

Panorama de l'apport des ontologies pour l'interprétation sémantique et la recherche d'images

Céline Hudelot, Maître de conférences

Ecole Centrale Paris, laboratoire MAS



Plan

- 1 Sémantique et image
 - Problématique de l'interprétation sémantique
 - Indexation et recherche d'images
 - L'interopérabilité sémantique

Plan

- 1 **Sémantique et image**
 - Problématique de l'interprétation sémantique
 - Indexation et recherche d'images
 - L'interopérabilité sémantique
- 2 **Des ontologies ...**
 - Définitions
 - Motivations
 - Types d'ontologies
 - Langages de formalisation

Plan

- 1 **Sémantique et image**
 - Problématique de l'interprétation sémantique
 - Indexation et recherche d'images
 - L'interopérabilité sémantique
- 2 **Des ontologies ...**
 - Définitions
 - Motivations
 - Types d'ontologies
 - Langages de formalisation
- 3 **Ontologies pour l'analyse et l'interprétation d'images**
 - Annotation et recherche d'images
 - Réduction automatique du fossé sémantique
 - Ontologies pour la gestion des tâches

Plan

- 1 **Sémantique et image**
 - Problématique de l'interprétation sémantique
 - Indexation et recherche d'images
 - L'interopérabilité sémantique
- 2 **Des ontologies ...**
 - Définitions
 - Motivations
 - Types d'ontologies
 - Langages de formalisation
- 3 **Ontologies pour l'analyse et l'interprétation d'images**
 - Annotation et recherche d'images
 - Réduction automatique du fossé sémantique
 - Ontologies pour la gestion des tâches
- 4 **Conclusion**

Qu'est ce que l'interprétation d'images ?



FIG.: Source : équipe Orion, INRIA

Problème

Quel est le contenu sémantique de ces images ? Que représentent-elles ?

Qu'est ce que l'interprétation d'images ?

Différentes interprétations de cette image sont possibles !

- *Un objet blanc sur un fond vert*
- *Un insecte*
- *Une aleurode sur une feuille de rosier*



Conséquences

- La sémantique n'est pas dans l'image elle même.
- L'interprétation dépend de l'objectif.
- L'interprétation dépend de connaissances a priori.
- => Apport du **génie ontologique**.

Interprétation sémantique d'images

Pourquoi les ontologies ?

- Besoin d'outils pour
 - **décrire** et **représenter** les connaissances a priori d'une manière formelle et consensuelle.
 - **guider** le processus de reconnaissance et d'interprétation.

Les ontologies : outils pour la description et la représentation des connaissances.

Systemes de recherche d'informations : Approche textuelle

Recherche d'information dans des masses de données multimédia

The image shows a screenshot of a Google Images search for 'jaguar'. The search bar contains 'jaguar' and buttons for 'Recherche d'images', 'Rechercher sur le Web', 'Images - Fiche', and 'Préférences'. Below the search bar, there are eight image thumbnails with their respective captions and metadata. Two arrows point from the search results to a separate section on the right. The first arrow points from the top right of the search results to the text 'Requête par mots clés' and a smaller Google search bar with 'jaguar' in it. The second arrow points from the bottom right of the search results to the text 'Recherche dans le texte accompagnant l'image' and a larger image of a Jaguar XJ220 with its caption: '... suivre une Jaguar XJ220 en même ... 1280 x 960 - 310 ko www.seriouswheels.com'.

Google Recherche d'images Rechercher sur le Web Images - Fiche Préférences

Images Afficher Toutes les tailles Réglés

... Lyons dort la Jaguar Mark VII de ... 390 x 318 - 25 ko - jpg www.webcamews.com

... suivre une Jaguar XJ220 en même ... 1280 x 960 - 310 ko www.seriouswheels.com

Jaguar 406 x 600 - 31 ko - jpg fr.northrup.org

Jaguar baillant 406 x 600 - 28 ko - jpg fr.northrup.org

La "Super Car" Jaguar est animée Le Jaguar est le félin d'Amérique le par ... 498 x 350 - 30 ko - jpg www.autodrome-cannes.com

Spécialiste Jaguar, nous travaillons ... 1117 x 607 - 178 ko - jpg www.edniers.fr

Jaguar, le plus ancien de ses rivaux ... 500 x 380 - 33 ko - jpg www.caradisiac.com

Google

Requête par mots clés

... suivre une Jaguar XJ220 en même ... 1280 x 960 - 310 ko www.seriouswheels.com

Recherche dans le texte accompagnant l'image

Approche classique : recherche d'images par requête et indexation textuelle

Systemes de recherche d'informations : Approche visuelle

Recherche d'information dans des masses de données multimédia

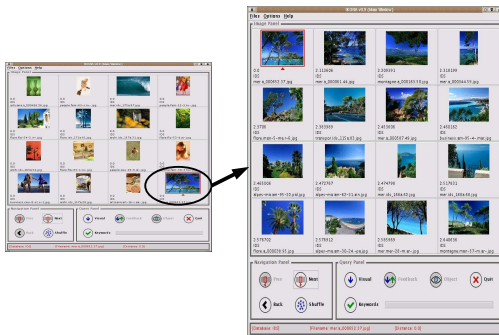
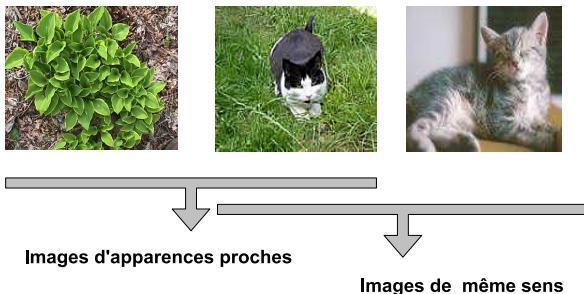


FIG.: D'après Ikona, équipe Imedia, INRIA

Approche visuelle : recherche par similarité visuelle à l'aide du contenu de l'image

Systemes de recherche d'informations : le fossé sémantique



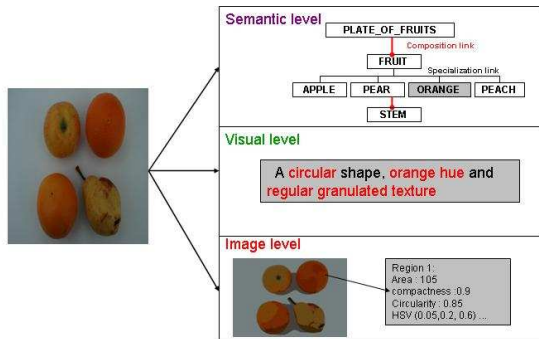
Problème du fossé sémantique

Manque de concordance entre les informations que l'on peut extraire des données visuelles et l'interprétation qu'ont ces mêmes données pour un utilisateur dans une situation déterminée (Smeulders et al., 2000).

En intelligence artificielle et robotique, **ancrage de symboles**.

Le fossé sémantique

Des données image (pixels) à la sémantique : niveaux d'abstraction de données [Marr,82]



Recherche d'information multimédia

Pourquoi les ontologies ?

- Description de l'information et de la connaissance à tous les niveaux d'abstraction :
 - Niveau sémantique
 - Niveau objet
 - Niveau perceptuel
- Réduction du fossé sémantique

Ontologies opérationnelles ou *perceptuellement enrichies*.

L'interopérabilité sémantique



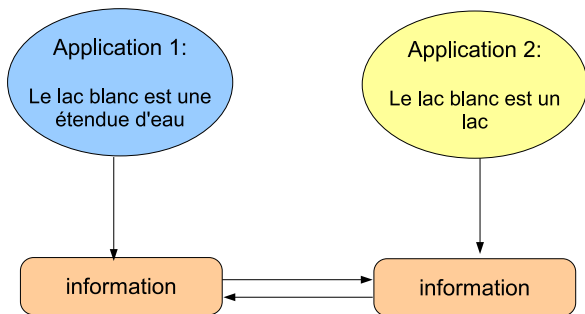
**Une étendue
d'eau**

Un lac

Différents mots pour le
même sens.

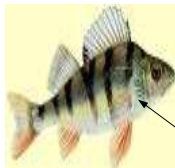
FIG.: Le lac blanc

L'interopérabilité sémantique



- Comment une machine peut-elle savoir qu'un lac est une étendue d'eau ?
- Comment une machine peut-elle savoir que certaines étendues d'eau sont des lacs ?

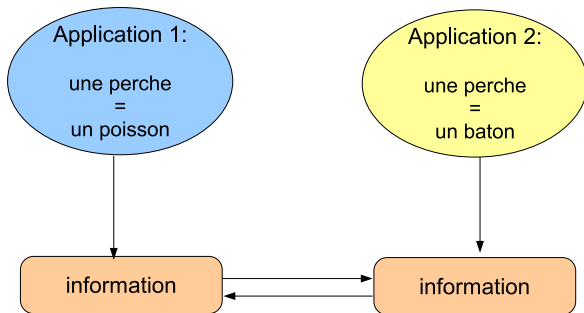
L'interopérabilité sémantique



Une perche

Même mot pour des sens différents

L'interopérabilité sémantique



Comment une machine peut savoir que le sens du mot *perche* est complètement différent selon les applications ?

L'interopérabilité sémantique

Pourquoi les ontologies ?

- Besoin d'outils pour
 - **décrire** l'information qu'on publie,
 - **interpréter** l'information qu'on reçoit.
- Besoin d'outils pour nous aider (nous et les machines) à gérer l'**hétérogénéité sémantique**.

Les ontologies : outils pour la conception de systèmes d'analyse et d'interprétation.

Ontologie et ontologies

- **Ontologie** : PHILO. Partie de la métaphysique qui s'applique à "l'être en tant qu'être", indépendamment de ses déterminations particulières (Le Petit Robert).
Notez : O majuscule, toujours singulier ; une science
- **Taxinomie**. 1.DIDAC. Etude théorique des bases, lois, règles, principes d'une classification. 2. Classification d'éléments.
- **ontologies** : INGÉNIÉRIE DES CONNAISSANCES. Une ontologie est une spécification explicite rendant compte (on espère de façon générique) d'une conceptualisation d'un domaine de connaissance [Gruber,93].
Notez : pas de majuscules, pluriel admis ; un objet informatique

L'ingénierie des connaissances

Une idée forte [Charlet,02]

Connaissance = interprétation humaine

Il y a connaissance et représentation des connaissances quand les **manipulations symboliques** effectuées par la machine via des programmes, **prennent un sens et une justification pour les utilisateurs** interagissant avec ces programmes

Représentation des connaissances

La représentation des connaissances

Rendre compte d'un domaine particulier sous une forme manipulable par la machine

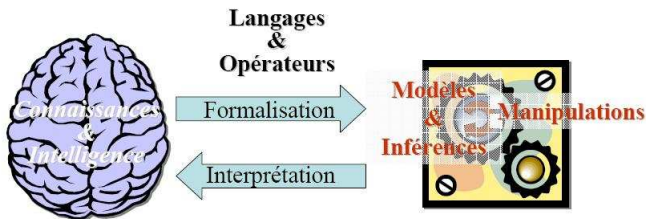


FIG.: D'après F. Gandon

Vers les ontologies

Un constat général

- Importance croissante pour les systèmes d'informations et documentaires.
- Coût de réalisation des bases de connaissances.
- Grande variété des langages de représentations.
- Hétérogénéité des ontologies.

Intérêt des ontologies [Charlet,02]

Réutilisation

- Créer et conserver des bases de connaissances **réutilisables**.
- Assembler des bases de connaissances à partir de modules **réutilisables**.

Partage de la connaissance et communication

- Assurer l'**interopérabilité** entre différents systèmes.
- Permettre l'**échange** de connaissances entre systèmes.

Les ontologies

Une ontologie est une spécification **formelle** et **explicite** d'une **conceptualisation partagée** d'un domaine de connaissance.

- **conceptualisation** : une certaine vue du monde par rapport à un domaine, souvent conçue comme un ensemble de concepts, leur définition, leurs interrelations. Choix quand à la manière de décrire un domaine.
- **explicite** : définition explicite des types de concepts utilisés et des contraintes sur leur usage.
- **formelle** : compréhensible par la machine.
- **partagée** : consensus, connaissances acceptées par un groupe.

Les 2 rôles d'une ontologie [Charlet,02]

- Définir / fournir une **sémantique formelle** pour l'information permettant son exploitation par un ordinateur
- Définir / Fournir une **sémantique interprétative** d'un domaine du monde réel fondée sur un **consensus** et permettant de lier le contenu exploitable par la machine à sa **signification** pour les humains.

Types d'ontologies

Caractéristiques et familles d'ontologies existantes

Deux visions [Charlet]

- 1 Une ontologie est universelle mais différente de la base de connaissance qui elle serait individualisée, relative, finalisée.
- 2 Nombreuses ontologies pour un système du monde
 - Impossible de délivrer des ontologies universelles incluant tous les points de vue possibles
 - Porte la trace de la tâche particulière pour lesquelles elles ont été construites et du raisonnement adopté pour cette tâche

Classification des ontologies

- **Ontologies du domaine** : réutilisables pour plusieurs applications sur ce domaine
- **Ontologies applicatives** : contiennent des connaissances du domaine nécessaires pour une application donnée ; spécifiques, non réutilisables
- **Ontologies génériques** ou top-ontologies : expriment des conceptualisations valables dans différents domaines
- **Ontologies de représentation** : conceptualisent les primitives des langages de représentation des connaissances

Langages de formalisation

Grandes familles

- Logiques (propositions, prédicats, descriptions)
- Graphes et réseaux sémantiques
- Langages à objets

Le plus utilisé, OWL : Web Ontology Language

- Un langage basé sur les logiques de descriptions
- Pour une introduction rapide voir :
http://www.lacot.org/public/owl/presentation_introduction_a_owl.pdf
- Plusieurs éditeurs d'ontologies associés

Les logiques de description : rappel

Constructor	Syntax	Example	Semantics
atomic concept	A	Human	$A^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}}$
individual	a	Lea	$a^{\mathcal{I}} \in \Delta^{\mathcal{I}}$
Top	\top	Thing	$\top^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}}$
Bottom	\perp	Nothing	$\perp^{\mathcal{I}} = \emptyset^{\mathcal{I}}$
atomic role	r	has-age	$R^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$
conjunction	$C \sqcap D$	Human \sqcap Male	$C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$
disjunction	$C \sqcup D$	Male \sqcup Female	$C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}}$
negation	$\neg C$	\neg Human	$\Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}}$
existential restriction	$\exists r.C$	\exists has-child.Girl	$\{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists y \in \Delta^{\mathcal{I}} : (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \wedge y \in C^{\mathcal{I}}\}$
universal restriction	$\forall r.C$	\forall has-child.Human	$\{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \forall y \in \Delta^{\mathcal{I}} : (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\}$
value restriction	$\exists r.\{a\}$	\exists has-child. $\{Lea\}$	$\{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists y \in \Delta^{\mathcal{I}} : (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow y = a^{\mathcal{I}}\}$
number restriction	$(\geq nR)$	$(\geq 3$ has-child)	$\{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \{y \mid (x, y) \in R^{\mathcal{I}}\} \geq n\}$
	$(\leq nR)$	$(\leq 1$ has-mother)	$\{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \{y \mid (x, y) \in R^{\mathcal{I}}\} \leq n\}$
Subsumption	$C \sqsubseteq D$	Man \sqsubseteq Human	$C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$
Concept definition	$C \equiv D$	Father \equiv Man \sqcap \exists has-child.Human	$C^{\mathcal{I}} = D^{\mathcal{I}}$
Concept assertion	$a : C$	John:Man	$a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
Role assertion	$(a, b) : R$	(John,Helen):has-child	$(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$

Protégé, un éditeur d'ontologies

<http://protege.stanford.edu/plugins/owl/>

The screenshot displays the Protégé 3.1 ontology editor. The main window title is "travel. Protégé 3.1 (file:IC:\protege-owl\owl\travel.pprj, OWL Files (.owl or .rdf))". The interface is divided into several panes:

- Left Pane (SUBCLASS RELATIONSHIP):** Shows an asserted hierarchy for the project "travel". The root is "owl:Thing", which includes classes like "Accommodation", "Activity", "Contact", and "Destination". Under "Destination", "FamilyDestination" is selected.
- Center Pane (CLASS EDITOR):** Shows the editor for the class "FamilyDestination". It includes a name field, a "SameAs" field, and a "DifferentFrom" field. The "rdf:comment" field contains the text: "A destination with at least one accommodation and at least 2 activities...". Below this, the "Asserted" tab shows "Asserted Conditions" with two rules: "Destination" (NECESSARY & SUFFICIENT) and "hasActivity ≥ 2" (NECESSARY).
- Right Pane (Annotations):** A table with columns "Property", "Value", and "Lang". It contains one entry: "rdfs:comment" with the value "A destination with at le...".
- Bottom Right Pane (Properties):** Shows a list of properties for the class: "hasAccommodation" (multiple Accommodation), "hasActivity" (multiple Activity), and "hasPart" (multiple Destination). It also shows "Disjoints" for "Retiree-Destination".

At the bottom of the interface, there are radio buttons for "Logic View" (selected) and "Properties View".

Autres langages

- Les graphes conceptuels
- Les Topics Maps

Voir pour une bonne introduction :

http://www.irit.fr/GRACQ/IMG/pdf/Partie06_LangagesDeFormalisation.pdf

Ontologies pour l'analyse et l'interprétation d'images

Apports à plusieurs niveaux dans le processus :

- Ontologies de description : thésaurus commun pour annoter les images ou pour représenter des connaissances a priori.
- Ontologies opérationnelles : adressent le problème du fossé sémantique.
- Ontologies de tâches : ontologies pour la supervision de l'analyse d'images.

Annotations sémantiques pour la recherche d'images

Problématique

Stockage, partage et recherche dans de grandes bases de documents multimédia. Généralement deux approches :

- Annotation et recherche d'images par mots clefs ;
- Indexation et recherche d'images par son contenu visuel. (signature numérique)

Constat

- Première approche (*top-down*) : comment faire face au problème de l'hétérogénéité sémantique ?
- Deuxième approche (*bottom-up*) : une similarité visuelle n'implique pas forcément une similarité sémantique : le fossé sémantique.

Annotation et recherche d'images à l'aide d'ontologies

Approche *Top-Down* : annotation et recherche d'images par mots clefs

Apport des ontologies

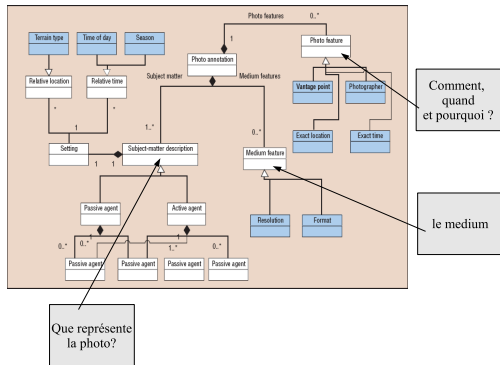
- Bases de données classiques non suffisantes (pas d'inférence)
- **Idée 1 : utilisation de connaissances à priori contenue dans des ontologies du domaine.**
- **Idée 2 : utilisation d'ontologies pour structurer les annotations :**
 - Terminologie commune et consensuelle
 - Annotation structurée : relations sémantiques entre les termes de l'annotation.

Exemple 1 : annotations manuelles de photographies [Sreiber,01]

Méthode

Créations de deux ontologies :

- Ontologie dédiée à l'annotation de photos.
 - Structure d'une annotation de photos.
 - Indépendante du domaine d'application.
- Ontologie du domaine
 - Décrit le contenu des images
 - Dans l'exemple : animalerie



Annotations manuelles d'images

Ontologies et annotation manuelle d'images

- Ontologies :
 - pour structurer l'annotation : plusieurs niveaux dans l'annotation ;
 - pour contraindre la description du contenu.
- Fournir une interface aidant et guidant l'utilisateur dans le processus d'annotation.

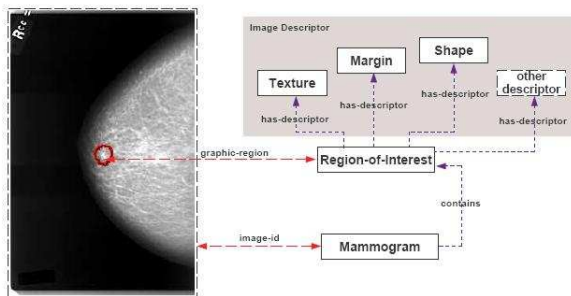
Mais :

- Non prise en compte de l'information image.
- Non gestion du problème du fossé sémantique.

Exemple 2 : Annotation manuelle d'images médicales [Hu,01]

Problématique

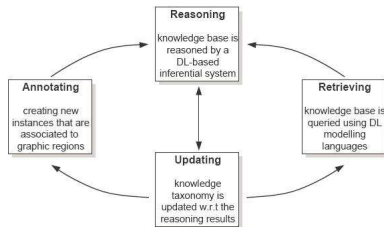
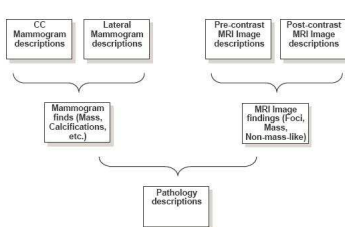
- Utilisation d'une ontologie de domaine de l'imagerie du cancer du sein pour annoter des images médicales.
- Inférence et raisonnement ontologique



Exemple 2 : Annotation manuelle d'images médicales [Hu,01]

Utilisation du raisonnement des logiques terminologiques pour incrémenter la base de connaissances et faire des requêtes

- Classification d'instances
- Raffinement d'annotations



Exemple 2 : Annotation d'images médicales [Hu,01]

Bilan

- Structuration de l'annotation et de la description
- Raisonnement ontologique

Mais :

- Problème de l'annotation : couteuse et subjective
- Problème de la connaissance : pas forcément disponible et pas forcément sous la forme d'ontologies.
- Plusieurs niveaux de description mais non prise en compte du contenu perceptuel de l'image.

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Objectif

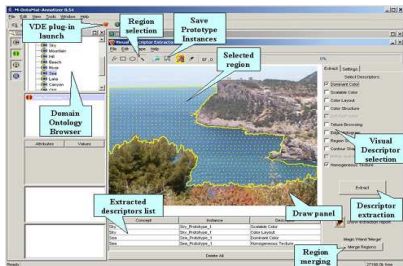
- Fournir des outils génériques permettant d'annoter des documents multimédia **localement** et **globalement**.
- Permettre d'enrichir l'annotation avec des informations perceptuelles.
- Une annotation multi-niveaux :
 - Metadonnées
 - Sémantique
 - Niveau multimédia
- Vers une automatisation de l'annotation.

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Objectif :

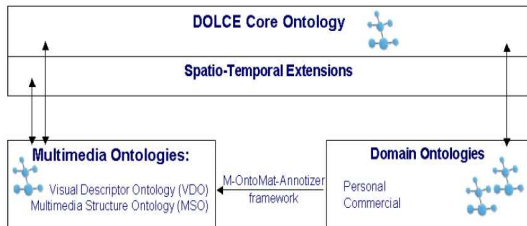
Faire le lien entre des descripteurs visuels bas niveau (MPEG-7) et des concepts du domaine :

- Projet aceMedia (FP6) : *Integrating knowledge, semantics and content for user-centred intelligent media services*
- Projet K-Space (FP6) : *Knowledge Space of Semantic Inference for Automatic Annotation and Retrieval of Multimedia Content*



Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Une infrastructure d'annotation basée sur des ontologies



Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Visual Descriptor Ontology

- Représentation des descripteurs visuels MPEG 7 en RDF
- Objectif :
 - Permettre le lien entre concepts visuels et concepts du domaines
 - Intégration plus facile avec des annotations sémantiques

Connaissance visuelle : vers une annotation automatique

- Utilisation d'exemples pour décrire l'apparence visuelle des objets
- Annotation d'instances avec VDO
- Ces instances sont stockées comme des instances de concepts : *prototypical knowledge*

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

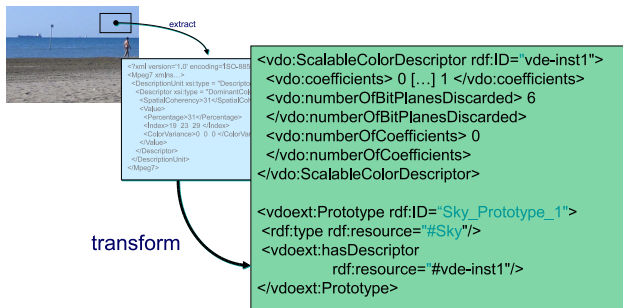


FIG.: D'après Steffen Staab, SSMS 2007

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Vers une annotation automatique guidée par la connaissance

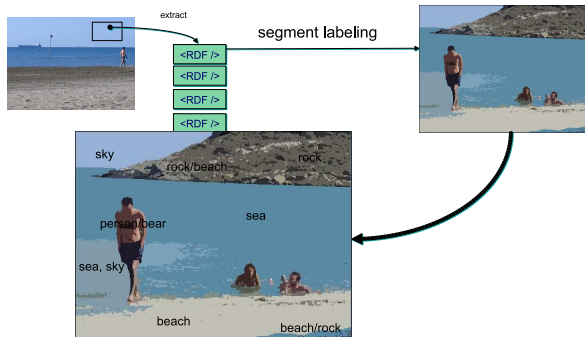
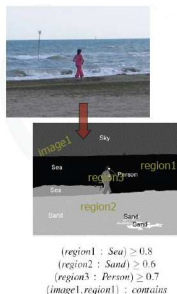


FIG.: D'après Steffen Staab, SSMS 2007

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Raisonnement ontologique et prise en compte de l'incertitude

- Utilisation de logiques de description floues



aceMedia

- Classical (crisp) DL reasoning applied on assertions, leaving out fuzzy degrees

Beach \sqsupseteq \exists contains.Sea \sqcap \exists contains.Sand

- Axioms revisited by external module to update appropriately the degrees according to fuzzy interpretation semantics:

$$(C \sqcap D)^f(a) = \min(C^f(a), D^f(a))$$

$$(\exists R.C)^f(a) = \sup_{b \in D \cap \rho} \min(R^f(a, b), C^f(b))$$

Remarks

- Annotations (fuzzy ABox) considered:
 - fuzzy, positive, concept assertions
 - crisp role assertions
- Prior knowledge (TBox) considered:
 - Crisp inclusion and equivalence axioms

FIG.: D'après Kompatsiaris, aceMedia

Exemple 3 : Annotation sémantique et visuelle d'images

Un domaine actif de Recherche

- AceMedia ,K-Space
- Mesh : cas particulier des journaux télévisés
- X-Media : aspect cross-media
- Aim Shape : 3D
- Boemie : evolution et acquisition de la connaissance
- Vitalas : prise en compte de l'utilisateur dans la recherche
- Victory : contenu 3D et multimedia distribué, problématique de tatouage

Ontologies de description pour l'annotation d'images

Apports des ontologies

- Un vocabulaire commun et structuré pour l'annotation.
- Plusieurs niveaux d'annotations
 - Ontologies du domaine
 - Ontologie de structuration
 - Ontologies de concepts visuels
 - Ontologie de descripteurs : MPEG 7
- Mise en oeuvre de raisonnements ontologiques.
- Au mieux annotation semi-automatique qui reste coûteuse.

Des ontologies de description aux ontologies opérationnelles

Le problème du fossé sémantique

Dès lors que l'on cherche à introduire de la sémantique dans les approches de recherche d'images par le contenu visuel ou dans les approches de reconnaissance d'objets par modèles, se pose le problème du **fossé sémantique**.

Des ontologies de description aux ontologies opérationnelles

Reduction du fossé sémantique : principales approches [Liu, PR 2007]

- Utilisation de techniques d'apprentissage supervisé ou non supervisé.
- Techniques de retour de pertinence.
- Utilisation des SVT (*Semantic Visual Templates*).
- Techniques orientées web.
- Utilisation d'ontologies

Apports des ontologies pour la réduction du fossé sémantique

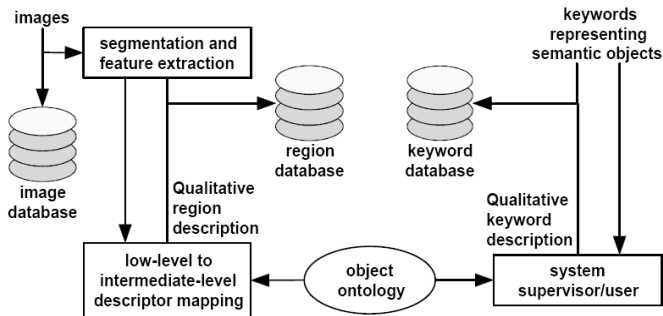
Ontologie opérationnelle ou "ancrée" : ontologie dont les concepts sont liés (ancrés) à leur représentation dans le domaine de l'image (percepts)

Approches

- Ontologies intermédiaires (visual concept ontology, object ontology) : ensemble des concepts permettant de décrire de manière qualitative l'apparence visuelle des concepts sémantiques.
 - Plus *facilement associable* à des descripteurs numériques.
- Ontologies pour l'information structurelle (spatial relation ontology)

Ontologies intermédiaires : Object Ontology

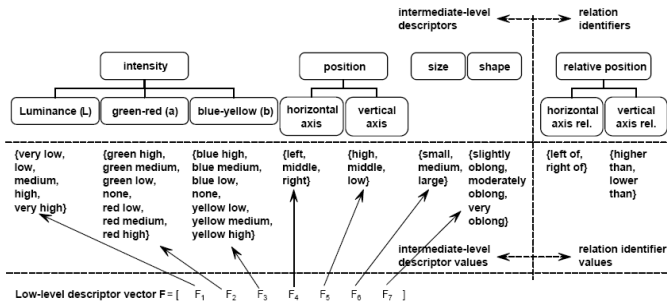
Exemple 1 : Recherche d'images par régions à l'aide d'une ontologie visuelle
(*Object Ontology*)[Mezaris,04]



Ontologies intermédiaires : Object Ontology

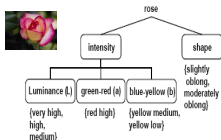
Exemple 1 : Recherche d'images par régions à l'aide d'une ontologie visuelle (*Object Ontology*) [Mezaris,04]

Object Ontology

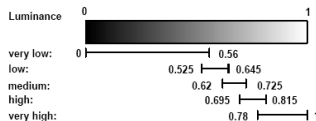


Ontologies intermédiaires : Object Ontology

Une ontologie intermédiaire : entre concepts sémantiques et descripteurs numériques.

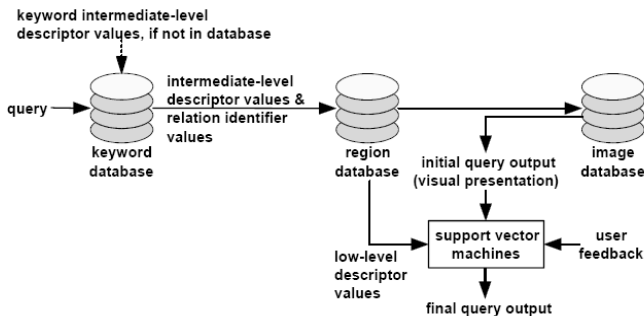


Correspondance entre concepts intermédiaires et descripteurs bas niveau.



Description visuelle des concepts sémantiques

Ontologies intermédiaires : Object Ontology



Ontologies intermédiaires : Object Ontology

Principe de la recherche

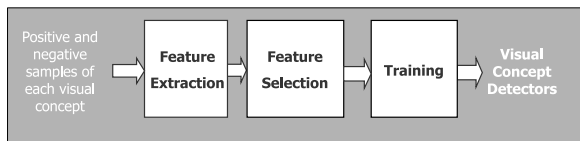
- Requête formulée en termes qualitatifs à l'aide de l'ontologie intermédiaire
- Comparaison avec les descripteurs des régions extraites pour sélectionner les régions pertinentes
- Mécanisme de retour sur croyance pour mesurer la pertinence des régions sélectionnées.

Ontologies intermédiaires : Visual Concept Ontology

Exemple 2 : Catégorisation d'objets à l'aide d'une ontologie visuelle (*Visual Concept Ontology*)[Maillot,05]

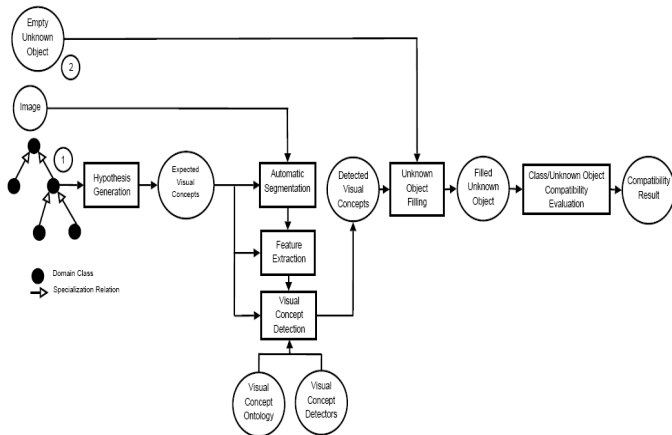
Principe

- Comme dans [Mezaris,04], l'ontologie intermédiaire guide et contraint l'acquisition de la connaissance du domaine
- Chaque concept visuel est associé à un détecteur par apprentissage faiblement supervisé.



Ontologies intermédiaires : Visual Concept Ontology

Exemple 2 : Catégorisation d'objets à l'aide d'une ontologie visuelle (*Visual Concept Ontology*) [Maillot,05]



Ontologies intermédiaires : Pictorially enriched ontology [Bertini,05]

Principe

- Une ontologie à deux composants :
 - Une composante **linguistique** qui décrit les différents objets et *évènements*.
 - Une composante **visuelle**, i.e. abstractions des éléments vidéos (séquence, keyframes, regions, visual features)

Un domaine très actif dans le domaine de l'analyse de vidéos.

Ontologies intermédiaires : the OQUEL Language [Town,06]

Un langage de requêtes *ancré*

- Un langage dédié à la recherche d'images photographiques
- Les requêtes sont parsées à l'aide d'une grammaire probabiliste et de réseaux bayesiens.

Ontologies opérationnelles : ontologie de relations spatiales

Importance des relations spatiales en analyse d'images

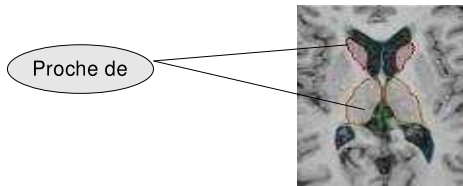
Connaissances structurelles

- Lever l'ambiguïté entre objets d'apparences similaires
- Plus stables que les caractéristiques d'apparence
- Une information structurelle importante



Ontologie de relations spatiales floues [Hudelot,06]

Représentation structurelle floue et fossé sémantique



Contribution

Enrichir l'ontologie spatiale par une représentation floue dans le domaine de l'image :

- Représentation de l'imprécision (objets, relations, connaissances)
- Espace de représentation et de raisonnement permettant de réduire le fossé sémantique
- Rendre l'ontologie opérationnelle pour le traitement de l'image

Représentations floues des relations spatiales

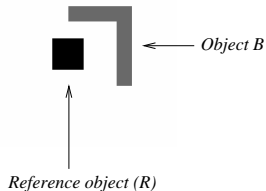
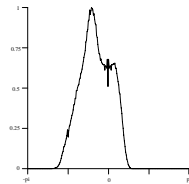
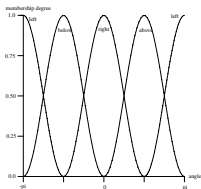
La représentation dépend :

- du type de relation
- de la question et du type de raisonnement souhaité

Deux questions :

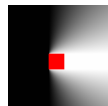
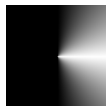
- Etant donnés deux objets (flous ou non), **quelles sont les relations satisfaites entre ces deux objets** et avec quel degré ?
- Etant donné un objet de référence, **quelle est la zone de l'espace dans laquelle une relation à cette référence est satisfaite** (avec un certain degré) ?

Relations directionnelles : modèle flou [Bloch,02]



Ensembles flous

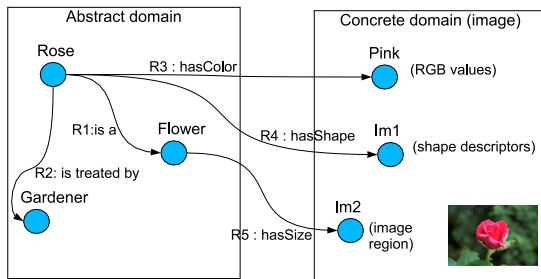
Histogramme d'angles



“à droite de”

“à droite de R”

Ontologies, domaines concrets et fossé sémantique



Idée

Association de chaque concept de l'ontologie du domaine d'application à son domaine concret, ici sa représentation dans le domaine spatial de l'image

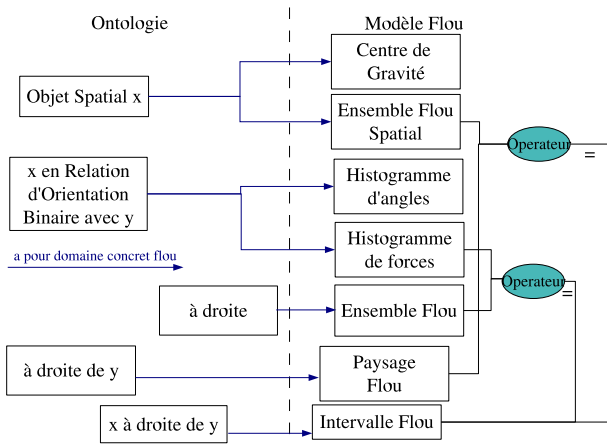
Domaines concrets flous

Principe

- $\text{Person} \sqcap \exists \text{age.} \leq_{20}$: ensemble des personnes dont l'âge est plus petit ou égal à 20
- \leq_{20} predicat sur le domaine concret des entiers naturels \mathbb{N}
- Extension floue :
 - $\text{YoungPerson} \equiv \text{Person} \sqcap \exists \text{age. Young}$
 - Domaine concret flou : $\text{Young} : \mathbb{N} \rightarrow [0, 1]$: degré de jeunesse d'une personne (par exemple ensemble flou trapézoïdal)

Intégration du modèle relationnel flou

Utilisation des domaines concrets [Nagypal,03]



Intégration du modèle relationnel flou

Implémentation

	$Trz(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & \text{if } x \in [a, b] \\ 1 & \text{if } x \in [b, c] \\ (d - x)/(d - c) & \text{if } x \in [c, d] \\ 0 & \text{if } x \geq d \end{cases}$
<pre><xsd:complexType name="TrapezoidalFuzzySet" > <xsd:sequence> <xsd:element name="a" type="xsd:float" / > <xsd:element name="b" type="xsd:float" / > <xsd:element name="c" type="xsd:float" / > <xsd:element name="d" type="xsd:float" / > </xsd:sequence> </xsd:complexType></pre>	

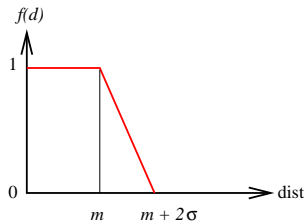
Apprentissage des paramètres du modèle flou

Procédure d'apprentissage

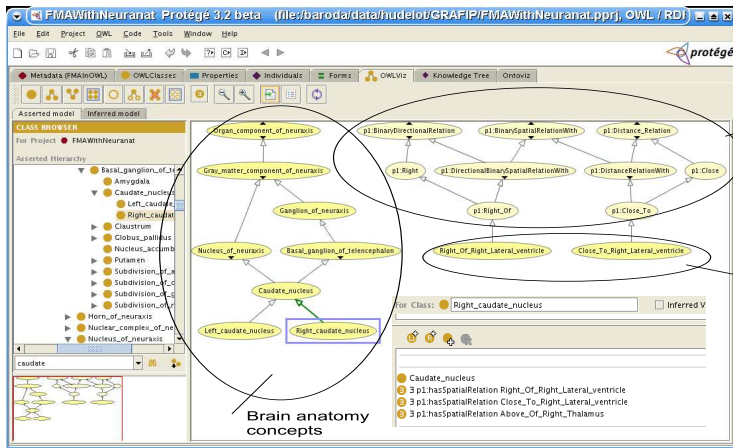
- Paramètres des fonctions d'appartenance appris à partir des exemples de la base de cas
- Exemple pour la relation *Proche de*
 - Pour deux objets dans une instance :

$$d_{max}^c = \max_{x \in B_c} (d_{A_c}(x))$$

- Moyenne m et écart type σ of d_{max} pour toutes les paires (A, B) d'une classe donnée



Application : interprétation d'images cérébrales



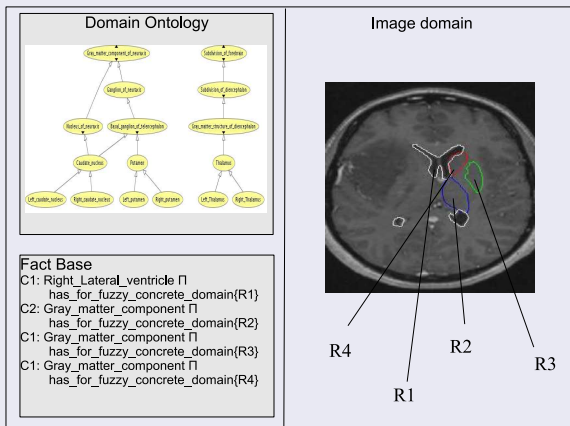
Spatial relation ontology concepts

Spatial relations between anatomical concepts

Brain anatomy concepts

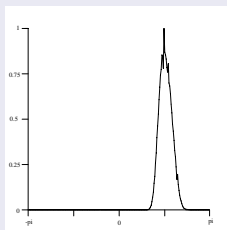
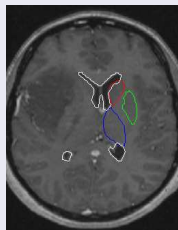
Approche globale de reconnaissance

Plusieurs objets sont extraits de l'image et sont ensuite reconnus



Approche globale de reconnaissance

Plusieurs objets sont extraits de l'image et sont ensuite reconnus



Approche séquentielle

Les structures sont reconnues les unes à la suite des autres

Domain Ontology

```
graph TD; G[Gray_matter_component_of_neuraxis] --> A[Ganglion_of_neuraxis]; G --> B[Nucleus_of_neuraxis]; A --> C[Basal_ganglion_of_telencephalon]; B --> C; C --> D[Caudate_nucleus]; D --> E[Right_caudate_nucleus];
```

for Class: ● Right_caudate_nucleus Inferred V

- Caudate_nucleus
- p1.hasSpatialRelation Right_Of_Right_Lateral_ventricle
- p2.hasSpatialRelation Caudate_To_Right_Lateral_ventricle
- p3.hasSpatialRelation Above_Of_Right_Thalamus

Image domain

R1

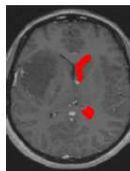
Fact Base

C1: Right_Lateral_ventricle Π
has_for_fuzzy_concrete_domain(R1)

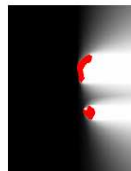
Approche séquentielle

The Caudate Nucleus is :

- To the right of the Lateral Ventricle
- Close to the Lateral Ventricle



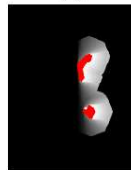
(a)



(b)



(c)



(d)

Ontologie de relations spatiales floues [Hudelot,06]

Apport des ontologies

- Utilisation des ontologies pour le filtrage des connaissances
- Réduction de la combinatoire de recherche
- Cohérence des connaissances

Les ontologies sont opérationnelles pour l'analyse et la reconnaissance

Ontologies : point de vue *système*

Principe

- Description de tâches et non plus uniquement du contenu de l'image : connaissances sur les traitements
- Outils pour la communication entre modules

Exemple : Formulation d'applications de traitement d'images [Renouf,05]

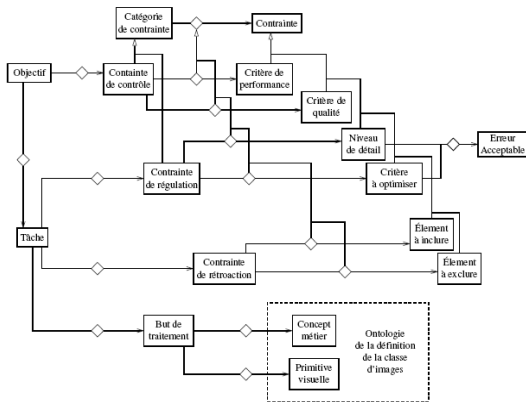
Le modèle conceptuel

Une application de traitement d'images (transformation d'une image vers une autre image) peut être définie en terme :

- d'**objectifs de traitement d'images** : tâches à accomplir, contraintes sur les tâches et contraintes de contrôle.
- d'**observation de la classe d'images** sur trois niveaux : physique, perceptif et sémantique.

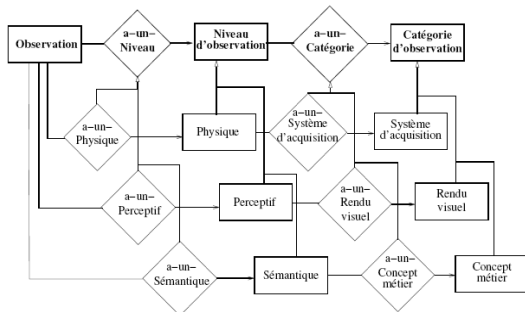
Formulation d'applications de traitement d'images [Renouf,05]

Spécification des objectifs



Formulation d'applications de traitement d'images [Renouf,05]

Spécification des observations



Formulation d'applications de traitement d'images [Renouf,05]

Un exemple de formulation d'application

Tâche : - *Extraire <noyau>*

Niveaux de détail : - *Séparer les noyaux qui se touchent*
- *Ne pas séparer les noyaux qui se chevauchent*

Erreur acceptable : - *Préférer ne pas séparer*

Critères à optimiser : - *Localisation des frontières*

Erreurs acceptables : - *Préférer déborder à l'intérieur de la région*

Éléments à exclure : - *Noyaux qui touchent le bord de l'image*

Règles d'évaluation : - *Mode de l'histogramme des tailles des régions=[20,70] pixels*

Physique

Bruit : - *gaussien, additif, blanc, écart-type<4*

Modèle d'illumination : - *fond_sereuse.bmp*

Perceptif

Fond d'image :

- *luminance = [0.8,1], saturation = [0,0.1]*

Sémantique

Noyau :

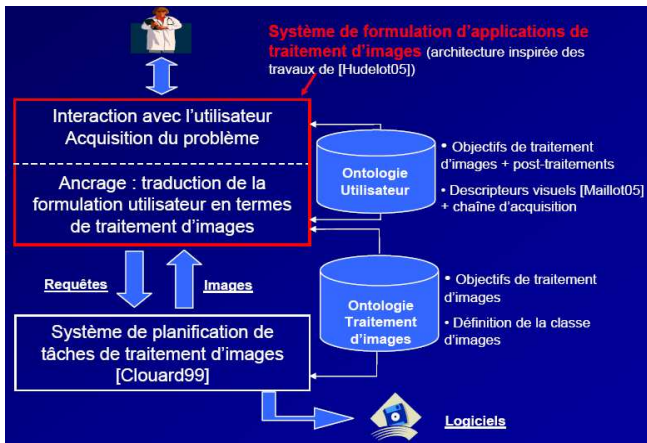
Région : - *convexité = [0.7, 1], teinte = [9PI/8,3PI/2], luminance = [0,0.8]*

Contour : *type = marche, contraste =faible*

...

Formulation d'applications de traitement d'images [Renouf,05]

Framework global



Ontologies pour l'interopérabilité et la communication

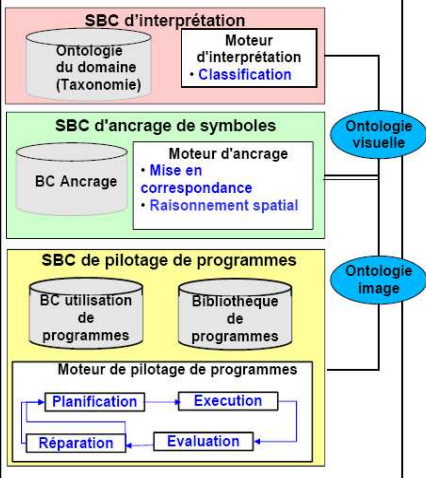
Interprétation sémantique d'images : 3 sous-problèmes

- **Interprétation sémantique**
 - Expertise du domaine
- **Ancrage de symboles**
 - Mise en correspondance percepts image / symboles (ex : *rgb* -> *blue*)
 - Raisonnement spatial
- **Traitement d'images**
 - Extraction et description numérique des objets d'intérêts

Coopération de 3 SBC dédiés

- **Séparation** connaissances et raisonnement et différentes expertises
- **Réutilisabilité** par générateurs à SBC

Une architecture distribuée



Conclusion

Les Ontologies : un rôle important pour l'analyse et l'interprétation d'images

- Rôle descriptif des ontologies : connaissances explicites et consensuelles
 - Raisonnements ontologiques
- Ancrage d'ontologies :
 - Réduction du fossé sémantique
 - Ontologies opérationnelles pour guider la segmentation et l'interprétation.
- Ontologies de tâches

Conclusion

- Un domaine en pleine maturité
- Vers des consensus sur les ontologies multimédia
- Mais encore beaucoup de choses à faire en combinant les techniques de :
 - L'analyse et le traitement d'image
 - L'ingénierie des connaissances
 - L'apprentissage

Remerciements

Une partie des transparents de la section *Ontologie* est inspirée de présentations de Fabien Gandon et de Jean Charlet.