

Modèles symboliques pour la reconnaissance de structures dans les images et l'interprétation de scènes

Isabelle Bloch

Telecom ParisTech - CNRS LTCI



isabelle.bloch@telecom-paristech.fr

2015

Élément susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué.

- connaissances (classes d'objets)
- données (cas, faits, objets particuliers)

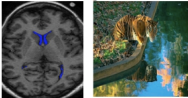
Types d'imperfection :

- ambiguïté (on ne sait pas à quoi se rapporte l'information)
- biais (erreur systématique), bruit (erreur aléatoire)
- incomplétude
- imprécision, incertitude
- incohérence et conflit

+ caractère évolutif (monde dynamique)

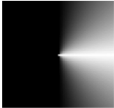
Information imparfaite et de nature multiple

Objets



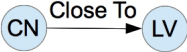
TAGS
Zoo
Animal
Cat
...

Relations



A droite

Connaissance




Voiture

Visuelle



Conceptuelle



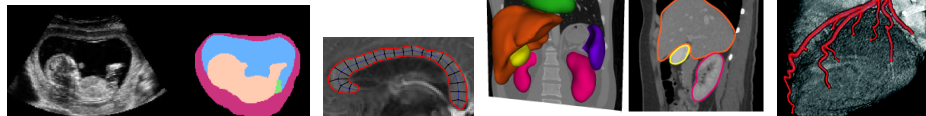
Contextuelle



Importance des modèles

Modèles pour guider la segmentation, la reconnaissance, l'interprétation :

- propriétés des images et des signaux (géométrie, statistiques...),
- forme et apparence,
- modèles iconiques (atlas),
- organisation spatiale (relations spatiales),
- modèles symboliques,
- imprécision et incertitude.

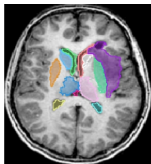


Des images aux modèles :

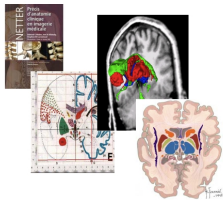
- exemple : construction de modèles anatomiques.

- Développer des modèles mathématiques pour représenter
 - les connaissances,
 - les informations contenues dans les images,
 - et les fusionner,conduisant à des algorithmes opérationnels pour l'interprétation d'images.
- Question du fossé sémantique.
- Cas pathologiques.
- Adéquation aux besoins applicatifs.

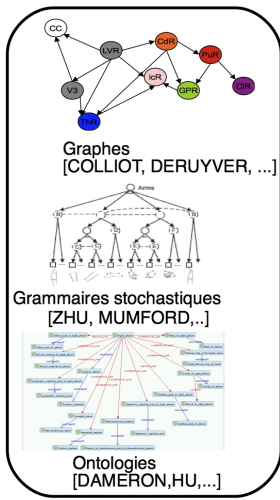
Représentation



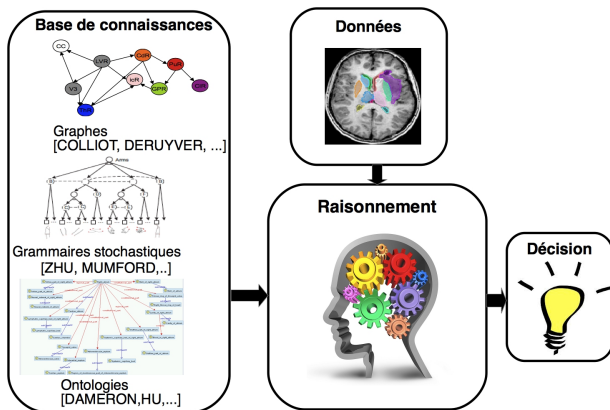
Connaissances



Représentation formelle



Raisonnement



Mise en correspondance de graphes (inexacte), recalage et instanciation de modèles (ontologies, graphes conceptuels...), problèmes de satisfaction de contraintes...

- **Symbol grounding** = “How is symbol meaning to be grounded in something other than just more meaningless symbols?” (Harnad)
- **Anchoring** = “creating and maintaining the correspondence between symbols and sensor data that refer to the same physical object” (Saffiotti & Coradeschi)
- **Semantic gap** = “lack of coincidence between the information that one can extract from the visual data and the interpretation of these data by a user in a given situation” (Smeulders)

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

- Logiques spatiales (relations topologiques, RCC, directions, logiques modales...) \Rightarrow raisonnement, inférence.
- Moins développé en interprétation d'images.
- Cadre semi-quantitatif : représentations floues.
- Imprécision
 - sur les objets (absence de contours nets, segmentation grossière...),
 - sur les relations (ex : *à gauche de, assez proche de*),
 - sur le type de connaissance (ex : *le noyau caudé est proche du ventricule latéral*),
 - sur les questions posées (ex : *aller vers cet objet en restant à une certaine distance de sécurité*).

Ingrédients : représentation de connaissances, représentation de l'imprécision, fusion d'information hétérogènes, raisonnement et décision.

- Limites du raisonnement purement qualitatif.
- Définitions semi-quantitative de valeurs (linguistiques par exemple) pour pouvoir calculer et tirer des conclusions pratiques et utiles.
- Limites des représentations purement quantitatives dans le cas d'énoncés, de connaissances ou de données imprécis.
- Intégration de connaissances quantitatives et qualitatives grâce aux représentations floues (semi-quantitatives ou semi-qualitatives).
- Freeman (1975) : intérêt du flou pour les contraintes spatiales.
- Granularité :
 - des objets ou entités spatiales et de leurs descriptions,
 - des types et expressions des relations spatiales et des requêtes,
 - des types de résultats.

Ontologie de relations spatiales et FMA (Céline Hudelot, Jamal Atif)

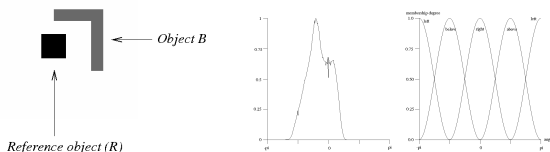
The screenshot displays the Protégé 3.2 beta interface for the project 'FMAWithNeuranat'. The main window shows a hierarchical ontology diagram. On the left, the 'CLASS BROWSER' lists anatomical classes such as 'Basal_ganglion_of_the_brain', 'Caudate_nucleus', and 'Right_caudate_nucleus'. The central diagram illustrates the relationships between these classes and spatial relations. A large oval highlights a set of spatial relation ontology concepts, including 'p::BivertDirectionalRelation', 'p::BivertSetitiveAtOnWith', 'p::Distance_Relation', 'p::Right', 'p::DirectionallySetitiveAtOnWith', 'p::DisarcereAtOnWith', 'p::Close', 'p::Right_Of', and 'p::Close_To'. A smaller oval highlights specific spatial relations between anatomical concepts: 'Right_Of_Right_Lateral_Ventricl_e' and 'Close_To_Right_Anter_Ventricl_e'. The 'Right_caudate_nucleus' class is highlighted with a blue box. The bottom right shows the 'For Class: Right_caudate_nucleus' panel with an 'Inferred V' checkbox.

Spatial relation ontology concepts

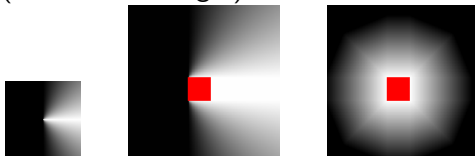
Spatial relations between anatomical concepts

Représentations floues dans des domaines concrets

- Degré avec lequel une relation est satisfaite entre deux objets.



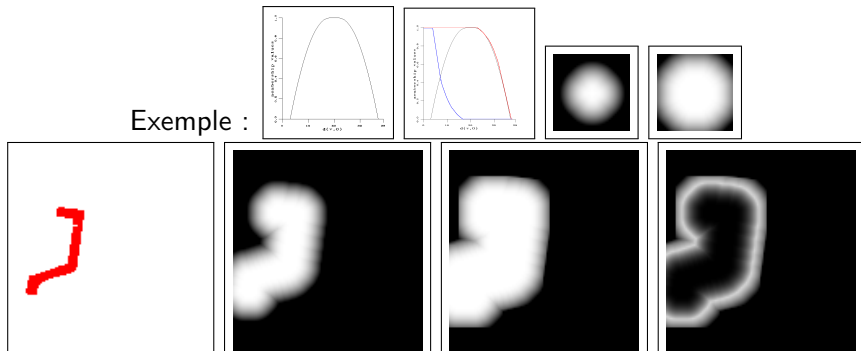
- Région de l'espace dans laquelle une relation à un objet de référence est satisfaite (à un certain degré).

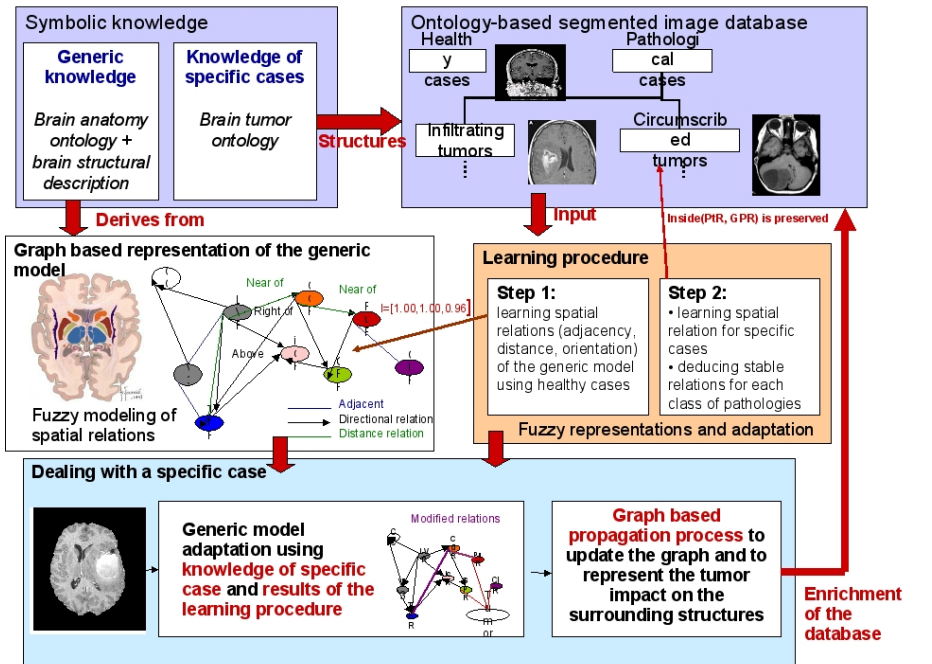


Formalisme mathématique : morphologie mathématique floue

- Cadre algébrique (treillis complets).
- Equivalents flous de notions ensemblistes et algébriques, avec de bonnes propriétés.
- Relations spatiales modélisées comme une dilatation avec un élément structurant donnant la sémantique de la relation.

Exemple :





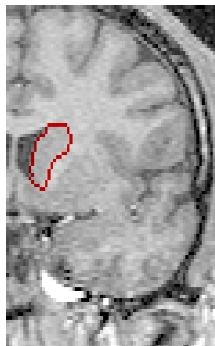
Modèles déformables avec contraintes structurelles (Olivier Colliot)

Evolution selon : $\gamma \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial t} = \mathbf{F}_{int}(\mathbf{X}) + \mathbf{F}_{ext}(\mathbf{X})$.

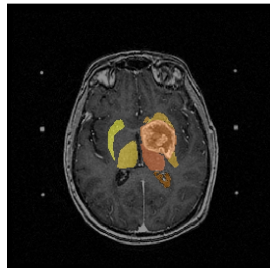
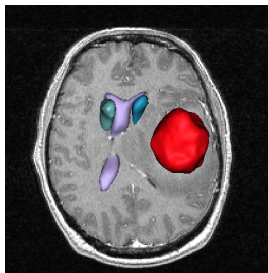
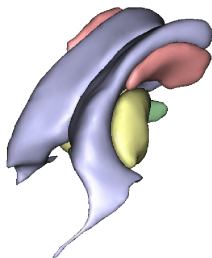
Forces internes : $\mathbf{F}_{int} = \alpha \nabla^2 \mathbf{X} - \beta \nabla^2 (\nabla^2 \mathbf{X})$ (régularisation).

Forces externes : $\mathbf{F}_{ext} = \lambda \mathbf{v} + \nu \mathbf{F}_R$

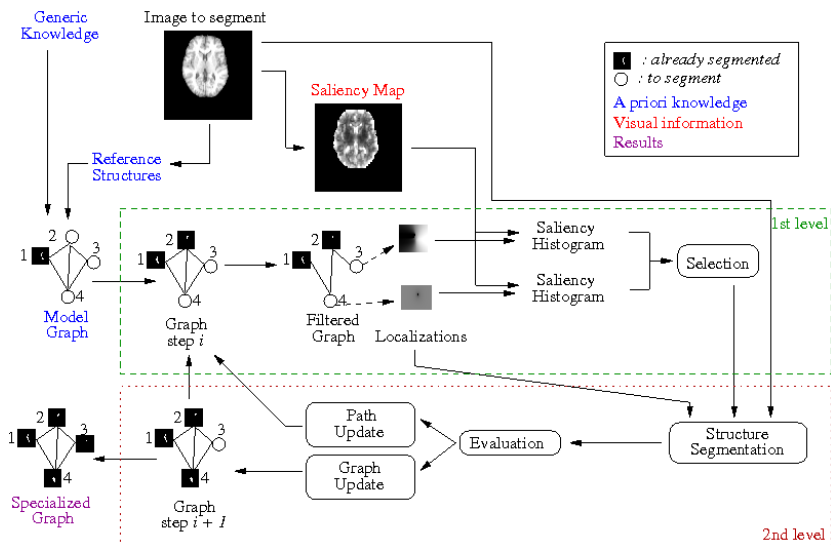
- \mathbf{v} : attraction vers les contours (par GVF),
- \mathbf{F}_R : force associée aux relations spatiales.



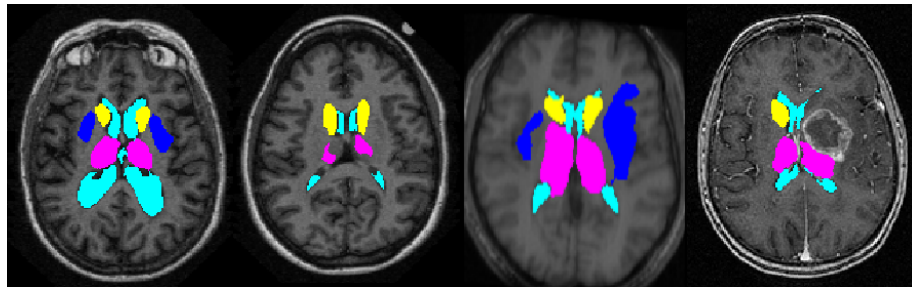
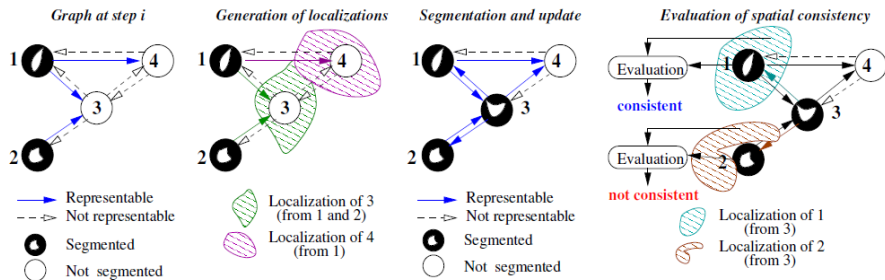
Quelques résultats de segmentation et reconnaissance (Olivier Colliot, Hassan Khotanlou)



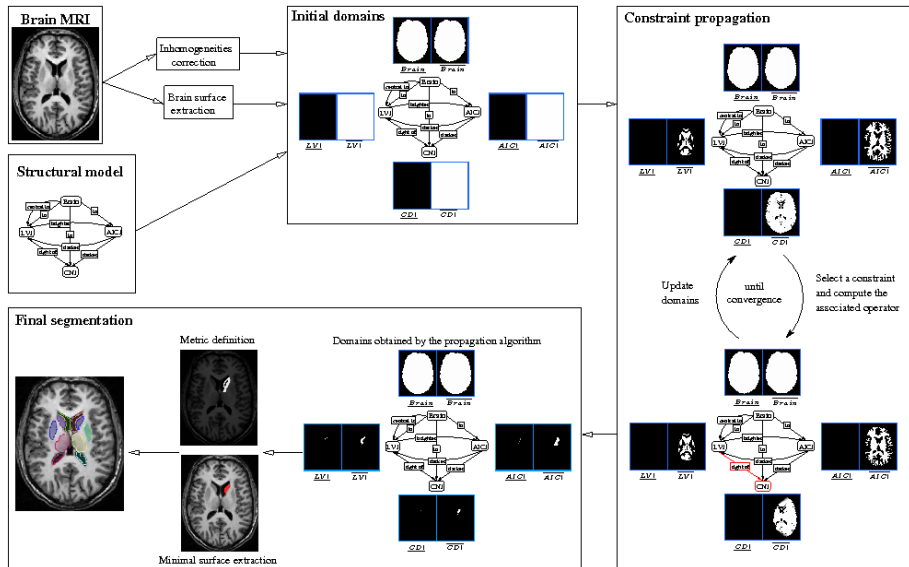
Meilleur chemin de segmentation (Geoffroy Fouquier)



Evaluation et backtracking



Approche globale par CSP (Olivier Nempont)



- Variables = structures anatomiques.
- Domaine d'une variable = intervalle d'ensembles flous $[\underline{A}, \overline{A}]$.
- Exemple de contrainte : inclusion

$$C_{A,B}^{in} : \mathcal{D}(A) \times \mathcal{D}(B) \rightarrow \{0, 1\}$$

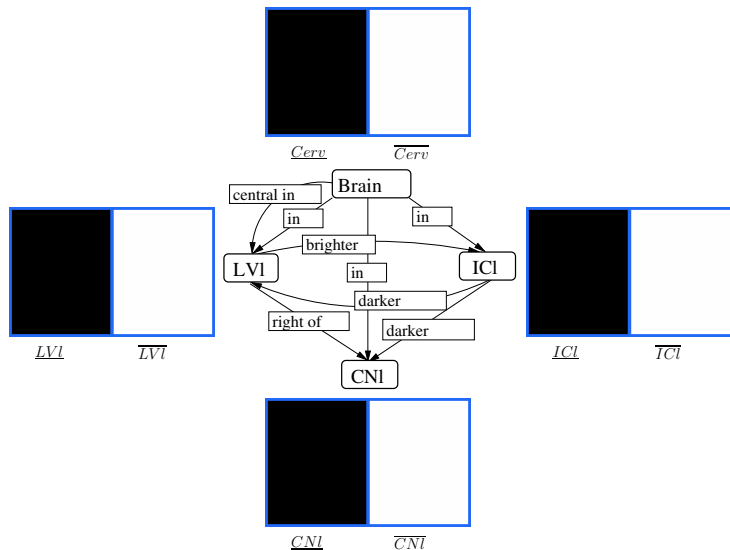
$$(\mu_1, \mu_2) \mapsto \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_1 \leq \mu_2, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

- Propagateur correspondant :

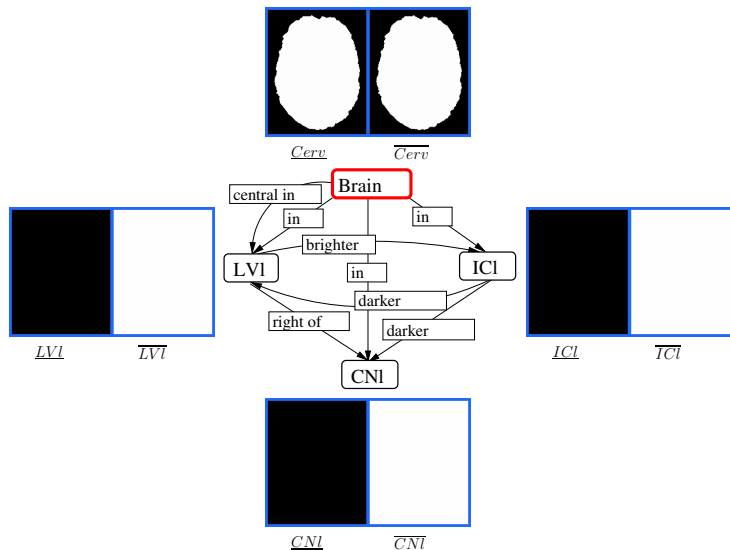
$$\frac{\langle A, B; (\underline{A}, \overline{A}), (\underline{B}, \overline{B}); C_{A,B}^{in} \rangle}{\langle A, B; (\underline{A}, \overline{A} \wedge \overline{B}), (\underline{B} \vee \underline{A}, \overline{B}); C_{A,B}^{in} \rangle}$$

- Ordonnancement des propagateurs et application itérative.

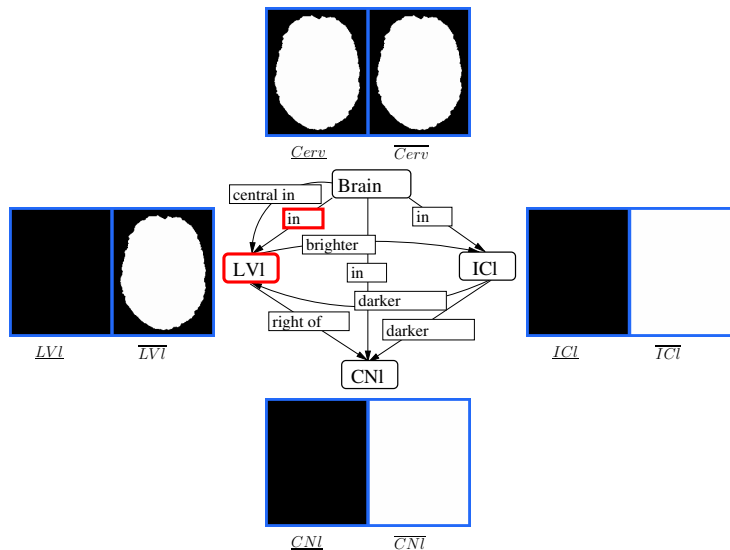
Propagation de contraintes



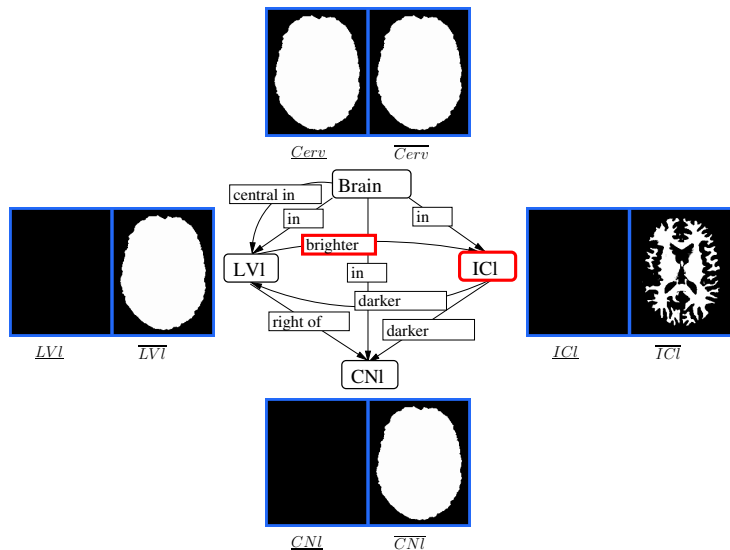
Propagation de contraintes



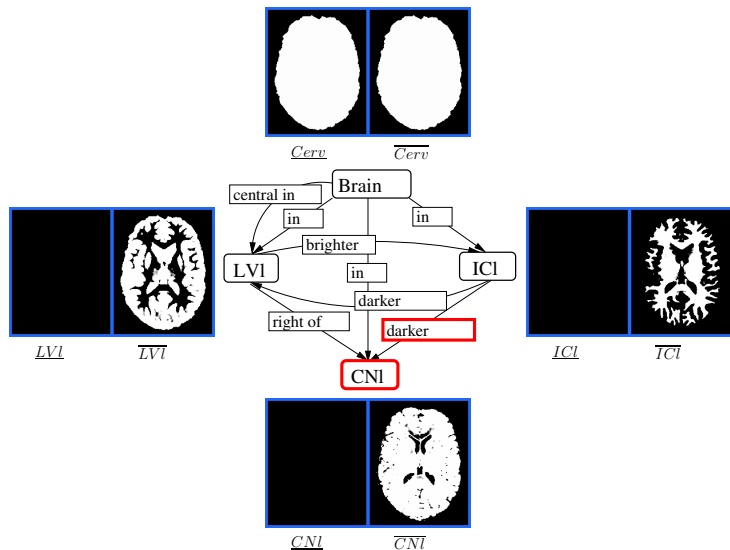
Propagation de contraintes



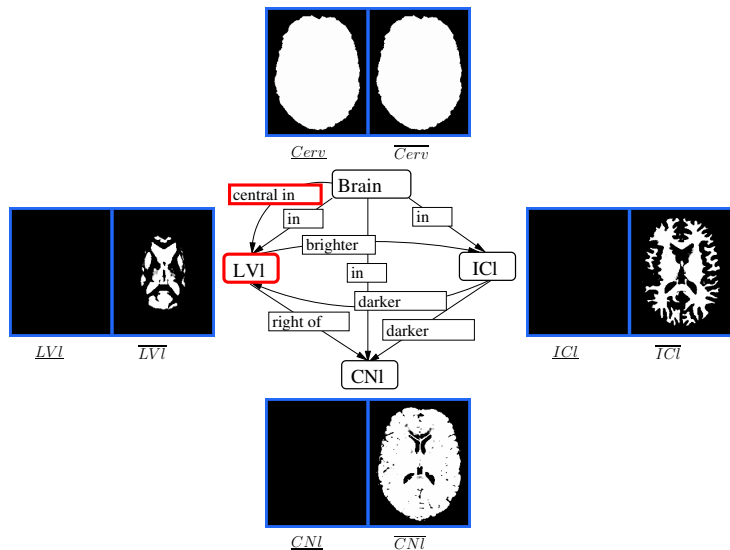
Propagation de contraintes



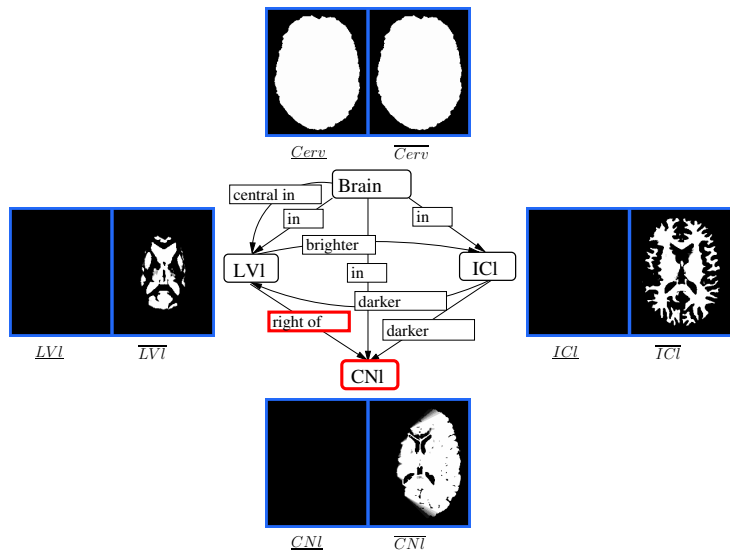
Propagation de contraintes

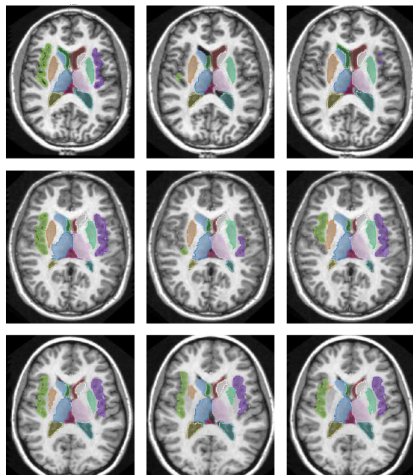
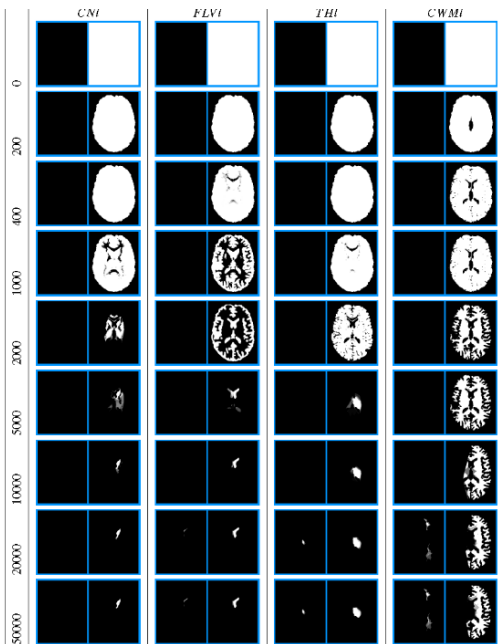


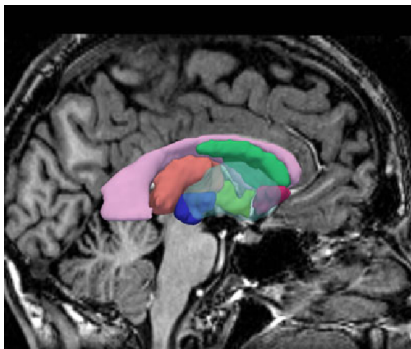
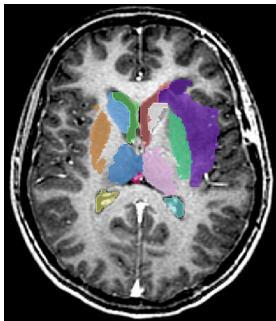
Propagation de contraintes



Propagation de contraintes



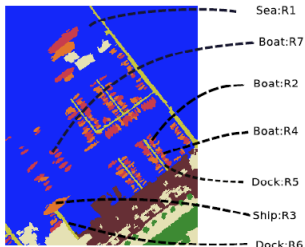




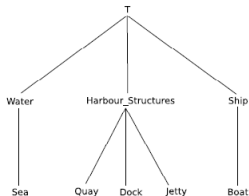
Interprétation d'images satellitaires guidée par un graphe conceptuel (Carolina Vanegas, avec le CNES)



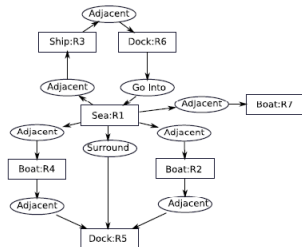
(a) Example image.



(b) Labeled image: The blue regions represent the sea, the red and orange represent ships or boats and the yellow regions represent the docks.

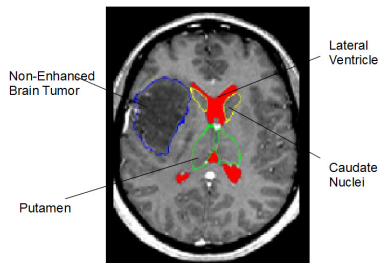


(c) Concept hierarchy T_C in the context of harbors.



(d) Conceptual graph representing the spatial organization of some elements of Figure 5.8(b).

Interprétation vue comme un problème d'abduction



Cerveau pathologique comportant une tumeur périphérique peu déformante

$$\mathcal{K} \models (\gamma \rightarrow \varphi)$$

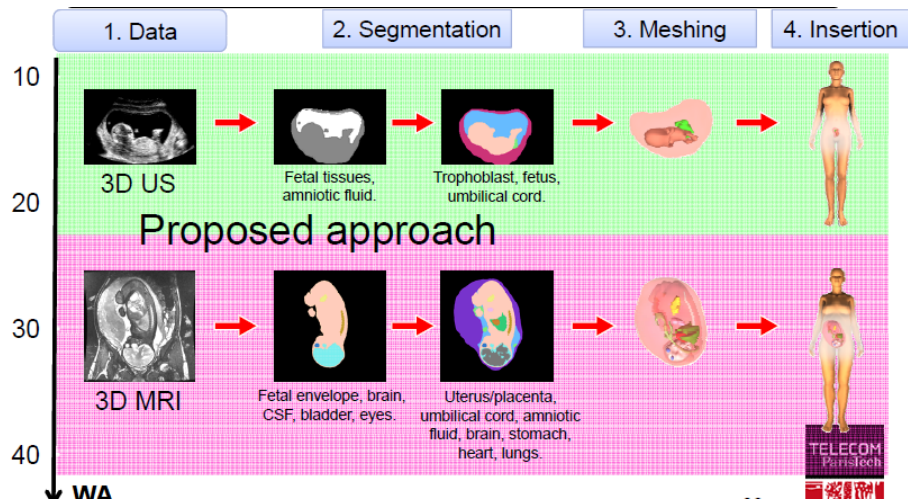
Calculer la “meilleure” explication à la manifestation de ces observations en prenant en compte la connaissance experte (ex : formalisée en logique de description).

Exemple : modélisation réaliste du corps humain (WHIST Lab, CHU Bicêtre...)

Schéma typique :

- 1 Modèles (signal, image, connaissances, domaine...).
- 2 Segmentation et reconnaissance des structures anatomiques.
- 3 Construction de modèles numériques réalistes (voxels étiquetés, maillages).
- 4 Déformations (position, âge, corpulence).
- 5 Simulations (ex : dosimétrie numérique).

Foetus et femme enceinte (J. Anquez, L. Bibin, S. Dahdouh, J. P. de la Plata)





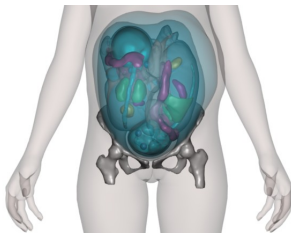
13 SA (US3D)



23 SA (IRM)

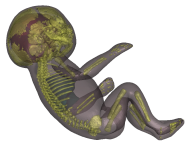
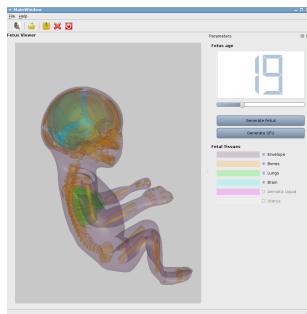
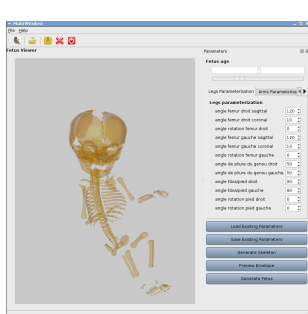


31 SA (IRM)

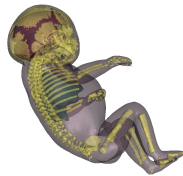


Modèles disponibles (pour la recherche) sur
<http://femonum.telecom-paristech.fr/>

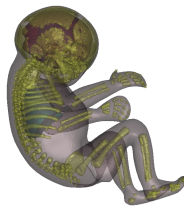
Modèle de croissance du fœtus (S. Dahdouh, A. Serrurier)



18 SA

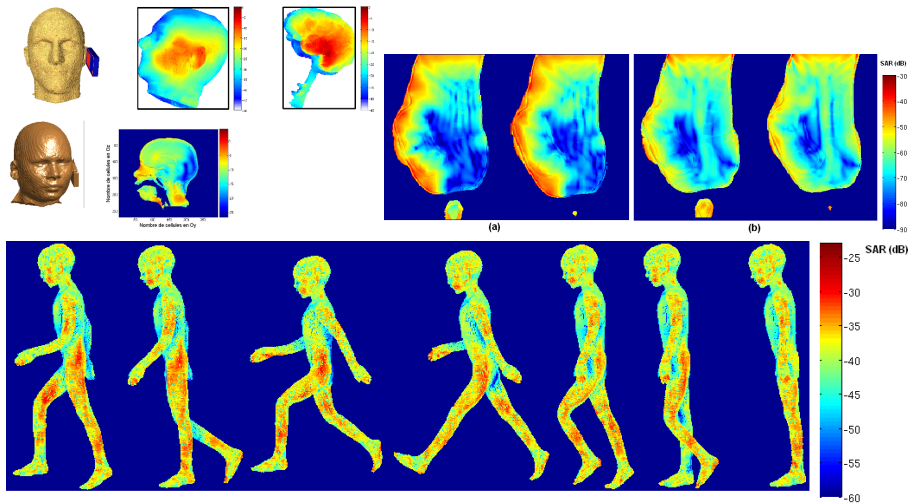


26 SA



32 SA

Application à la dosimétrie numérique (avec Orange Labs)



- Modélisation de l'information bipolaire :
 - positive : observations, préférences,
 - négative : contraintes.
- Modélisation structurelle spatio-temporelle.
- Logiques (de description, floues, morphologiques...) \Rightarrow raisonnement plus symbolique, abduction, révision...
- Apprentissage : données et connaissances expertes ?
- Fossé sémantique et ancrage de symboles.
- Annotation sémantique.
- Description verbale du contenu d'images ou de vidéos.
- ...