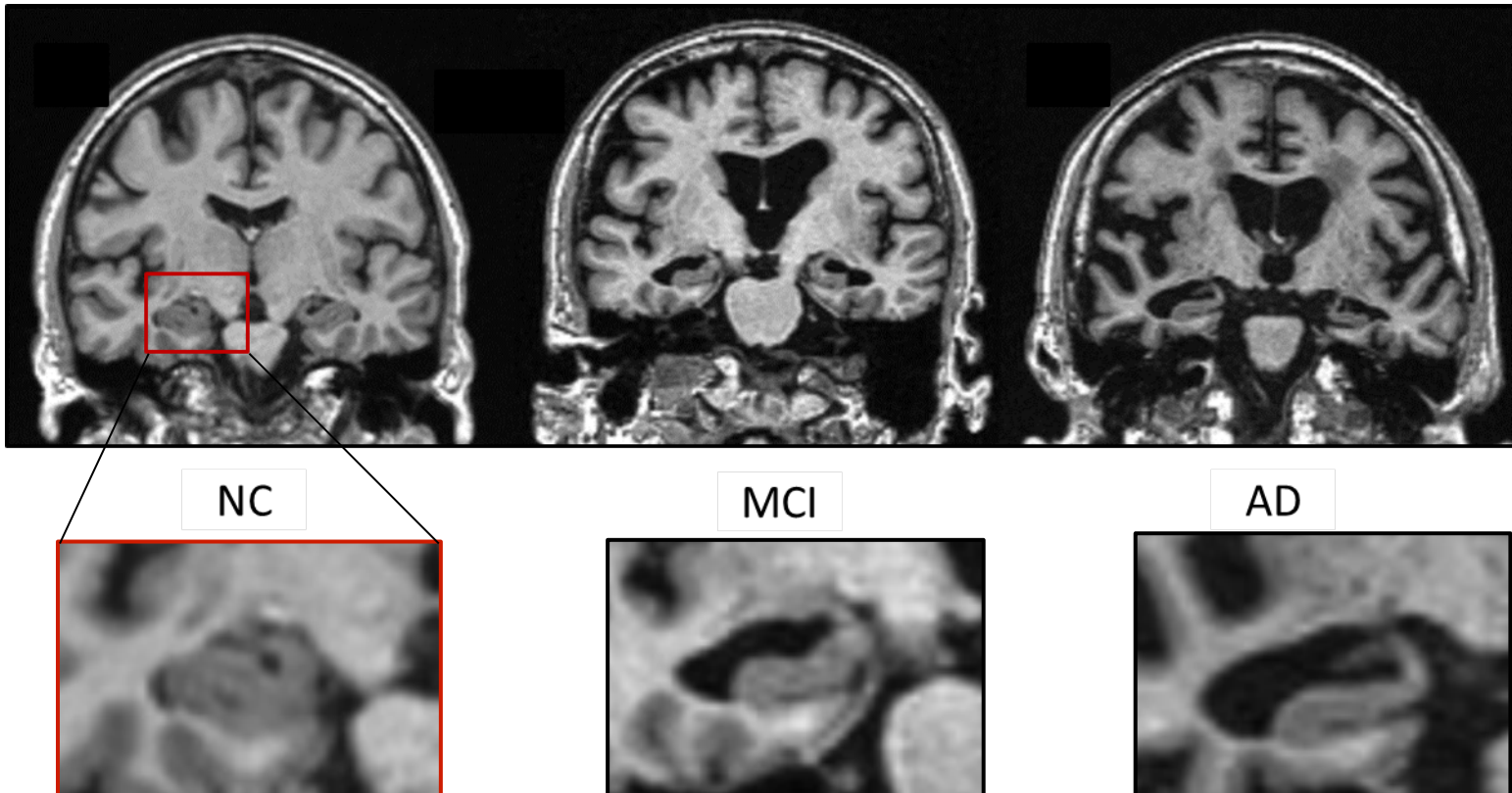
B. Classification des sujets par indexation visuelle de l'Atrophie hippocampique

C. Fusion des signatures visuelles des régions de PCC et de l'hippocampe

D. Extraction des signatures visuelles des Images de Tenseur de Diffusion

E. Conclusion et perspectives

- Interprétation visuelle de l'atrophie « Connaissance de domaine »
 - **Altération** de structure de l'hippocampe (rétrécit)
 - **Augmentation** de la quantité de LCS dans la zone hippocampique



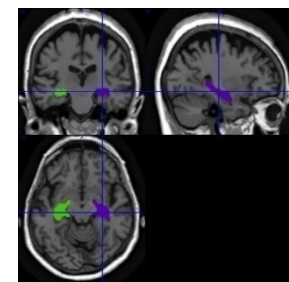
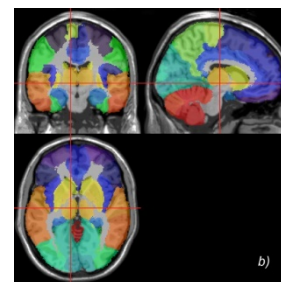
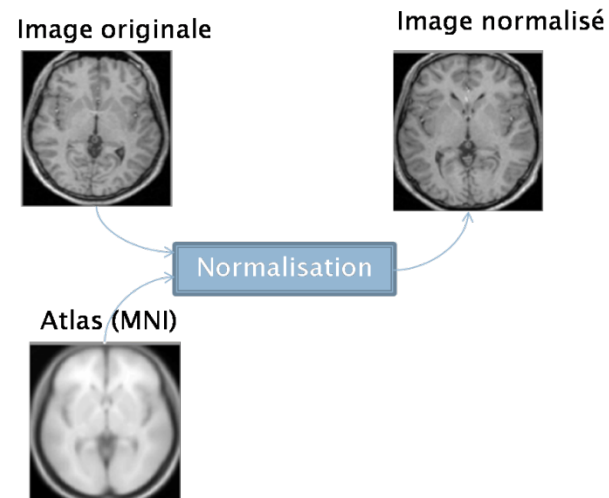
Extraction de Région d'intérêt (ROI)

- Normalisation spatiale
 - Transformation affine
 - Montreal Neurological Institute (MNI) 152

Conserver la forme des ROIs!

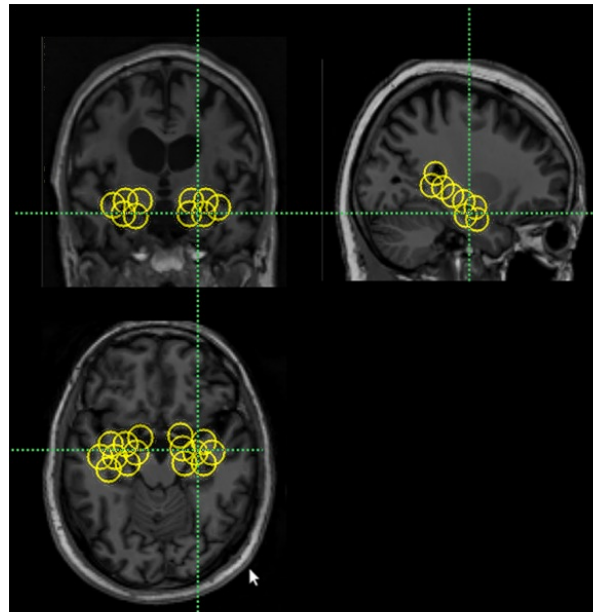
- Sélection de ROI
 - Parcellisations surfacique
 - Anatomical Automatic Labeling (AAL)

- Création de masque de la région d'hippocampe



Description de contenu

- Atrophie = variation de signal
- Extraction des descripteurs locaux
 - Par projection (sagittal, axial et coronal)
 - Par slice



Descripteurs locaux

- **Fonctions Harmonique Circulaire de Laguerre-Gauss**
 - Analyse multi résolution de l'image dans le domaine transformé par Laguerre Gauss
 - Descripteur local: les coefficients transformés dans plusieurs échelles
 - Invariance par rotation
 - Efficace pour capter les variations atténuées de contraste

Fonctions Harmonique Circulaire de Gauss-Laguerre

- Fonctions complexes

$$\Psi(r, \theta; \sigma) = \Psi_n^{|\alpha|} \left(\frac{r^2}{\sigma} \right) e^{i\alpha\theta}$$

$n=0,1,\dots$ ordre radial

$\alpha=0,\pm 1,\pm 2,\dots$ ordre angulaire

- Profil r

$$\Psi_n^{|\alpha|}(x) = \frac{1}{\sqrt{n!\Gamma(n+\alpha+1)}} x^{\frac{\alpha}{2}} e^{\frac{-x}{2}} L_n^\alpha(x)$$

$$L_n^\alpha(x) = (-1)^n x^{-\alpha} e^x \frac{d}{dx^n} (x^{n+\alpha} e^{-x})$$

Fonctions Harmonique Circulaire de Laguerre-Gauss

$$S(x_0, y_0) = \sum_{\alpha=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} g_{\alpha,n}(x_0, y_0; \sigma) \Psi_n^{\alpha}(r, \theta, \sigma),$$

$$g_{\alpha,n}(x_0, y_0; \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(x_0, y_0) \overline{\Psi_n^{\alpha}(r, \theta, \sigma)} dx dy,$$

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2},$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{y - y_0}{x - x_0}\right)$$

Descripteur

- Pour chaque point $\overline{K} = (\overline{x}, \overline{y}, \overline{\sigma})$

$$\overline{\chi}(n, \alpha, j) = A_{norm} \cdot g_{\alpha, n}(x, y; \sigma_j) e^{-i\alpha\phi_j},$$

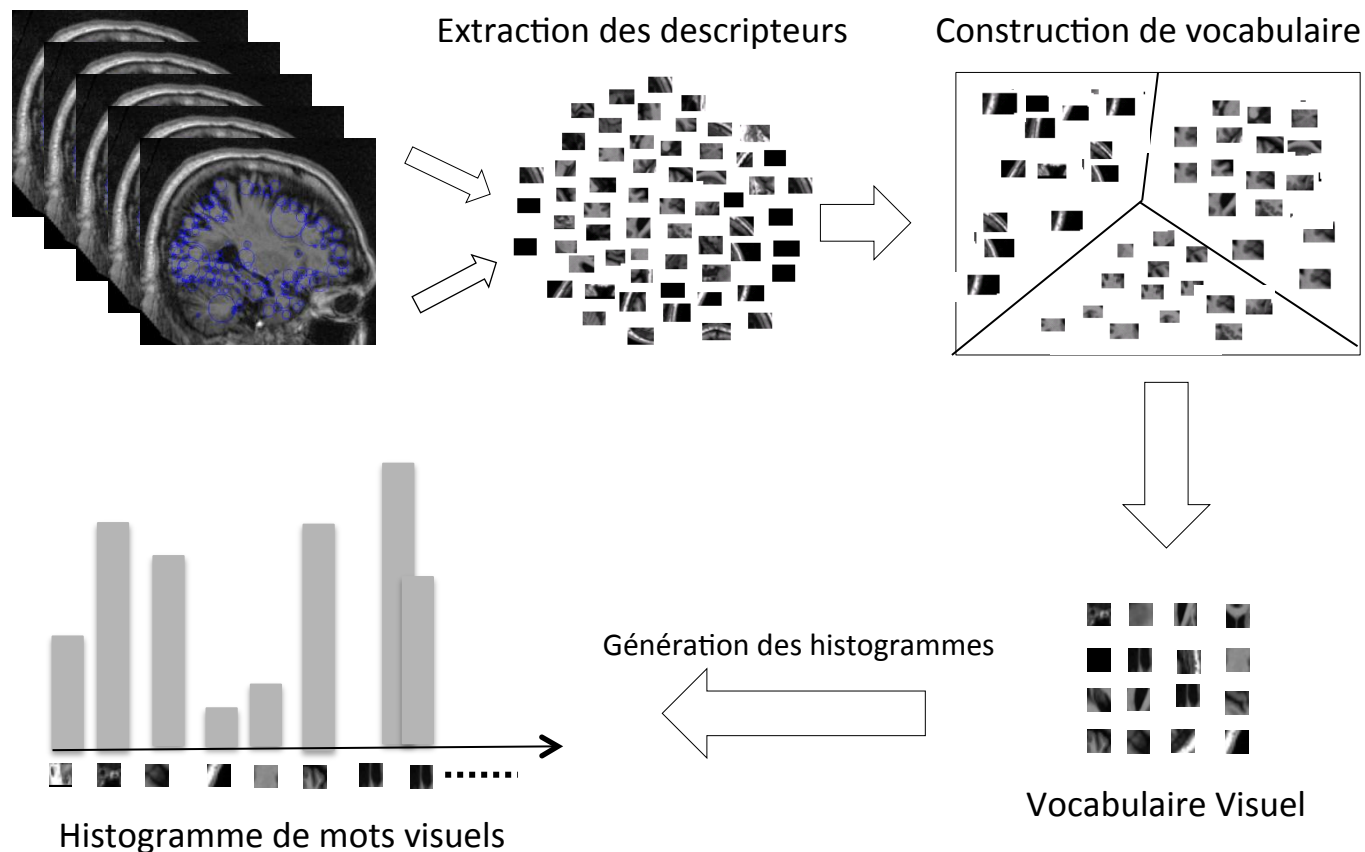
$$n = 0, \dots, n_{max}, \alpha = 1, \dots, \alpha_{max},$$

$$j = -j_{max}, \dots, j_{max}.$$

- Avec

$$\phi_j = \arg(g_{1,0}(\overline{x}, \overline{y}; \sigma_j)).$$

Sac des mots visuels

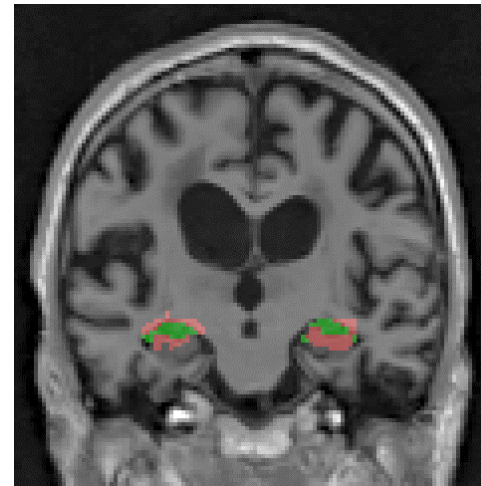


Construction de la signature visuelle

- Construction d'un vocabulaire pour chaque projection
- Calcul d'un histogramme d'occurrence des mots visuels pour chaque projection
- Fusion des histogrammes des trois projections pour construire la signature globale de la région

Calcul de volume de LCS

- LCS correspond à des zones noires dans IRM pondérée en T1

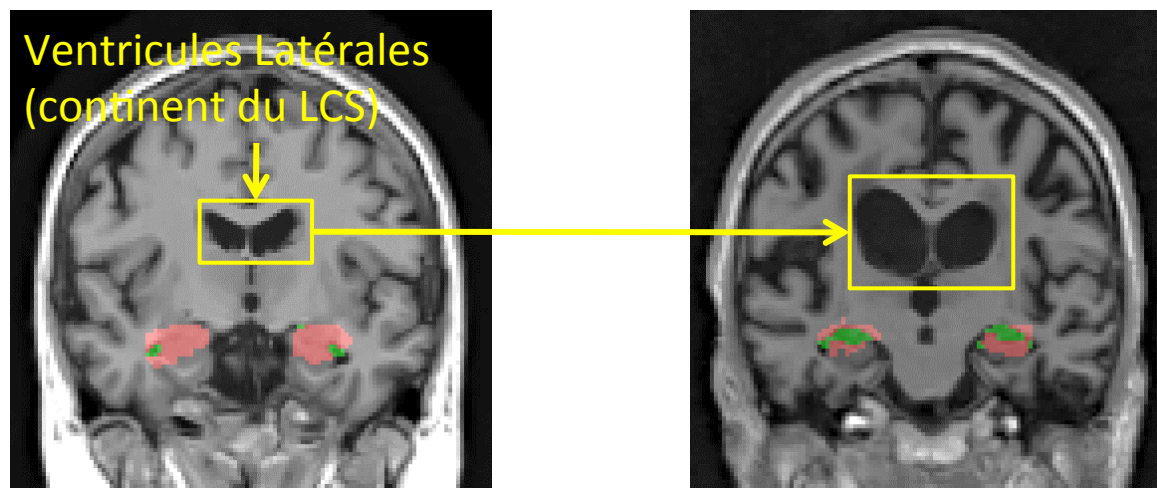


- L'augmentation de nombre des pixels de LCS est un bon marqueur de la MA



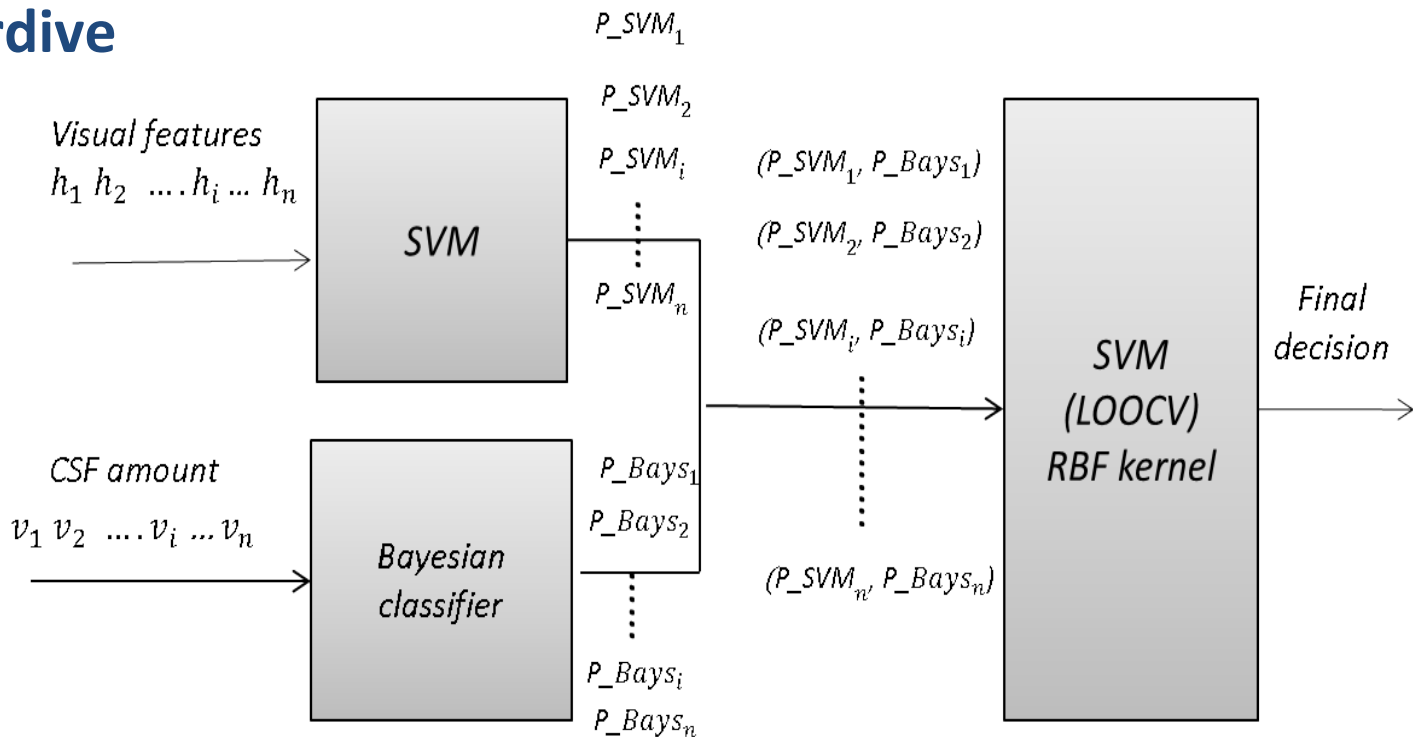
Calculer le nombre des pixels noirs

- Normalisation d'intensité



- Collection de tout les pixels de l'hippocampe
- Appliquer la méthode d'**Otsu**
- Ajout des pixels de Ventricule Latéral pour une bonne délinéation

Fusion tardive

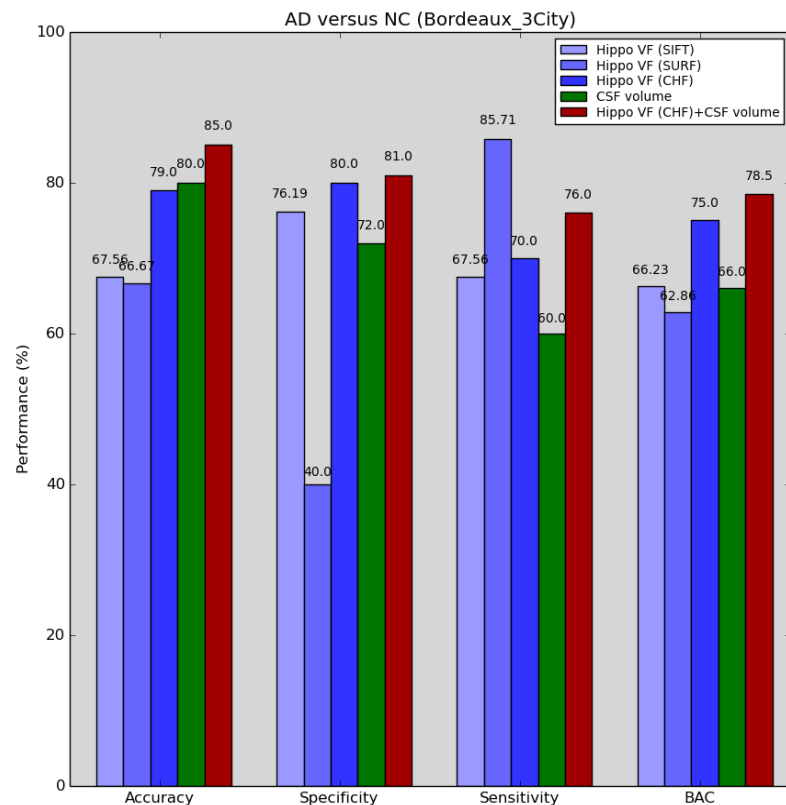
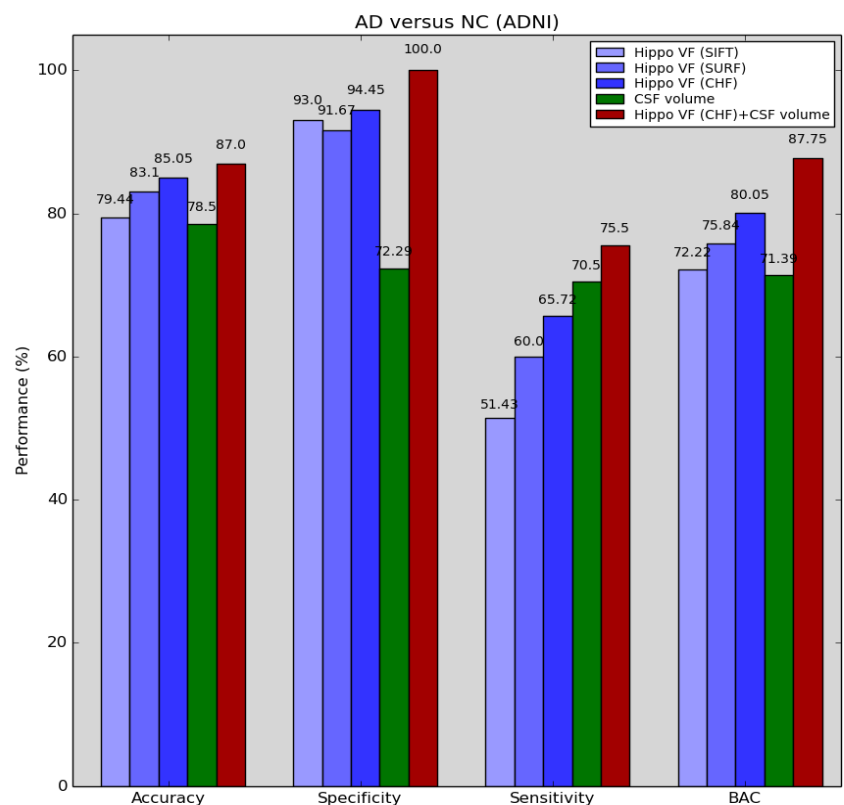


- Fusion des sorties probabilistes de deux classifieurs
 - Classifieur bayésien pour le volume de LCS
 - Classifieur SVM pour les descripteurs de structure

Bases d'images

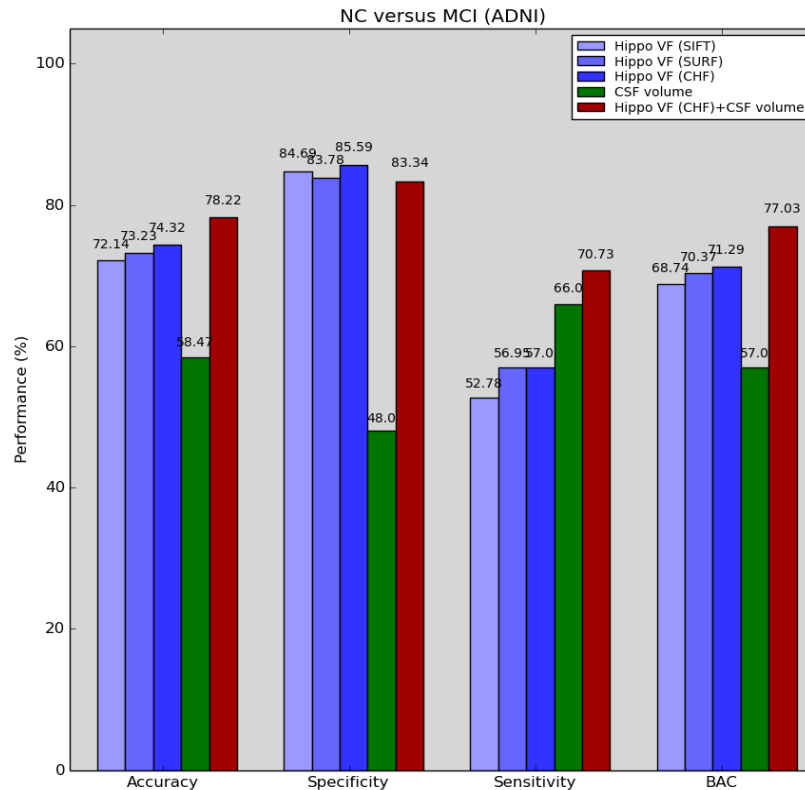
- ADNI (Initiative neuro-imagerie de la maladie d'Alzheimer)
 - Projet mondial
 - Partage de données pour la recherche en traitement et diagnostic de la maladie d'Alzheimer
- Bordeaux- 3City
 - Etude Epidemiologique (3C-study) de l'Institut de Neurosciences cognitives et intégratives d'Aquitaine
 - Scans des personnes âgées de 65 ans ou plus ont été recrutées dans les villes de Bordeaux, Dijon et Montpellier
- Images pondérées en T1, un scan par sujet

Résultats (AD versus NC)

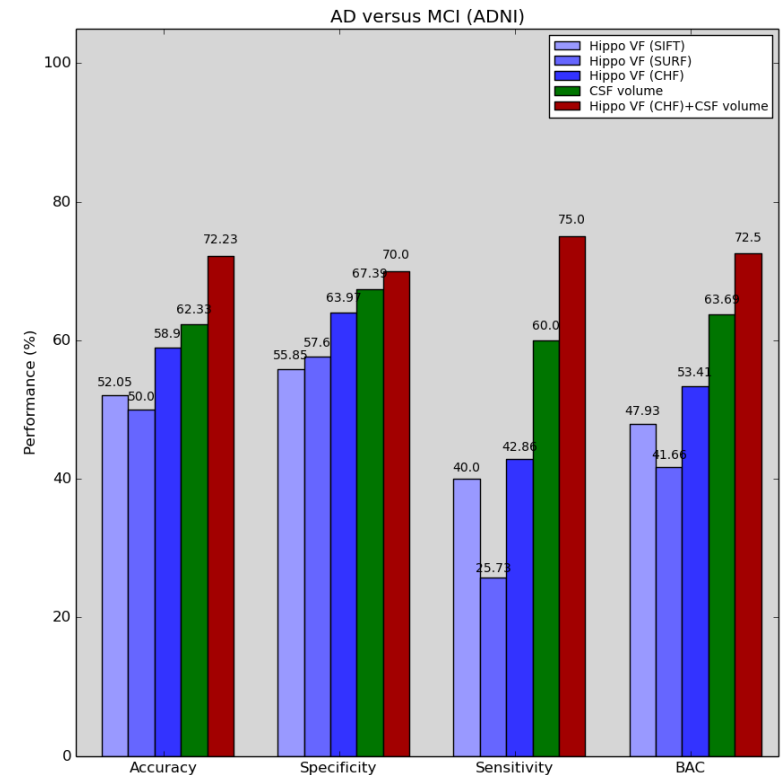


- CHFs est plus performant que SIFT et SURF
- La fusion tardive améliore les résultats

Résultats (NC versus MCI)



Résultats (AD versus MCI)



- CHFs est plus performant que SIFT et SURF
- La fusion tardive améliore les résultats

Plan

A. Introduction

B. Classification des sujets par indexation visuelle de l'Atrophie hippocampique

C. Fusion des signatures visuelles des régions de CCP et de l'hippocampe

D. Extraction des signatures visuelles des Images de Tenseur de Diffusion

E. Conclusion et perspectives

- Hippocampe

- L'atteinte de l'hippocampe est précoce: diminution de volume de l'hippocampe

- Cortex Cingulaire Postérieur (CCP)

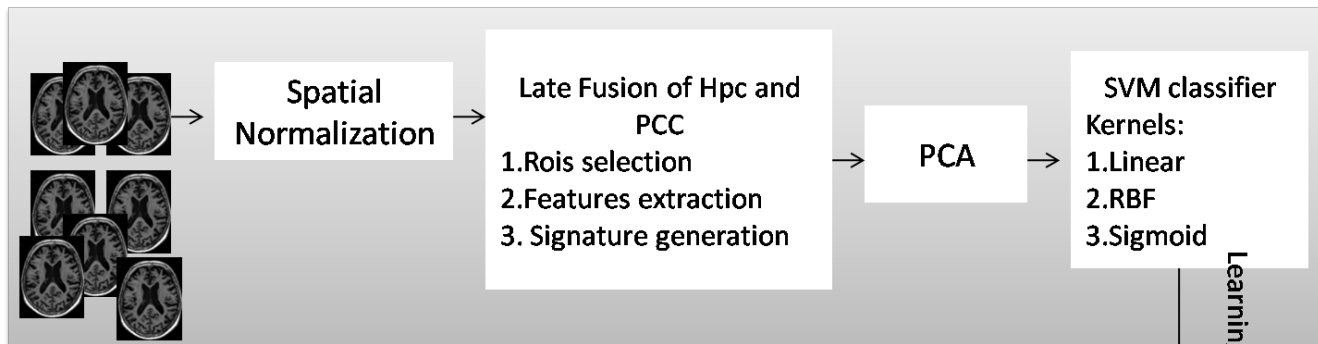
- Zone de la mémoire autobiographique
- Hypo-métabolisme du CCP à un stade plus précoce de la maladie d'Alzheimer
- Permet une prédiction de la conversion rapide vers AD et donc, connaître les cas MCI

Hypothèse

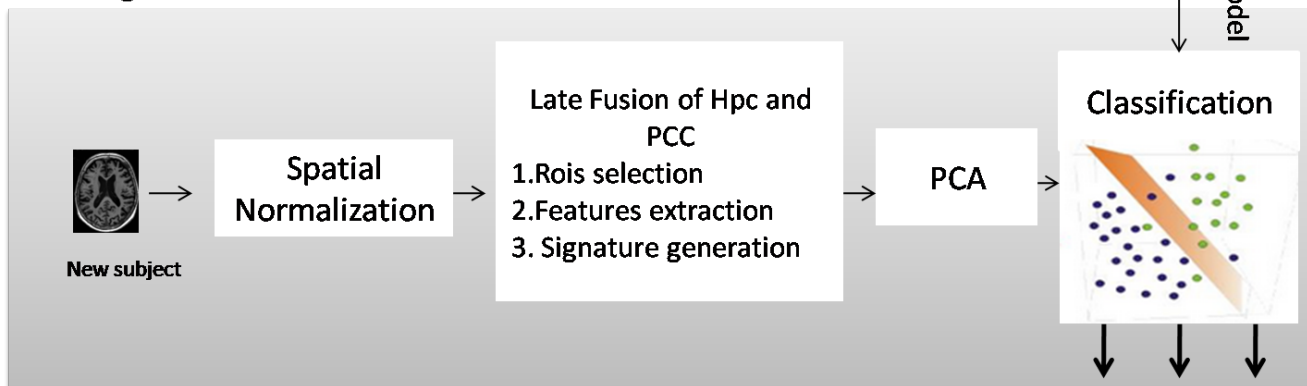
L'utilisation de l'hippocampe et de CCP pourrait être plus efficace pour l'aide au diagnostic de la MA par rapport à l'utilisation de l'hippocampe tout seul

Classification

Training



Testing

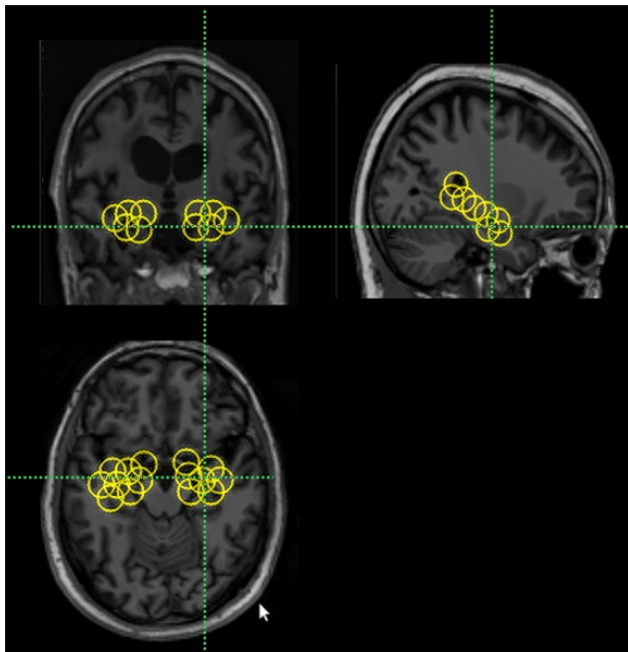


Validation croisée avec K=10 répétée 50 fois

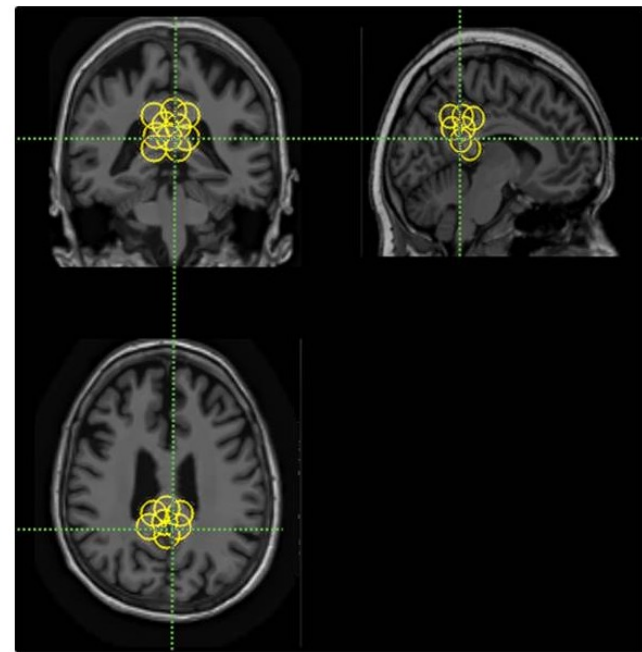
AD ? NC ? MCI ?

Extraction des descripteurs

Descripteurs : CHFs .



(a)



(b)

Comparaison avec une méthode volumétrique

		Volume de Hippocampus (8)	Hippocampus-CHFs	Fusion des Volumes (8)	CSF +Hipp(notre approche)	Hipp+PCC (notre method)
AD vs NC	Acc	65,5%	80,4%	85,4%	87%	83,7%
	Sens	57,8%	74,2%	88,8%	75,5%	78,8%
	Spe	73,3%	82,8%	82%	100%	85,7%
	Bac	65,5%	78,5	85,4%	87,8%	82,2
MCI vs NC	Acc	61,9%	62,2%	72%	78,2	66,7%
	Sens	57,7%	59,1%	70,1%	70,7	62%
	Spe	66,1%	61,9%	73,9%	83,5	68,3%
	Bac	61,9%	60,5%	72%	77,1	65,1
AD vs MCI	Acc	42,3%	74,2%	60,9%	72,2	76,5%
	Sens	45,3%	77,5%	80,4%	75%	78,9%
	Spe	39,2%	39,3%	41,4%	70%	52,8%
	Bac	42,2%	58,4%	60,9%	72,5%	65,8%

(8) Yang X, Tan MZ, Qiu A (2012) CSF and brain structural imaging markers of the Alzheimer's pathological cascade. PLoS ONE 7(12):e47,406. doi:10.1371/journal.pone.0047406

Temps de traitement

- Station de travail
 - Intel(R) Core™ i7-3470 CPU @ 3.20GHz avec 8 GB de RAM
- Temps de traitement
 - Pre-traitement: 2,5 min
 - Features extraction: 0,8 min
 - Construction de la signature (BoVW): 1,9 min
 - Classification: 1,3 min

Plan

A. Introduction

B. Contributions

1. Classification des sujets par indexation visuelle de l'Atrophie hippocampique
2. Fusion des signatures visuelles des régions de PCC et de l'hippocampe pour l'aide au diagnostic de MA
- 3. Extraction des signatures visuelles des Images de Tenseur de Diffusion**

C. Conclusion et perspectives

Interprétation visuel de l'atrophie de l'hippocampe

- Diffusion rapide dans l'hippocampe

=

Dégénération des cellules

- Diffusion rapide

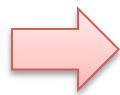
=

Pixels lumineux sur les cartes MD

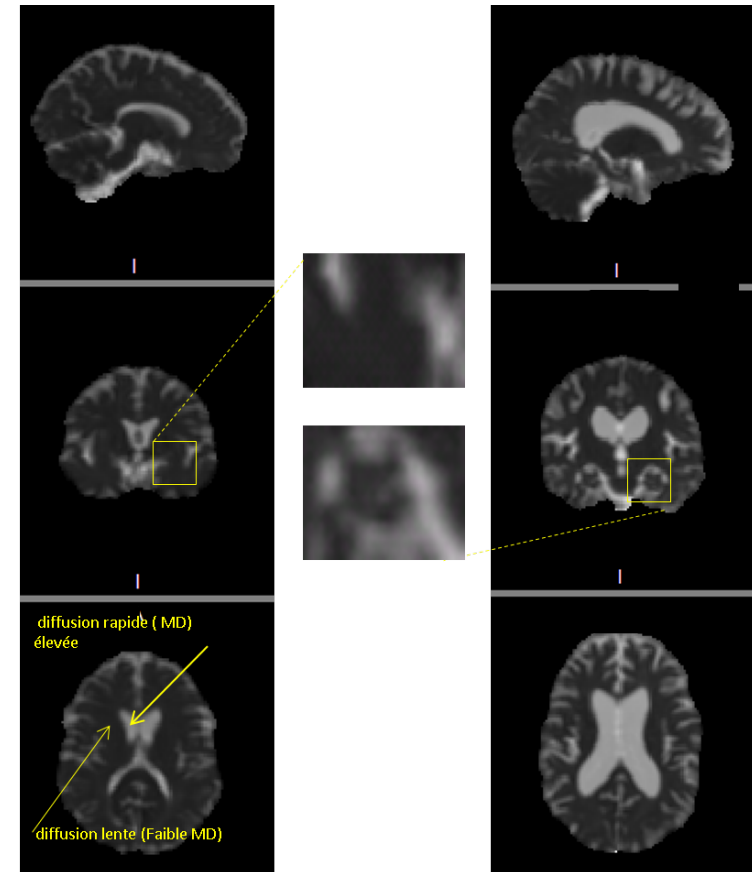
- Atrophie de l'hippocampe

=

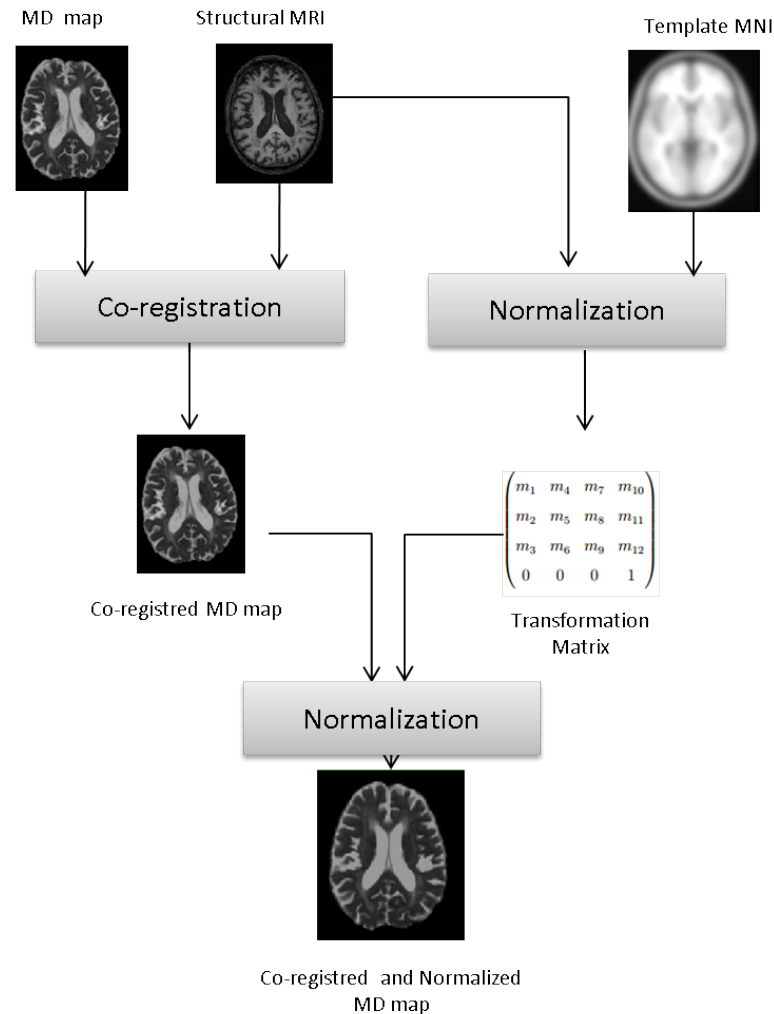
Hypersignal



**Extraire des caractéristiques de la carte MD
pour construire une signature visuelle de
l'atrophie**



Prétraitement des cartes MD



- VBM toolbox
- SPM

Base de donnée (ADNI)

- ✓ 24 NC
- ✓ 25 AD
- ✓ 21 MCI

Résultats (K=200)

	AD versus NC	MCI versus NC	AD versus MCI
Accuracy % [95%]	86.73 [86.10 87.37]	77.39 [75.67 79.12]	73.11[71.32 74.90]
Sensitivité %[95%]	98 [96.76 99.24]	89.20 [86.97 91.43]	77.92[76.26 79.57]
Spécificité %[95%]	75[74 75]	63.33 [60.68 65.99]	67.62[63.7 71. 53]
BAC %	86.5	76.27	72.77



La description des carte MD par les descripteur de contenu est discriminante pour la MA

Conclusion

- Signature visuelle spécifique à la maladie d'Alzheimer
- La fusion des caractéristiques visuelles extraites des ROIs donne de bonne précision de classification
- La ITD a montré son efficacité pour séparer les sujets
- Les résultats obtenus en se basant sur des informations visuelles sont très encourageants et comparables avec les résultats de l'état de l'art
- Le méthode est automatique
- Simple, utilisation de l'atlas pour la sélection des ROIs
- Extensible pour l'évaluation d'autre type de maladie de cerveau

Perspectives

- Analyser d'autres ROIs
- Augmenter le nombre des sujets à étudier
- Contribuer à la détection des sujets MCI convertisseurs en non convertisseurs a la maladie d'Alzheimer
- Généraliser l'approche pour le cas 3D et le comparer avec le 2D
- Fusion Multimodale entre TDI et IRMs

Questions

