

# Réflexions sur la construction d'une ontologie des descripteurs UCD en astronomie

Sébastien Derriere<sup>1</sup> Françoise Genova<sup>1</sup> Amedeo Napoli<sup>2</sup>, Emmanuel Nauer<sup>2</sup>,  
Alexandre Richard<sup>2</sup>, Yannick Toussaint<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ULP/CNRS - CDS, 11 rue de l'Université, 67000 Strasbourg  
{derriere,genova}@astro.u-strasbg.fr

<sup>2</sup> LORIA – UMR 7503, BP 239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy  
{napoli,nauer,yannick}@loria.fr

**ACI “Masse de données en Astronomie”**

**CDS Strasbourg, 10 avril 2006**

- 
- 
- 

# Motivations : vers une ontologie des UCDs

# Motivations : vers une ontologie des UCDS

- Proposer une formalisation des UCDS, les unités standardisées de description des corps célestes en astronomie.
- Proposer une aide à la détection d'ambiguïtés et de redondances dans les catalogues d'UCDS ainsi qu'à l'attribution d'UCDS par rapport à une table données célestes.
- Proposer une aide à la structuration du domaine comme à l'annotation de tables de données : les tables de données peuvent être manipulées par l'intermédiaire d'annotations.
- Proposer un environnement pour l'extraction de connaissances (fouille de données) et la résolution de problèmes (identification, classification).

# Motivations : vers une ontologie des UCDs

## Exemples de problèmes qui se posent

- Descriptions dans des langues différentes : “*Motion in Right Ascension*” et “*Mouvement mesuré en ascension droite*” sont deux expressions qui font référence au mouvement d’un corps céleste décrit par l’évolution de son ascension droite.
- Raccourcis d’écriture différents pour une même description : “*posang*”, “*pa*” et “*apa*” sont trois raccourcis différents de l’expression “*position angle*” qui décrit une orientation définie par un angle.

# Motivations : vers une ontologie des UCDs

## Plan de la présentation

- Quelques mots sur l'accès aux documents et l'annotation (pour rechercher des documents sur le Web).
- Quelques mots sur les ontologies (pour partager des connaissances et résoudre des problèmes de conflits, détecter des ambiguïtés et des redondances, ...).
- Une première expérience : construire une ontologie des UCDs traitant de la position des objets célestes.
- Un bilan provisoire et ce que peut être la suite.

- 
- 
- 

# L'accès aux documents sur le Web

# L'accès aux documents sur le Web

## La manipulation des documents doit se faire en fonction des connaissances du domaine

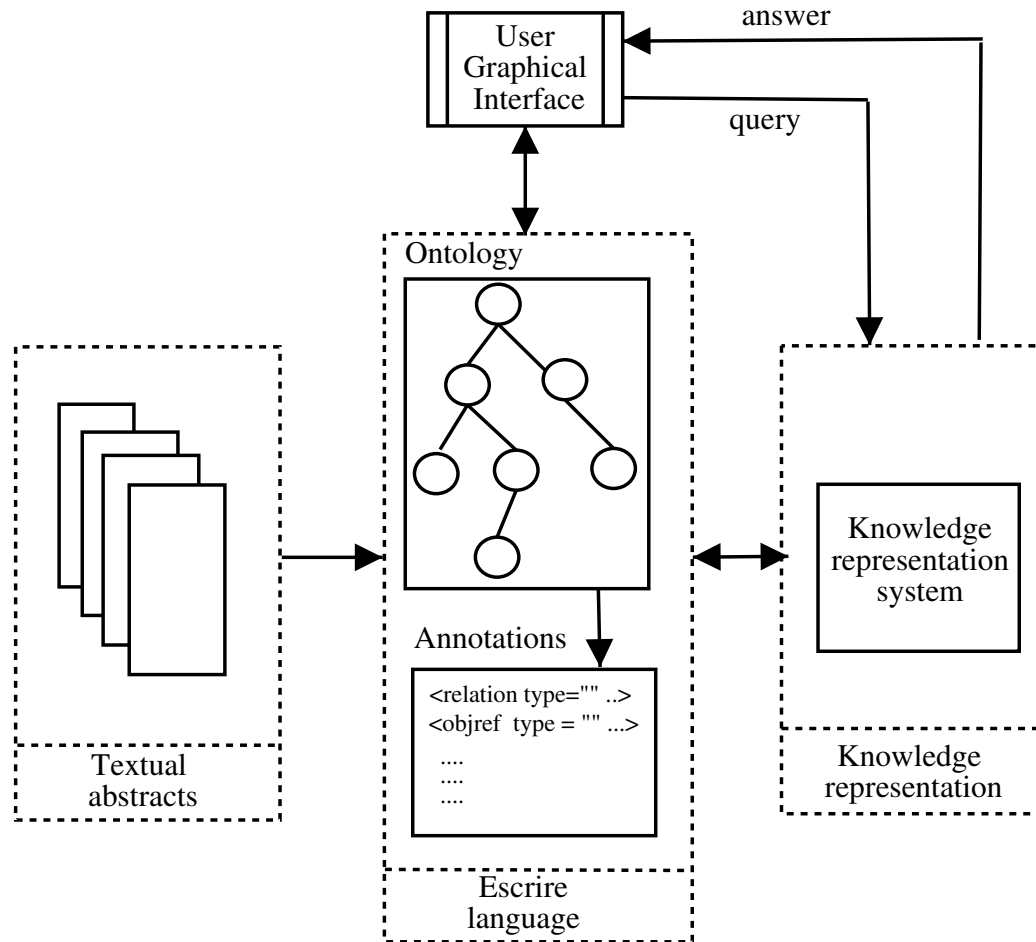
- Une **manipulation intelligente** des documents s'appuie sur la possibilité d'exploiter le contenu des documents, en fonction de connaissances disponibles sur le domaine des documents.
- Pour ce faire, le contenu des documents doit être « explicitement » représenté, sous la forme d'une **structure** à laquelle est associée une sémantique.
- C'est là le propre de la théorie de la **représentation des connaissances** : fournir des langages pour représenter des **annotations** (ou éléments du contenu des documents) sur la base d'une **ontologie** du domaine.

# L'accès aux documents sur le Web

- La description du contenu d'un document peut s'appuyer sur des **méta-données** comme celles du *Dublin core* : titre, auteur (créateur), sujet, description, support de publication, contributeurs, date, type, format, identifiant, langage, etc.
- La description du contenu d'un document peut encore s'appuyer sur des **annotations** qui représentent des éléments du contenu : une annotation peut être une expression conceptuelle comme « ascension droite » ou une relation entre concepts, comme « l'interaction entre les deux objets célestes **A** et **B** est de type attractif ».



# L'accès aux documents sur le Web



- 
- 
- 

# Une introduction aux ontologies

# Une introduction aux ontologies

- Les ontologies sont en train de prendre une importance considérables dans de nombreux domaines, comme la gestion des connaissances, l'intégration et la recherche d'information, les systèmes coopératifs, le commerce électronique et les services Web, et bien sur le Web sémantique.
- Les ontologies sont appelées à jouer un rôle clé en établissant une terminologie commune (ensemble de définitions) entre agents logiciels, afin de partager des connaissances sur une base commune.
- L'utilisation effective des ontologies nécessite le recours à des formalismes de représentation et de raisonnement.

# Une introduction aux ontologies

## Foundations

Knowledge Engineering / Ontology Engineering

Methodologies

Ontology population / generation

Mapping / translation / matching / aligning (heterogeneity)

...

Knowledge Representation and Reasoning

Logics

Predicate Logic

Description Logics

...

Basic Web information technologies

XML

...

...

Semantic Web: Core topics

# Une introduction aux ontologies

Formellement, une ontologie  $\mathcal{O}$  se définit comme suit :

- Un ensemble  $S_C$  de concepts et un ensemble  $S_R$  de relations binaires (spécifiées par un couple  $(D, R)$  domaine – co-domaine dans  $S_C$ ).
- Les concepts et les relations sont organisés en une hiérarchie  $H$  par l'intermédiaire d'une relation de **subsumption**, qui est un ordre partiel dénoté par  $\sqsubseteq$ , où  $c_1 \sqsubseteq c_2$  signifie que  $c_1$  est un sous-concept de  $c_2$ , et  $r_1 \sqsubseteq r_2$  signifie que  $r_1$  est une sous-relation de  $r_2$ .
- Un ensemble de faits — instanciations de concepts et de relations — dénoté par  $A$  peut compléter l'ontologie.

- 
- 
- 

# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

## Méthodes pour l'ingénierie des ontologies

- Construction manuelle de l'ontologie.
- Réutilisation d'ontologies disponibles : modules d'expertise, vocabulaires spécialisés (UMLS), hauts niveaux d'ontologies (CYC), ressources linguistiques (WordNet), ontologies partielles, ...
- Méthodes semi-automatiques de construction d'ontologies : adaptation de méthodes de fouille de données pour construire des hiérarchies de concepts (classification par treillis, fouille de textes).

# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

## Construction manuelle de l'ontologie

- Déterminer la portée de l'ontologie : l'ontologie est un modèle.
- Déterminer la finalisation de l'ontologie, l'usage et la réutilisation : une ontologie peut satisfaire plusieurs besoins.
- Extraire les concepts (*primitifs* et *définis*) du domaine.
- Organiser les concepts en une hiérarchie : si A est un sous-concept de B, alors toute instance de A doit être une instance de B.



# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

## Construction manuelle de l'ontologie

- Déterminer les relations et les propriétés, les domaines et les co-domaines des relations : si A est un sous-concept de B, alors toute propriété s'appliquant aux instances de B s'applique aux instances de A.
- Déterminer les facettes (contraintes locales) : cardinalité, valeurs par défaut, caractéristiques relationnelles (transitivité, symétrie, fonctionnalité, inverse ...).
- Déterminer les instances (et le niveau des éléments) : instance ou concept, concept à une instance ...
- Tester pour retrouver d'éventuelles anomalies.

# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

## Le raisonnement dans la conception de l'ontologie

- Construire la hiérarchie des concepts en calculant les relations de subsomption entre concepts.
- Si un couple (propriété,valeur) est déclaré comme une condition suffisante d'appartenance à un concept A, alors un individu  $x$  qui satisfait la condition doit être déclaré instance de A.
- Tester si deux concepts sont **contradictaires**,  $A \sqcap \neg A \sqsubseteq \perp$ ,
- Dériver des faits implicites : si  $x$  est instance de A qui est sous-concept de B, alors  $x$  est instance de B et hérite les propriétés de B.

# Éléments sur l'ingénierie des ontologies

## Le raisonnement dans la conception de l'ontologie

- Tester si deux concepts sont « synonymes »,  $A \sqsubseteq B$  et  $B \sqsubseteq A$ , alors  $A$  est équivalent ou synonyme de  $B$  au sens où  $A$  et  $B$  recouvrent le même ensemble d'instances.
- Tester les concepts et les relations incohérents : si  $x$  est instance de  $A$ , et si  $A$  est sous-concept de  $B$  d'une part, et sous-concept de  $C$  d'autre part, avec  $B \sqcap C \sqsubseteq \perp$ , alors il faut détecter l'incohérence,  $A \sqsubseteq \perp$  et  $x$  ne peut pas exister.

- 
- 
- 

# Les logiques de descriptions et les ontologies

# Les logiques de descriptions et les ontologies

## Une pile de langages pour représenter des ontologies

- XML est un langage de description de documents.
- RDF et RDFS sont des langages pour décrire et organiser des ressources sur le Web.
- Les logiques de descriptions et OWL en particulier sont des langages de représentation des connaissances auxquels sont associés des constructeurs couvrant des besoins assez larges et des procédures de raisonnement efficaces.

# Les logiques de descriptions et les ontologies

## Les logiques de descriptions sont disponibles

- Les logiques de descriptions sont à l'origine de nombreux travaux en représentation des connaissances et sur le Web sémantique (OIL, DAML+OIL, et OWL pour *Web Ontology Language*).
- Le langage OWL a une syntaxe qui s'appuie sur RDFS et met en jeu des constructeurs qui viennent de la logique de descriptions *SHIQ*.
- La logique *SHIQ* est décidable et le test de subsomption est de complexité exponentielle : toutefois, il existe des implantations optimisées et efficaces comme les systèmes FACT et RACER.

- 
- 
- 

# Construire une ontologies des UCDs

# Construire une ontologies des UCDS

- Les descripteurs UCDS sont les éléments du vocabulaire standardisé et universel de description des corps célestes en astronomie.
- Leur utilisation a pour but d'offrir une plus grande interopérabilité entre les sources de données astronomiques.
- La construction d'une ontologie des UCDS, dénotée par  $\mathcal{O}_{UCD}$ , a pour but d'attribuer une définition — syntaxe et sémantique — aux UCDS.



# Construire une ontologies des UCDs

- Parmi les sources de données astronomiques, un catalogue contient des tables de données astronomiques et un fichier ReadMe qui fournit des méta-données relatives aux tables de données, permettant ainsi l'interprétation de ces tables.
- Il existe une correspondance explicite entre une *colonne de table de données* et une *ligne de ReadMe* .

# Construire une ontologies des UCDs

Explications du contenu  
des colonnes

Table de données

<u>MACS</u>	<u>RAh</u>	<u>RAm</u>	<u>RA<sub>s</sub></u>	<u>DEd</u>	<u>DEm</u>	<u>DE<sub>s</sub></u>	<u>Npos</u>	<u>Mag</u>
2314-769#001	23	14	43.779	76	57	01.19	1	16.60
2315-768#001	23	15	16.057	76	52	36.74	1	17.65
2315-769#001	23	15	31.900	76	58	28.66	1	16.56
2315-767#001	23	15	37.294	76	43	36.98	1	17.49
2315-768#002	23	15	42.722	76	52	49.34	1	17.80

ReadMe

Units	Label	Explanations
---	MACS	Designation
h	RAh	Right Ascension J2000 , Epoch 1989.0 (hours)
min	RAm	Right Ascension J2000 (minutes)
s	RA <sub>s</sub>	Right Ascension J2000 (seconds)
deg	DEd	Declination J2000 , Epoch 1989.0 (degrees)
arcmin	DEm	Declination J2000 (minutes)
arcsec	DE <sub>s</sub>	Declination J2000 (seconds)
---	Npos	Number of positions used
mag	Mag	?=99.00 Instrumental Magnitude (to be used only in a relative sense)

UCD
meta.code
pos.eq.ra
pos.eq.ra
pos.eq.ra
pos.eq.dec
pos.eq.dec
pos.eq.dec
meta.number;pos
phot.mag;instr

# Construire une ontologies des UCDs

- Le travail de conception d'une ontologie a permis de définir, en collaboration avec un expert du domaine, chacun des descripteurs UCDs par un ensemble de *propriétés*.
- Une utilisation de l'ontologie  $\mathcal{O}_{UCD}$  concerne l'annotation automatique de tables de données d'astronomie, qui revient à identifier dans l'ontologie  $\mathcal{O}_{UCD}$  le concept représentant un descripteur UCD qui correspond au mieux aux propriétés données dans la table.

- 
- 
- 

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

## La syntaxe des UCDs

- Format d'un UCD: un UCD est une chaîne de caractères constituée de *mots*, eux-mêmes constitués d'*atomes*. Les mots sont séparés par des points-virgules et les atomes par des points.
- `pos`, `eq`, `ra`, `meta` et `main` sont des atomes ;  
`pos.eq.ra` et `meta.main` sont des mots,  
`pos.eq.ra;meta.main` est un UCD.
- Les mots sont regroupés dans une *hiérarchie* comprenant 12 catégories principales, dont celle des mots commençant par `pos` (catégorie des positions).

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

## Les mots pos

La construction de l'ontologie des UCDs s'est dans un premier temps limitée aux mots `pos` simples :

- `pos` dénote le concept de position,
- `pos.eq` dénote le concept de coordonnée équatoriale,
- `pos.eq.ra` dénote une ascension droite en coordonnées équatoriales.

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

## La représentation des mots pos

Les constructeurs suivants sont utilisés pour représenter les mots pos en OWL,

- la conjonction de concepts  $C \sqcap D$ ,
- la quantification universelle  $\forall r.C$  qui exprime que le co-domaine du rôle  $r$  est restreint au concept  $C$ ,
- la cardinalité des rôles qui fixe le nombre minimal et maximal de valeurs élémentaires que peut prendre un rôle, avec  $(\leq nr)$  pour la cardinalité maximale  $(\geq nr)$  pour la cardinalité minimale et  $(= nr)$  pour la cardinalité exacte.

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

## La représentation des mots pos

- “une ascension droite est une mesure qui a nécessairement une valeur” :

$\forall \text{hasMeasuredValue.MeasuredValue} \sqcap$   
 $(\text{hasMeasuredValue} = 1)$

- “cette valeur est exprimée avec une unité d'angle dans un repère équatorial” :

$\forall \text{hasAngleUnit.AngleUnit} \sqcap (\text{hasAngleUnit} = 1)$   
 $\sqcap \forall \text{hasFrameTypeEq.FrameTypeEq} \sqcap (\text{hasFrameTypeEq} = 1)$

- “l'ascension droite est mesurée à partir de l'origine des ascensions droites du repère équatorial” :

$\forall \text{hasCcOriginEqRa.CcOriginEqRa} \sqcap (\text{hasCcOriginEqRa} = 1)$



# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

## Principes de représentation des mots pos

- Un concept dans  $\mathcal{O}_{UCD}$  qui représente un mot est nécessairement défini et ne peut représenter qu'un seul mot.
- Les définitions de concepts se ramènent à des ensembles de rôles et établir les définitions des concepts passe par l'identification des rôles que possède un concept.
- Pour simplifier les tâches de représentation et d'identification, il est décidé qu'un rôle possède un co-domaine unique et réciproquement : `hasAngleUnit` a pour co-domaine `AngleUnit`, `hasCcOriginEqRa` a pour co-domaine `CcOriginEqRa`.

# La mise en oeuvre de l'ontologie des UCDs

Les opérations suivantes sont pour finir mises en œuvre :

- La hiérarchisation des concepts par le calcul des relations de subsumption entre concepts définis.
- La hiérarchisation des rôles est calculée parallèlement.
- Certains concepts “abstrait” sont introduits pour améliorer la structuration et le partage de propriétés :

$\text{Measure} \equiv \forall \text{hasMeasuredValue}.\text{MeasuredValue}$

$\sqcap(\text{hasMeasuredValue} = 1)$

$\sqcap \forall \text{hasAngleUnit}.\text{AngleUnit}$

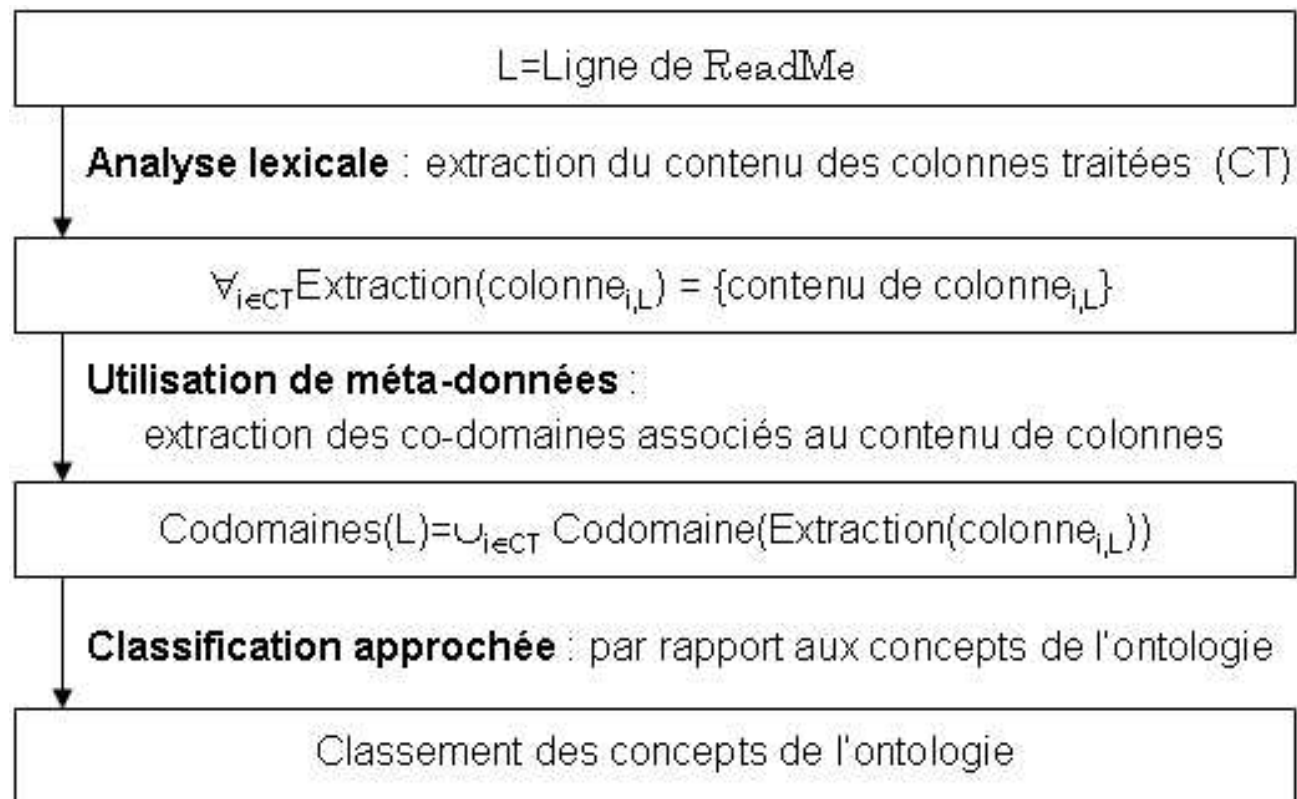
$\sqcap(\text{hasAngleUnit} = 1)$

- 
- 
- 

# L'utilisation de l'ontologie

# L'utilisation de l'ontologie

## Le processus global



# L'utilisation de l'ontologie

Explications du contenu  
des colonnes

Table de données

<u>MACS</u>	<u>RAh</u>	<u>RAm</u>	<u>RA<sub>s</sub></u>	<u>DEd</u>	<u>DEm</u>	<u>DE<sub>s</sub></u>	<u>Npos</u>	<u>Mag</u>
2314-769#001	23	14	43.779	76	57	01.19	1	16.60
2315-768#001	23	15	16.057	76	52	36.74	1	17.65
2315-769#001	23	15	31.900	76	58	28.66	1	16.56
2315-767#001	23	15	37.294	76	43	36.98	1	17.49
2315-768#002	23	15	42.722	76	52	49.34	1	17.80

ReadMe

Units	Label	Explanations
---	MACS	Designation
h	RAh	Right Ascension J2000 , Epoch 1989.0 (hours)
min	RAm	Right Ascension J2000 (minutes)
s	RA <sub>s</sub>	Right Ascension J2000 (seconds)
deg	DEd	Declination J2000 , Epoch 1989.0 (degrees)
arcmin	DEm	Declination J2000 (minutes)
arcsec	DE <sub>s</sub>	Declination J2000 (seconds)
---	Npos	Number of positions used
mag	Mag	?=99.00 Instrumental Magnitude (to be used only in a relative sense)

UCD
meta.code
pos.eq.ra
pos.eq.ra
pos.eq.ra
pos.eq.dec
pos.eq.dec
pos.eq.dec
meta.number;pos
phot.mag;instr

# L'utilisation de l'ontologie

## L'analyse lexicale

- Analyse lexicale de la ligne du fichier ReadMe pour extraire le contenu des colonnes Units et Explanations.

- | Units | Label | Explanations                    |
|-------|-------|---------------------------------|
| s     | RAs   | Right Ascension J2000 (seconds) |

- $\text{Extraction}(\text{Units}, L) = \{s\}$  ;  
 $\text{Extraction}(\text{Explanations}, L) =$   
 $\{\text{Right, Ascension, J2000, seconds}\}$

# L'utilisation de l'ontologie

## L'utilisation des méta-données

- Calcul de l'ensemble des co-domaines de rôles à partir de l'ensemble des termes obtenus à l'analyse lexicale.
- Le fichier des méta-données permet d'associer à chaque élément extrait de l'analyse lexicale un ensemble de co-domaines "possibles" (avec l'hypothèse "*le co-domaine d'un rôle dans une quantification universelle identifie le rôle de manière unique*").
- Le fichier des méta-données a été créé manuellement avec un expert, ce qui limite la couverture : l'ensemble des entrées lexicales associées à un co-domaine n'est pas nécessairement exhaustif (d'où la limitation).

# L'utilisation de l'ontologie

## L'utilisation des méta-données

- Le fichier des méta-données est de la forme :  
(contenu-colonne; {co-domaines})  
Meta(Units) = {(s; {AngleUnit, MeasuredValue})  
(mas/yr; {AngularSpeedUnit, MeasuredValue}), ...}  
Meta(Explanations) =  
{(right; {CcOriginEqRa, MeasuredValue})  
(ascension; {MeasuredValue})...}
- Ainsi, pour l'entrée  
 $L = \{s\} \cup \{\text{right}, \text{ascension}, \text{J2000}, \text{seconds}\}$ ,  
le système retourne  $\text{Codomaines}(L) =$   
 $\{\text{AngleUnit}, \text{MeasuredValue}, \text{CcOriginEqRa}\}$ .



# L'utilisation de l'ontologie

## La classification progressive et approchée

- Le processus de classification (dans l'ontologie) permet de rechercher les concepts de  $\mathcal{O}_{UCD}$  possédant les rôles de  $\text{Codomaines}(L)$  en exploitant le principe : “connaître les co-domaines c'est connaître les rôles”.
- Lors du parcours de  $\mathcal{O}_{UCD}$ , les concepts sont classés en fonction d'un score égal au nombre de rôles qu'ils partagent avec les éléments dans  $\text{Codomaines}(L)$ .

# L'utilisation de l'ontologie

$\text{Codomaines}(L) = \{\text{AngleUnit}, \text{MeasuredValue}, \text{CcOriginEqRa}\}$

CONCEPT	SCORE	ROLES
pos.eq.ra	3	hasAngleUnit, hasMeasuredValue, hasCcOriginEqRa, hasFrameTypeEq
pos.angDistance	2	hasAngleUnit, hasMeasuredValue
pos.az.alt	2	hasAngleUnit, hasMeasuredValue, hasCcOriginAzAlt, hasFrameTypeAz
pos.eq.dec	2	hasAngleUnit, hasMeasuredValue, hasCcOriginEqDec, hasFrameTypeDe
...	...	...

# L'utilisation de l'ontologie

- Ici, le “premier classé” permet d’associer l’UCD `pos.eq.ra` à la ligne de `ReadMe` étudiée.
- En cas d’égalité au premier rang, le processus de classification est repris — “classification progressive” — pour prendre en compte la colonne `Label`.
- Les “labels” sont porteurs à la fois d’information et d’ambiguïtés (d’où leur mise à l’écart dans un premier temps).  
Par exemple, le label `alpha` peut désigner à la fois dans deux lignes de `ReadMe` un angle de phase d’une orbite d’un corps céleste et une ascension droite d’un corps céleste.
- S’il y a toujours égalité au premier rang après la seconde passe, c’est à l’expert de faire le choix de l’UCD correspondant au mieux à la ligne de `ReadMe` étudiée.

- 
- 
- 

# Le bilan

# Le bilan

## Une première évaluation pour 75 lignes de fichier ReadMe

- 4 lignes ont un UCD attribué lors de la première passe,
- 42 lignes ont un UCD attribué après la deuxième passe,
- 26 lignes nécessitent le recours à un expert (égalité au premier rang du tableau après la deuxième passe),
- 3 lignes conduisent à un échec car l'UCD attendu n'apparaît pas au premier rang.
- Une ligne de ReadMe peut faire émerger un grand nombre de co-domaines possibles et donc un grand nombre de concepts possibles.
- Les trois échecs sont dus à des erreurs d'attribution entre les éléments de la ligne de ReadMe et les co-domaines possibles (méta-données).

## Une comparaison avec l'existant

- Le système *UCD Builder* mis au point au CDS permet d'associer des UCDS à des lignes de fichier ReadMe.
- Ce système utilise un ensemble de règles lexicales pour retourner une liste triée d'UCDS en fonction d'un score global.
- Une limitation d'un tel système est la dépendance des règles lexicales aux évolutions des UCDS et aux langues (naturelles) utilisées dans les descriptions textuelles (les règles doivent être remises en forme à chaque modification).

# Le bilan

## Pour aller plus loin

- L'approche décrite ici reste encore très limitée mais fait émerger quelques traits intéressants.
- Le processus d'identification s'appuie sur l'ontologie et le fichier des méta-données qui évoluent pour prendre en compte les éventuelles mises à jour (langue des explications, évolutions des UCDS).
- Si la langue est modifiée, de nouvelles entrées lexicales sont rajoutées dans les fichiers de méta-données ; si les UCDS évoluent l'ontologie — qui a sa propre langue — est mise à jour en parallèle, d'où une mise à jour *progressive* (“compatibilité ascendante”).

- 
- 
- 

# Conclusion



# Conclusion

## Le bilan par rapport à l'exposé

- Un exemple de construction manuelle d'une ontologie : acquisition et représentation de connaissances par l'intermédiaire d'une plate-forme spécialisée (avec utilisation de Protégé et de OWL).
- Mise en valeur de la difficulté de la tâche mais des possibilités existantes non encore (loin de là ...) exploitées.
- ...

# Conclusion

## Quelques perspectives ...

- rendre le travail déjà effectué plus robuste et plus clair,
- chercher à mieux comprendre la modélisation du domaine et la représentation des concepts associés pour prendre en compte d'autres catégories d'UCDs significatives et les UCDs composés,
- chercher à lever les limitations évoquées et à mieux comprendre le rôle qui doit être joué par l'ontologie pour la résolution de problèmes,
- chercher à mettre en œuvre de façon effective un processus semi-automatique de construction de l'ontologie des UCDs à partir de textes.

# Conclusion

## Un premier bilan par rapport à l'ACI

- Deux types de travaux de recherche ont peu été menés : stage post-doctoral de Kou (travail sur la classification numérique et l'attribution des UCDS), stage de DEA d'Alexandre Richard (construction d'une ontologie prototype).
- Un bilan positif : une meilleure compréhension du domaine et des problèmes de l'astronomie mais aussi une meilleure compréhension de la difficulté de construire des ontologies.
- Un partage d'idées et de problèmes entre personnes d'horizons (plutôt) différents.

# Conclusion

## Un premier bilan par rapport à l'ACI

- Une rencontre fructueuse malgré quelques difficultés bien connues : habitudes et façons de faire différentes, vocabulaires différents, y compris entre informaticiens !
- Globalement, l'expérience est positive car il y a des papiers publiés et des papiers à publier.
- Il a été possible de faire travailler des personnes sur le sujet en les finançant (stage post-doctoral, ingénieur expert), et un travail de recherche futur doit être envisagé : “il ne faut pas en rester là et il faut initier un travail de thèse sur le sujet”.