

Approche ontologique pour la représentation et le partage de données en SCP (Stimulation Cérébrale Profonde)

Bernard Gibaud

MediCIS, LTSI, U1099 Inserm
Faculté de médecine, Rennes
bernard.gibaud@univ-rennes1.fr



Plan de l'exposé

1. Partage de données
2. Motivations
3. Systèmes de partage de données
4. Apport d'une approche ontologique
5. Conclusion

Partage de données

Partage de données scientifiques (contexte)

- Contexte « **Big data** »
 - Partage de données à grande échelle aujourd'hui possible grâce au Web
 - Virtualisation des ressources de stockage
- Depuis 10 ans, politique d'incitation de la part des **organismes financeurs**
 - « NIH Data sharing policy », 2003
 - « NSF report on cyberarchitecture », 2003
 - « OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding », 2007

Partage de données scientifiques

- Partage - i.e. **recherche** et **récupération**- et, éventuellement, **ré-utilisation** de données
 - Mesures, scores, images, signaux, etc. recueillis chez les sujets et des méta-données associées (provenance, contexte)
 - Des atlas, templates, etc. utilisés dans les traitements
- Pour des applications **en recherche**
 - Recherche **clinique** (relations de corrélation / causalité entre effets observés et des variables expérimentales)
 - Recherche **translationnelle** (compréhension des phénomènes mis en jeu)
- *Out of scope : Partage de données pour la délivrance des soins*

Différentes motivations pour le partage de données scientifiques (4 classes principales)

1. Partage de jeux de données (datasets)
2. Evaluation comparative des performances de méthodes de traitement de données
3. Etudes collaboratives (prospectives ou retrospectives)
4. Recherche « inter-domaines » et fouille de données

Motivations – 1. partage de jeux de données (datasets)

- Jeux de données possédant caractéristiques précises
 - Du fait de leur type et/ou du type de sujet concerné
- Exemples : Partage de templates ou d'atlas
 - Templates du MNI
 - Templates (e.g. IRM, TEP) dédiés à des populations de patients particulières
 - Enfants, sujets âgés

Motivations – 2. étude comparative des performances de nouvelles méthodes

- Ensemble de jeux de données (à traiter) et de résultats (à comparer) issues d'une étude
- Exemple : Comparer des outils de recalage (e.g. pour localisation de cibles de stimulation)
 - Recalage CT – IRM
 - Recalage IRM – atlas
 - Comparaison des localisations trouvées
 - Suppose l'accès à :
 - un corpus commun de données IRM + CT
 - des données de référence sur les localisations trouvées

Motivations – 3. études collaboratives (rétrospectives ou prospectives)

- Constituer des cohortes de taille suffisante pour obtenir une puissance statistique suffisante lors d'études prospectives ou rétrospectives
- Exemples :
 - Pooler les données expérimentales de plusieurs sites pour évaluer les facteurs prédictifs du succès/échec de la SCP
 - atrophie globale, focale (cortex préfrontal, mésencéphale), défaut de connectivité
 - troubles cognitivo-comportementaux (UPDRS MDS I ET II, score échelle de Mattis)
- Suppose une cohérence suffisante entre les études pour que leurs résultats soient comparables

Motivations – 4. recherche « inter-domaines » et fouille de données

- Recherche de résultats de travaux dans des domaines connexes, e.g. :
 - Données comparatives obtenues chez des sujets normaux, appariés en âge : caractéristiques anatomiques : volume, surface, connexions, paramètres DWI (ADC, FA) etc.
- Recherche de résultats de travaux fondamentaux concernant les phénomènes étudiés, e.g. :
 - Modèles animaux des pathologies étudiées
- Recherche dans des bases, e.g. :
 - Connexions entre NST et cortex orbitofrontal (signes limbiques et associatifs)

Systeme de partage de données

3 approches principales

Systemes de partage de données scientifiques (3 classes principales)

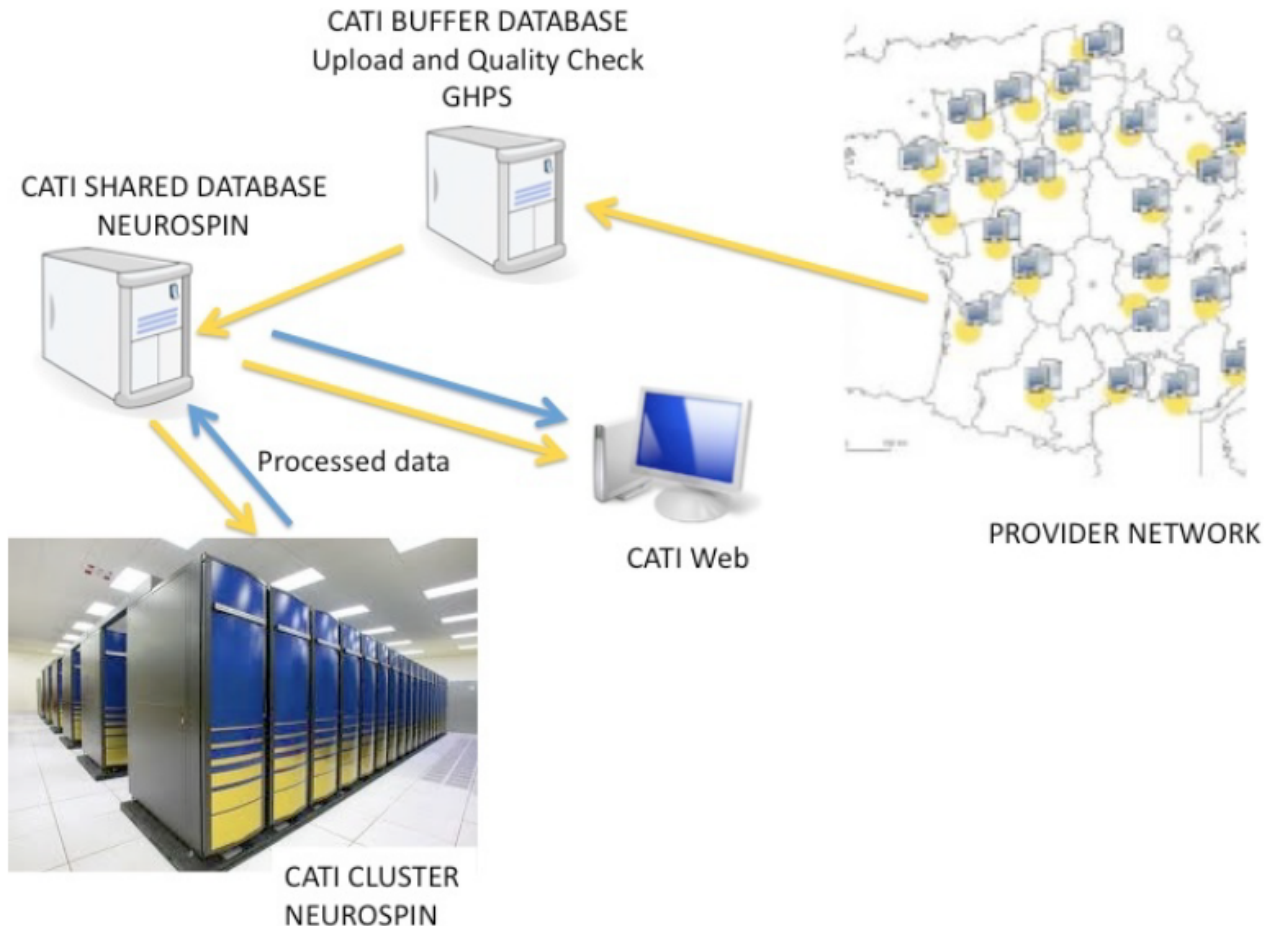
1. Approche « centralisée »
2. Approche « fédérée »
3. Approche « indexée »

1. Approche « centralisée »

- Définition
 - Toutes les données de la communauté sont rassemblées sur un **système unique** qui supporte le traitement, le stockage, la distribution
- Avantages
 - Relative simplicité
- Inconvénients
 - **Perte de contrôle et d'autonomie** de la part des différents sites partenaires

*Besoin de définir une structuration et une sémantique commune des données partagées, faute de quoi on s'expose à **l'effet site***

Exemple : Base de données du CATI (Action 28 du Plan Alzheimer)



(Batrancourt et al., Atelier CrEDIBLE 2012)

2. Approche « fédérée »

- Définition
 - Les données sont **distribuées** sur différents systèmes ; l'accès aux données est assuré via un composant appelé « **médiateur** », de nature distribuée
- Avantages
 - Chaque source de données reste **autonome** (e.g. peut organiser ses données selon un **schéma local**) et **garde le contrôle** sur ses données
- Inconvénients
 - Surcroît de complexité: nécessité de définir un **schéma global** et une **sémantique commune** des données partagées ; suppose une ressource de médiation associée à chaque source

Exemple : initiative BIRN aux USA

162

IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 12, NO. 2, MARCH 2008

A National Human Neuroimaging Collaboratory Enabled by the Biomedical Informatics Research Network (BIRN)

David B. Keator, J. S. Grethe, D. Marcus, B. Ozyurt, S. Gadde, Sean Murphy, S. Pieper, D. Greve, R. Notestine,
H. J. Bockholt, and P. Papadopoulos, BIRN Function, BIRN Morphometry, and BIRN-Coordinating

frontiers in
NEUROINFORMATICS

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

published: 28 December 2010

doi: 10.3389/fninf.2010.00118



Neuroscience data integration through mediation: an (F)BIRN case study

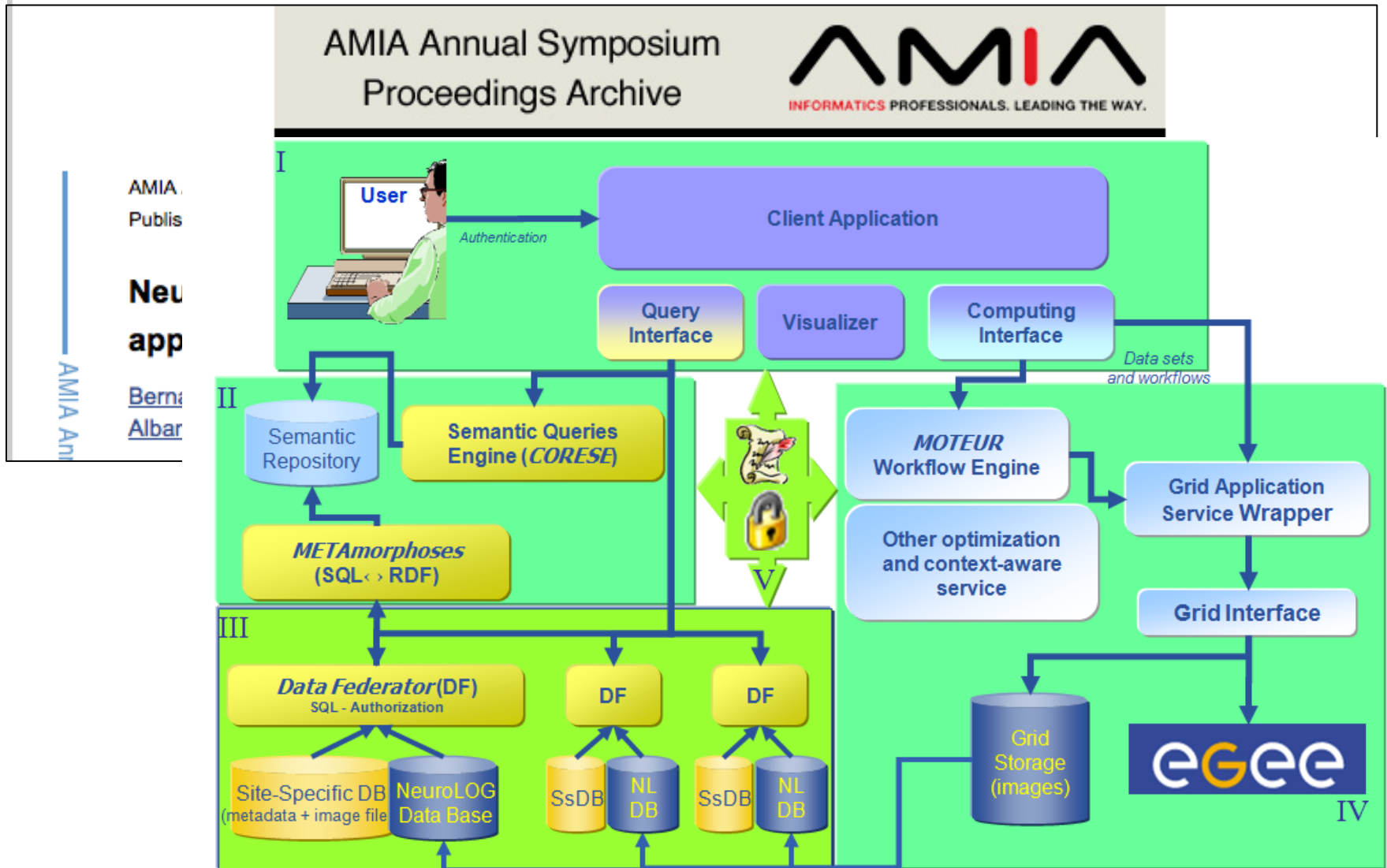
Naveen Ashish^{1*}, José Luis Ambite², Maria Muslea² and Jessica A. Turner³

¹ Calit2, University of California at Irvine, Irvine, CA, USA

² Information Sciences Institute, University of Southern California, Los Angeles, CA, USA

³ Mind Research Network, Albuquerque, NM, USA

Projet ANR NeuroLOG (2007-2010)



Plateforme NeuroLOG (2009-2011)



- Fédération de 5 sites
 - 4 bases de données
 - 12 études
 - > 70 sujets
 - SEP
 - Tumeurs céréb.
 - MA
 - > 500 datasets

3. Approche « indexée »

- Définition
 - Les données sont **distribuées** sur différents systèmes ; et indexées grâce à un « **portail d'indexation** » externe
- Avantages
 - Chaque source de données reste totalement **autonome** (e.g. peut organiser ses données selon un **schéma local**) et **garde le contrôle** sur ses données
- Inconvénients
 - Prise en compte limitée des différents schémas locaux (pas de **schéma global** des données)
 - Les processus de « crawling » et d'**indexation** des ressources sont coûteux

Exemple 2 : Neuroscience Information Framework (NIF)



NEUROSCIENCE INFORMATION FRAMEWORK



▼ ABOUT

About NIF

People

Publications

Presentations

Brochures

Testimonials

Release Notes 4.5

FAQ

► NIF PRODUCTS

► NIF DATA SHARING

► NIF SYSTEM

► SOCIAL MEDIA



LEARN ABOUT NIF THROUGH THE NEW NIF VIDEO

SIGN UP FOR THE NIF DIGEST

RECOMMEND A RESOURCE

Search for All Things Neuroscience

SEARCH TIPS | WHAT IS THIS? (example searches: cerebellum, "pulvinar nucleus", gene:grm1)

Try the new NIF interface - NIF BETA



NIF STATISTICS

NIF Version: 4.5

Ontology Version: 2.5

Level 2.5/3.0 Resources: 180

Registry Entries: 5,317

Total Records: 356,197,652

NIF NAVIGATOR



LITERATURE →

PubMed (21936796)

NIF DATA FEDERATION →

DATA TYPE

Animals (322509)

Annotation (249519)

Antibodies (935419)

Atlas (22201673)

Biospecimen (35967)

Brain Activation Foci (56591)

Clinical Trials (273850)

Connectivity (118356)

Dataset (698)

Disease (5063908)

Drugs (4002774)

Grants (2726916)

Images (598129)

Community News & Events

Twitter

Exemple 2 : Neuroscience Information Framework (NIF)

Recherche : « gait AND Parkinson's disease »

NEUROSCIENCE INFORMATION FRAMEWORK 4.5 RECOMMEND A RESOURCE • TUTORIALS • NIF FORUMS • NEUROLEX • NIF WIKI • SUPPORT • FEEDBACK

Search the NIF [Preferences](#) [Report a problem](#) ?

gait AND parkinson's disease

AND terms OR terms [Search tips](#)

View / Edit Query

(Disease^5.0 OR disease^5.0) AND
 (gait^5.0) AND
 (("Parkinsons disease"^5.0 OR Parkinsons OR PD OR "Parkinson disease" OR "Parkinson syndrome" OR "Paralysis Agitans" OR
 "Parkinson's syndrome" OR Parkinson's OR "Parkinson's disease" OR "Parkinsonian disorder" OR "Idiopathic PD"))

Search Options Synonyms

- Disease
- disease
- gait
- parkinson's (Parkinsons disease)

Data Federation (737)

Categories

- Negative Data (126)
- Clinical Trials (117)
- Biospecimen (4)
- Annotation (1)
- Disease (65)
- Registries (4)
- Phenotype (37)
- Dataset (230)
- PhysioNetGaitND: GaitinParkinsonsDiseas
- PhysioNetGaitNDD: Gait (64)
- Grants (153)
- Drugs (1)
- Nervous System Level**
- Genes (89)
- OMIM: Genes (28)
- OMIM: GenePhenotype (29)
- OMIM: GeneAllelePhenotype (8)

The Gait in Parkinsons Disease dataset inside of PhysioNet contains measures of gait from patients with idiopathic PD and healthy controls. The database includes the vertical ground reaction force records of subjects as they walked at their usual, self-selected pace for approximately 2 minutes on level ground. The times are linked to individual patients' gait data in [this format](#).

Displaying 1 - 10 of 166 | Page size: 10 Strict | [Export](#) | [Load in a new window](#)

id	Subject Type	Gender	Age years	Height m	Weight kg	Hoehn and Y...	Unified Parki...	UPDRSM	Timed Up an...	Speed_01 m/s	Speed_10 m/s	Reference
GaPt03	Parkinsons Patient; Gait study	female	82	1.45	50	3.0	20	10	36.34		0.778	16176368
GaPt04	Parkinsons Patient; Gait study	male	68	1.71		2.5	25	8	11.00	0.642	0.818	16176368
GaPt05	Parkinsons Patient; Gait study	female	82	1.53	51	2.5	24	5	14.50	0.908	0.614	16176368
GaPt06	Parkinsons Patient; Gait study	male	72	1.70	82	2.0	16	13	10.47	0.848	0.937	16176368
GaPt07	Parkinsons Patient; Gait study	female	53	1.67	54	3.0	44	22	18.34	0.677	0.579	16176368
GaPt08	Parkinsons Patient; Gait study	female	68	1.63	57	2.0	15	8	10.11	1.046	0.228	16176368
GaPt09	Parkinsons Patient; Gait study	male	69	1.60	68	3.0	34	17	12.70	0.894	1.253	16176368

Synthèse (1/2)

- Approche « **centralisée** » : optimale pour mener des études collaboratives dans un domaine donné : BD CATI (Alzheimer), BD ADNI (Alzheimer), BD OFSEP (SEP), etc.
- Approche « **fédérée** » : optimale pour :
 - fédérer différentes BD existantes au niveau international
 - ou fédérer des BD couvrant différents domaines, e.g. des maladies différentes, ou modèles animaux des différentes pathologies
- Approche « **indexée** » : optimale pour localiser des ressources, mais limitée en terme d'intégration de données

Synthèse (2/2)

- Quelle que soit le type de système de partage, il est nécessaire de définir un vocabulaire commun pour
 - définir et catégoriser les entités partagées
 - spécifier leurs relations
- C'est principalement à ce besoin que répondent les ontologies

Apport d'une approche ontologique

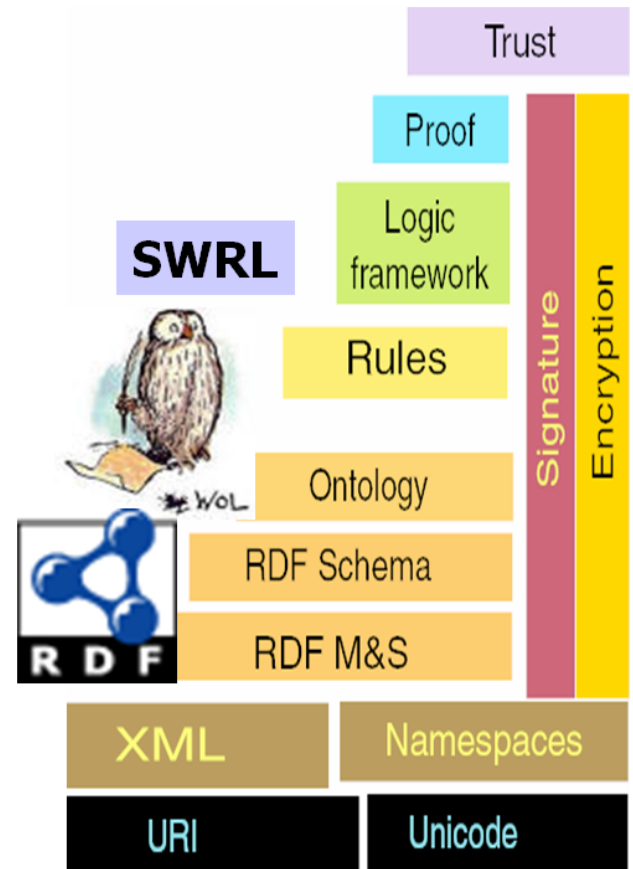
Utilisation des technologies du
« web sémantique »

Technologies du Web sémantique

- **Ontologies** et langages d'ontologies
- **Editeurs d'ontologie**, e.g. Protégé (Univ. Stanford)
- **Langages d'interrogation**, e.g. SPARQL (rec W3C)
- **Raisonneurs**, e.g. FaCT++, Pellet, HermiT

Ontologies

- Définition (informatique et IA)
 - « a **formal**, **explicit** specification of a **shared** conceptualization » (Gruber 1993)
- Deux aspects fondamentaux
 - Un **vocabulaire** partagé
 - Doté d'une sémantique formelle : **axiomes** exprimés dans un langage logique



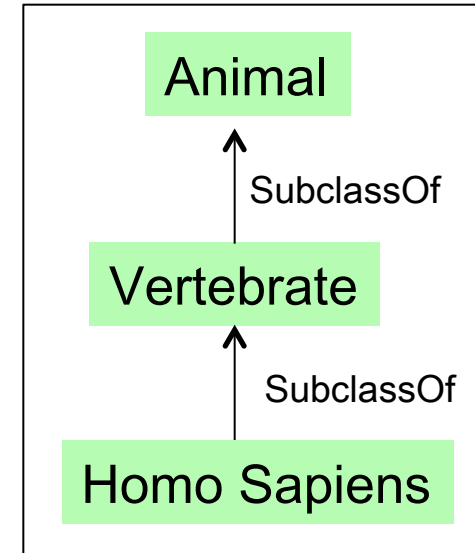
Sémantique formelle

- Définitions de **classes d'objets**
 - Taxonomies de classes: subsomption (i.e. relation « est un »)
 - Instanciation (relation entre un individu et une classe)
- Définitions de **propriétés**
 - Taxonomies de propriétés
 - Domaine et co-domaine, propriétés inverses, etc.
- Exploitation : traitement par un **moteur de recherche sémantique** ou un **raisonneur**
 - Evaluer la satisfiabilité (i.e. cohérence)
 - Classification des ontologies et des instances

Les raisonneurs sont parfaitement génériques vis à vis des applications

Exemples

A subClassOf B
iff
 $\forall a : A(a) \rightarrow B(a)$

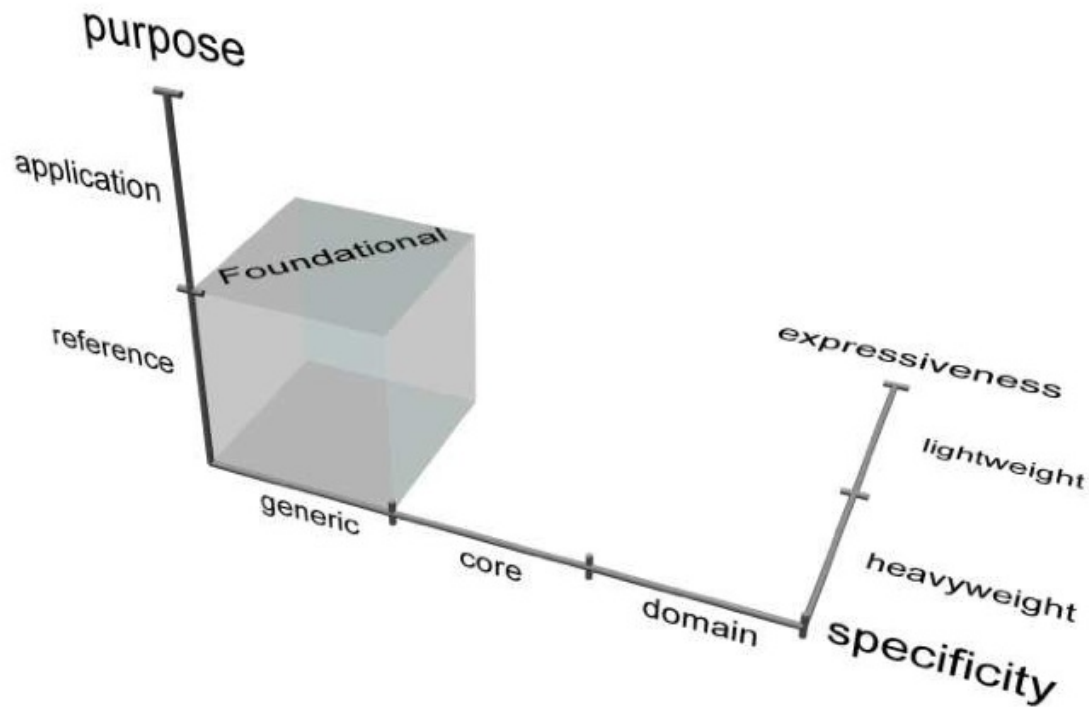


- Homo Sapiens
 - subClassOf Vertebrate

- Vertebrate equivalentTo (Animal and hasPart some Vertebra)
 - (→ Vertebrate subClassOf Animal)

- Substantia-nigra-pars-compacta
 - subClassOf Subdivision-of-substantia-nigra
 - regionalPartOf some Substantia-nigra

Classifications des ontologies



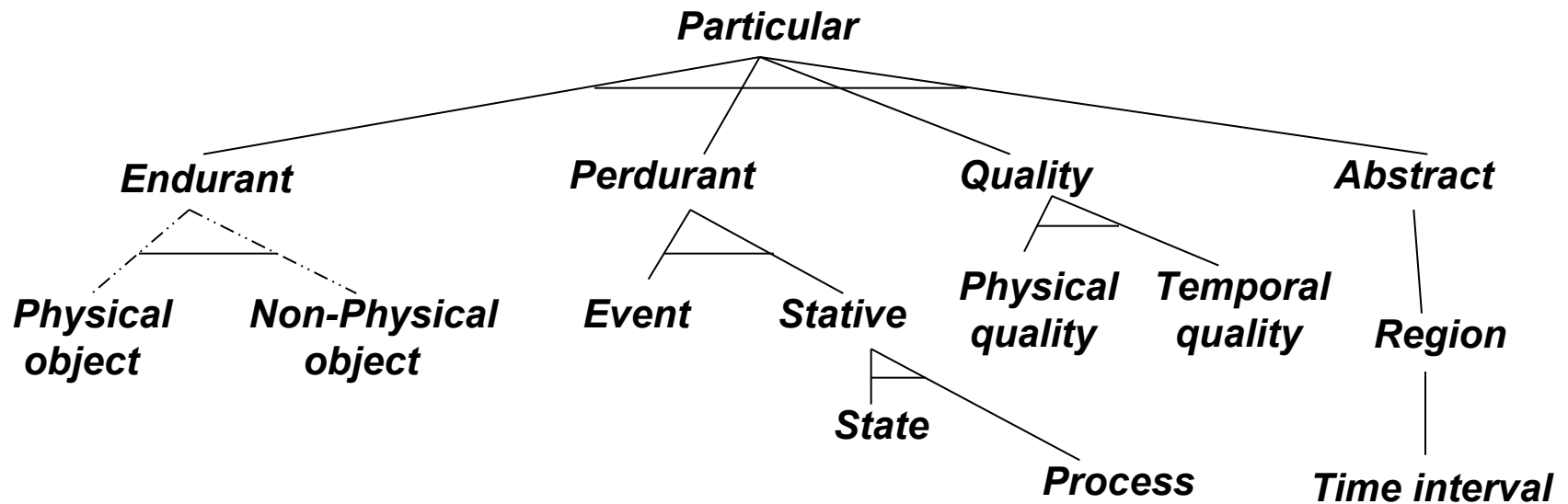
Les différents classifications des ontologies selon Oberlé (<http://cos.ontoware.org/>)

Ontologies fondationnelles (ou *fondatrices*)

- Elles définissent
 - une **catégorisation** sous la forme de classes disjointes des entités de haut niveau
 - une **axiomatique** (i.e. des principes) dont vont hériter toutes les entités
- Les principales sont :
 - **BFO** : Basic Formal Ontology
 - **DOLCE** : Descriptive Ontology for Language and Cognitive Engineering
 - **BioTop**, etc.

Fortement recommandé quand le domaine à couvrir recouvre des communautés multiples (catégorisation explicite ⇒ proba erreur réduite)

DOLCE: une ontologie de particuliers



(Masolo et al., 2003)

NCBO: portail des ontologies du domaine des sciences de la vie

Welcome to the NCBO BioPortal | NCBO BioPortal

bioportal.bioontology.org

Les plus visités | Débuter avec Fir... | À la une | anatomie | dicom | inserm | Master | irisa | neurolog | VIP | perso | snomed | ur1 | Marque-pages

BioPortal | Browse | Search | Mappings | Recommender | Annotator | Resource Index | Projects | Sign In | Help | Feedback

Follow @bioontology | 699 followers | J'aime | 13

Welcome to BioPortal! For help using BioPortal, click on this icon: ?

Search all ontologies

Enter term, e.g. Melanoma

[Advanced Search](#)

Find an ontology

Enter ontology name, e.g. NCI Thesaurus

[Browse Ontologies >](#)

Search resources

Enter a term, e.g. Melanoma

[Advanced Resource Search](#)

Most Viewed Ontologies (January, 2012)

Ontology	Views
National Drug File	6071
MedDRA	2872
SNOMED Clinical Terms	2018
International Classification of Diseases	1349
Medical Subject Headings	988

Latest Notes

[Change Property Value Proposal: label \(ABA Adult Mouse Brain\)](#) 11 days ago by lfrench

[New Relationship Proposal: is_a \(Cell line ontology\)](#) 2 months ago by foxvog

[New Relationship Proposal: is_a \(Cell line ontology\)](#) 2 months ago by foxvog

[New Relationship Proposal: is_a \(Cell line ontology\)](#) 2 months ago by foxvog

[New Relationship Proposal: is_a \(Cell line ontology\)](#) 2 months ago by foxvog

Latest Mappings

[State of consciousness and awareness \(SNOMED Clinical Terms\) => b1100.State of consciousness \(International Classification of Functioning, Disability and Health \(ICF\)\)](#)
BioPortal UI 01/20/12 samsontu

[b1100.State of consciousness \(international Classification of Functioning, Disability and Health \(ICF\)\) => State of consciousness and awareness \(SNOMED Clinical Terms\)](#)
BioPortal UI 01/20/12 samsontu

[Consciousness \(SNOMED Clinical Terms\) => b110.Consciousness functions \(International Classification of Functioning, Disability and Health \(ICF\)\)](#)
BioPortal UI 01/11/12 samsontu

Statistics

Ontologies	303
Terms	5,835,227
Resources Indexed	23
Indexed Records	3,920,987
Direct Annotations	686,755,419
Direct Plus Expanded Annotations	5,269,200,920

NCBO: portail des ontologies du domaine des sciences de la vie

Browse

Browse the library of ontologies [?](#)

New: [Configure](#) which ontologies you see in BioPortal

FILTER BY CATEGORY	Biomedical Resources
FILTER BY GROUP ?	All Groups
FILTER BY TEXT	<input type="text"/>

[Submit New Ontology](#)

[Subs](#)

ONTOLOGY NAME	VISIBILITY	TERMS	NOTES	REVIEWS	PROJECTS	UPLOADED	CONTACT
Adverse Event Reporting ontology (AERO)	Public	388	1	0	3	12/18/2012	Melanie Courtot
Bio-health ontological knowledge base- cystic fibrosis (OntoKBCF)	Public	408	0	0	3	01/16/2013	Xia Jing
Biomedical Resource Ontology (BRO)	Public	486	73	1	8	08/31/2010	Trish Whetzel, Csongor Nyulas
BioModels Ontology (BioModels)	Public	187,519	0	0	1	04/03/2012	Robert Hoehndorf
Cancer Chemoprevention Ontology (CanCO)	Public	127	0	0	2	08/23/2012	Dimitris Zeginis
eagle-i research resource ontology (ERO)	Public	3,450	1	0	2	10/17/2012	Carlo Torniai
Electrocardiography Ontology (ECG)	Public	1,097	0	0	9	06/16/2011	Raimond L. Winslow, PhD & St
Epilepsy (EpilepOnto)	Public	137	0	0	3	07/18/2011	Antonio Dourado
Glycomics-Ontology (GlycO)	Public	235	0	0	0	10/29/2012	Will York
HOM-MDCDRG (HOM-MDCDRG)	Public	791	0	0	0	08/08/2012	Ketty Mobed
Information Artifact Ontology (IAO)	Public	173	0	0	12	09/20/2012	Alan Ruttenberg
Ontology of Clinical Research (OCRe) (OCRe)	Public	342	7	0	5	02/21/2012	Ida Sim
Ontology of Physics for Biology (OPB.properties)	Public	678	2	0	6	07/13/2012	Daniel L. Cook
Orphanet Ontology of Rare Diseases (OntoOrpha)	Public	12,829	0	0	2	10/22/2012	Ferdinand Dhombres

Portail NCBO : plus de 300 ontologies disponibles

- Ontologies fondatrices, e.g. :
 - BFO, BioTop
- Ontologies de domaines, e.g. :
 - FMA: Foundational Model of Anatomy (Rosse et al.)
 - PATO: Ontology of Phenotypic Qualities
 - SNOMED CT : Terminologie clinique
- Ontologies d'application, e.g. :
 - NIFSTD : ontologie du Neuroscience Information Framework
- *Certaines de ces ontologies sont plus des lexiques, e.g. :*
 - RadLex (RSNA), NCI thesaurus (NCI)

FMA: snapshot du portail NCBO (ontology browser)

The image shows a screenshot of the NCBO FMA ontology browser. On the left is a hierarchical tree of brain structures, and on the right is a detailed view of the 'Inferior frontal gyrus'.

Left Panel: Hierarchical Tree

- Segment of major alar cartilage
- Segment of male urethra
- Segment of neural tree organ
- Segment of neuraxis
 - Brain
 - Segment of brain
 - Basal forebrain
 - Brainstem
 - Cardinal segment of brain
 - Neural lobe of neurohypophysis
 - Segment of brainstem
 - Segment of forebrain
 - Cerebral hemisphere
 - Diencephalon
 - Segment of diencephalon
 - Segment of telencephalon
 - Segment of subcortical telencephalon
 - Segment of cerebral hemisphere
 - Gyrus of brain
 - Anterior paracentral gyrus
 - Gyrus of frontal lobe
 - Frontomarginal gyrus
 - Inferior frontal gyrus**
 - Intermediate orbital gyrus
 - Medial frontal gyrus
 - Middle frontal gyrus
 - Orbital gyrus
 - Precentral gyrus
 - Straight gyrus
 - Superior frontal gyrus
 - Transverse frontopolar gyrus

Right Panel: Detailed View of Inferior frontal gyrus

| | |
|--------------------------------------|--|
| Preferred Name (<i>rdfs:label</i>) | Inferior frontal gyrus |
| ID | fma:Inferior_frontal_gyrus |
| Full Id | http://sig.uw.edu/fma#Inferior_frontal_gyrus |
| Arterial Supply | Artery of precentral sulcus |
| Attributed Continuous With | fma:Middle_frontal_gyrus, Superior,
fma:Lateral_orbital_gyrus, Inferior,
fma:Precentral_gyrus, Posterior, |
| Bounded By | Semioval center
Surface of brain |
| Constitutional Part | White matter of inferior frontal gyrus
Gray matter of inferior frontal gyrus |
| Fmaid | 61860 |
| Location | fma:Inferior_frontal_sulcus, Superior,
fma:Precentral_sulcus, Posterior,
fma:Superior_temporal_gyrus, Inferior,
fma:Lateral_sulcus, Inferior, |
| Member Of | Set of cerebral gyri |
| Neurolex | file:/home/tredmond/Downloads/ONARD_Instance_2410027 |
| Non English Equivalent | Gyrus frontal inférieur
Regio subfrontalis
Gyrus frontalis tertius
Gyrus F3
Gyrus frontalis inferior |

Ontologie NIFSTD (ontologie d'application)

- NIF-Organism
- NIF-Molecule
- NIF-Chemical
- NIF- GrossAnatomy
- NIF-Function
- NIF-Dysfunction
- NIF-Quality
- NIF-Investigation
- NIF-Subcellular
- NIF-Cell
- NIF-Chemical

articulées autour de BFO

Domaine de la SCP

- **Contexte de l'étude** (étude, centre, sujet, investigateur, ..)
- **Exploration** (examen d'imagerie, exploration neuropsychologique, comportementale, score, état du sujet exploré...)
- **Stimulation** (action d'implantation, de cible, de trajectoire, de stimulation, signal de stimulation, électrode, plot, localisation anatomique de la stimulation, ..)
- **Pathologie** (tremblement, hypertonie, akinésie, troubles de la marche, instabilité posturale,...)
- **Effets de la stimulation** (moteur), effets secondaires (troubles cognitifs et comportementaux, ..)
- **Substrat biologique de la maladie et des effets de la stimulation** : structures anatomiques mises en jeu (noyaux, cortex, connexions), neurotransmetteurs, polymorphismes génétiques (dopam., glutam.),...

Domaine de la SCP et ontologies candidates

- Contexte de l'étude
 - Exploration
 - Stimulation
 - Pathologie
 - Effets de la stimulation (moteur), effets secondaires (troubles cognitifs et comportementaux)
 - Substrat biologique de la maladie et des effets de la stimulation
- } *NIF-Investigation (OBI), OntoNeuroLOG*
SNOMED-CT
- NIF-Investigation (DO)*
- Several (e.g. SNOMED-CT, Neuro Behaviour Ontology, Human Phenotype Ontology)*
- NIF-GrossAnatomy (NeuroNames)*
FMA, PATO, MPATH
NIF-Subcellular (SAO)

Conclusion: apport d'une ontologie pour le partage de données

- Les ontologies
 - définissent des **vocabulaires partagés**
 - organisés sous la forme de **taxinomies de classes et de propriétés**
 - exploitables par des **moteurs de recherche sémantiques** et des **raisonneurs** génériques
- Peuvent être articulées entr'elles
 - grâce à une/des **ontologies fondatrices**
 - Sous la forme d'ontologies d'application manipulant des connaissances relevant de domaines différents et complémentaires

Remerciements

- Partenaires du projet NeuroLOG, tout particulièrement :
 - Johan Montagnat
 - Les personnes ayant contribué à la tâche 'ontologie' : Gilles Kassel, Michel Dojat and Benedicte Batrancourt
- Les partenaires du projet CrEDIBLE (Action MASTODONS du CNRS)

Quelques sites intéressants

- NIF : <http://neuinfo.org/>
- Portail NCBO : <http://bioportal.bioontology.org/>
- Projet NeuroLOG : <http://neurolog.polytech.unice.fr>
- Projet CrEDIBLE : <https://credible.i3s.unice.fr>
- Portail iDASH : <http://idash.ucsd.edu>

Conclusion

- Sur un plan pratique, la création de ces ontologies peut être abordée de deux façons :
 - Selon une approche **top-down**, consistant à partir des besoins généraux de la recherche clinique et translationnelle et d'en déduire les développements d'ontologies à réaliser
 - Selon une approche **bottom-up**, consistant à partir des études et des BD existantes et de construire les ontologies relevant de ces domaines précis, puis de les élargir à des domaines connexes
- **Ces deux approches sont complémentaires**
 - La seconde est plus à même de convaincre les chercheurs
 - La première est indispensable pour atteindre l'objectif d'intégration de données dans des domaines vastes comme celui des neurosciences en général