

JT GDR STIC Santé, Paris, 25 janvier 2011

# Ontologies pour l'expression de la sémantique des modèles pour la simulation des images

Bernard Gibaud, Germain Forestier

Unité VISAGES, Inserm U746, Rennes

# Plan de l'exposé

- Position du problème
- Introduction sur les ontologies
- Ontologies existantes
- Apport attendu
- Difficultés et solutions
- Conclusion

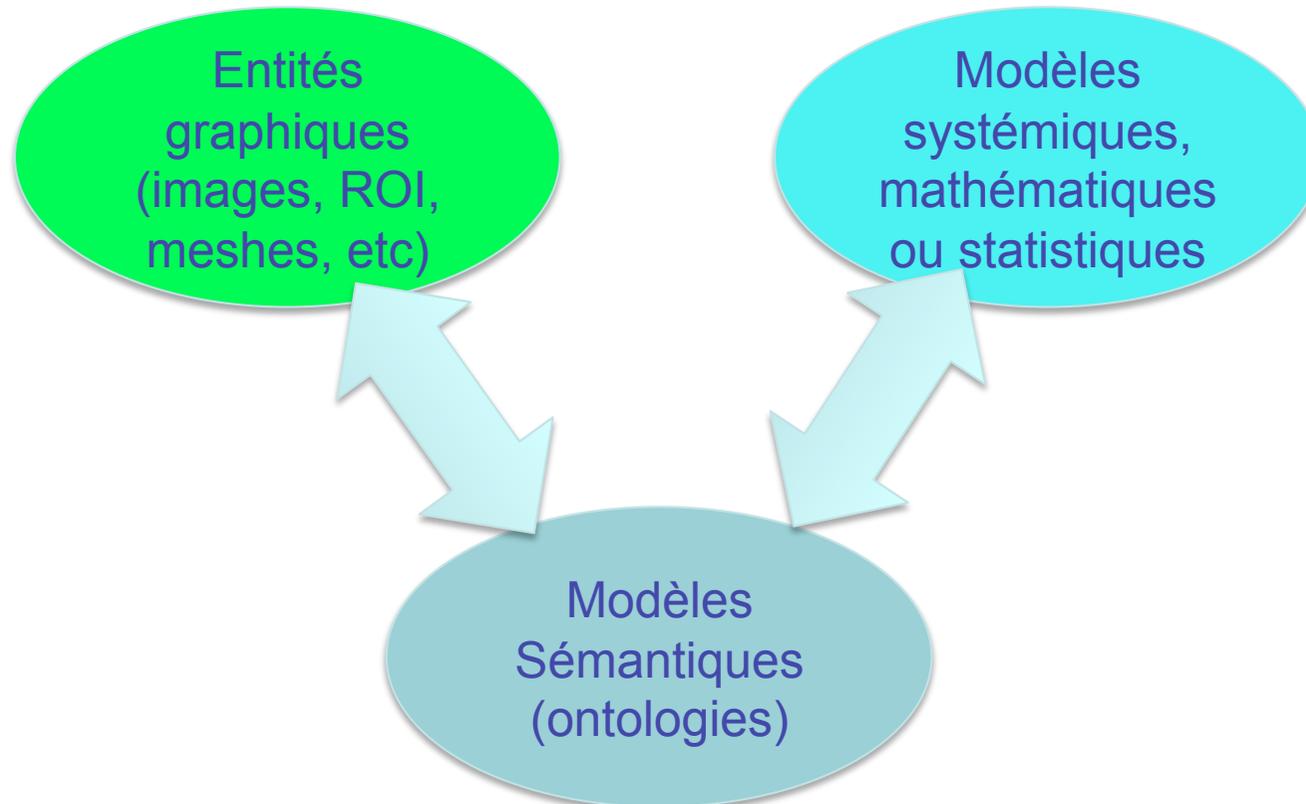
# Position du problème

- But : exprimer de façon explicite la sémantique des 'modèles', notamment ceux utilisés en simulation d'images
  - Dans l'immédiat, pour favoriser leur réutilisation
  - Au delà, pour exploiter cette sémantique dans les simulateurs eux-mêmes
- Ceci recouvre (pour la simulation d'images)
  - Objets mis en jeu dans les modèles : objets géométriques (fantômes), objets anatomiques, lésions, objets étrangers
  - Processus physiologiques ou pathologiques (mouvements/déformations, croissance/atrophie, fixation traceur, etc)
  - Caractéristiques physiques de ces objets (concentration, densité, temps de relaxation T1, T2, etc)

# Composants de modèles

Ex: Surface des objets anatomiques, cartes de distributions de traceurs, etc

Ex: Comportement dynamique de systèmes complexes, de paramètre physiologiques, distribution de paramètres physiques, etc



Ex: Définition / propriétés des objets anatomiques, des phénomènes physiologiques, des caractéristiques physiques des objets, des grandeurs physiques, etc

# Introduction sur les ontologies

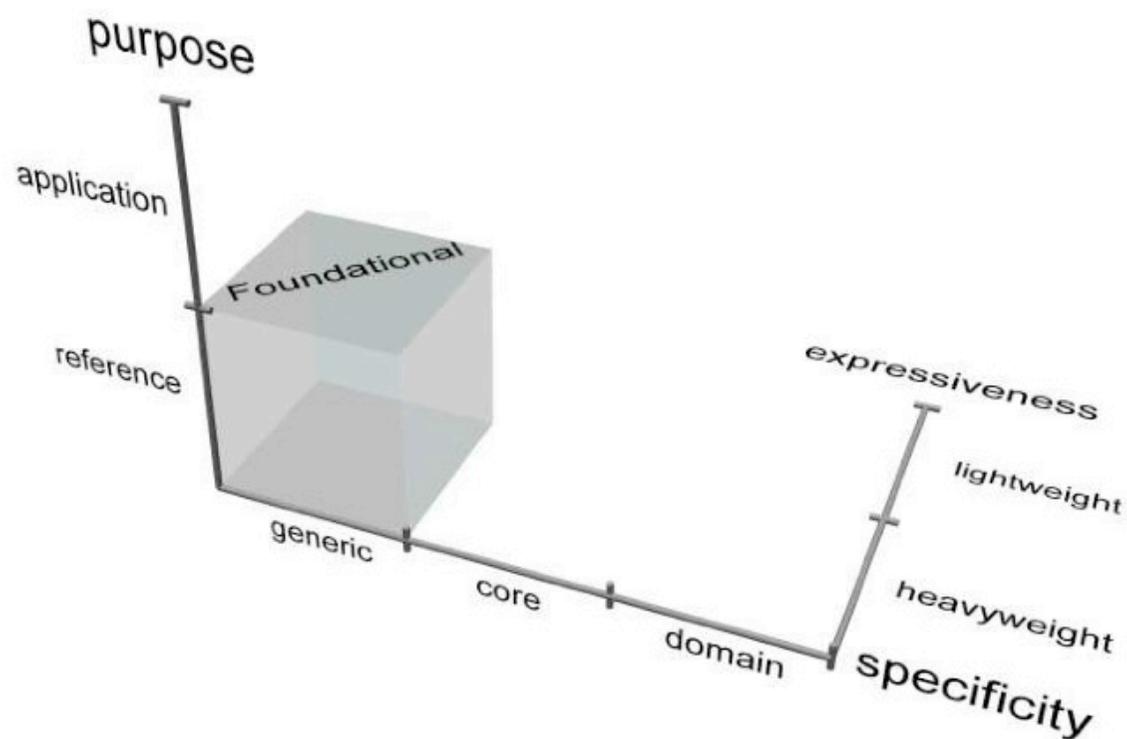
# Ontologies: définition

- Ontologie : origine
  - en philosophie : étude de l'être
- Ontologie (en informatique et IA)
  - « a formal, explicit specification of a shared conceptualization » (Gruber 1993)
- C'est donc à la fois
  - Un vocabulaire partagé, intelligible pour les humains
  - Une sémantique formelle, autorisant un traitement automatisé

# Sémantique formelle

- Axiomes exprimés dans un langage logique
  - Hiérarchie de classes (relation subsomption) et de propriétés
  - Instanciation (relation entre un individu et une classe)
- Traitement possible par un raisonneur
  - Satisfiabilité
  - Classification d'ontologies
  - Classification d'instances
  - Exemples : raisonneurs basés sur les logiques de description (DL): Pellet, FaCT++, Racer

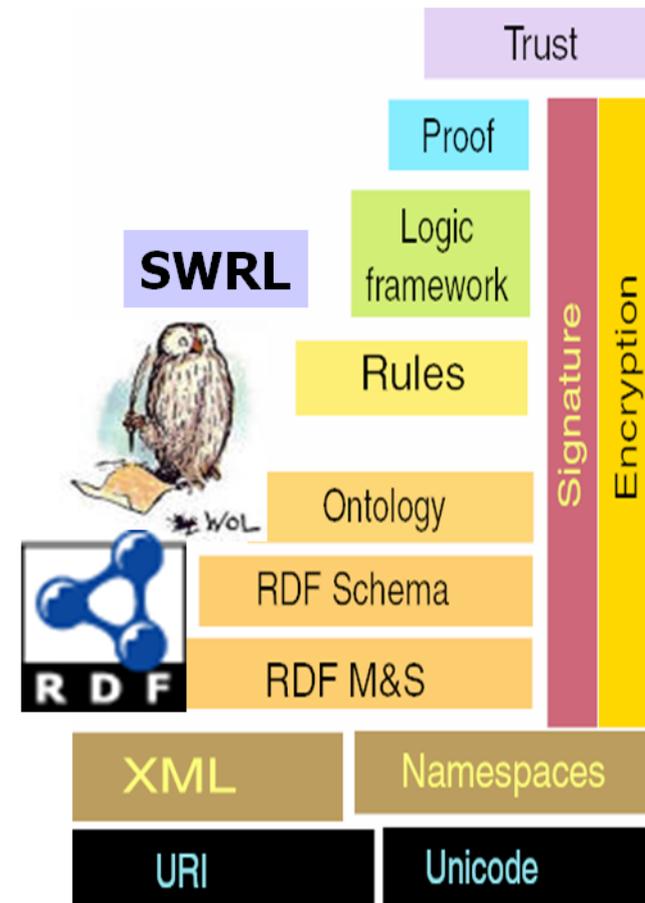
# Différents types d'ontologies



d'après Oberlé (<http://cos.ontoware.org/>)

# Langages de représentation des ontologies

- RDF / RDFS
  - Sujet - Predicat – Objet
  - Taxonomies d'entités et de relations
- OWL
  - OWL-Full, OWL-DL, OWL-Lite
  - offrant différents compromis expressivité / décidabilité
- Règles
  - SWRL



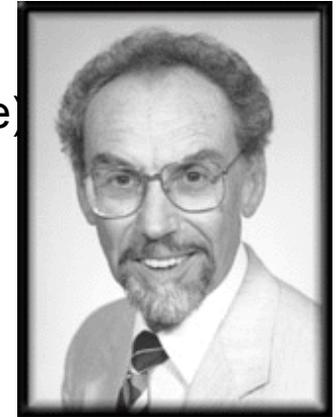
# Ontologies existantes

# Quelques ontologies

- Anatomie
  - FMA: Foundational Model of Anatomy (Rosse et al.)
  - CARO: Common anatomy reference ontology (Haendel et al.)
  - EMAP: Edinburgh mouse atlas project (Baldock et al.)
  - RadLex (RSNA)
- Physiologie
  - FMP: Foundational model of physiology (Cook et al.)
- Caractéristiques physiques
  - Ontology of physics for biology (OPB) (Cook et al.)
  - RadLex (RSNA)

# Foundational Model of Anatomy

- Origine : C. Rosse et J. Mejino (Univ. Washington, Seattle)
  - « Digital Anatomist » (années 90)
- Objectif
  - Exprimer une « theory of structural phenotype »,
  - d'une façon indépendante des domaines d'application (« foundational »)
- Domaine couvert
  - De l'organisme à la cellule
  - Multi-espèce
  - Intègre la dimension « développement » (ontogénèse)
  - Anatomie canonique
  - Anatomie « normale »



# Foundational Model of Anatomy

- Théorie de l'anatomie, focalisée sur la « structure » des organismes biologiques
  - Rôle prévalent de la relation de **composition**
  - Les points de vue « système fonctionnel » ou « processus physiologique » sont mis au second plan
- **Structure anatomique** :
  - « Entité anatomique matérielle,
  - générée par l'expression coordonnée de gènes qui guident la morphogénèse,
  - qui possède une forme 3D,
  - dont les parties sont agencées par l'action coordonnées des gènes ».

# FMA : entités fondamentales

## (taxonomie)

- Anatomical entity
  - Physical anatomical entity , i.e.: **dimension spatiale  $\leq 3$** 
    - Material anatomical entity, i.e.: **possède une masse**
      - Anatomical structure
      - Portion of body substance, i.e.: **blood**
      - Anatomical set, , i.e.: **set of cranial nerves**
    - Immaterial anatomical entity, i.e.: **entité 3D volume, surface, ligne point (sans masse)**
  - Non-physical anatomical entity , i.e.: **pas de dimension spatiale**

# FMA: entités fondamentales (taxonomie)

- Anatomical structure
  - Body ex: Human body, Murine body
  - Cardinal body part ex: Head, Upper limb
  - Organ system ex: Respiratory system, Nervous system
  - Subd. of card. body part ex: Subdivision of head
  - Organ system subd. ex: Skeletal system, Respiratory tract
  - Organ ex: Solid organ, Cavited organ
  - Cardinal organ part ex: Organ region
  - Portion of tissue ex: Portion of muscle tissue
  - Cardinal tissue part ex: Layer of dermis
  - Cell ex: Nucleated cell
  - Cardinal cell part ex: Cell region
  - Biological macromolecule ex: Protein, Hormone
  - Acellular anatomical structure ex: Collagen fiber
  - Anatomical cluster ex: Organ cluster (Pericardium)

# FMA: principales relations anatomiques

- *Taxonomic anatomical relation*
  - is\_a
    - has\_instance <> instance\_of
    - has\_type <> type\_of
- *Structural anatomical relation*
  - has\_spatial\_dimension <> spatial\_dimension\_of
  - has\_part <> part\_of
    - has\_constitutional\_part <> constitutional\_part\_of (bona fide)
    - regional\_part <> regional\_part\_of (fiat boundary)
    - branch <> branch\_of
    - has\_tributary <> tributary\_of
    - has\_member <> member\_of

# FMA: principales relations

Structural anatomical relation (suite)

- has\_shape <> shape\_of
- has\_boundary <> boundary\_of
- has\_orientation <> orientation\_of
- connected\_to (sym)
  - continuous\_with (sym)
  - attached\_to <> receives\_attachment\_from
- has\_location <> location\_of
  - contained\_in <> contains
  - adjacent\_to (sym)
  - has\_anatomical\_coordinate <> anatomical\_coordinate\_of

- 2 ve

- V

- V

- Onto

- E

- R

The screenshot displays the Foundational Model Explorer (FME) interface. At the top, there are browser tabs for 'Foundational Model of Anatomy' and 'BioPortal Ontology Visualizatio...'. The main content area shows the 'Foundational Model of Anatomy Version 3.1' with a 'Material anatomical entity' link and a 'Subscribe' button. Below this, there are tabs for 'View Ontology Summary', 'Details', 'Visualization', 'Notes (0)', 'Mappings (0)', and 'Resource Index'. The 'Visualization' tab is active, showing a 'Show Network Neighborhood' dropdown and a 'Full Version' button. On the left, a tree view shows the ontology hierarchy, with 'Material anatomical entity' selected. The right side features a network diagram showing 'Material anatomical entity' as a central class, with 'Physical anatomical entity' as its superclass and 'Anatomical set', 'Anatomical structure', and 'Portion of body substance' as subclasses. The diagram uses orange arrows labeled 'subClassOf' to indicate the relationships.

inated  
nnected  
ned by  
ntricle,  
T...ll

Apport attendu

# Ontologies: apports attendus

- Recherche dans une base de données de modèles
  - *Utilisation d'une terminologie de référence*
    - i.e. classes de structures anatomiques et leurs relations vers les « objets de représentation »
    - Exemple :

```
Select ?model ?layer ?roi
      where { ?model onto:has_for_proper_part ?layer
              ?layer onto:has_for_proper_part ?roi
              ?roi onto:refers_to onto:caudate_nucleus }
```

# Ontologies: apports attendus

- Recherche dans une base de données de modèles
  - *Exploitation des connaissances de l'ontologie*
    - sur les classes de structures anatomiques
    - sur les propriétés de leurs relations avec les « objets de représentation »
    - Exemple :

```
Select ?model ?layer ?roi ?struct
  where { ?model onto:has_for_proper_part ?layer
?layer onto:has_for_proper_part ?roi
?roi onto:refers_to ?struct
?struct onto:member_of onto:set_of_basal_ganglia }
```

# Ontologies: apports attendus

- Apport dans le processus de simulation lui-même
  - *Exploitation des connaissances de l'ontologie*
    - e.g. sur les classes de structures anatomiques, de structures pathologiques (e.g. classes de tumeurs) et sur leur composition
    - ... pour en déduire des règles sur le calcul de paramètres physiques de ces tissus

# Difficultés et solutions

# Difficultés et solutions

- Appréhender les besoins des utilisateurs
  - Pour la simulation d'images  
*versus*
  - cadre plus large (physiologie intégrative, VPH)
- Besoin d'échanges approfondis avec les différentes communautés d'utilisateurs

# Difficultés et solutions

- Sélectionner / créer / intégrer les ontologies
  - Définir un cadre de modélisation global cohérent
    - par ex: ontologie fondationnelle DOLCE
  - Extraire des sous-ensembles pertinents d'ontologies
    - par ex: des outils comme vSPARQL (Shaw et al. 2009)
  - Modélisation des « objets de représentation » (calques, ROI, aspects temporels,...)
    - expérience de l'ANR NeuroLOG

# Conclusion

- Consensus sur la nécessité d'utiliser des ontologies dans ce contexte
- Peu d'expérience dans le domaine de la simulation d'images
- Expériences encore limitées dans le domaine de la physiologie intégrative
  - Ex: références à GO, FMA
- Besoin d'échanges approfondis avec les communautés d'utilisateurs