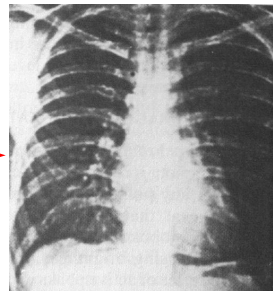
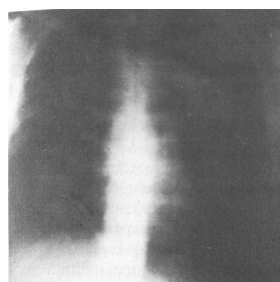


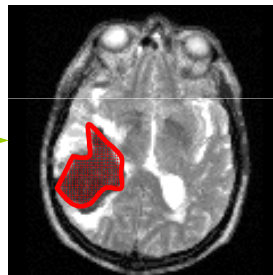
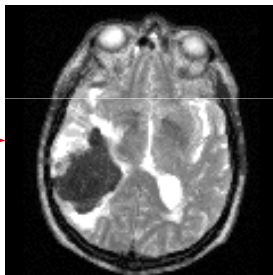
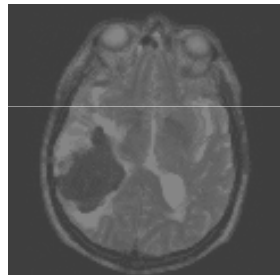
Recalage d'images

Recalage d'images

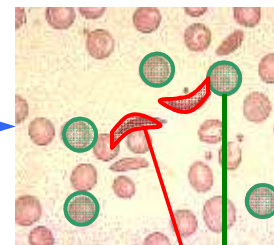
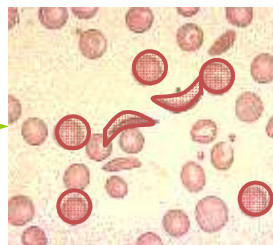
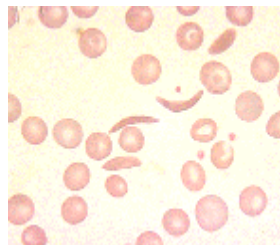
# Traitement d'images



Résultat :  
visualisation  
améliorée



Résultat : mesure  
de la surface de la  
tumeur



Résultat :  
identification  
des cellules  
malades et  
saines

Prétraitement

Traitement

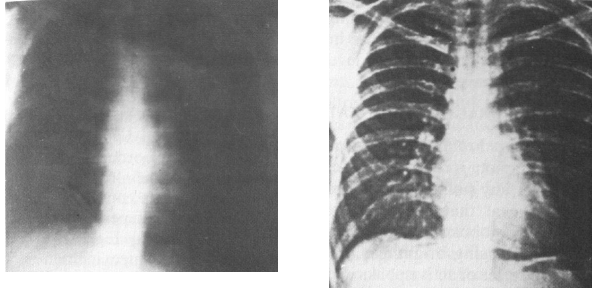
Reconnaissance des  
formes

saine

malade

# Objectifs

## ■ Amélioration d'image

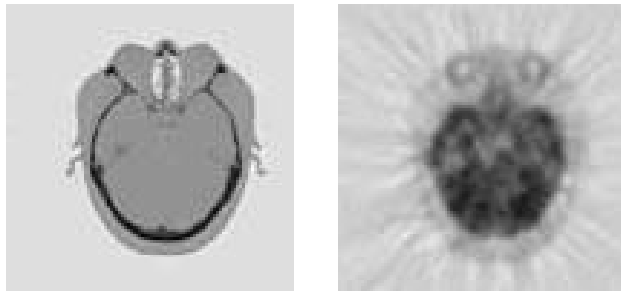


## ■ Extraction d'information dans l'image

### Segmentation

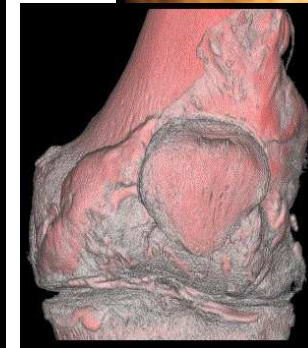


## ■ Comparer 2 images



### Recalage & fusion

## ■ Reconstruction 3D



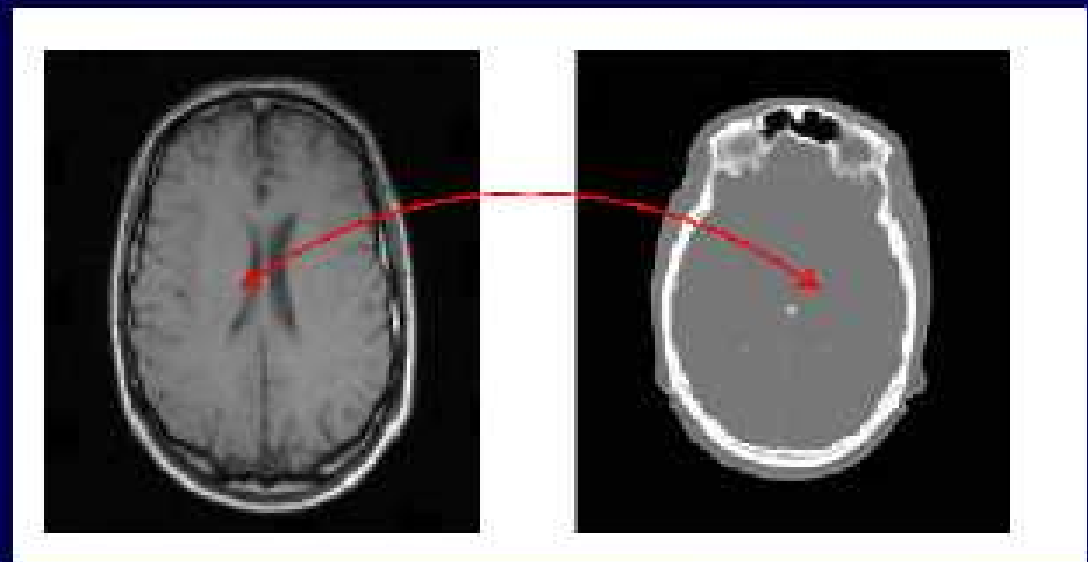
# Recalage

## Définition

- Consiste à trouver une transformation spatiale permettant d'aligner une image (source ou **flottante**) sur une autre (cible ou **référence**).



Image registration  
Image matching

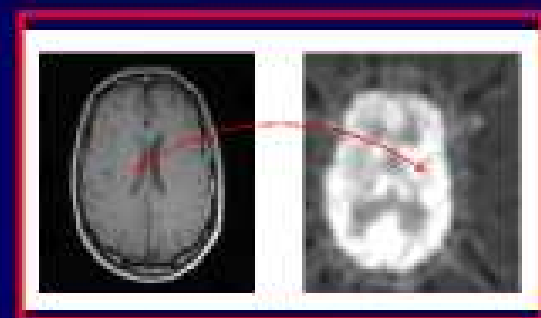
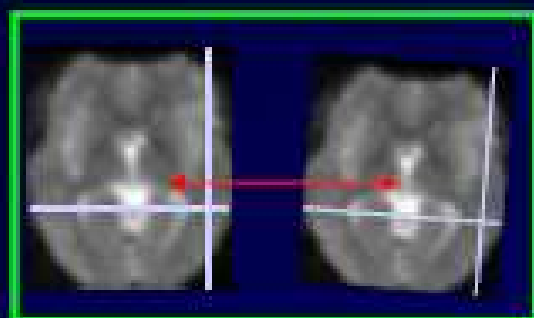


# Recalage

## Définition

- Consiste à trouver une transformation spatiale permettant d'aligner une image (source ou **flottante**) sur une autre (cible ou **référence**).

Recalage monomodal ou multimodal

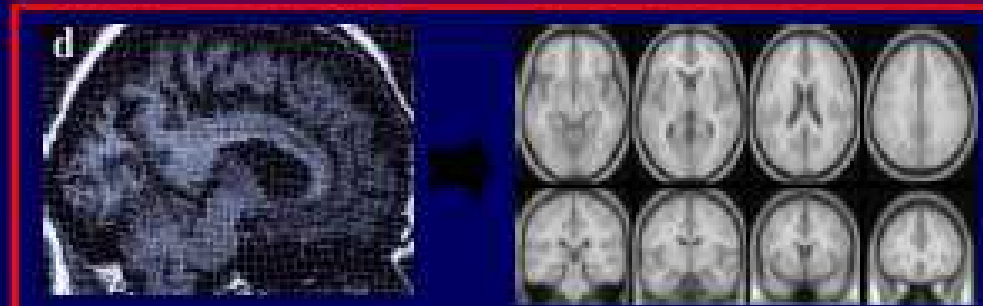
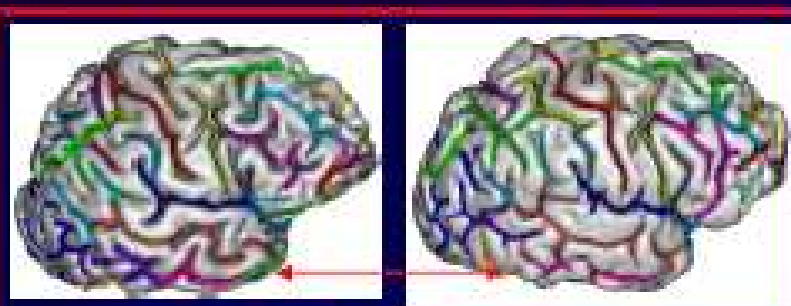
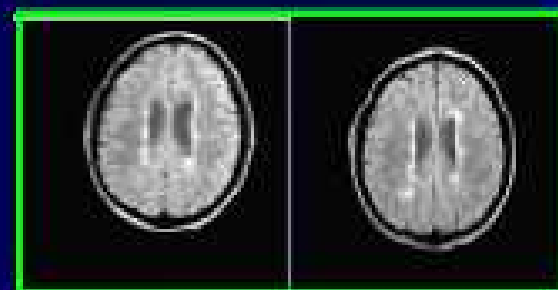


# Recalage

## Définition

- Consiste à trouver une transformation spatiale permettant d'aligner une image (source ou **flottante**) sur une autre (cible ou **référence**).

Recalage intra- ou inter-sujets



# Le recalage d'images

- Connaître la notion de primitive permettant le recalage des images (pixel, voxel, surface, centre de gravité, repères internes ou externes,...)
- Connaître quelques grandes méthodes de recalage (méthode du chanfrein, méthode de Woods) ou de logiciel (AIR)

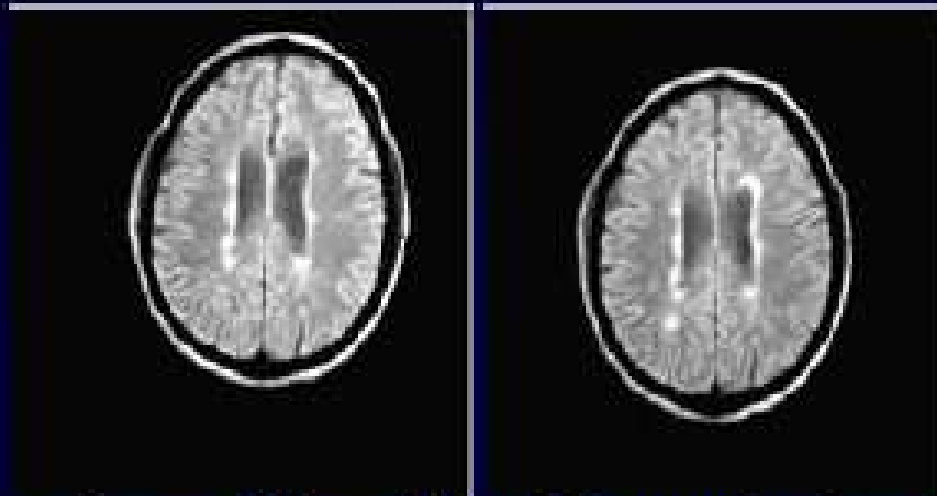
# Recalage : exemples

## 1) Intra-patient, mono-modalité

- Exemple : évolution de lésions (images IRM d'un patient atteint de SEP à quelques mois d'intervalle)

Source

Cible



Source : Université Louis Pasteur, Strasbourg



# Recalage : exemples

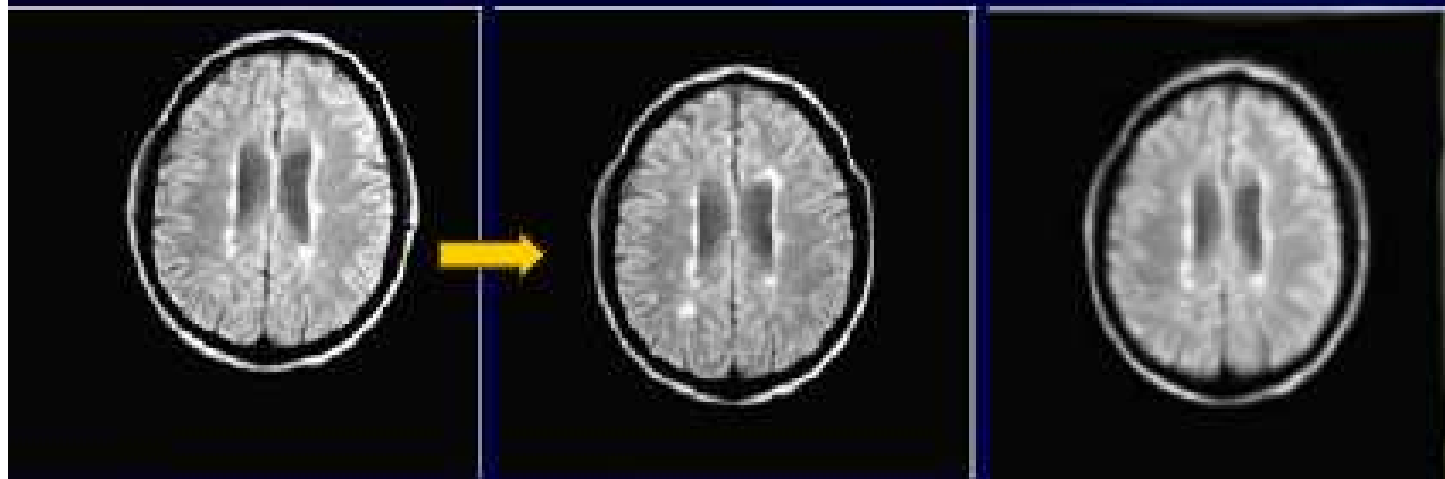
## 1) Intra-patient, mono-modalité

- Exemple : évolution de lésions (images IRM d'un patient atteint de SEP à quelques mois d'intervalle)

Source

Cible

Source recalée



Source : Université Louls Pasteur, Strasbourg

# Recalage : exemples

## 1) Intra-patient, mono-modalité

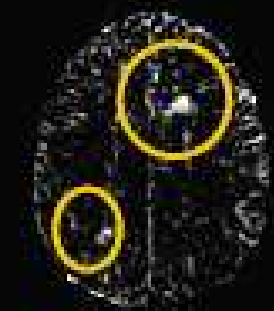
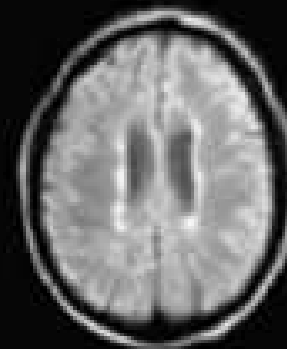
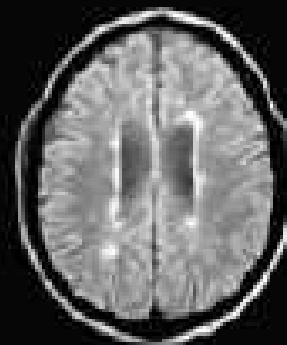
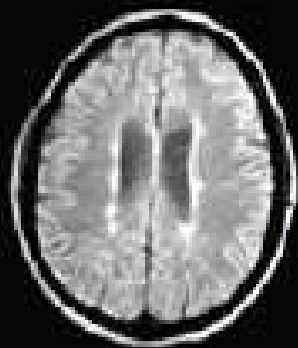
■ Exemple : évolution de lésions (images IRM d'un patient atteint de SEP à quelques mois d'intervalle)

Source

Cible

Source recalée

Différence  
finale

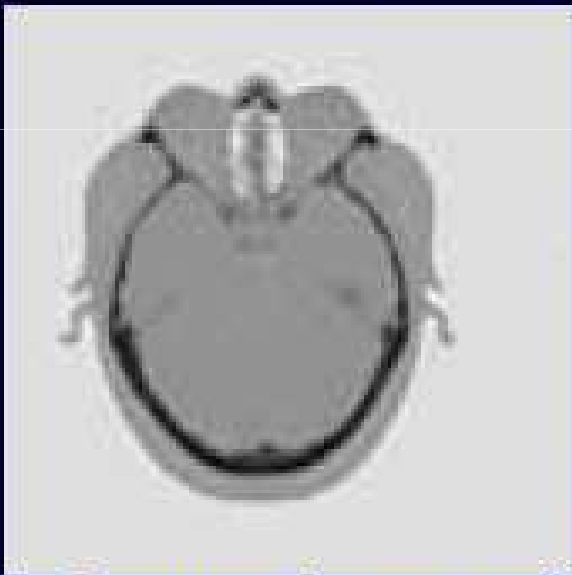


Source : Université Louis Pasteur, Strasbourg

# Recalage : exemples

## 2) Intra-patient, multi-modalité

- Exemple : fusion d'informations provenant de 2 modalités différentes



Source (scanner)



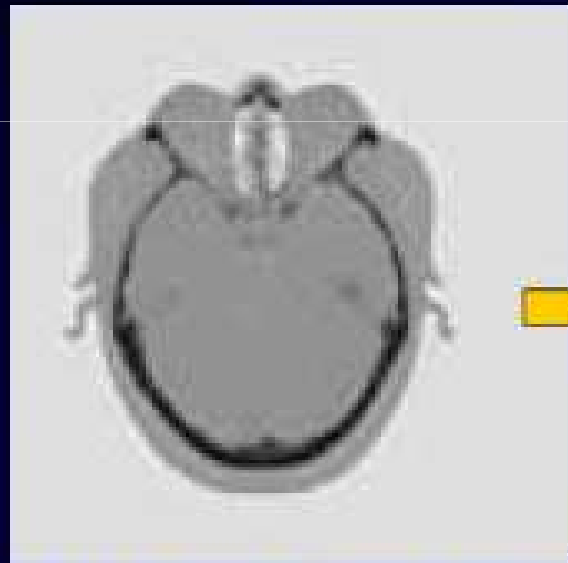
Cible (TEP)

Source : EPFL

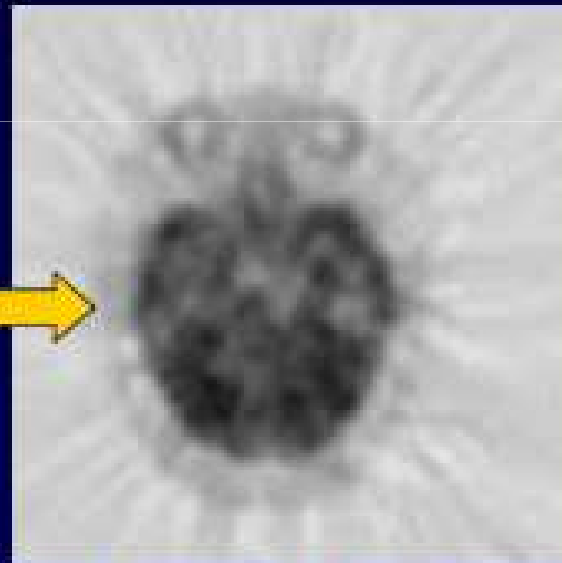
# Recalage : exemples

## 2) Intra-patient, multi-modalité

- Exemple : fusion d'informations provenant de 2 modalités différentes



Source (scanner)



Cible (TEP)



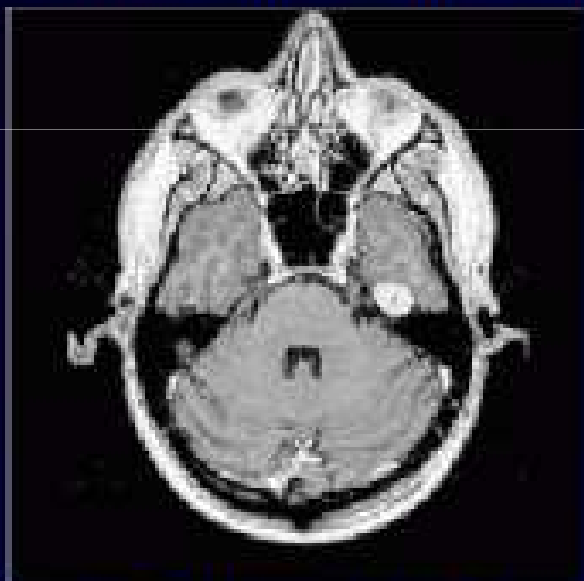
Source recalée

Source : EPFL

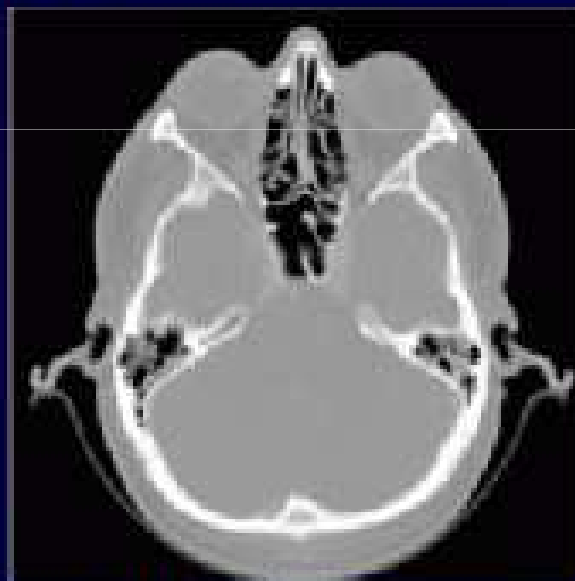
# Recalage : exemples

## 2) Intra-patient, multi-modalité

- Exemple : fusion d'informations provenant de 2 modalités différentes



Source (IRM)



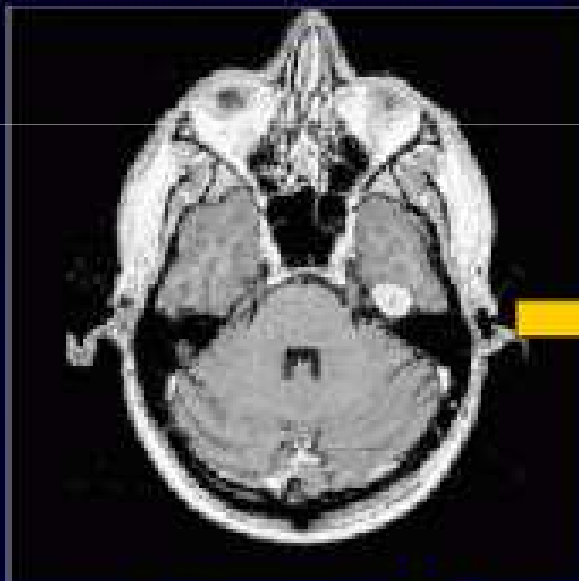
Cible (scanner)

Source : Université de Hambourg

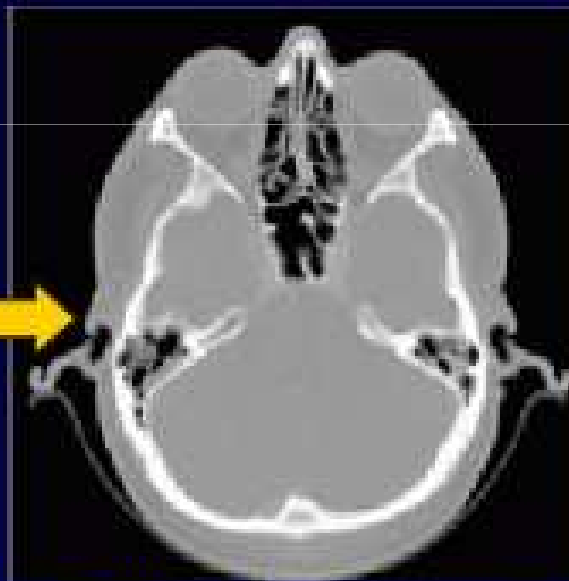
# Recalage : exemples

## 2) Intra-patient, multi-modalité

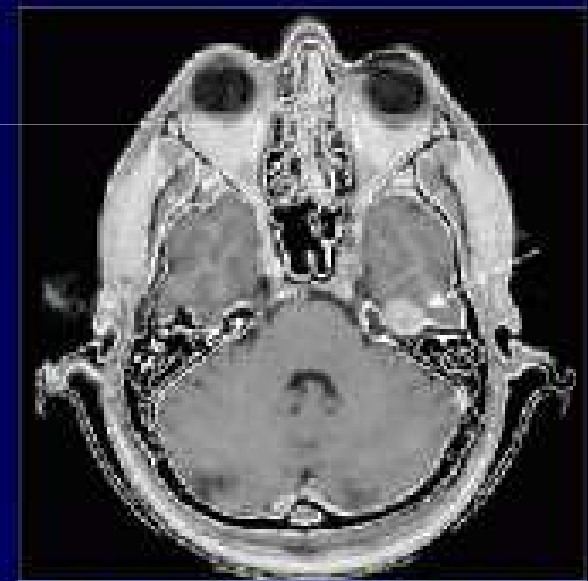
- Exemple : fusion d'informations provenant de 2 modalités différentes



Source (IRM)



Cible (scanner)



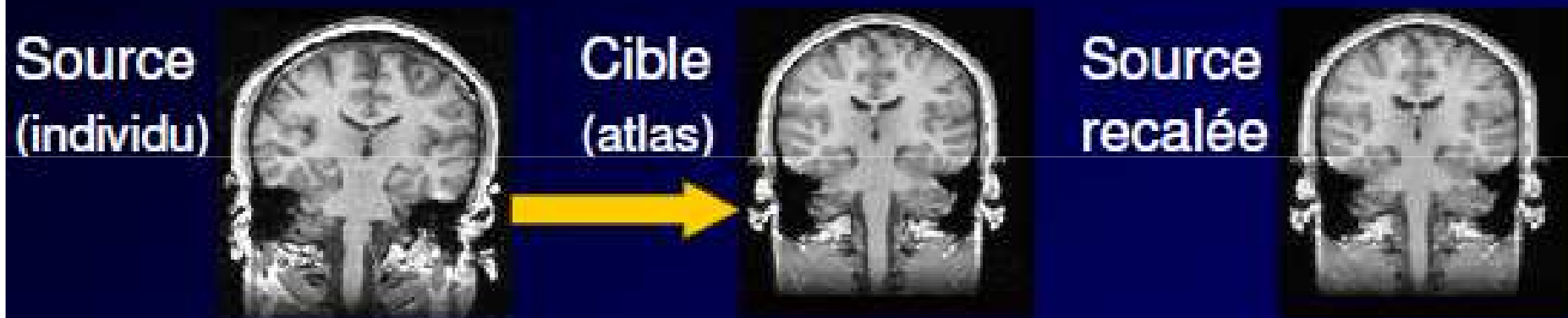
Source recalée

Source : Université de Hambourg

# Recalage : exemples

## 3) Inter-patient, intra-modalité

- Exemple : Segmentation à partir d'un atlas anatomique

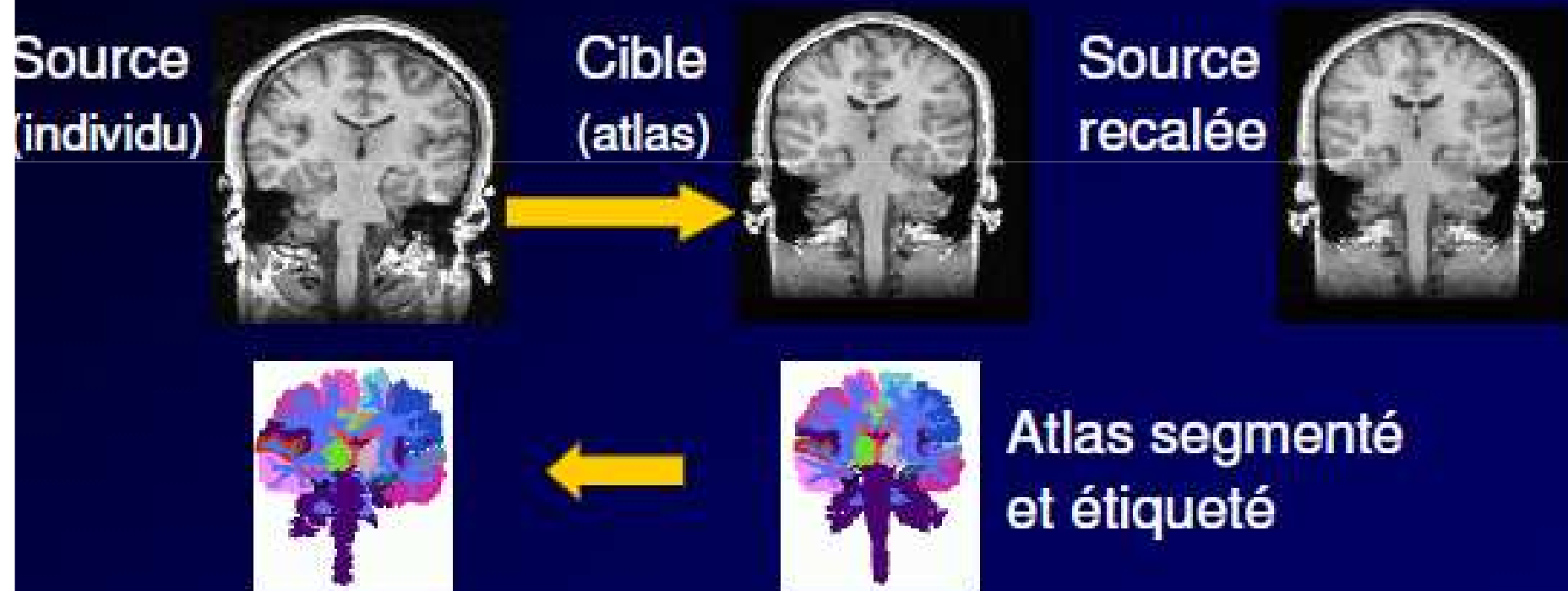


Source : INRIA

# Recalage : exemples

## 3) Inter-patient, intra-modalité

- Exemple : Segmentation à partir d'un atlas anatomique



Source : INRIA

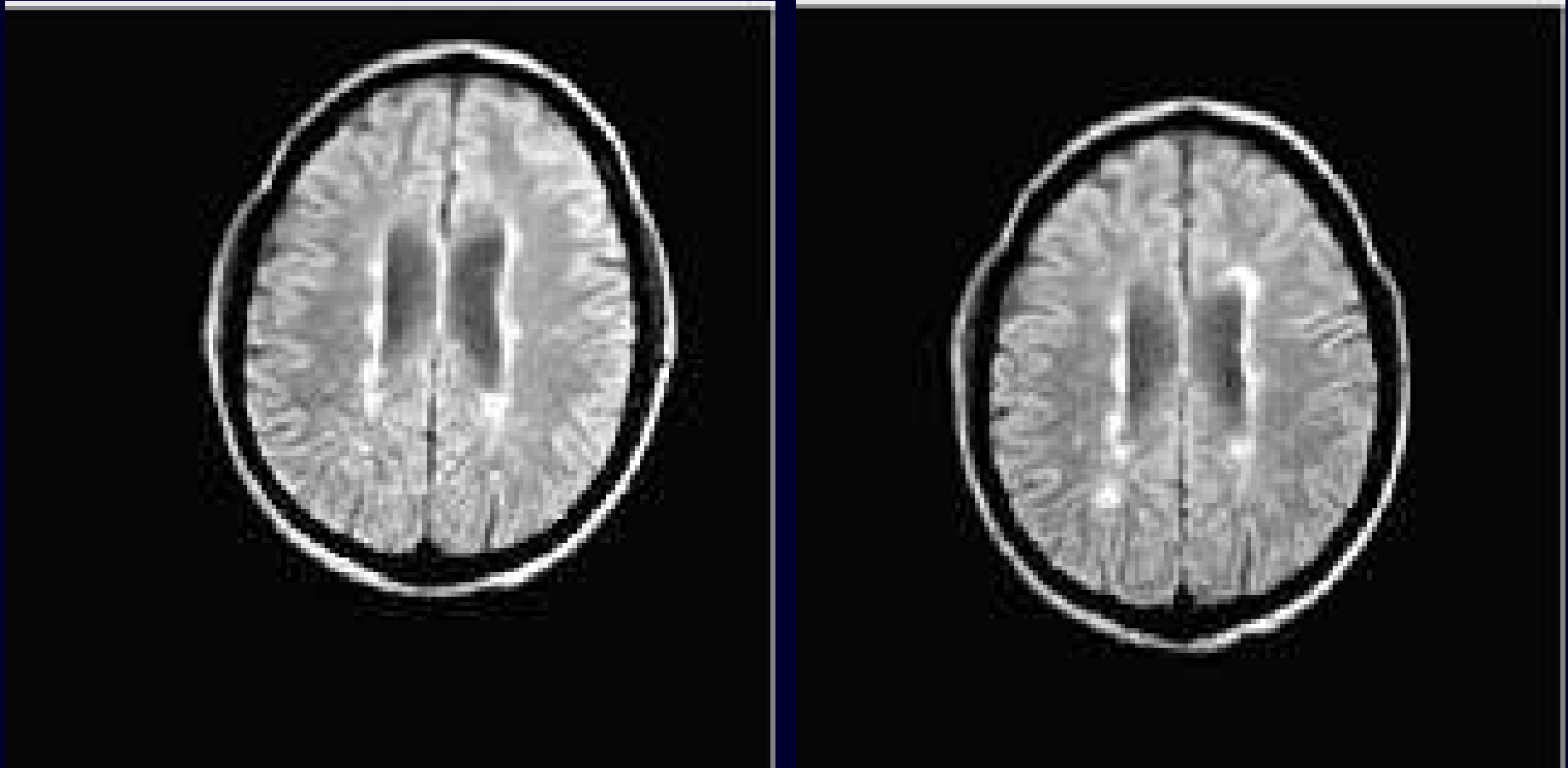


# Pourquoi faire du recalage?

- Le recalage vise à compenser les variations de mesure
  - variations géométriques (position du patient) et d'intensité
- Multiples sources d'information (Scanner, IRM, TEMP)
  - Difficulté d'interprétation des images
- **Aide au diagnostic**
- **Planification et suivi des traitements**

# Exemples

## ■ Comparaison d'images avant/après



Source : Université Louis Pasteur, Strasbourg

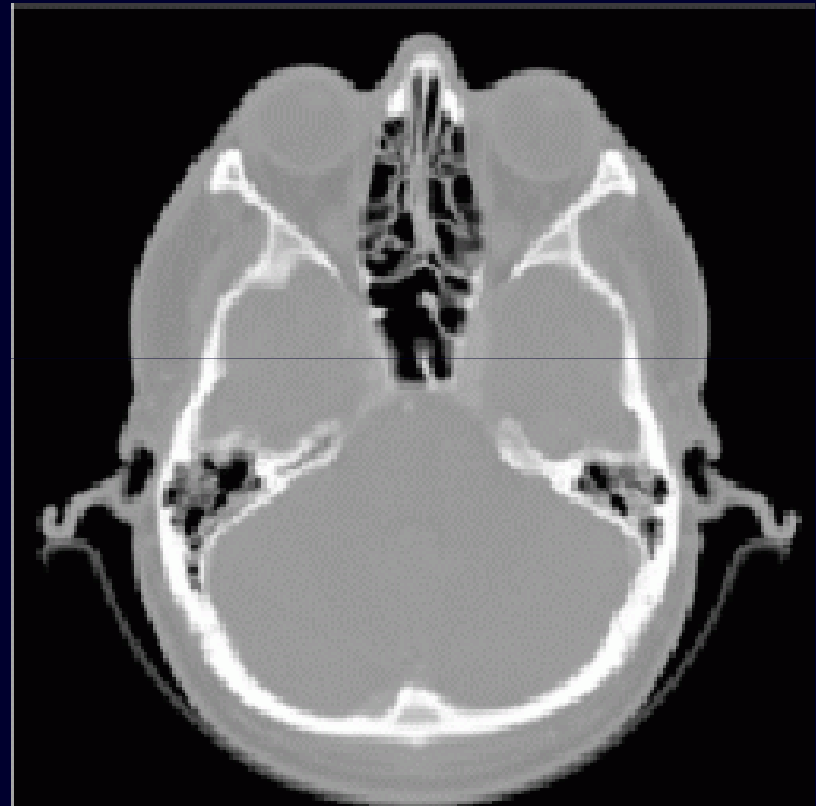
# Exemples

## ■ Comparaison d'images complémentaires



IRM

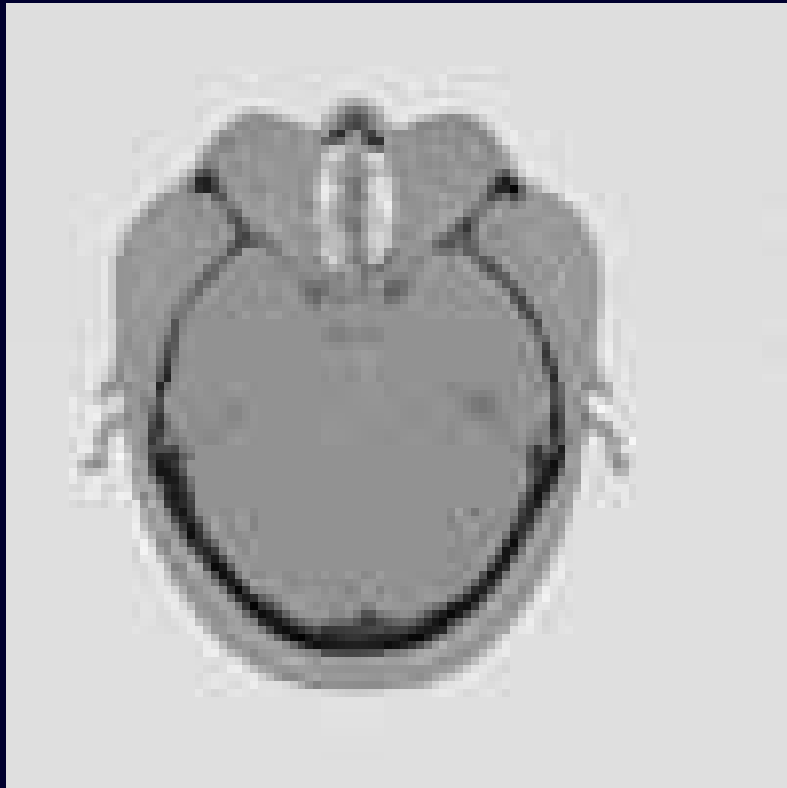
Source : EPFL



Scanner

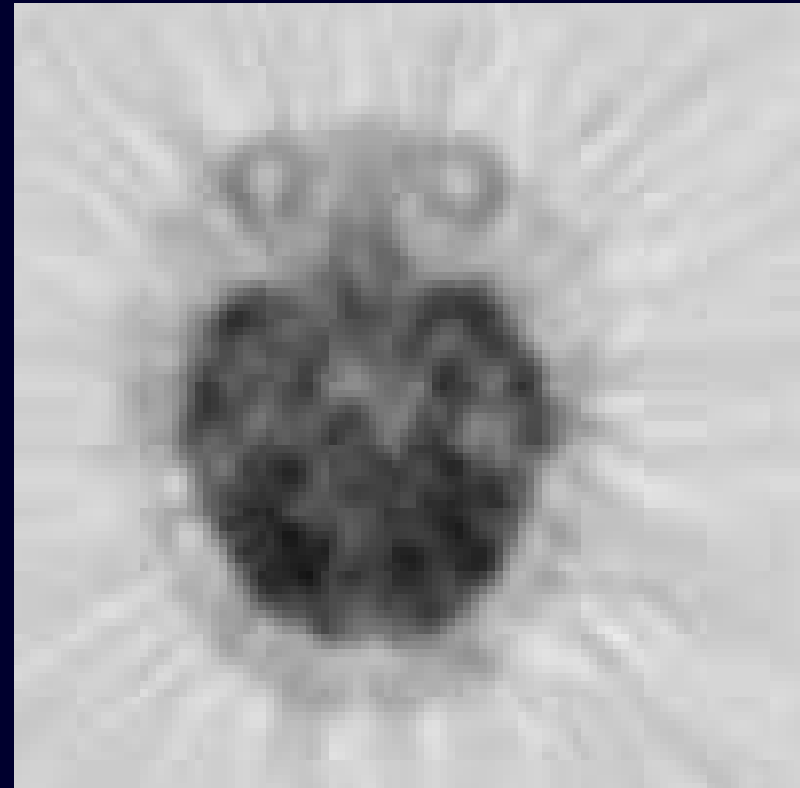
# Exemples

## ■ Comparaison d'images complémentaires



Scanner

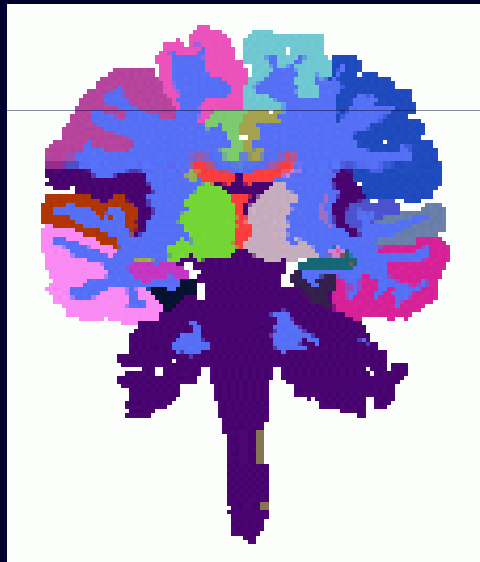
Source : EPFL



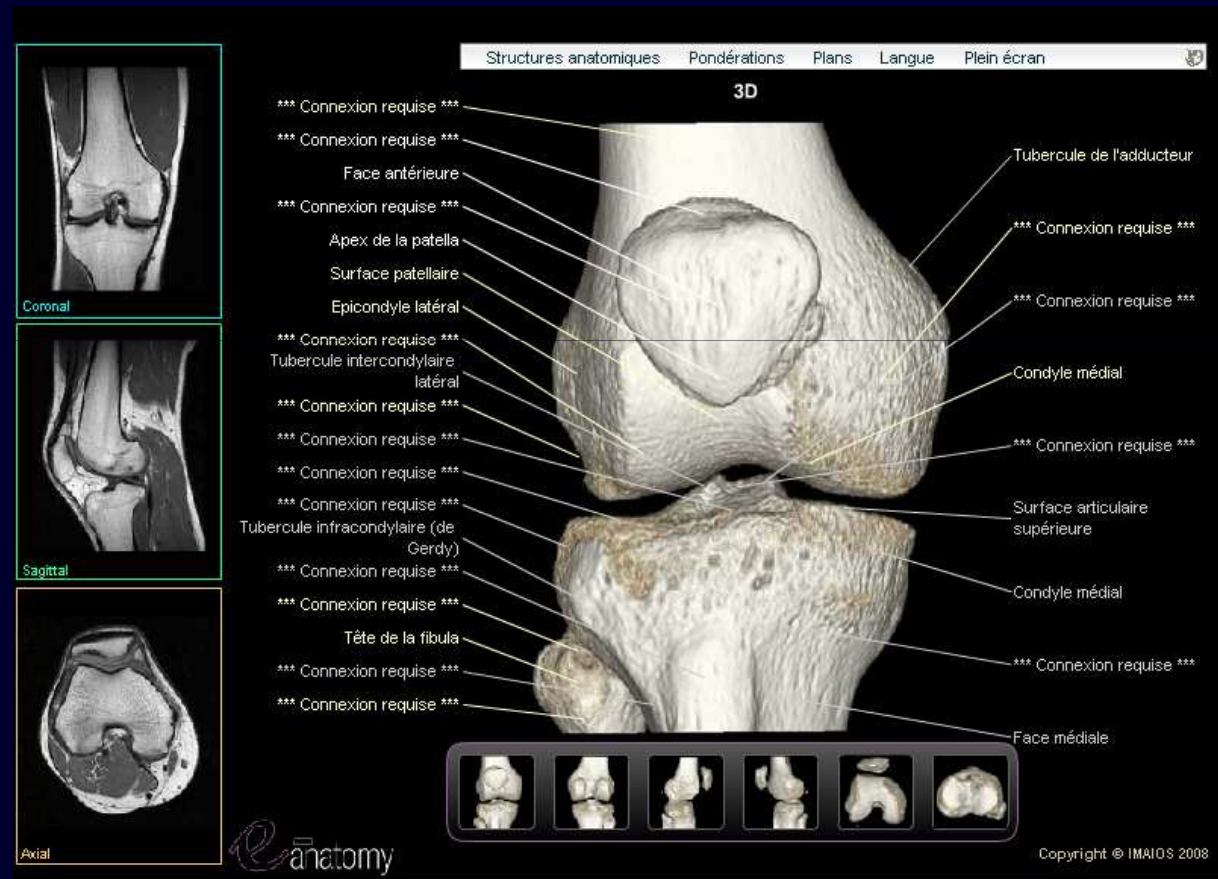
TEP

# Exemples

## ■ Atlas d'organes

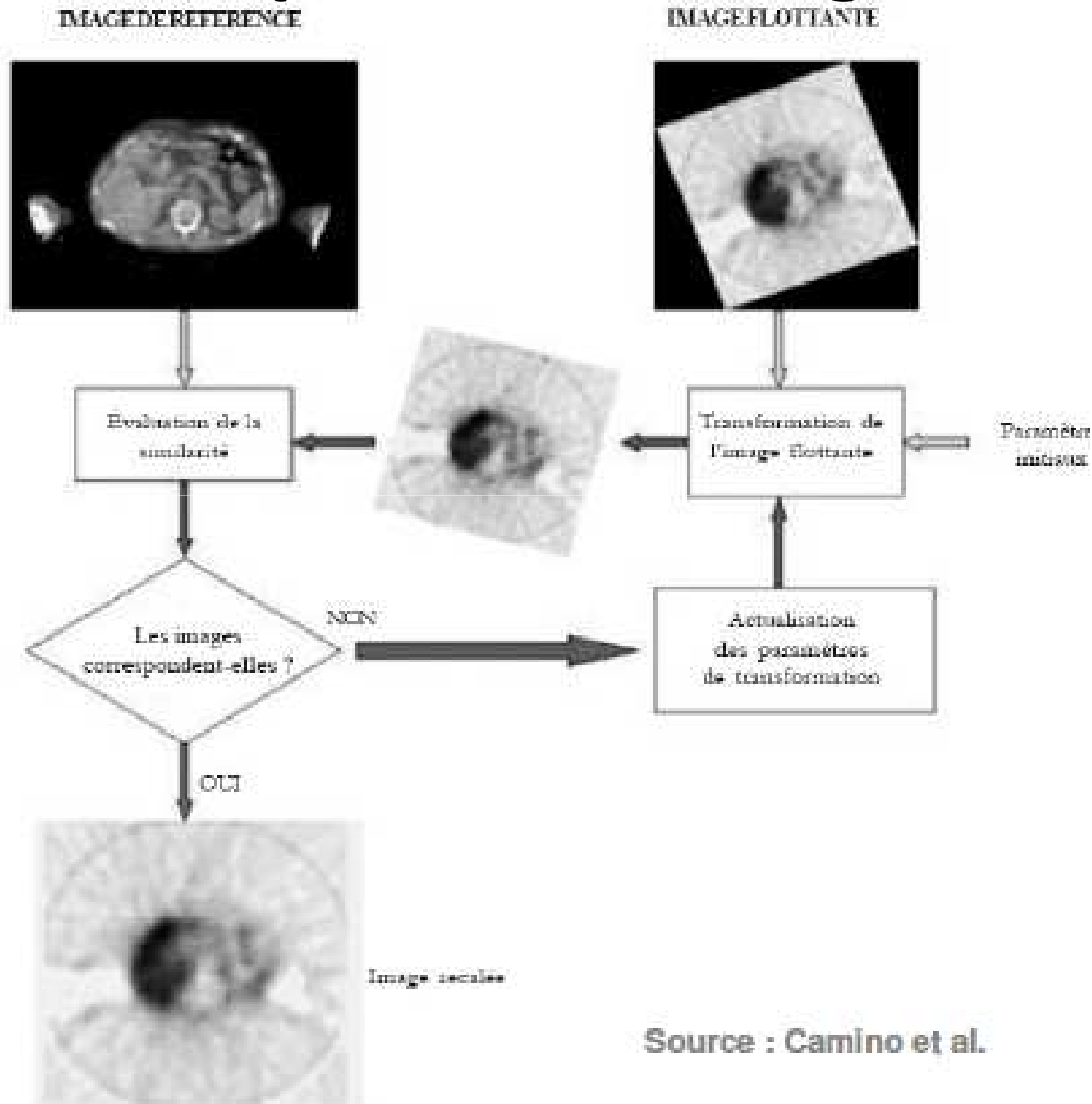


Source : INRIA



<http://www.imaios.com/fr/e-Anatomy/Genou-IRM>

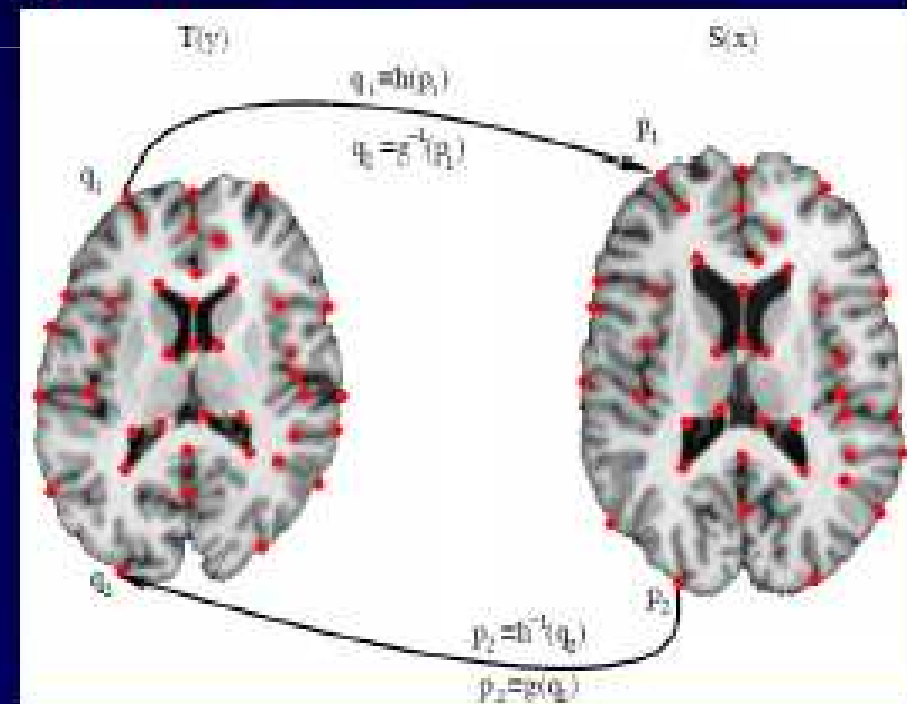
# Etapes de recalage



Source : Camino et al.

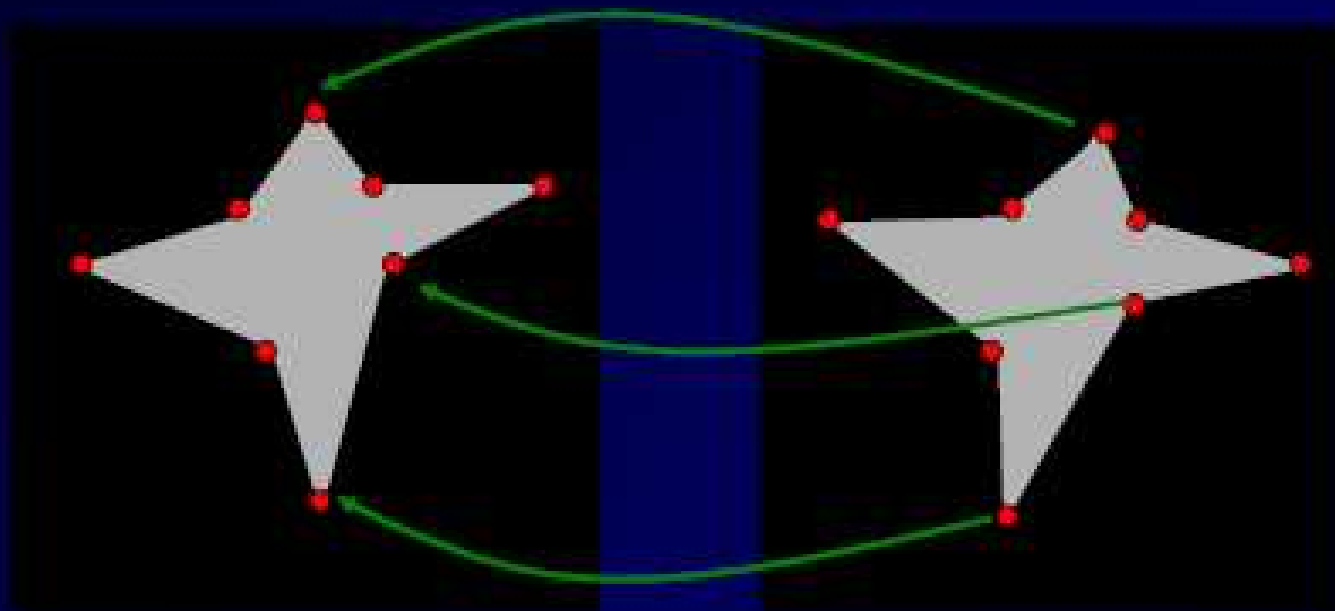
# Primitives géométriques

- Structures particulières dans l'image
  - Points, courbes, surfaces
  - Extraits automatiquement ou manuellement



# Primitives géométriques

- Structures particulières dans l'image
  - Points, courbes, surfaces
  - Extraits automatiquement ou manuellement



Détection des  
primitives : ici  
points de forte  
courbure



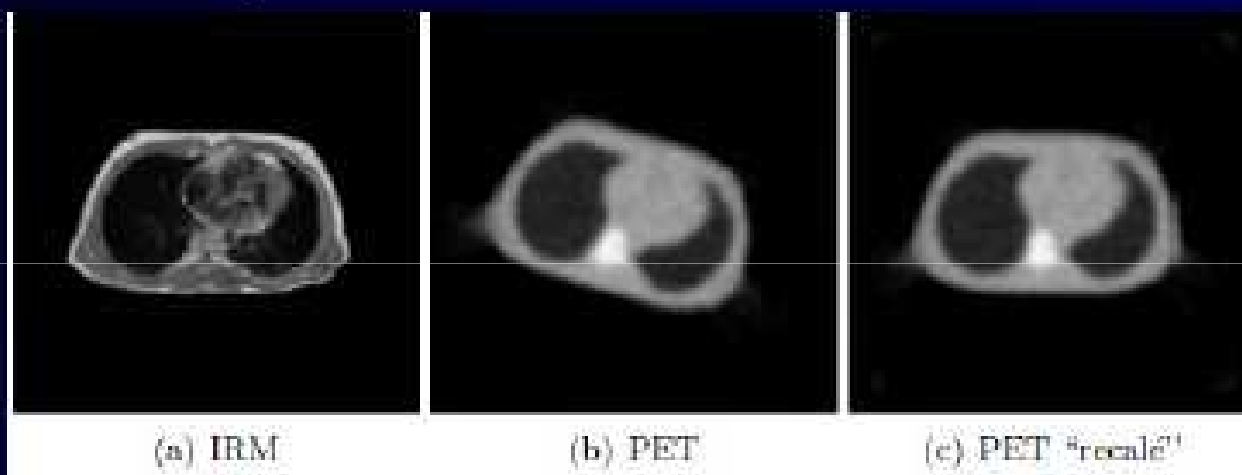
# Critère de similarité

- Recalage monomodal
- Minimiser le critère des moindres carrés (SSD = sum of squared differences)

$$SSD(IoT, J) = \sum_{pixels\ x} (IoT(x) - J(x))^2$$

# Critères de similarité

- Recalage multimodal
  - SSD pas utilisable !



- Critère d'uniformité inter-images (partitioned image uniformity, PIU)
  - Roger Woods (UCLA) in 1993 for MRI/PET

# Critère PIU

- Pour chaque NdG  $n$  présent dans  $A$ :
  - on note les coord des pixels de valeur  $n$
  - On va chercher dans  $B$  les pixels de mêmes coordonnées
  - On calcule la moy, l'écart-type sur ces pixels

# Différents types de transformation

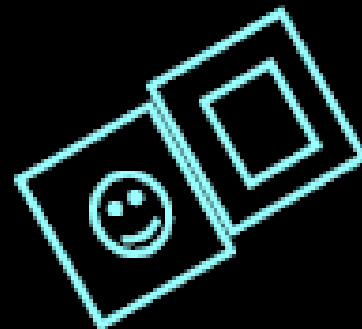
- Domaine de la transformation utilisée
- Globale
  - S'applique de manière identique à toute l'image
- Locale
  - Des sous-sections de l'image ont leurs propres transformations

# Différents types de transformation

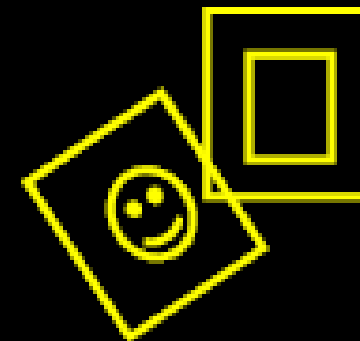
- Rigide
  - Translation – rotation
  - Conservation des angles et des distances
  - + pour recalage intra-patient / intra modalité



Original



Transformation globale



Transformation locale

# Différents types de transformation

- Affine
  - Des droites parallèles restent parallèles après transformation



**Original**



**Transformation globale**



**Transformation locale**

# Différents types de transformation

- Elastique

Toutes les transformations sont possibles



**Original**



**Transformation globale**

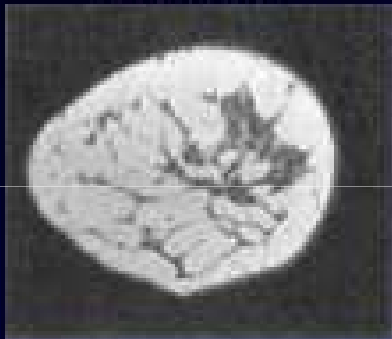


**Transformation locale**

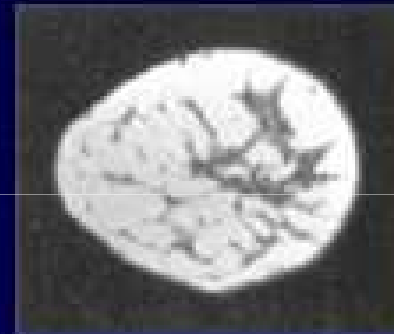
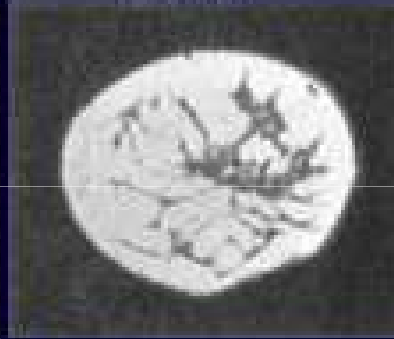
# Différents types de transformation

- Exemple : recalage inter-patient de mammographies en IRM

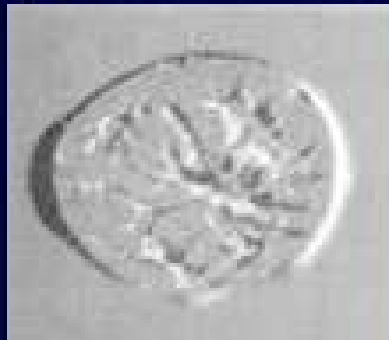
Source



Cible



Source recalée  
par transformation  
affine



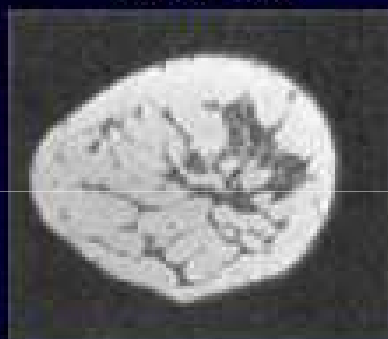
Source : King's College, Londres



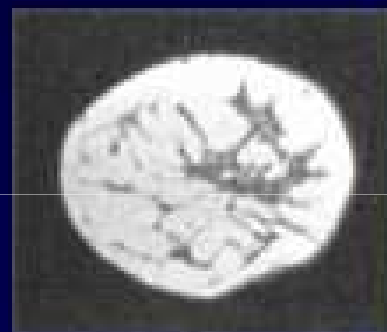
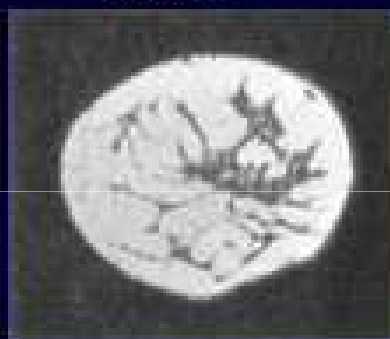
# Différents types de transformation

- Exemple : recalage inter-patient de mammographies en IRM

Source



Cible



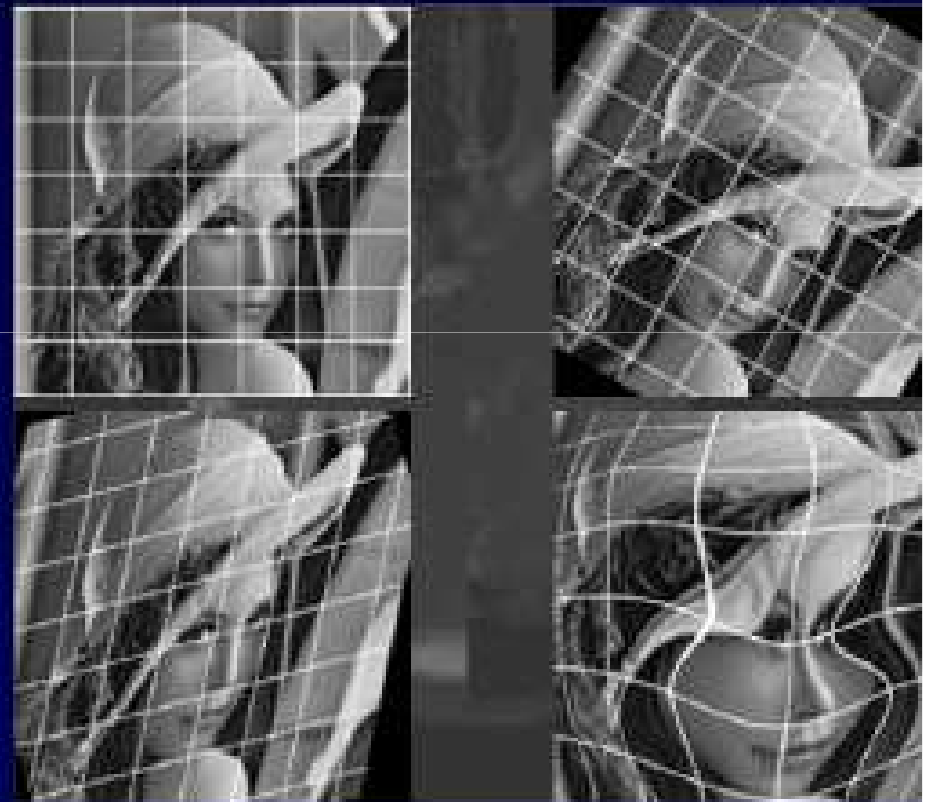
Source recalée  
par transformation  
élastique



Source : King's College, Londres

# Différents types de transformation : résumé

- Recalage rigide ou affine
  - Erreur de positionnement
  - Pas de déformations de tissus mous
- Recalage non-rigide ou élastique
  - Petites déformations locales



Source : <http://www.inf.u-szeged.hu/~ssip/2007/lectures/AttilaTamas-Registration.pdf>

# Méthodes de recalage

- 2 grandes familles :
  - Approches géométriques : recalage de points, courbes, surfaces
  - Approches iconiques : recalage voxel à voxel

# Approches géométriques

- Mise en correspondance de points, courbes, etc positionnés manuellement ou automatiquement
- Très souvent recalage rigide
- Un exemple : recalage par chanfrein (Chamfer matching)

# Recalage par chanfrein

- Recalage rigide nécessitant les contours initiaux



Image de référence

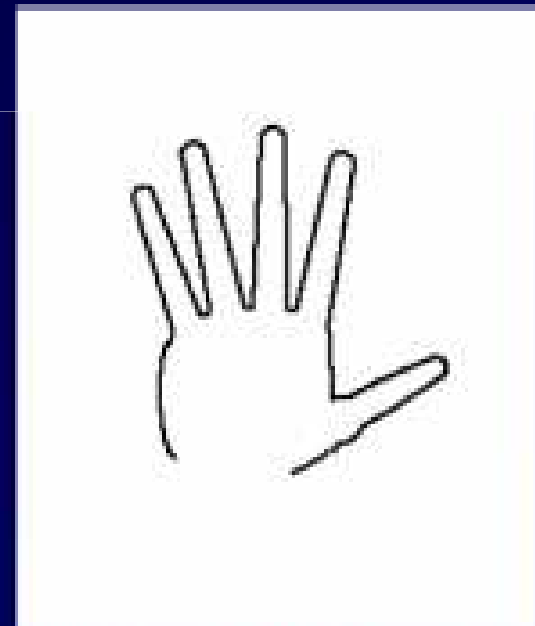
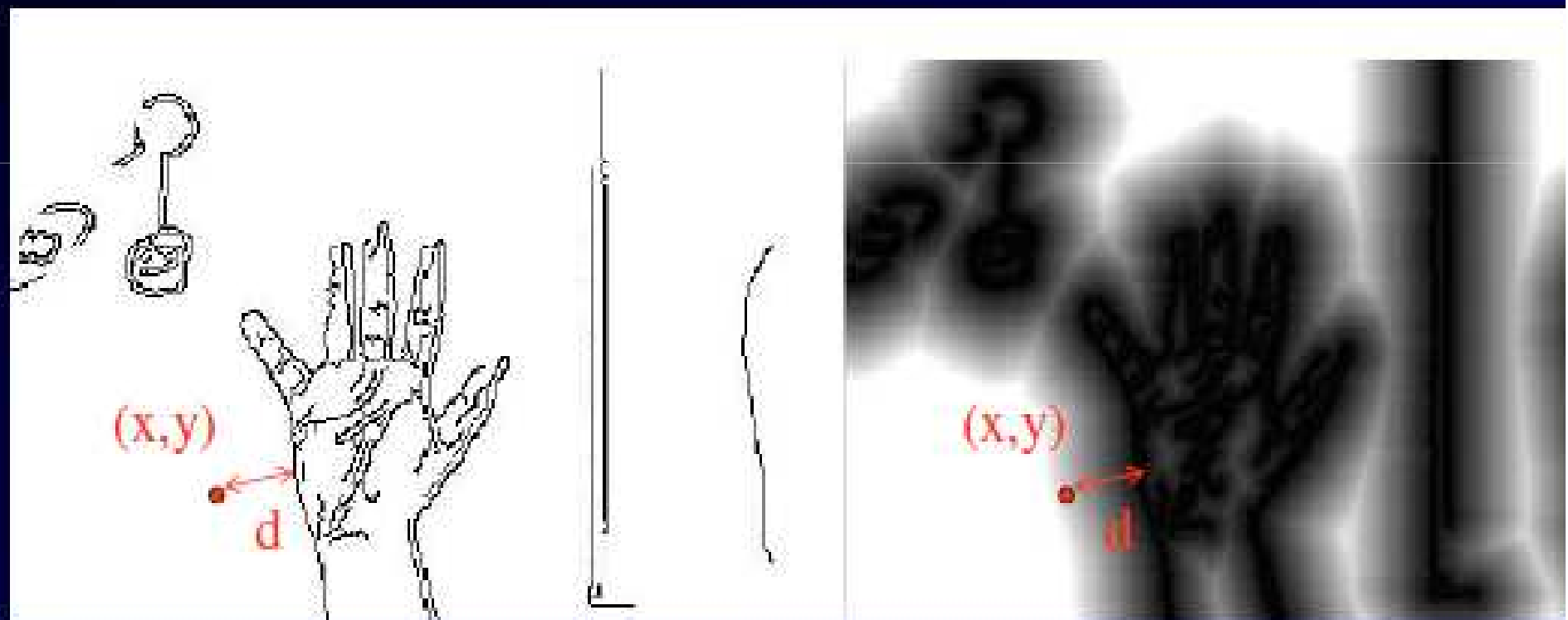


Image flottante

# Recalage par chanfrein

- Calcul d'une carte de distance au contour sur l'image de référence



# Recalage par chanfrein

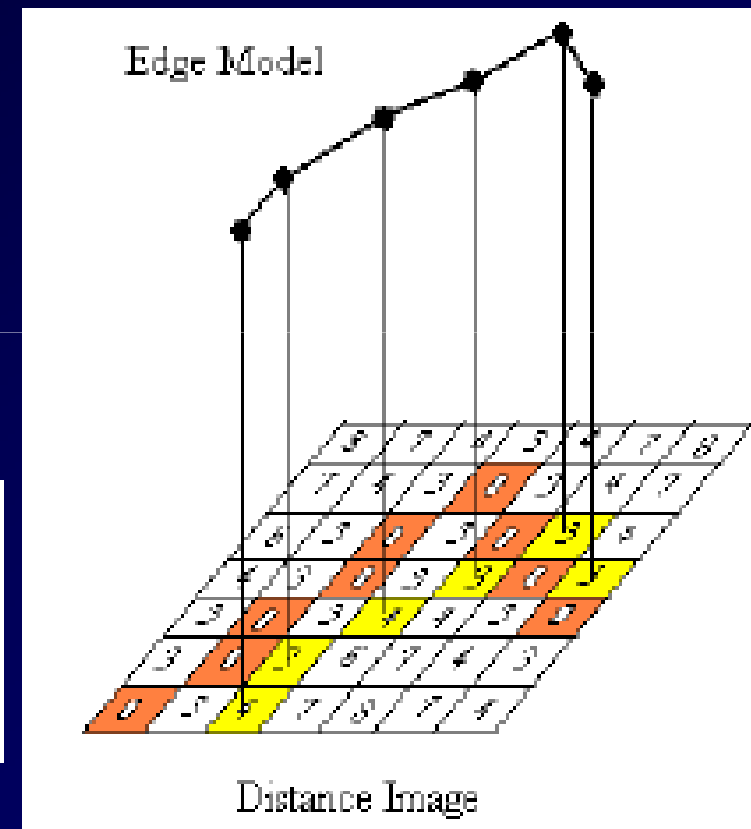
- Contour de l'image flottante superposé sur la carte de distance
- Calcul de la moyenne des valeurs "sous" les pixels (Chamfer Distance)

R.M.S. Chamfer  
Distance =

$$\frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^2}$$

$v_i$  = valeur de la distance

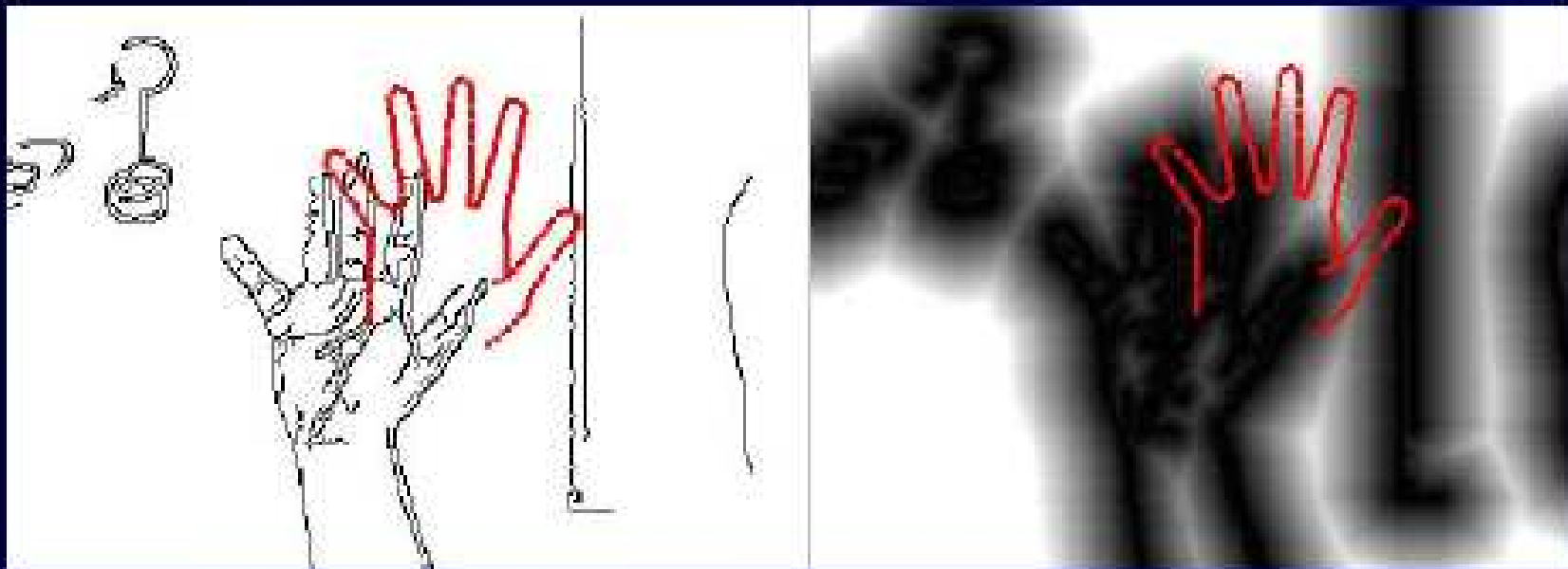
$n$  = nombre de points



Distance de chanfrein = 1.12

# Recalage par chanfrein

- Calcul de la distance de Chanfrein sous le contour flottant





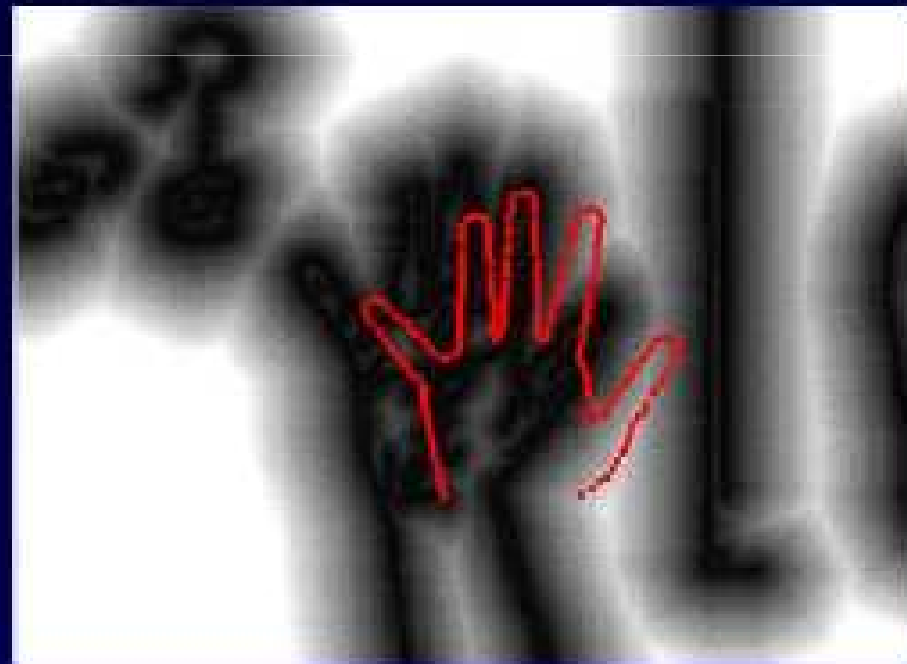
# Recalage par chanfrein

- Déplacement du C(flottant) jusqu'à ce que la distance de Chanfrein soit minimum



# Recalage par chanfrein

- Déplacement du C(flottant) jusqu'à ce que la distance de Chanfrein soit minimum



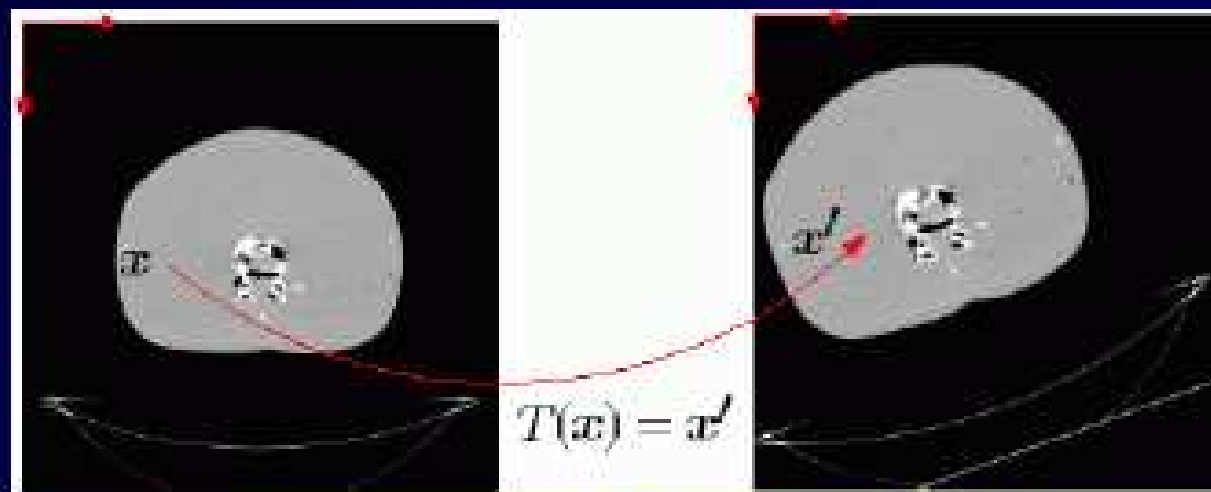
# Recalage par chanfrein

- Déplacement du C(flottant) jusqu'à ce que la distance de Chanfrein soit minimum



# Approches iconiques

- N'utilisent pas de primitives géométriques
- Evite une étape de segmentation
- Préférées quand il est difficile d'extraire des structures communes des jeux de données



Source : Cours D. Sarrut, Univ. Lyon 2

# Approches iconiques

- Utilisent l'intensité et la position des voxels
- Recalage rigide ou non-rigide
- Un exemple : méthode de Woods (1992)
  - Logiciel AIR : Automated Image Registration

# Méthode de Woods

- Basée sur le pixel
- Recalage rigide
- Zones uniformes → correspondent à des régions anatomiques

A une zone uniforme dans une image correspond une zone uniforme dans l'autre image

