

# Interprétation d'images guidée par un modèle ontologique intégrant des relations spatiales

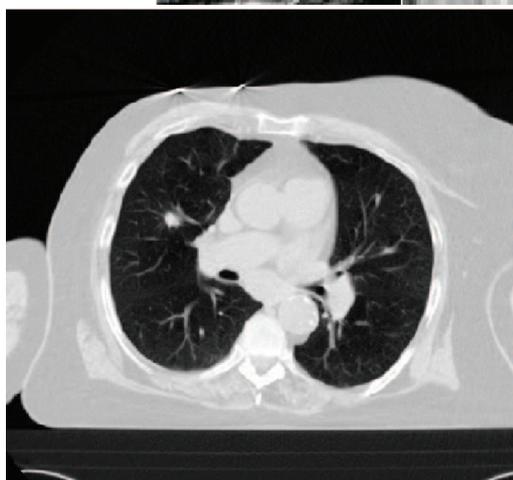
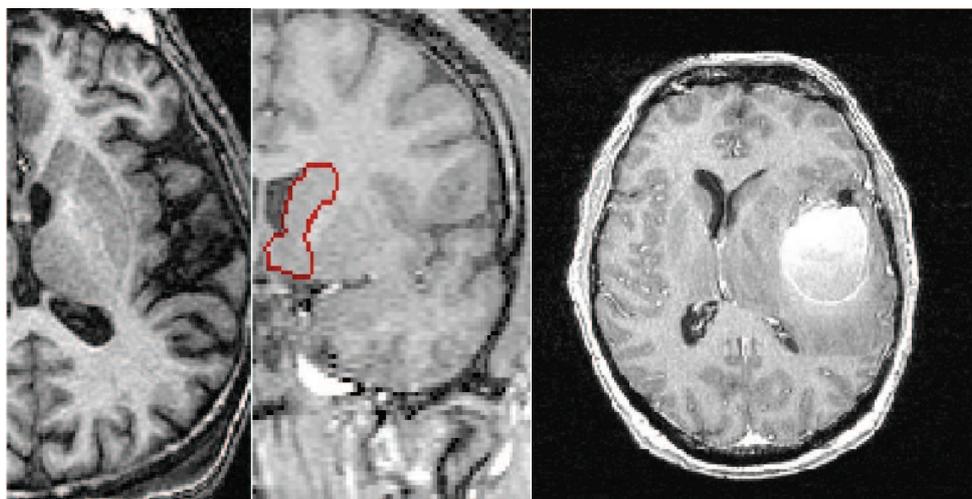
Isabelle Bloch - [isabelle.bloch@telecom-paristech.fr](mailto:isabelle.bloch@telecom-paristech.fr)

Télécom ParisTech - CNRS LTCI

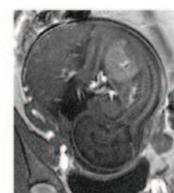


Mai 2012

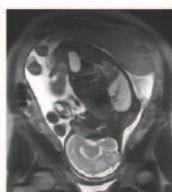
# Interprétation d'images à partir d'un modèle



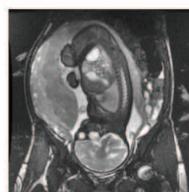
EPI



FSPGR



SSESE



SSFP



SSFP3D

# Raisonnement spatial

## Représentation de connaissances et raisonnement sur des entités spatiales et sur des relations spatiales

- Largement développé en IA
  - relations topologiques surtout
  - logiques formelles (ex : méréotopologie)
  - inférence
- Moins développé en interprétation d'images
  - besoin de représentation de connaissances imprécises
  - cadre (semi-)quantitatif ( $\Rightarrow$  évaluation numérique)
  - exemples : reconnaissance structurelle dans les images sous imprécision
- Ingrédients :
  - représentation des connaissances
  - représentation de l'imprécision
  - fusion d'information hétérogènes
  - raisonnement et décision
- Sources d'inspiration : philosophie, perception, cognition, linguistique...

# Fusion d'informations

- **Connaissances :**
  - anatomiques
  - sur les formes, positions, relations spatiales
  - sur les acquisitions
  - sur les pathologies
  - ...
- **Informations extraites des images :**
  - radiométriques
  - spécifiques au patient
  - ...

⇒ représentation des connaissances, fusion d'informations hétérogènes, raisonnement spatial

## Exemple de description anatomique

[ morphologie ]

morphologie fonctionnel atlas animations vidéo reconstruction 3D liens

**Noyau caudé**

embryologie  
histologie  
crâne  
mninges

moelle épinière  
tronc cérébral

nerfs crâniens  
cervelet  
cortex  
cérébral

noyaux gris  
substance  
blanche

v3  
v4  
ventricules  
latéraux

auteur : D Hasboun  
illustrations : H Fournié



Le noyau caudé est un noyaux gris central, en forme de **fer à cheval** ouvert en avant.  
Il s'enroule **autour du thalamus**, repose sur sa face supérieure, puis descend en arrière du thalamus.



Il se continue en avant dans le lobe temporal. Il présente d'avant en arrière :



- une **tête** volumineuse située en dehors de la come frontale du ventricule latéral
- un **corps** dont le volume diminue d'avant en arrière. Il repose sur le thalamus puis descend en arrière du pulvinar.



- la **queue** du noyau cadé chemine dans le lobe temporal, au-dessus de la come temporale du ventricule latéral, dans la région sous lenticulaire.

Le noyau caudé constitue le **néostriatum** avec le putamen.

CHU Pitié-Salpêtrière

UNIVERSITÉ PIERRE & MARIE CURIE

neuro - morphologie - fonctionnel - anatomie - vidéo - atlas - 3D - liens - préface - bibliographie - aide

© Neur@nat - 1996 - 2003 \* Les illustrations et articles sont la propriété de leurs auteurs respectifs \*

<http://www.chups.jussieu.fr/ext/neuranat> (Dominique Hasboun, CHU La Pitié-Salpétrière)

## Imprécision et flou

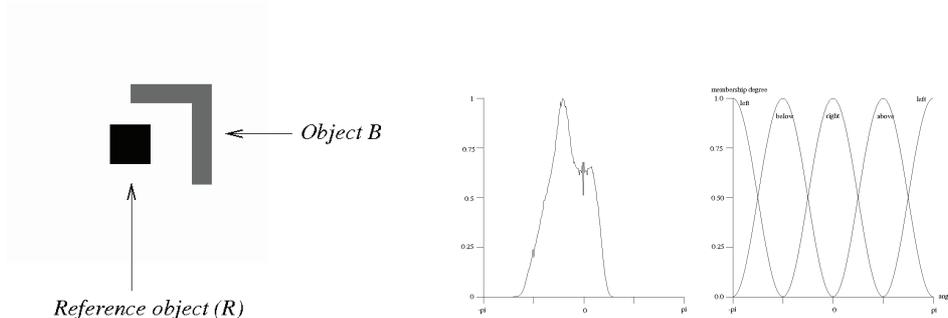
- Objets (absence de contours nets, segmentation grossière...)
- Relations (ex : *à gauche de, assez proche de*)
- Type de connaissance disponible (ex : *le noyau caudé est proche du ventricule latéral, les maisons sont alignées le long de la route*)
- Question posée (ex : *aller vers cet objet en restant à une certaine distance de sécurité*)

# Morphologie mathématique floue pour modéliser des relations spatiales

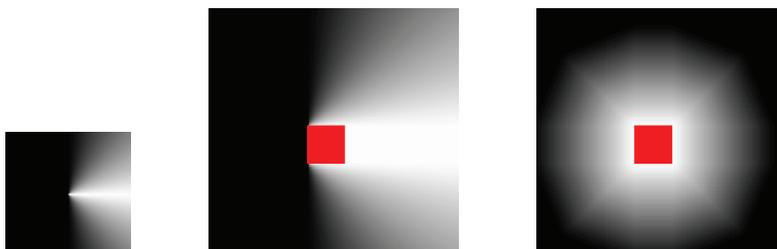
- Morphologie mathématique :
  - Cadre algébrique
  - Equivalents flous de notions ensemblistes et d'opérateurs algébriques
  - Bonnes propriétés
- Relations :
  - topologiques : inclusion, exclusion, intersection, adjacence
  - métriques : distances, direction relative
  - complexes : entre, le long de, parallèle, traverse, entoure...
- Calcul de relations entre deux objets.
- Représentations spatiales des relations.
- Fusion de relations.

## Deux questions essentielles en reconnaissance structurelle dans les images

- Etant donnés deux objets (éventuellement flous), évaluer le degré avec lequel une relation est satisfaite.



- Etant donné un objet de référence, définir la région de l'espace dans laquelle une relation à cette référence est satisfaite (avec un certain degré).



## Opérations de base : dilatation et érosion

- $\mathcal{F}$  : ensembles flous définis sur  $\mathcal{S}$
- $(\mathcal{F}, \leq)$  = treillis complet
- adjonction :

$$\delta(\mu) \leq \mu' \Leftrightarrow \mu \leq \varepsilon(\mu')$$

- Dilatation (degré d'intersection) :

$$D_\nu(\mu)(x) = \sup\{t[\nu(y - x), \mu(y)], y \in \mathcal{S}\}$$

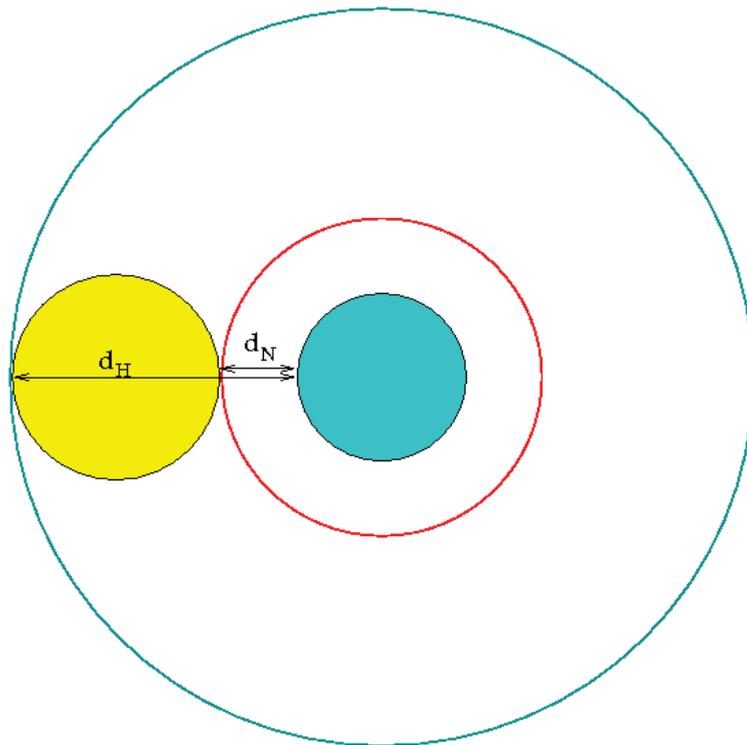
- Erosion (degré d'inclusion) :

$$E_\nu(\mu)(x) = \inf\{T[c(\nu(y - x)), \mu(y)], y \in \mathcal{S}\}$$

$t$  = t-norme,  $T$  = t-conorme

## Exemples : distances

Expression de distances (minimum, Hausdorff...) en termes morphologiques (algébriques)  $\Rightarrow$  extension facile au cas des ensembles flous



## Densité de distance minimum

Cas binaire discret :

$$d_N(X, Y) = n \Leftrightarrow D^n(X) \cap Y \neq \emptyset \text{ et } D^{n-1}(X) \cap Y = \emptyset$$

$$d_N(X, Y) = 0 \Leftrightarrow X \cap Y \neq \emptyset$$

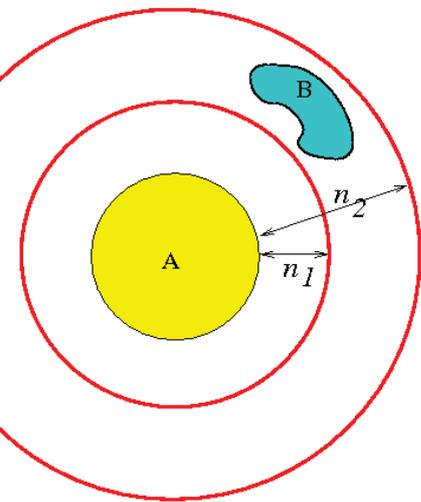
Degré avec lequel la distance entre  $\mu$  et  $\mu'$  est égale à  $n$  (densité de distance) :

$$d_N(\mu, \mu')(n) = t[\sup_{x \in \mathcal{S}} t[\mu'(x), \delta_\nu^n(\mu)(x)], c[\sup_{x \in \mathcal{S}} t[\mu'(x), \delta_\nu^{n-1}(\mu)(x)]]]$$

$$d_N(\mu, \mu')(0) = \sup_{x \in \mathcal{S}} t[\mu(x), \mu'(x)]$$

Distance de Hausdorff : équations similaires

## Représentation spatiale de connaissances sur des distances



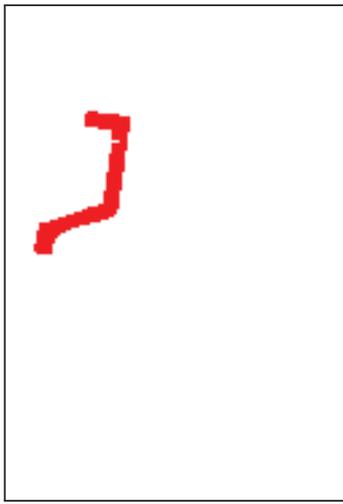
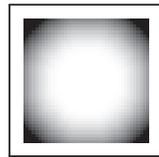
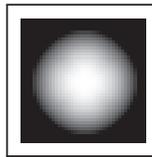
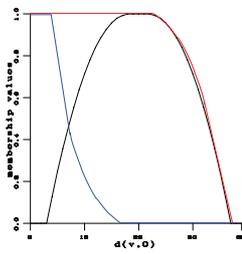
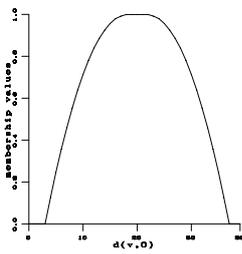
- Cas binaire :  $B$  doit être à une distance comprise entre  $n_1$  et  $n_2$  de  $A$   
 $\Rightarrow$  région d'intérêt pour  $B$  :  
 $\delta^{n_2}(A) \setminus \delta^{n_1-1}(A)$
- Cas flou : distance approximative exprimée comme un intervalle flou  $\Rightarrow$  deux éléments structurants :

$$\nu_1(x) = 1 - \mu_n(d_E(x, 0)) \text{ si } d_E(x, 0) \leq n_1, \quad 0 \text{ sinon}$$

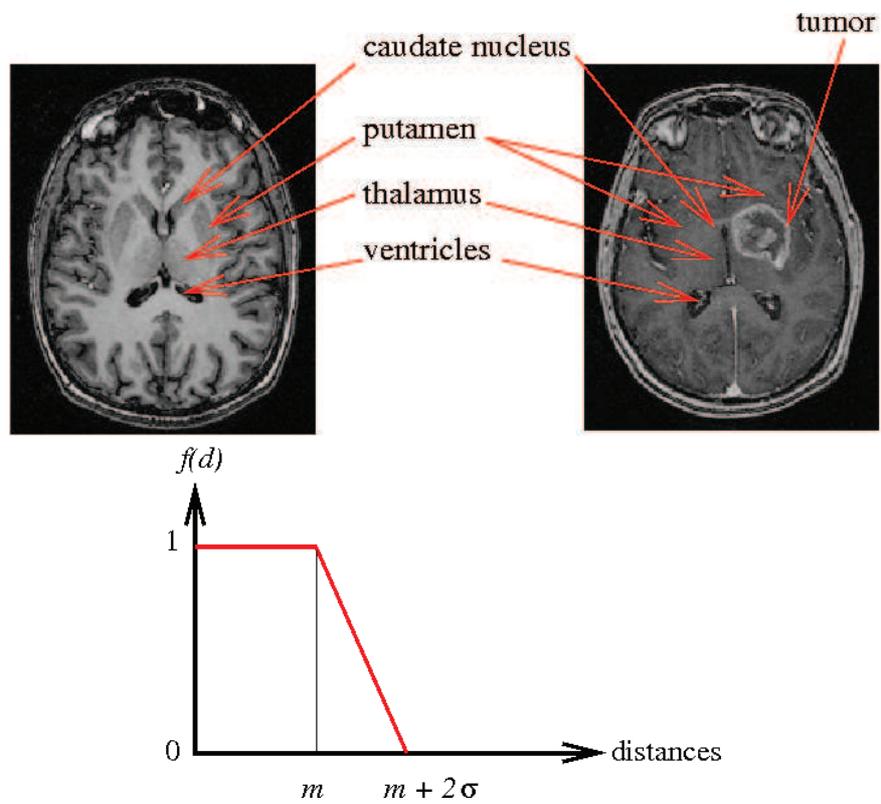
$$\nu_2(x) = 1 \text{ si } d_E(x, 0) \leq n_2, \quad \mu_n(d_E(x, 0)) \text{ sinon}$$

Région d'intérêt floue :

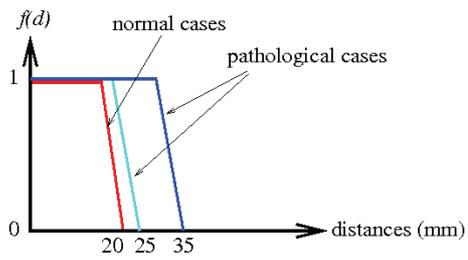
$$\mu_{\text{distance}} = t[\delta_{\nu_2}(\mu), 1 - \delta_{\nu_1}(\mu)]$$



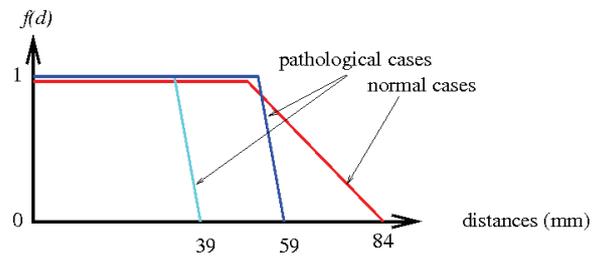
# Apprentissage des relations spatiales



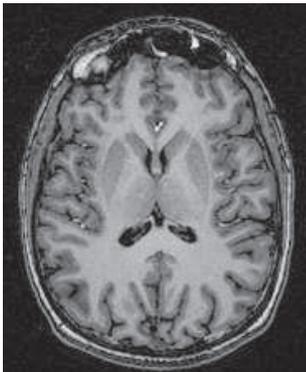
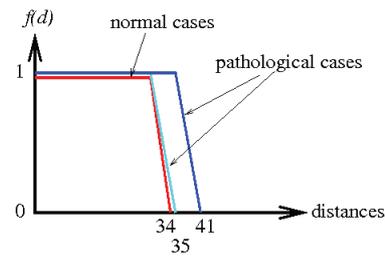
### noyau caudé



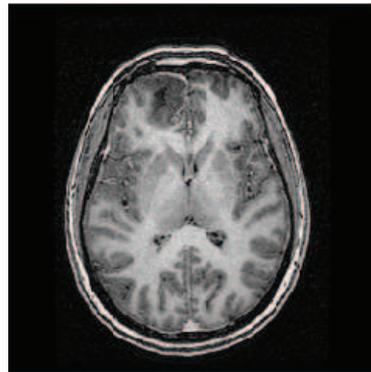
### ventricule latéral



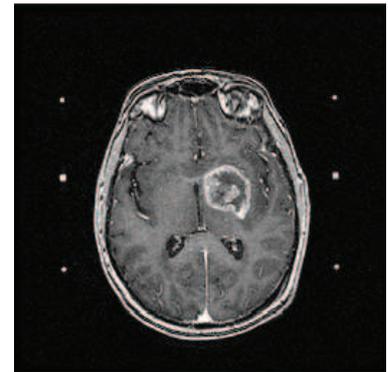
### thalamus



● cas normal



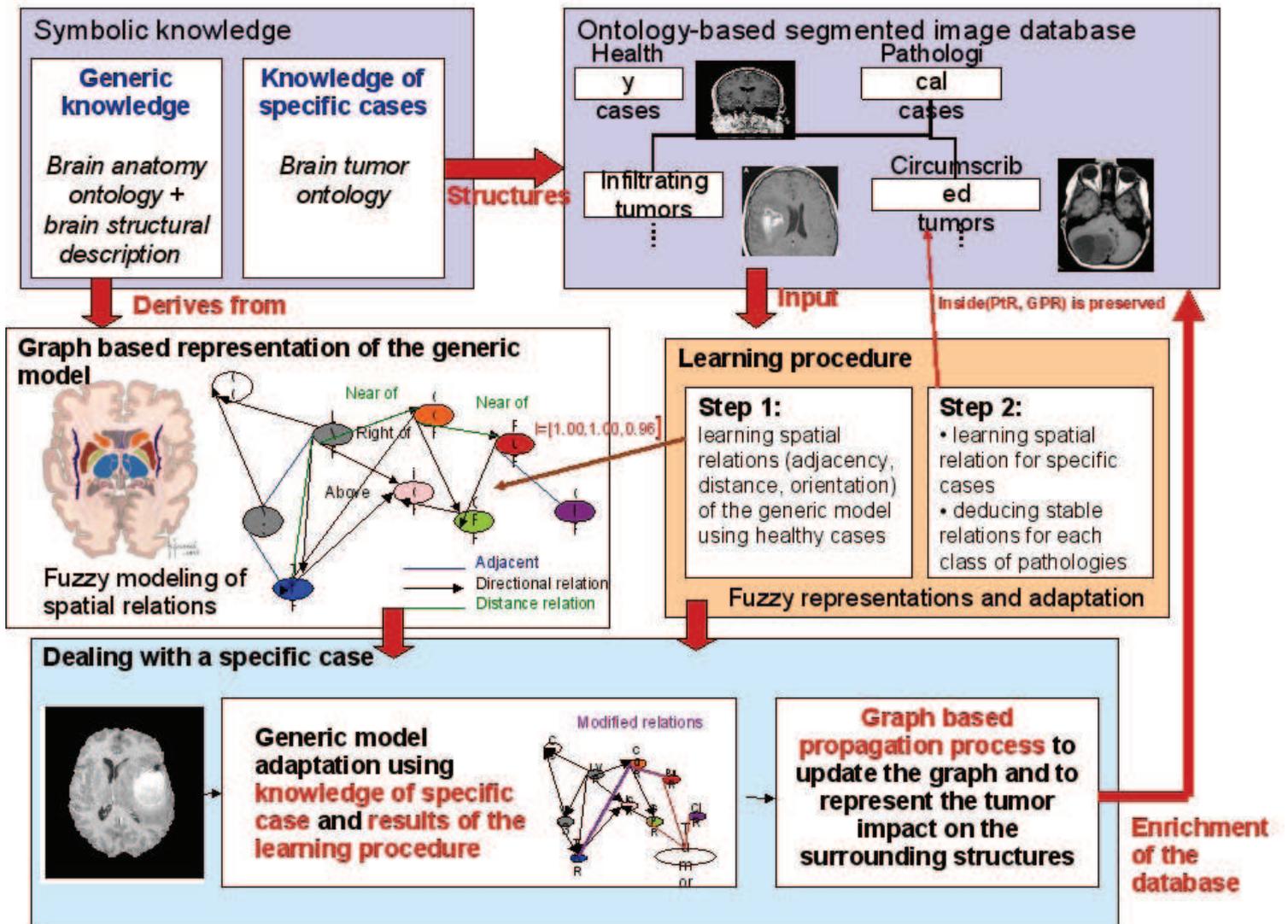
● cas avec peu d'impact sur les structures internes



● cas avec un fort impact

## Représentation des connaissances : modèles structurels

- Graphes et hypergraphes attribués.
- Ontologies.
- Graphes conceptuels.



# Ontologie de relations spatiales

