

10 ans IRISATECH - 26/06/2007

# Evolutions et perspectives du traitement de l'information dans la neuroimagerie clinique

Christian BARILLOT, *DR CNRS*

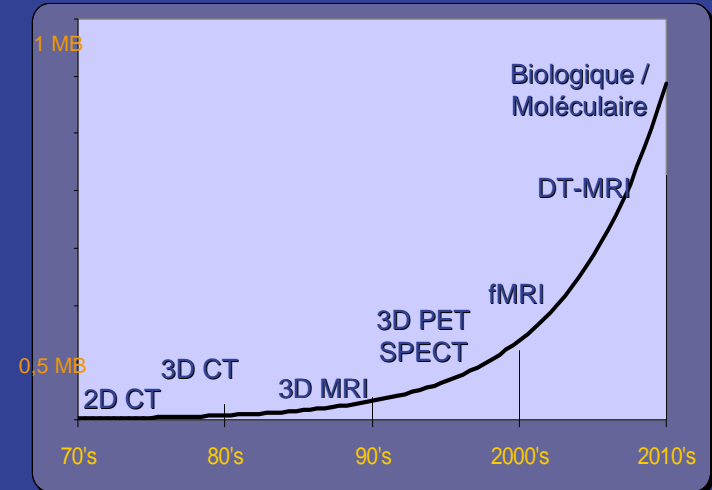
Unit/Project VisAGeS - U746, INRIA/INSERM  
*IRISA, CNRS UMR-6074, Univ. Rennes 1  
Rennes, France*

## ● Contexte :

- Augmentation de la quantité de données à traiter en médecine (« *du volume à la masse* »)
- Explosion des moyens de communication et d'échange

## ● Défis :

- Guider le clinicien dans la masse de données qu'il doit intégrer pour prendre sa décision
- Guider le chirurgien dans l'exploitation des différents capteurs et effecteurs du théâtre interventionnel



- ▶ Sclérose en plaques  
12000 images\*/patient/an
- ▶ Chirurgie de l'épilepsie  
7000 images\*/intervention

\*: 1 image = 1 coupe IRM 2D

# Projet Scientifique: Objectifs

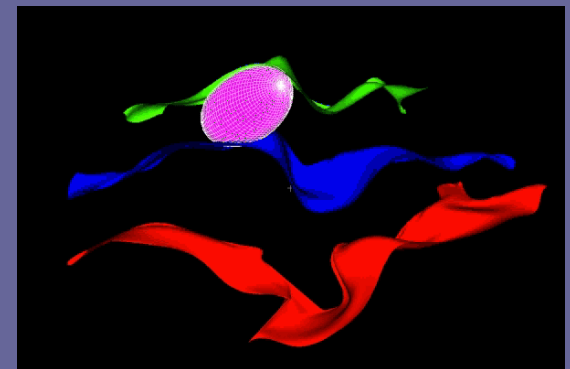
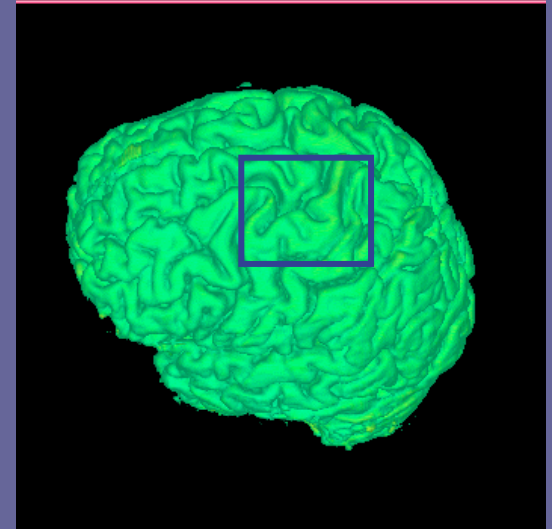
## Objectifs Médicaux:

### Pathologies du système nerveux central

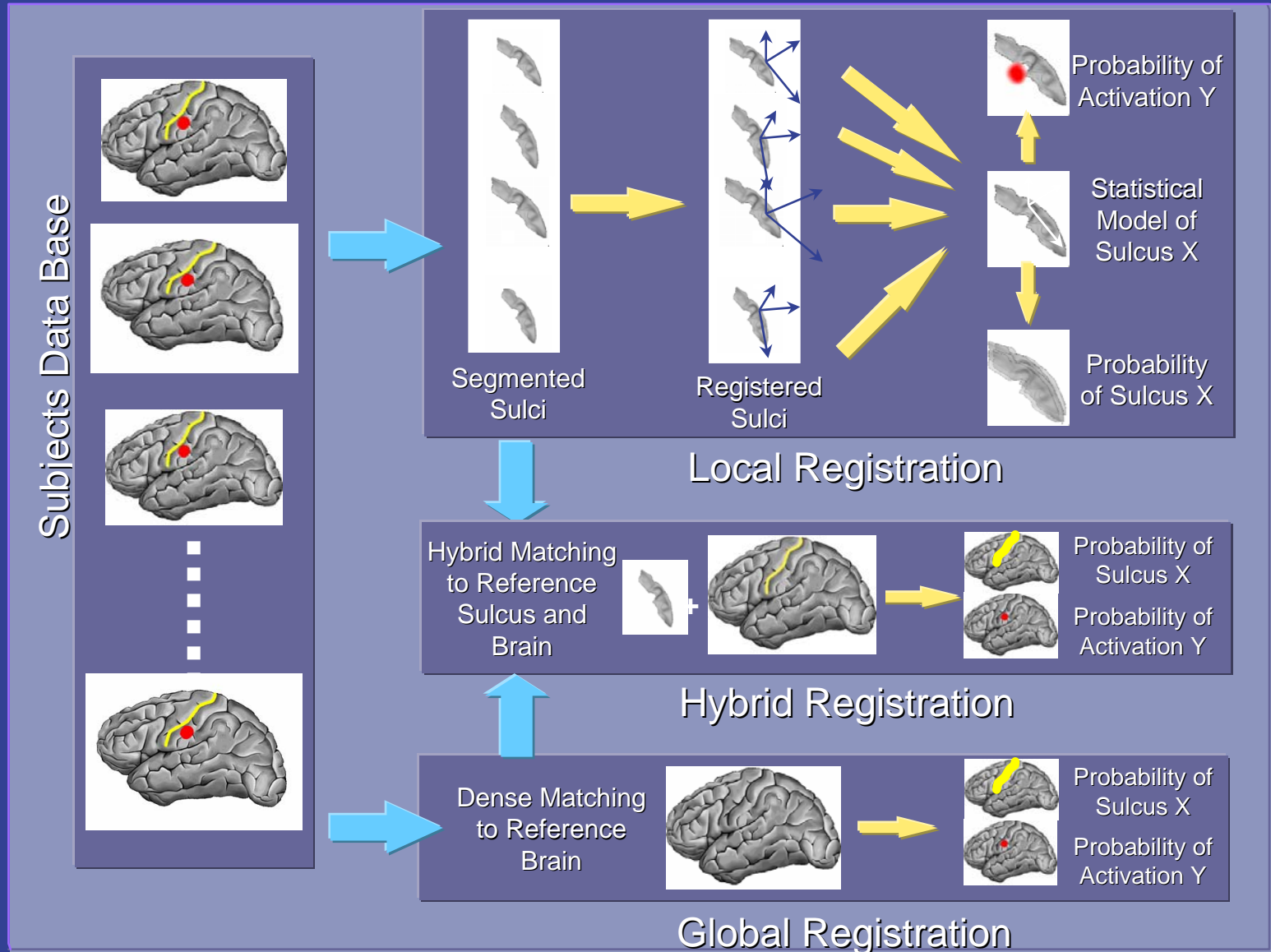
- Pathologies Neurologiques
  - ▶ Sclérose en Plaques, épilepsie, démences, maladies dégénératives, TOC ...)
- Neurochirurgie guidée par l'image
  - ▶ Imagerie per-opératoire en neurochirurgie

## Objectifs Méthodologiques

- Fusion d'informations en santé
  - ▶ Recalage non rigide en chirurgie (phénomènes dissipatifs ou évolutifs)
- Analyse d'images médicales
  - ▶ Intégration de modèles a priori (atlas)

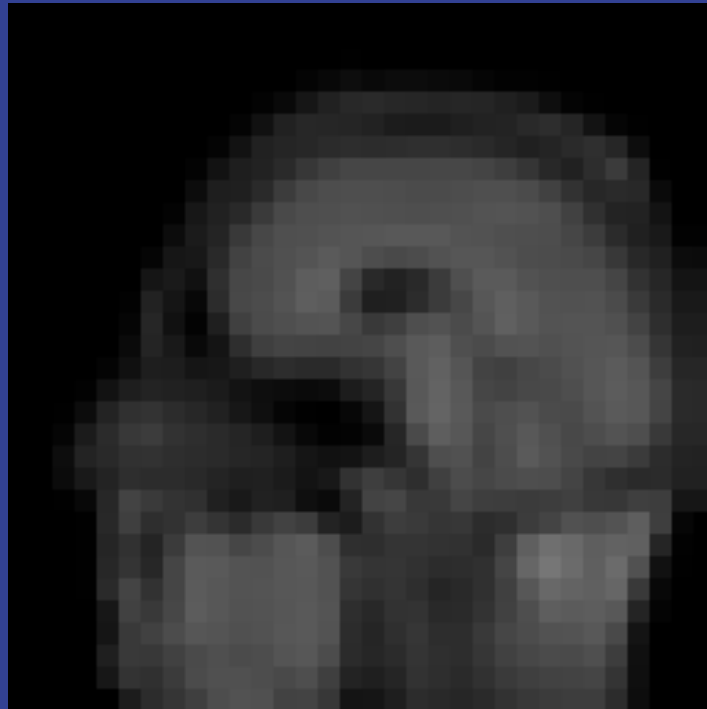


# Recalage d'Images Non-Rigide



# Recalage d'Images Non-Rigide

- Romeo<sup>©</sup> (photometric registration) [TMI 01]
- Juliet<sup>©</sup> (hybrid registration) [TMI 03]
- Validation : International project [TMI 03] [TMI 02]
- Shaped based probabilistic atlases [Neuroimage 03] [Media 04]



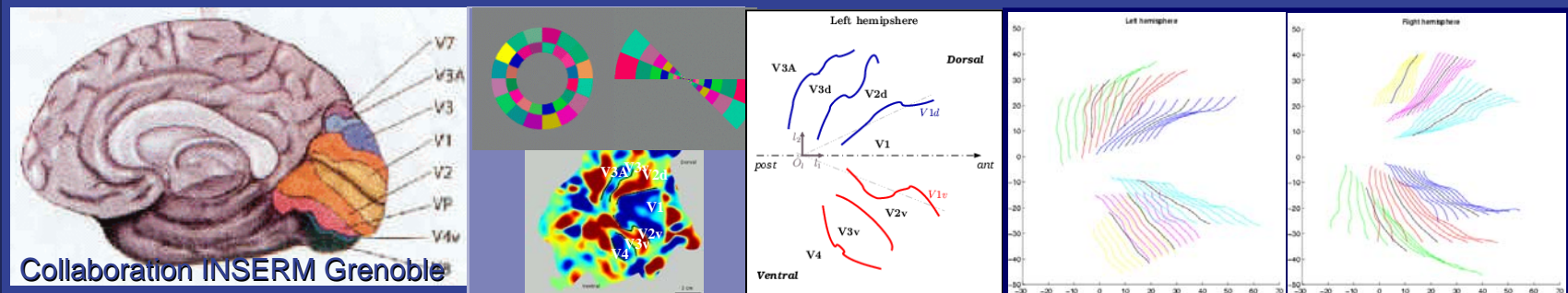
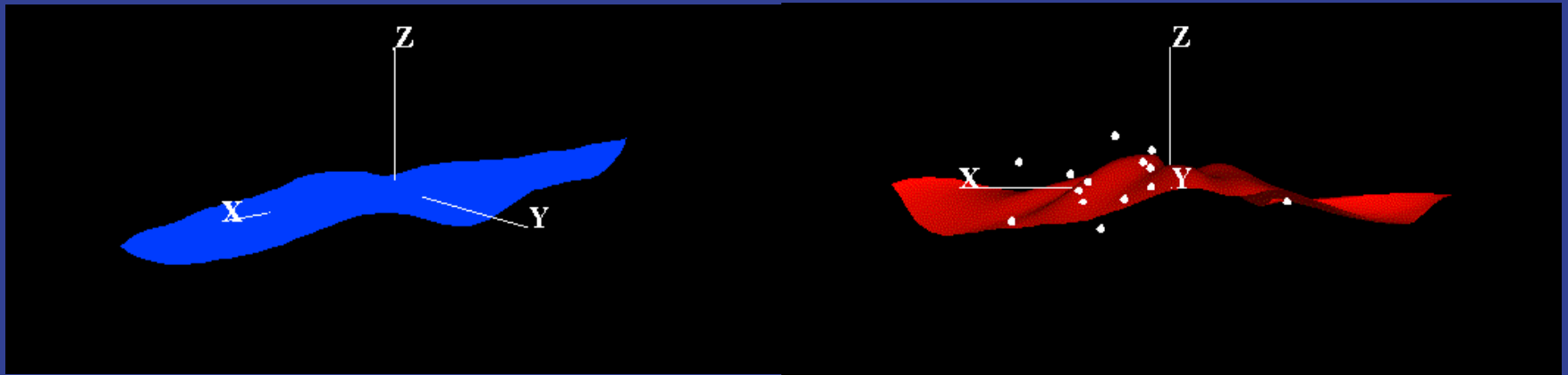
# Recalage d'Images Non-Rigide

- Romeo (photometric registration) [TMI 01]
- Juliet (hybrid registration) [TMI 03]
- Validation : International project [TMI 03] [TMI 02]
- Shaped based probabilistic atlases [Neuroimage 03] [Media 04]



# Recalage d'Images Non-Rigide

- Romeo (photometric registration) [TMI 01]
- Juliet (hybrid registration) [TMI 03]
- Validation : International project [TMI 03] [TMI 02]
- Shaped based probabilistic atlases [Neuroimage 03] [Media 04]



# Spatio-temporal analysis of imaging data

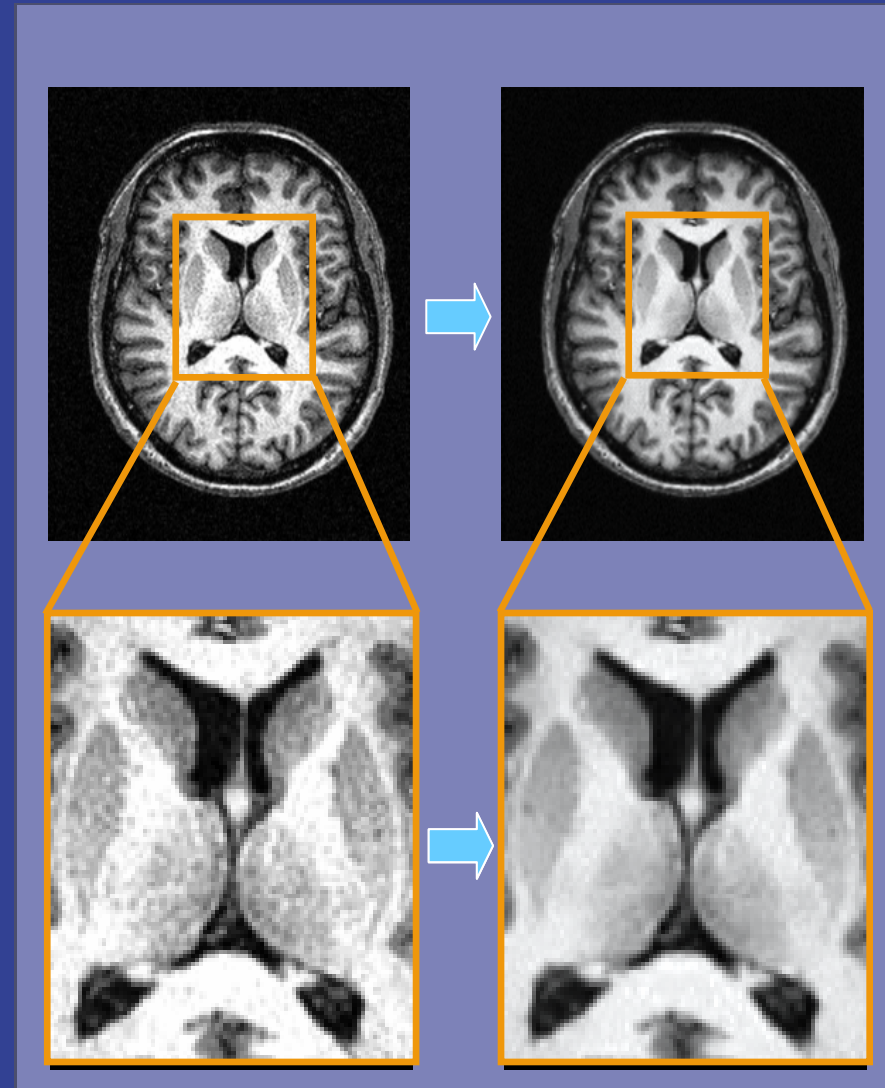
- Multimodal image registration (rigid / non-rigid) [*Hellier03*]

- Robust estimation of the deformation (Optical Flow, MI, CR, NMI, ...)

$$U(\omega, \delta, \beta; f) = \sum_{s \in S} \delta_s (\nabla f(s, t) \cdot \omega_s + f_i(s, t))^2 + \varphi_1(\delta_s) + \alpha \sum_{(s, r) \in C} \beta_{sr} \|\omega_s - \omega_r\|^2 + \varphi_2(\beta_{sr})$$

- Image preprocessing

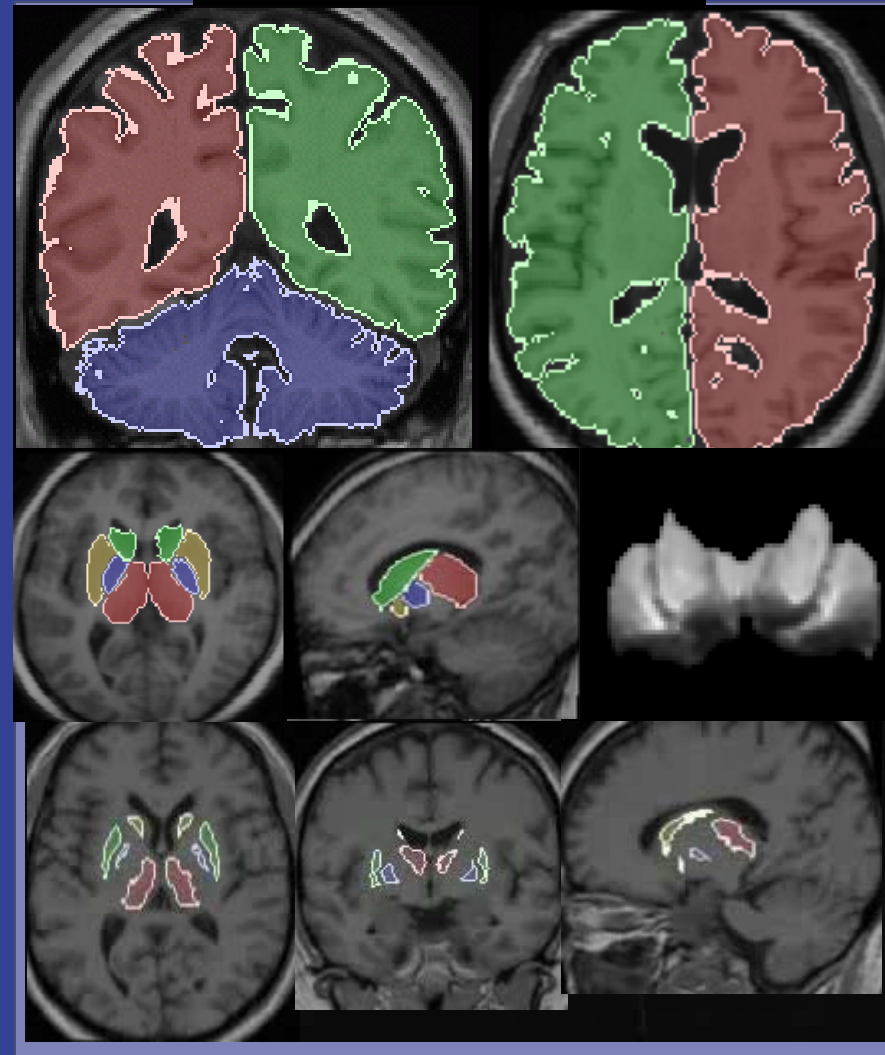
- noise reduction [*Ogier04, 06*]  
[*Coupe06*]
- bias field correction [*Prima05*]





# Model-Guided Segmentation and Labeling: Integration of fuzzy control and level sets\*

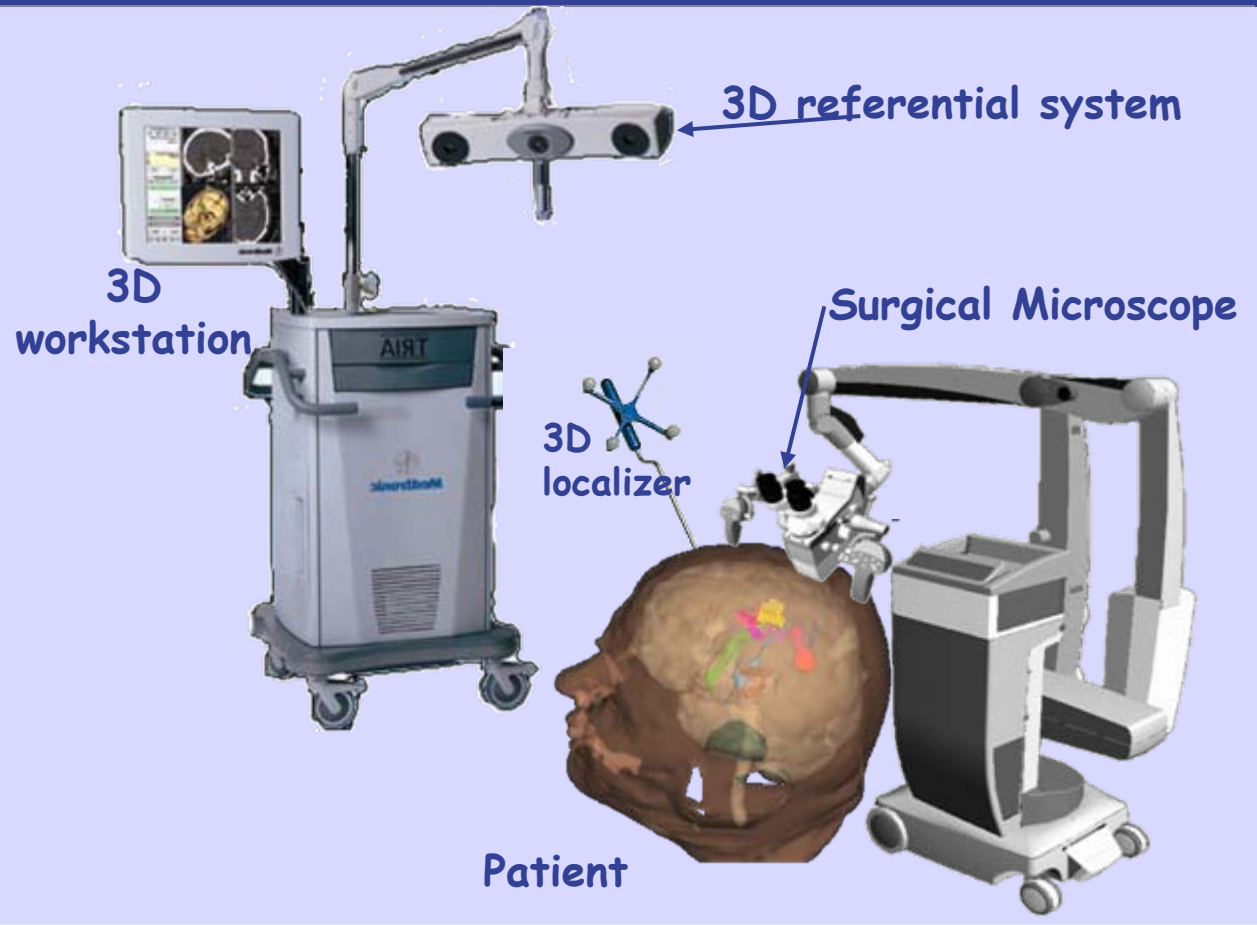
- **Objective** : Segmentation of brain structures close, with similar intensities and hardly defined contours
- **Method** :
  - Statistical analysis of shape and localization of structures
  - Concurrent evolution of several level sets
- **Contribution** :
  - Integration of fuzzy control to constrain the competitive evolution of level sets
  - Utilization of a statistical shape models to define the fuzzy control variables





VisAGeS

# Neuronavigation et Neurochirurgie assistée par ordinateur



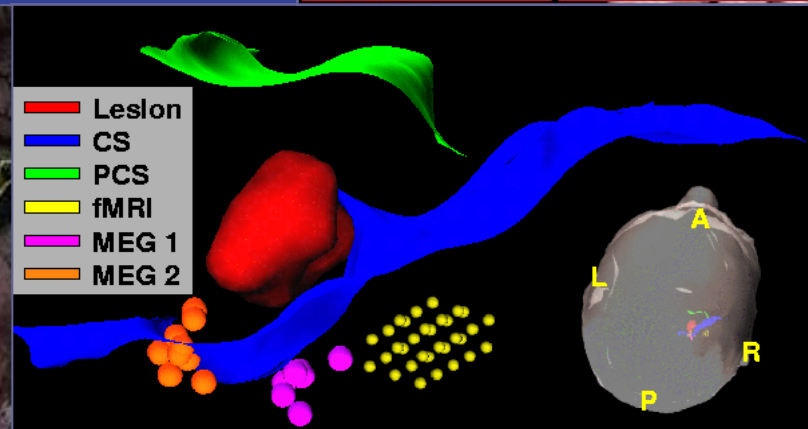
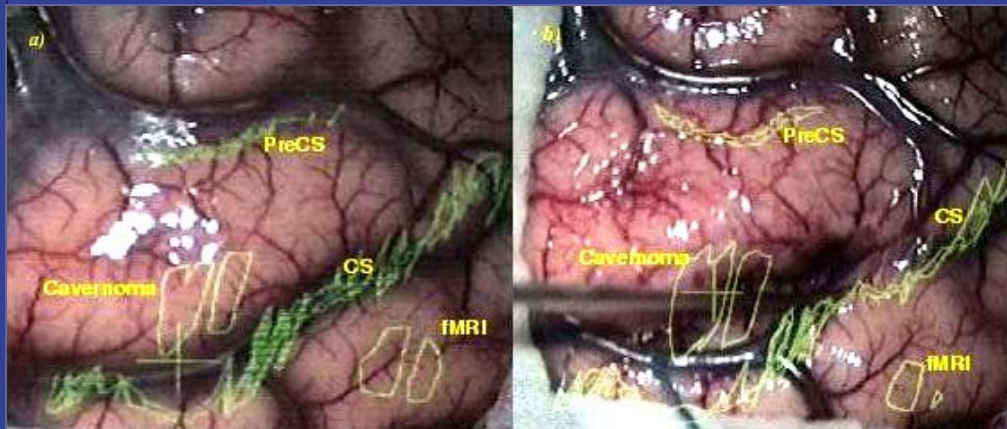
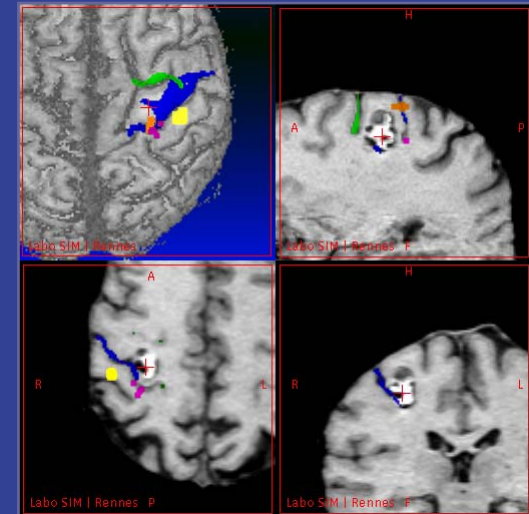
# Neurochirurgie assistée par ordinateur: Problématique

## ● Contexte des procédures neurochirurgicales

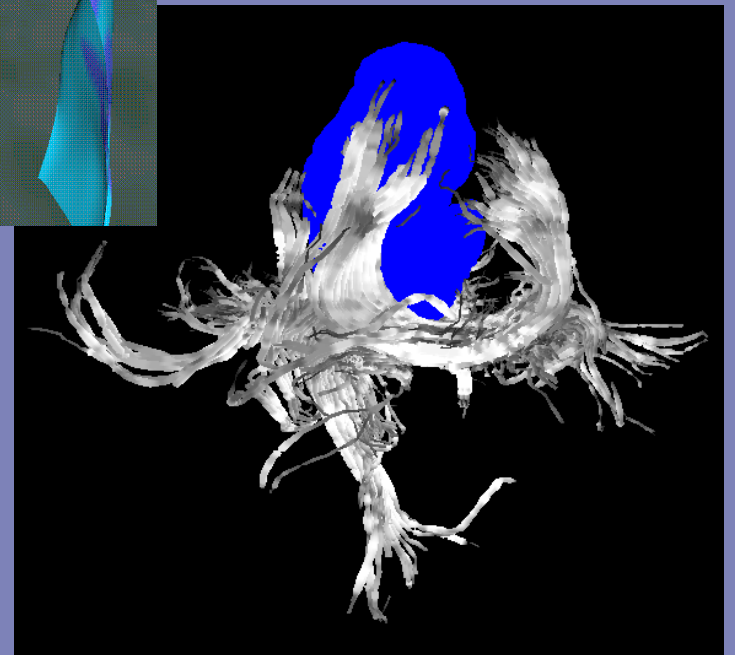
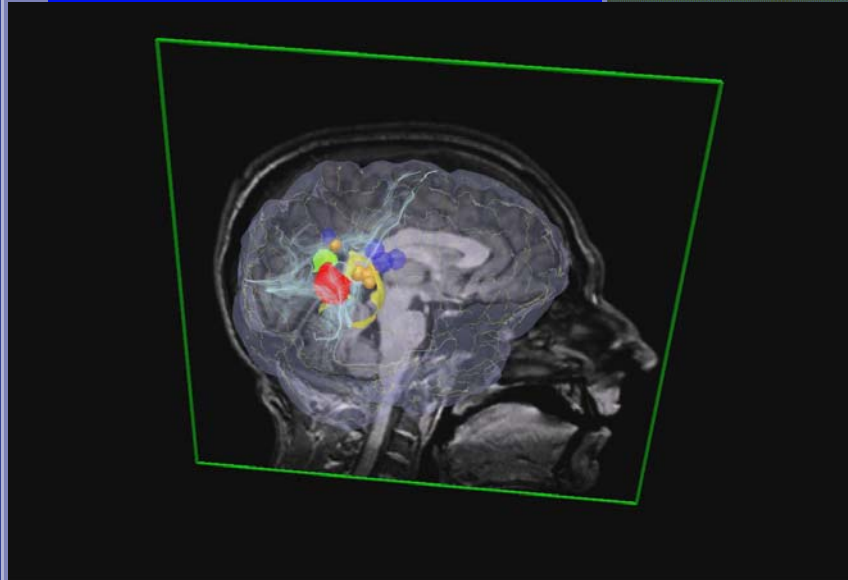
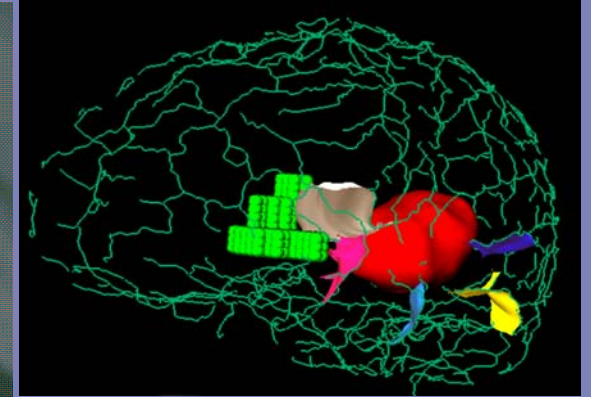
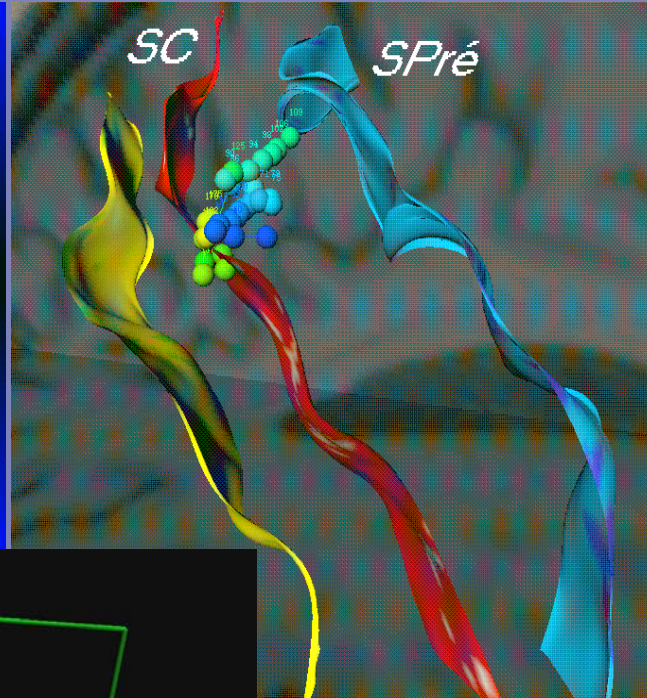
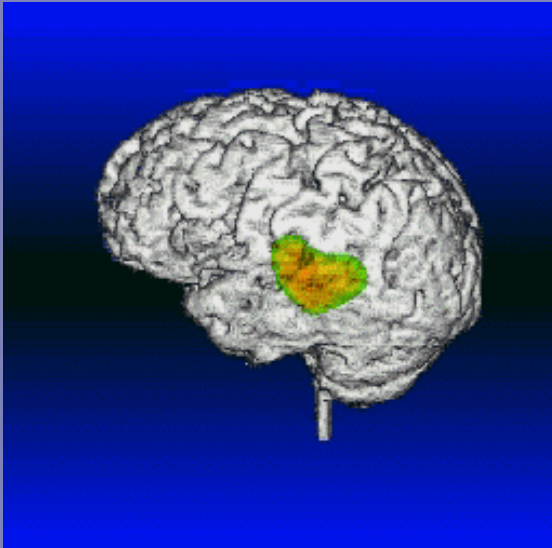
- Fréquence: 300/an pour un service de CHU dont 1/4 en régions éloquentes
- Tumeurs bénignes et malignes, épilepsie
- Imagerie préopératoire pour le planning chirurgical

## ● Enjeux

- Atteindre la cible, l'enlever et préserver les tissus éloquents,  
pour : Réduire la morbidité, le handicap et la mortalité
- Évolution des protocoles chirurgicaux



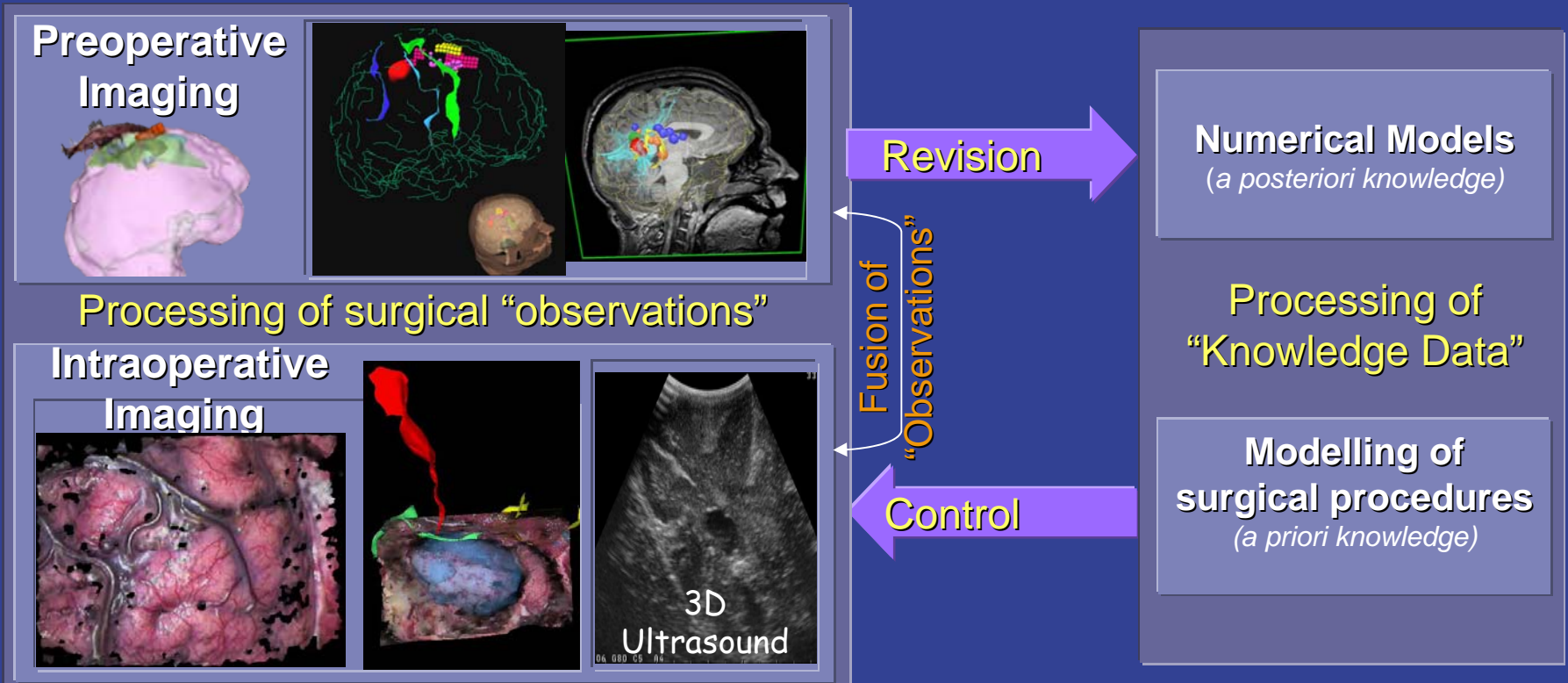
# Planning Préopératoire : Cartographie anatomique et fonctionnelle



# Neurochirurgie assistée par ordinateur: Evolution

## Intégration de nouveaux modèles et observations

- Prise en compte des déformations cérébrales per-opératoires (*gravité, drogues, fuites de LCS, exérèse*)
- Prise en compte de nouvelles données préopératoires (e.g. *DT-MRI, imagerie moléculaire*)
- Nouveaux capteurs d'imagerie intra-opératoires (vidéo, ultrasons,  $\mu$ scopie in-vivo, capteur moléculaires...)
- Fusion avec l'imagerie multimodale per-opératoire pour adapter le planning en temps réel



# Pathologies Neurologiques: Neuroimagerie de la Sclérose en Plaques

- **Goal:** To guide the clinician (e.g. a neurologist) within the mass of information to integrate into the medical decision process

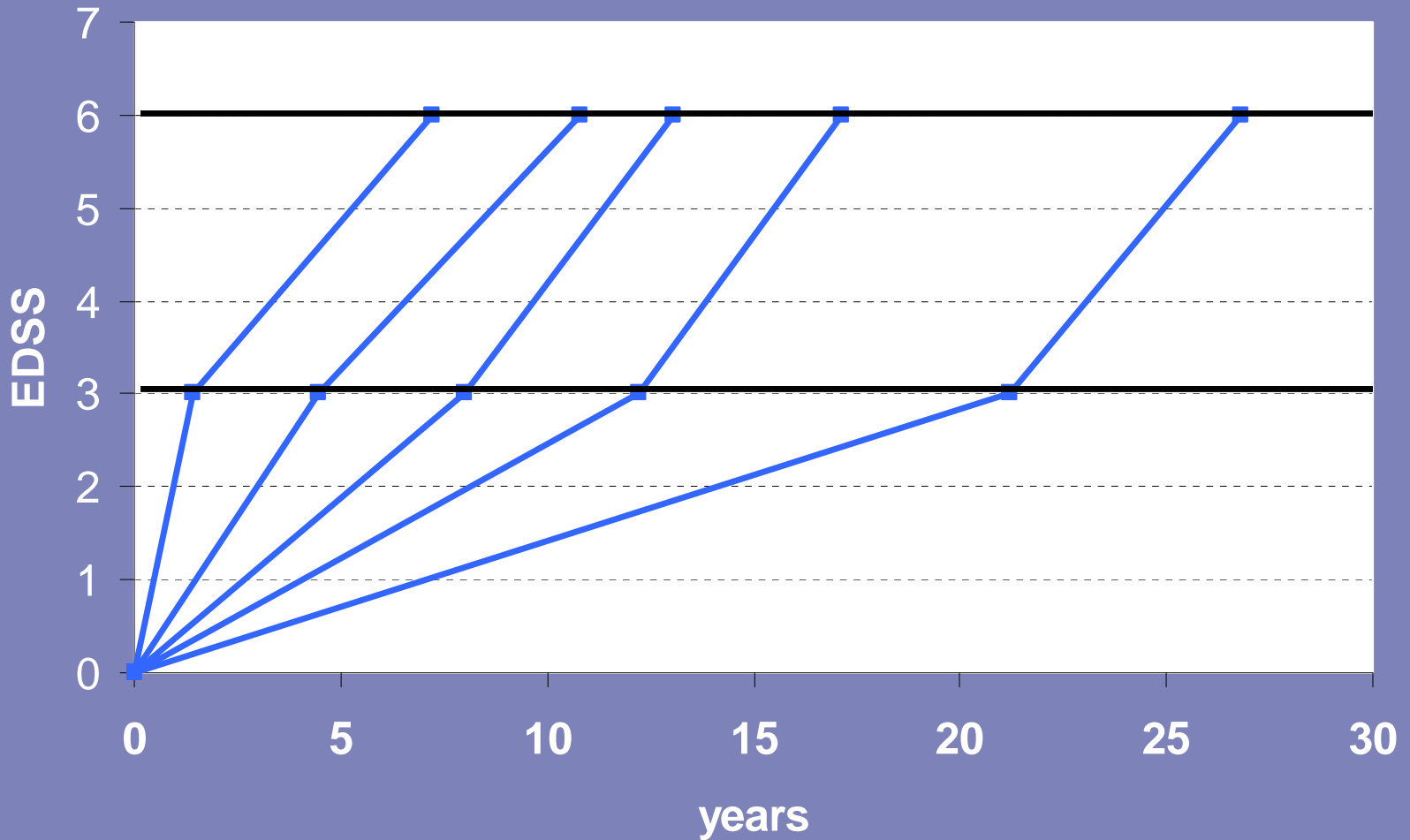
- **MS Lesions**

- Chronic inflammatory-demyelinating CNS disease
- Lead to acute handicap in young adults (*high prevalence in Brittany*)
- Most frequent CNS disease in young adults

- **Main Issues and Challenges**

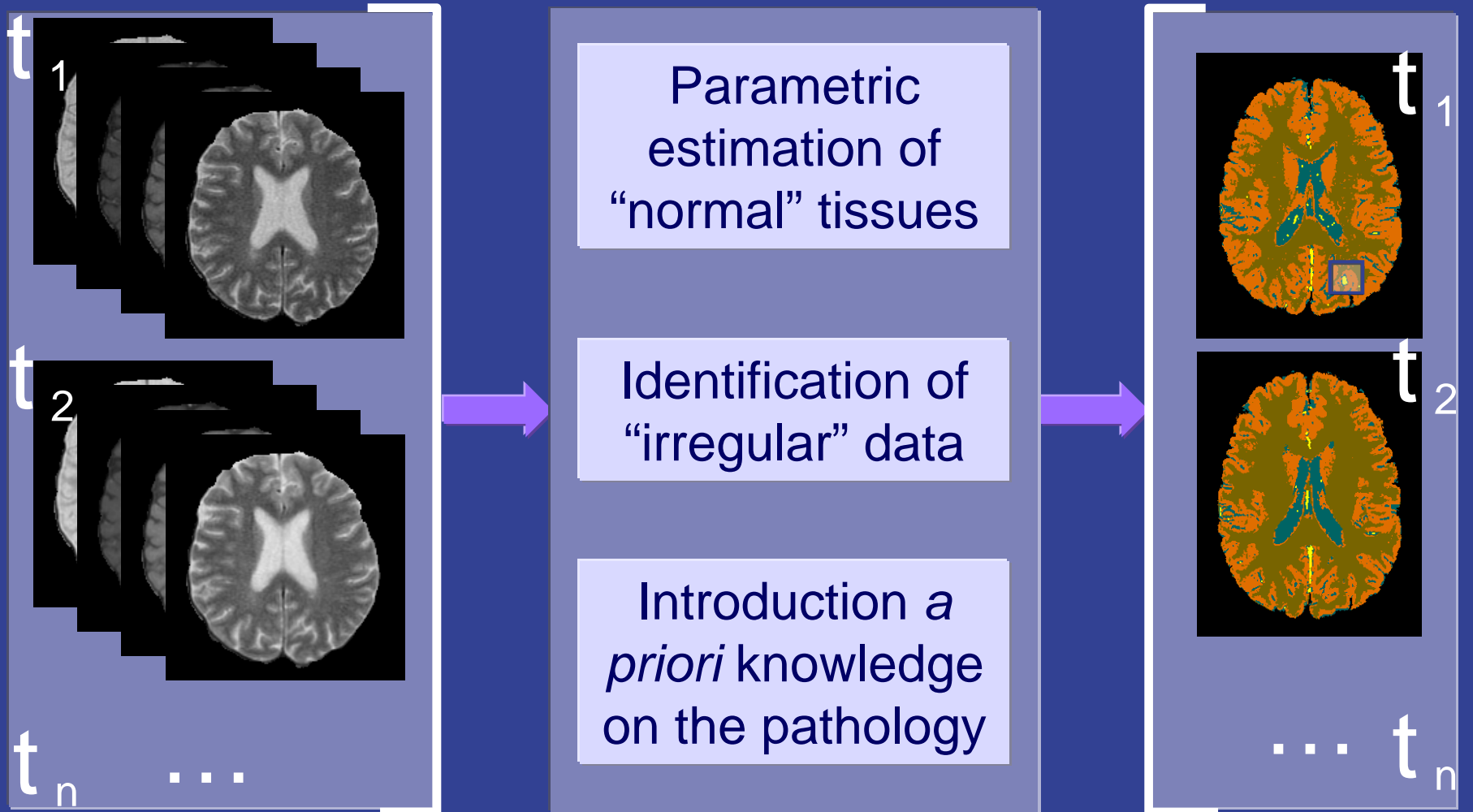
- Early diagnostic and treatment of the pathology
- Prevention of disease progression and future handicap
- Better understanding of the pathology (*new in-vivo classification of MS lesions*)
- Set-up and evaluate new therapeutic protocols

# MS - a two-stage disease



# Automatic spatio-temporal segmentation of MS lesions

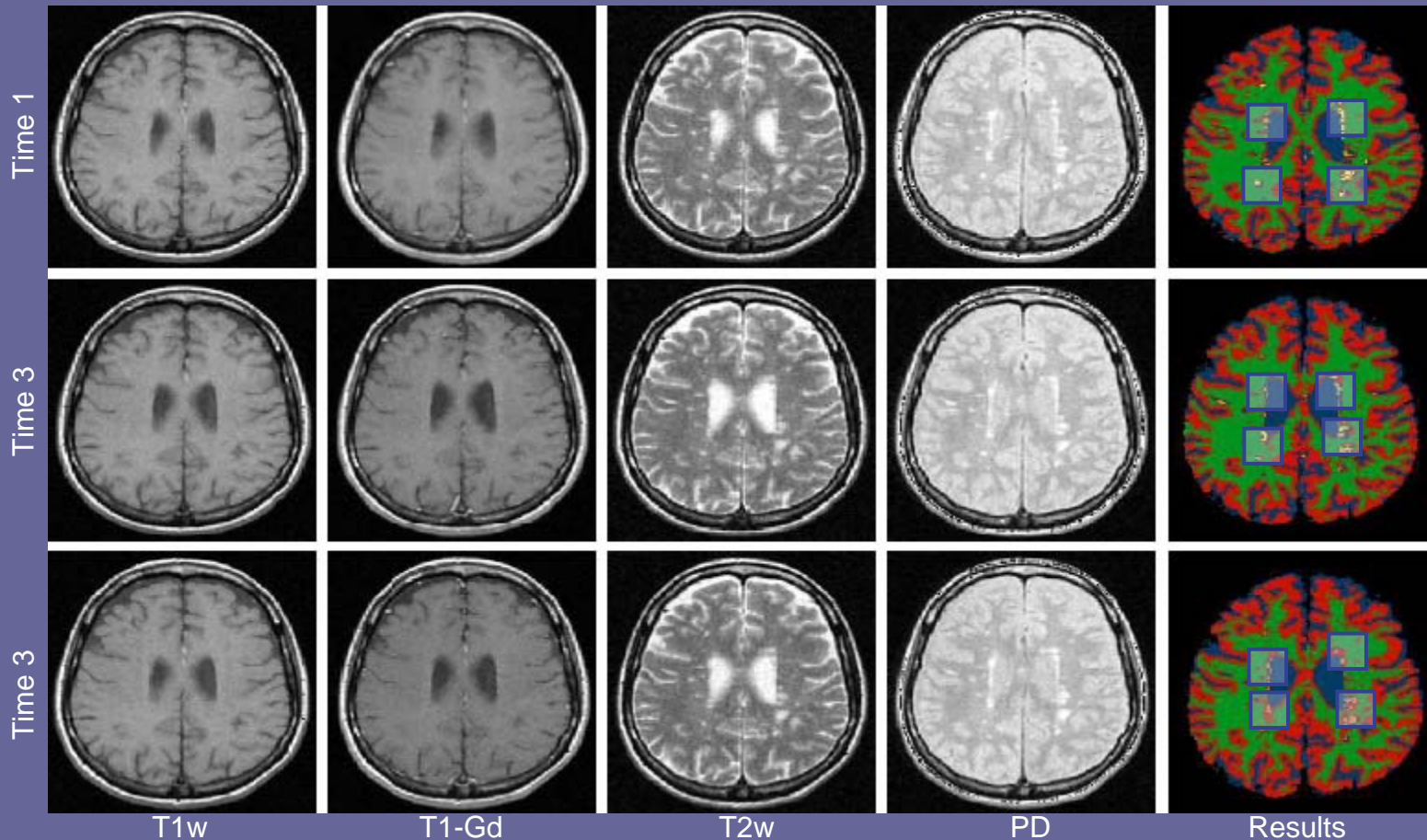
[Ait-Ali 05,06]





# Automatic spatio-temporal segmentation of MS lesions

3 acquisitions, 4 modalities : T1, T1 Gd, T2 and PD (46 × 256 × 256 - 3mm slices)



Segmentation of new lesions evolving to lesion edema

# Neuroimagerie de la Sclérose en Plaques: Évolution

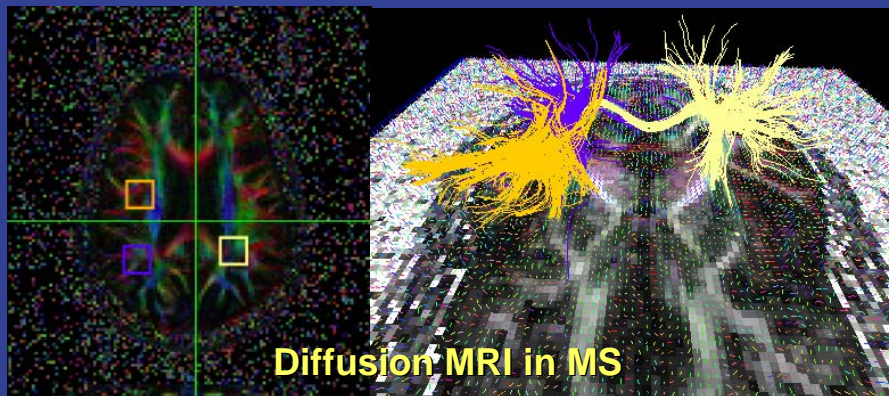
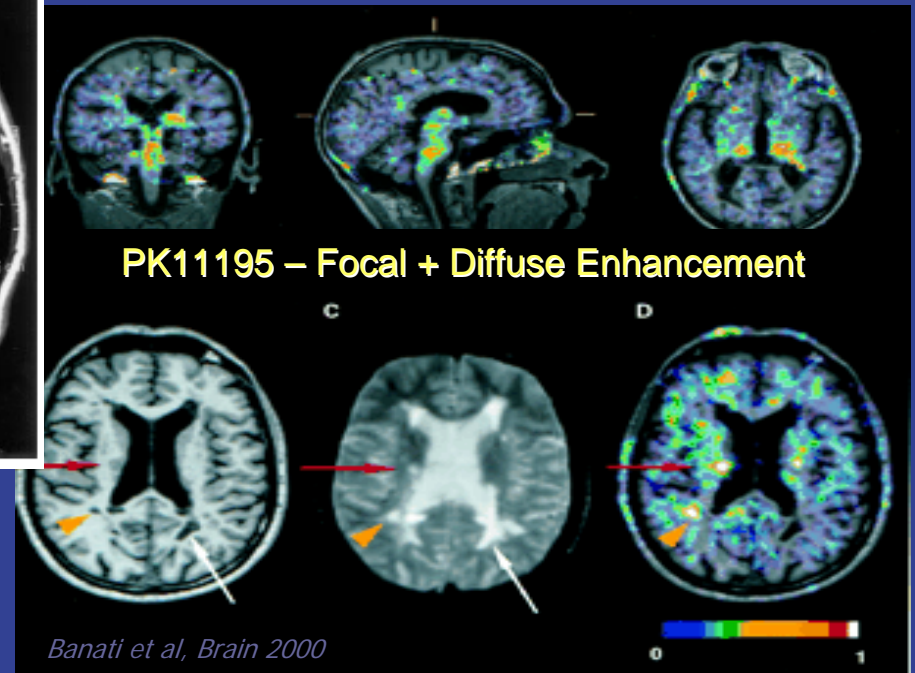
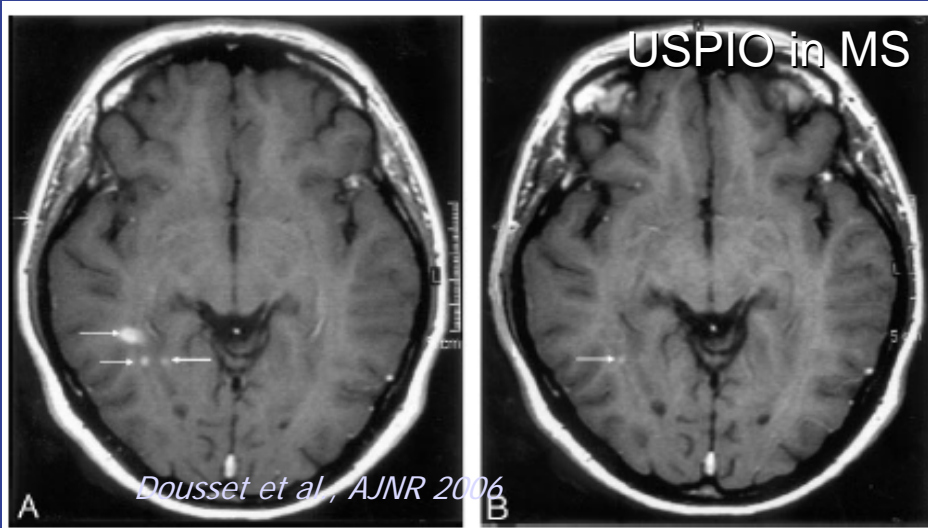
## ● Situation actuelle

- En général: inflammation focale non spécifique
- Paramètres IRM non spécifiques

## ● Projet Scientifique

- Développement des nouvelles méthodes de Neuroimagerie
  - Nouvelles imageries "statiques" de la matière blanche (DTI, MT, ...)
  - Techniques d'imagerie pour le marquage cellulaire (macrophages, microglie activée)
    - IRM (e.g. USPIO)
    - TEP (e.g. PK 11195)
- Développement de nouveaux protocoles de Neuroimagerie
  - Étude des différentes formes de la pathologie
  - Étude des lésions focales vs lésions diffuses

# Protocoles de Neuroimagerie : Évolution



**IRM de diffusion en SEP:**  
Étude de la diffusion et de la tractographie  
en présence d'anomalies (lésions de SEP)

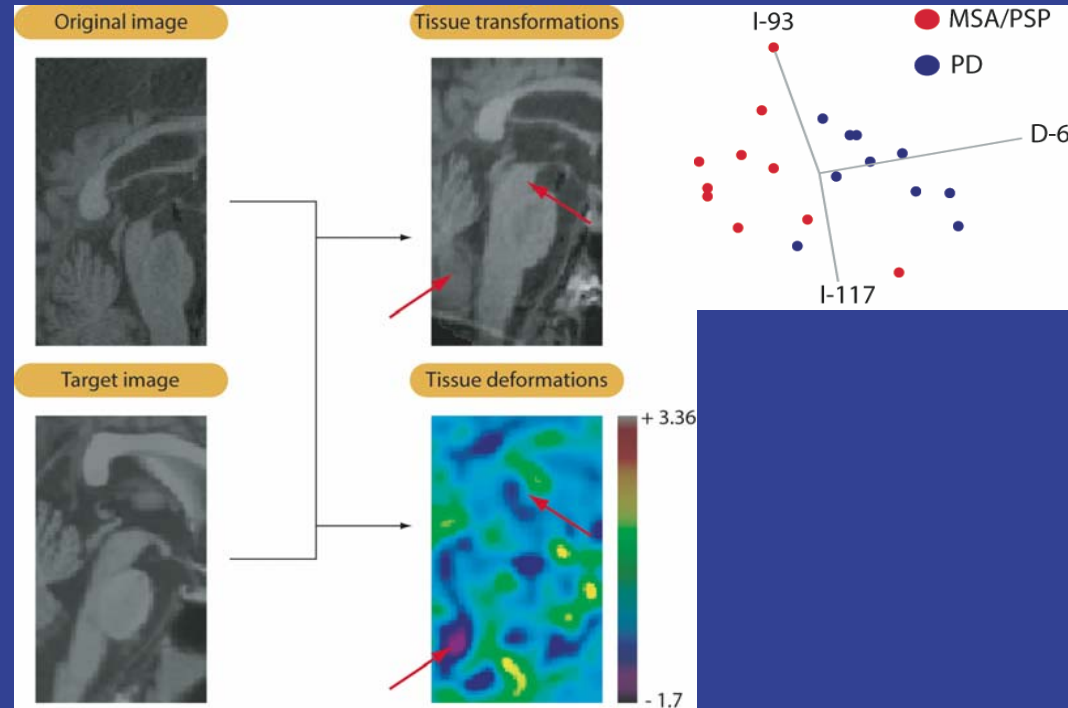
# Medical Image Computing in Neurological Diseases: Voxel based morphometry in Parkinsonian disorders\*

## Objective:

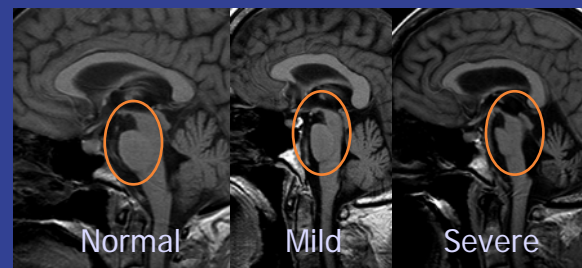
- Differentiate between Parkinson's Disease (PD) and MSA (Multiple Systems Atrophy) and PSP (Progressive Supranuclear Palsy) symptoms (*current : 66% TP*)
- Early diagnosis from cross-sectional MRI at a single time point at inclusion

## Result:

- Only 20 patient from each group
- 85% differential diagnosis PD vs MSA/PSP
- Error rate cut by 50%

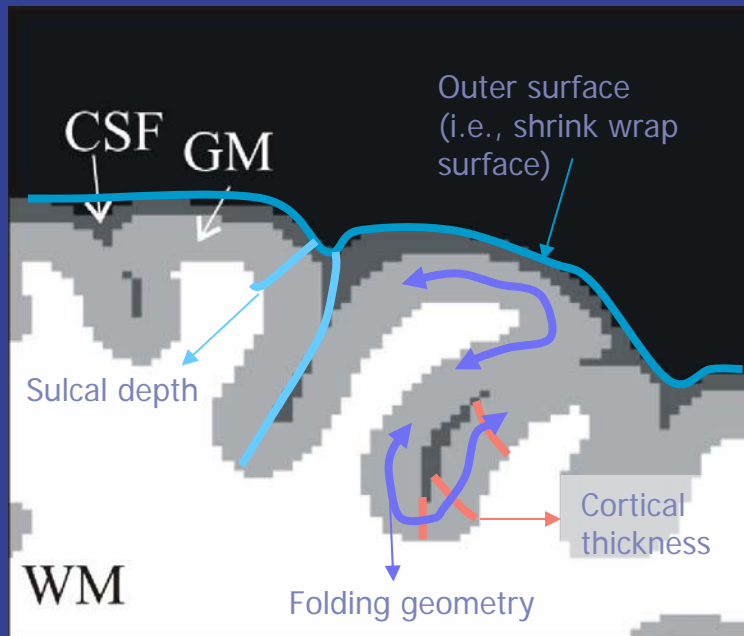


## Exemples of MSA

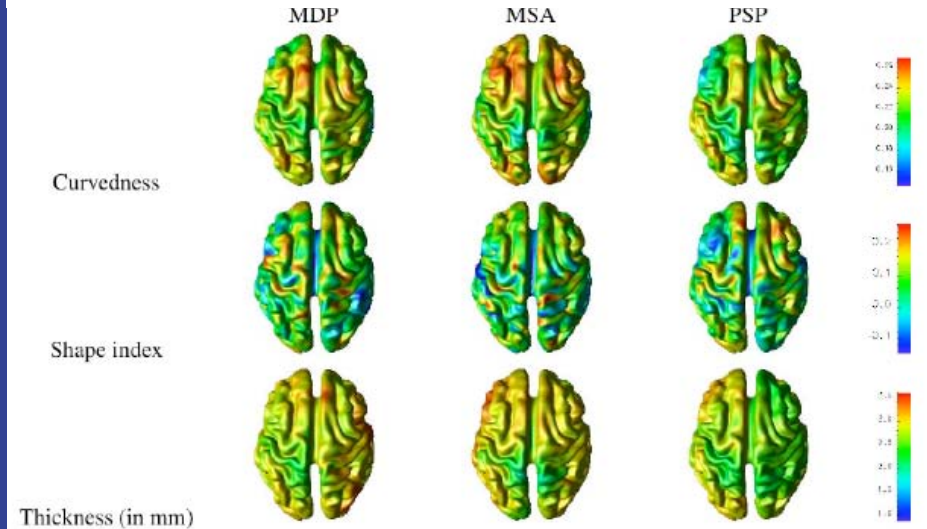


\*: S. Duchesne *et al.*, SPIE 2007

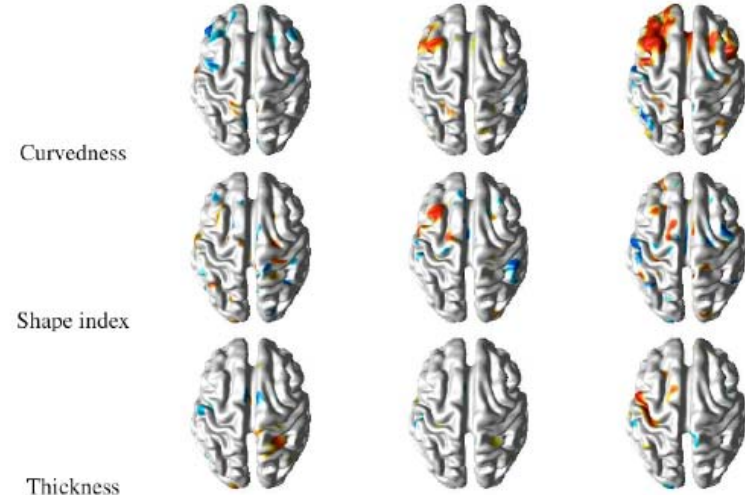
# Medical Image Computing in Neurological Diseases: Surface based morphometry in Parkinsonian disorders\*



Cortical Feature Population Average Maps



MDP versus MSA MDP versus PSP MSA versus PSP



Cortical Feature Significant Mean Difference Maps

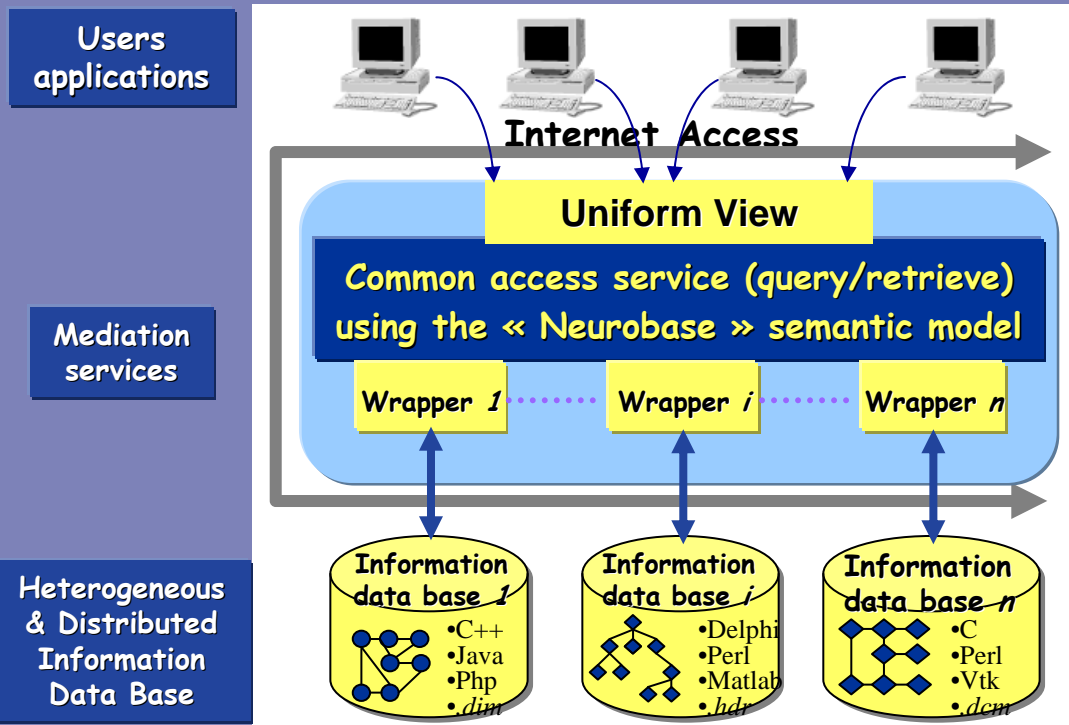
\*: D. Tosun *et al.*, *Mov Disorders* 2007

# Gestion de l'information en neuroinformatique

- **Objectifs :**
  - Accompagner l'explosion des moyens de communication et d'échange (e.g. Internet)
  - Accompagner l'émergence de réseaux d'utilisateurs (e.g. groupes de recherche clinique « virtuels »)
- **Applications des technologies de l'information et des grilles de calculs en santé :**
  - Création de cohortes "virtuelles"
  - Recherche de « faits non probables » (e.g. recherche sur les maladies rares)
  - Validation/certification de nouveaux médicaments
- **Enjeux de recherche :**
  - Combiner les technologies de Grilles de Calcul et de Grilles Sémantique sur le Web dans le domaine de l'imagerie médicale
  - «Workflows» évolutifs et adaptatifs en imagerie médicale (IHM, hétérogénéité, ...)
  - Intégration des technologies du web sémantique en recherche clinique

# Partage de ressources hétérogènes et distribuées (*Projet Neurobase*)

- **Objectif:** Fédérer des ressources (*images, traitements*) hétérogènes et distribuées en neuroimagerie



## Résultats

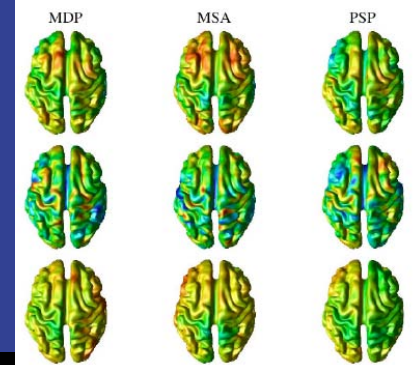
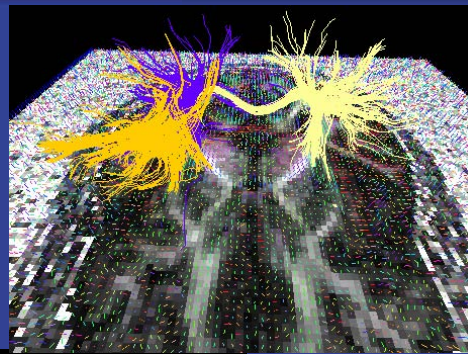
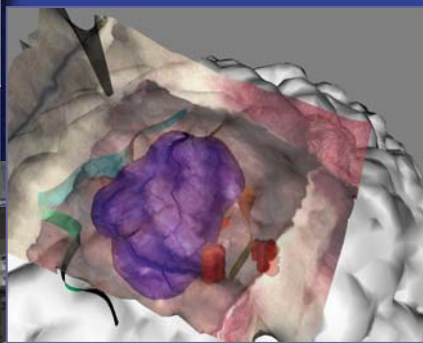
- Architecture générique de partage de ressources (images, traitements) hétérogènes et distribuées
- Modèle sémantique commun pour le partage des données
- Interfaçage autour d'un progiciel de médiation
- Développement et déploiement en site d'un démonstrateur

# Défis Scientifiques en Neuroinformatique pour les pathologies du SNC

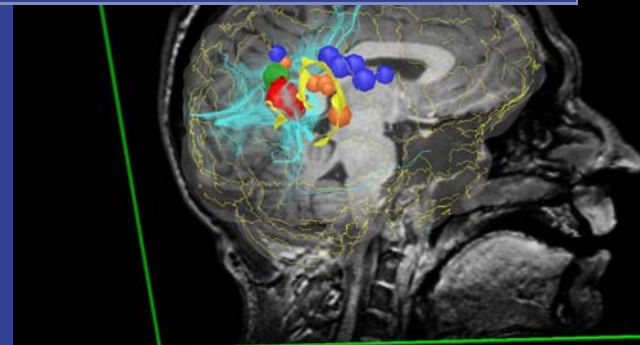
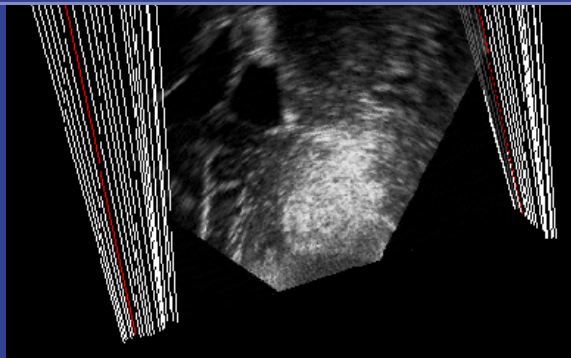
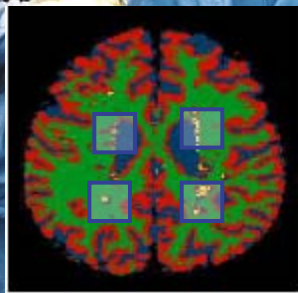
- **Conception de la salle d'opération du futur**
  - Capteurs multimodaux intra-opératoires & effecteurs (ex. robots) aux échelles macro, micro et nano
  - Pilotage des sources d'information par des observations et des connaissances
- **Meilleure compréhension des organes, normaux et pathologiques, à différentes échelles pour mieux les soigner (physiome humain)**
  - Imagerie des pathologies : du morphologique au moléculaire
  - Modélisation de groupes sains et pathologiques à partir de l'imagerie (« *computational anatomy and function* »)
- **Création de réseaux « virtuels » d'acteurs à travers l'usage des technologies du web et des grilles informatiques dans la e-santé, pour:**
  - La création de cohortes « virtuelles »
  - La recherche translationnelle sur les maladies du SNC (Tumeurs, SEP, Epilepsie, AVC, Démences, maladies dégénératives, maladies psychiatriques, maladies rares...)
  - La validation et la certification de nouveaux médicaments et protocoles thérapeutiques



VisAGeS



**Merci de votre attention**



**Neuroinformatics in the context of CNS diseases**

**C. BARILLOT**

VisAGeS U746 INSERM-INRIA

IRISA, CNRS 6074, Univ. of Rennes

Campus de Beaulieu, Rennes F-35042, FRANCE