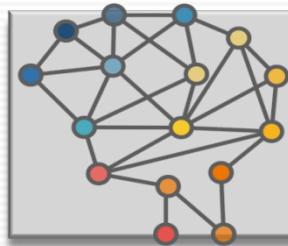


Systèmes Intelligents

CHAPITRE II



Les Ontologies (TD)

Octobre 2021



TD N°2

Exercice 1

Conceptualisation d'une ontologie

Méthode METHONTOLOGY

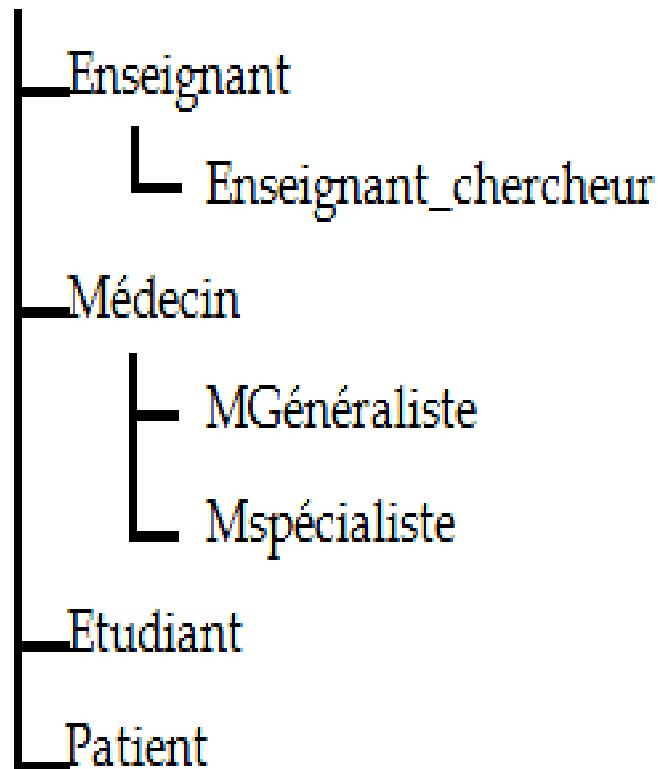
1. Construire un glossaire de **termes**.
2. Construire les arbres de **classification** des **concepts** (les hiérarchies).
3. Tracer le diagramme des **relations binaires** entre concepts.
4. Pour chaque arbre de classification construire :
 1. une table de concepts
 2. une table de relations binaires
 3. une table des **attributs**
 4. une table des **axiomes**
 5. une table des **instances**
 6. une table des **assertions**

1. Glossaire de termes candidats

| Terme | Description (informelle) |
|-------------|---|
| Personne | Un être humain. |
| Habite | Une personne habite une ville |
| Enseignant | Une personne exerçant le métier d'enseignement à l'université |
| Est Chargé | Un enseignant est chargé d'un module ou plusieurs |
| Médecin | Une personne qui est docteur en médecine travaillant à l'hôpital : spécialiste ou généraliste |
| Soigne | Un médecin soigne un ou plusieurs malades |
| Etudiant | Personne engagé dans un cursus d'enseignement supérieur. |
| Patient | Une personne qui a été hospitalisée. |
| Ville | Un milieu urbain où se concentre une forte population humaine (plus de 20 000 habitants) et localisée dans un Pays. |
| Module | Matière d'enseignement. |
| Publication | une publication peut être un livre ou un article de recherche. |
| Ecrit | Une personne peut écrire un livre et les enseignants-chercheurs peuvent écrire des articles de recherche. |
| | ... |

2. Arbres de classification des concepts

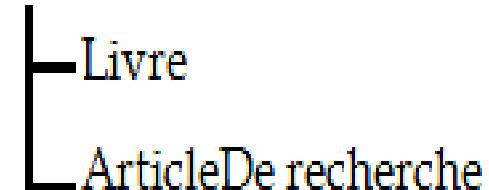
H1. Personne



H2. Lieu de travail



H3. Publication

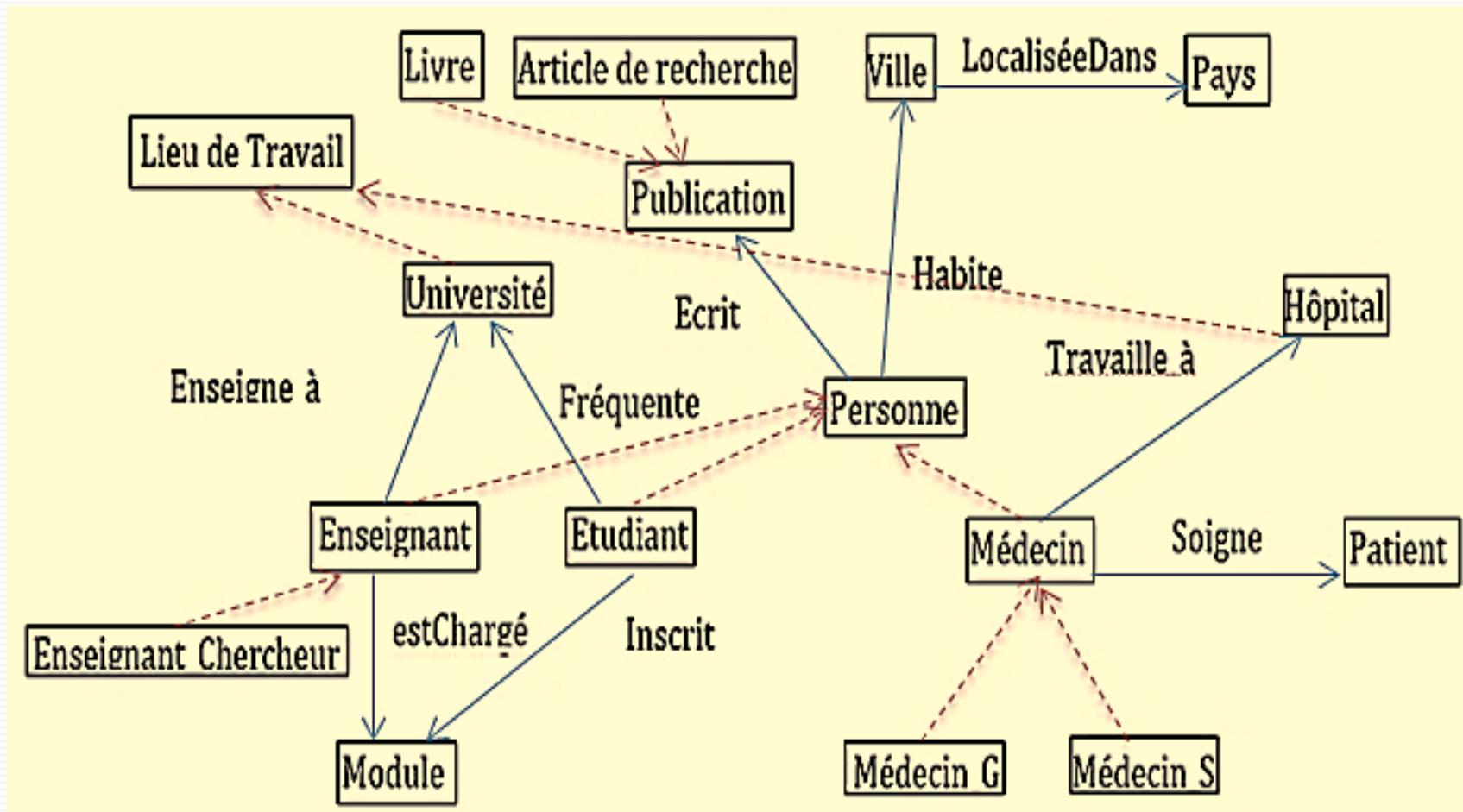


H4. Module

H5. Ville

H6. Pays

3. Diagramme des relations binaires entre concepts



3. Table de concepts

| Concept | Attribut | Synonyme |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| Personne | Nom de famille, Prénom | Humain |
| | Date de naissance | |
| Module | Intitulé | Matière d'enseignement |
| Enseignant | Grade | |
| Médecin | | Docteur en Médecine |
| Médecin_S | Spécialité | |
| Lieu de Travail | Nom, Secteur | |
| Etudiant | Numéro d'inscription | |
| Patient | Date d'hospitalisation | Malade |
| Ville | Nom, Surface | |
| Pays | Nom, Code_ISO | |
| Publication | Titre | |
| | Nombre page | |
| ... | | |

4. Table de relations binaires

| Relation | Concept source | Concept cible | Card Cible | Card Source | Relation inverse |
|----------------------|----------------|---------------|------------|-------------|------------------|
| Habite | Personne | Ville | 1..1 | 200000..n | Habité_par |
| LocaliséeDans | Ville | Pays | 1..1 | 1..n | Contient |
| Ecrit | Personne | Publication | 0..n | 1..n | Ecrit_Par |
| estChargé | Enseignant | Module | 1..3 | 1..1 | Enseigné_par |
| Enseigne_à | Enseignant | Université | 1..1 | 1..n | aPourEnseignant |
| Travaille_à | Médecin | Hôpital | 1..1 | 1..n | aPourMédecin |
| Soigne | Médecin | Patient | 1..n | 1..n | SoignéPar |
| Fréquente | Etudiant | Université | 1..1 | 1..n | Fréquenté_par |
| Inscrit | Etudiant | module | 1..n | 1..n | Etudié_par |
| ... | ... | | ... | ... | |

5. Table des attributs

| Attribut | Type | Cardinalité | Domaine de valeurs |
|------------------------|---------|-------------|------------------------|
| Nom de famille | String | 1..1 | |
| Prénom | String | 1..2 | |
| date de naissance | Date | 1..1 | |
| Intitulé | String | 1..1 | |
| Grade | String | 1..1 | MAB ,MAA, MCA,MCB,Prof |
| Nom | String | 1..1 | |
| Secteur | String | 1..1 | Santé, EnseignementSup |
| Numéro d'inscription | String | 1..1 | |
| Date d'hospitalisation | Date | 1..n | |
| Surface | Integer | 1..1 | |
| Code | String | 1..1 | |
| Titre | String | 1..1 | |
| Nombre page | Integer | 1..1 | |

6. Liste des axiomes

Les axiomes expriment la **sémantique du domaine** : ils déterminent comment les relations/concepts peuvent être utilisés d'une manière opérationnelle (aller au-delà de la terminologie).

- ✓ La propriété de subsomption entre concepts et/ou relation
- ✓ Les propriétés de cardinalité d'une relation
- ✓ L'incompatibilité entre concepts (i.e. la disjonction)
- ✓ Propriétés algébrique d'une relation (symétrie, réflexivité, transitivité)
- ✓ Etc.

Exemples d'axiomes dans notre ontologie

Axiome en langage naturelle

Une personne est soit un étudiant, un enseignant un médecin ou un patient

Une Ville ne peut être un pays

Un lieu de travail est soit un hôpital ou une université

Une publication est soit un livre ou un article de recherche

Un livre est écrit par **au moins** une personne

Un article de recherche est écrit par **au moins** un enseignant-chercheur

Un module est enseigné par **un et un seul** enseignant

Un étudiant est inscrit dans au moins un module et fréquente une université

Une personne habite **une et une** seule ville

Une ville est localisée dans **un seul** pays

....etc.

7. Table des Instances

| Concept | Nom instance | Attribut | valeur |
|-----------------|--------------|----------------------|------------------------|
| Patient | P_1 | Nom de famille | f |
| | | Prénom | Lila |
| | | date de naissance | 11-07-2005 |
| | | date hospitalisation | 11-10-2015 |
| MedecinG | MG_1 | Nom de famille | ff |
| | | Prénom | Ali |
| | | date de naissance | 15-05-1960 |
| Hôpital | H_1 | Nom | <i>MdSedikBenYahia</i> |
| | | Secteur | Santé |
| Ville | V_1 | Nom | Jijel |
| | | Surface | 2577 Km2 |
| Pays | Pa_1 | Nom | Algérie |
| | | CodeISO | DZ |

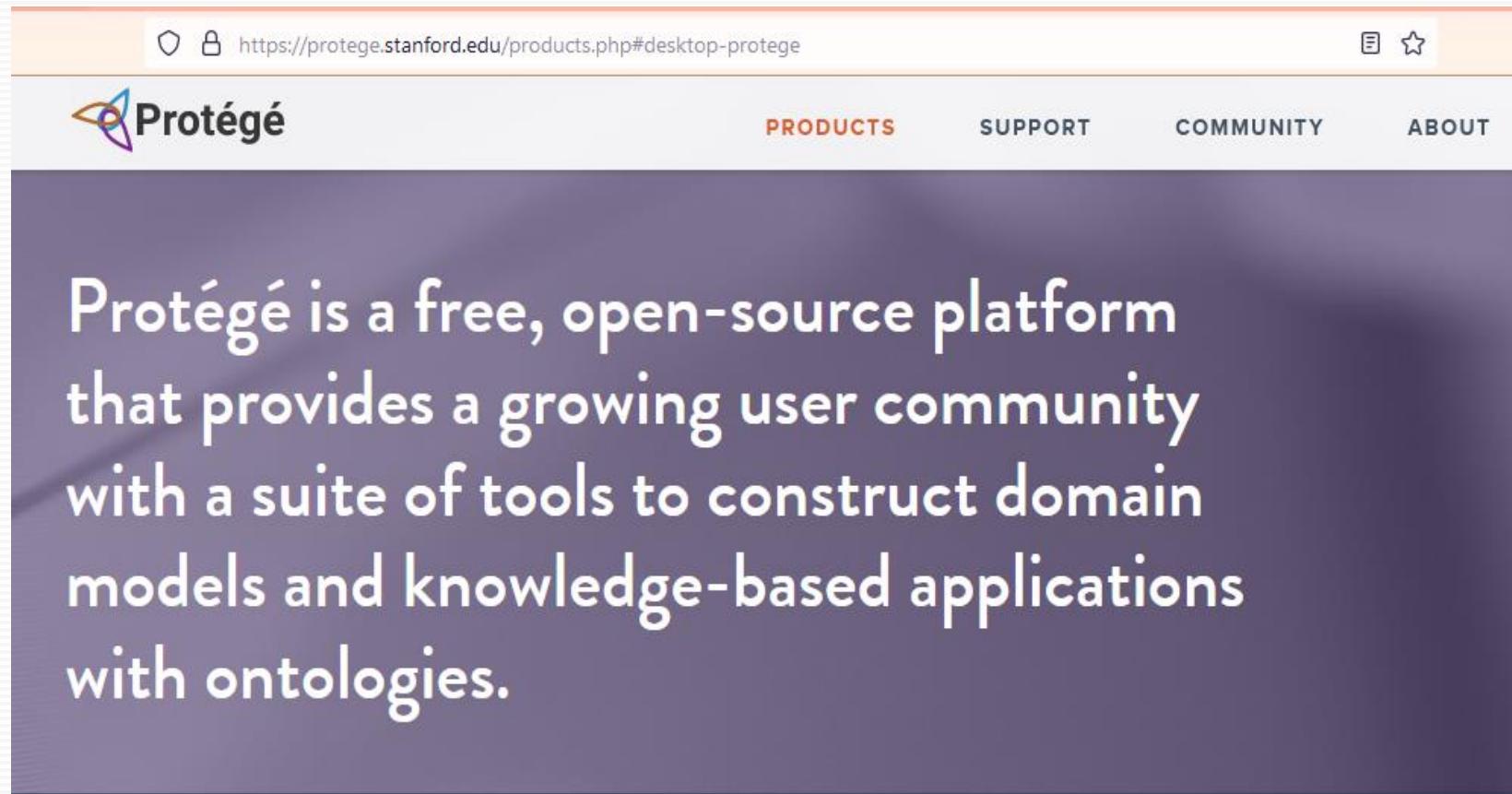
8. Table des assertions

| Nom de relation | Instance source | Instance Cible |
|-----------------|-----------------|----------------|
| Soigne | MG_1 | P_1 |
| Habite | MG_1 | V_1 |
| | P_1 | V_1 |
| TravailleA | MG_1 | H_1 |
| LocaliséDans | V_1 | Pa_1 |

TD N°2

Exercice 2/3

Formalisation/Opérationnalisation d'une ontologie



The image is a screenshot of the Protégé website. At the top, there is a navigation bar with a URL bar containing 'https://protege.stanford.edu/products.php#desktop-protege'. The navigation bar includes icons for a shield, a lock, and a star, followed by links for 'PRODUCTS', 'SUPPORT', 'COMMUNITY', and 'ABOUT'. Below the navigation bar, there is a large, semi-transparent purple box containing the following text in white:

**Protégé is a free, open-source platform
that provides a growing user community
with a suite of tools to construct domain
models and knowledge-based applications
with ontologies.**

Exemples sur la Subsomption

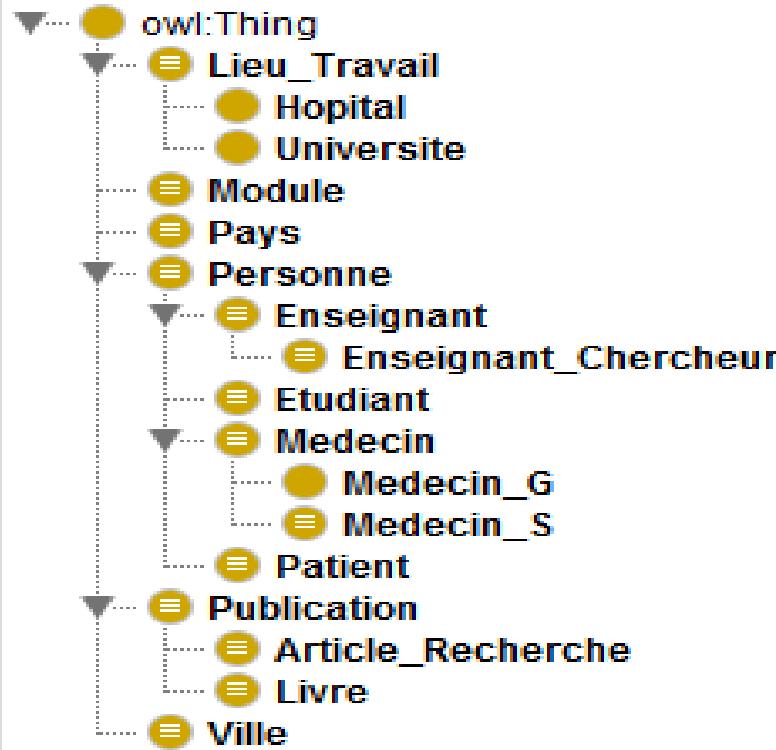
H2. Lieu de travail



En LD

$Hôpital \sqsubseteq Lieu_Travail$
 $Université \sqsubseteq LieuTravail$

Class hierarchy:



Description: Hopital

Equivalent To

SubClass Of

Lieu_Travail

Exemples de définitions de concepts

Personne \equiv (*Enseignant* \cup *Etudiant* \cup *Médecin* \cup *Patient*) \sqcap ≥ 0 *Ecrit*. *Livre* \sqcap
 $= 1$ *Habite*. *Ville* \sqcap $= 1$ *Nom*. *String* \sqcap $= 1$ *dateNaissance*. *Date* \sqcap
 ≥ 1 *Prénom*. *String* \sqcap ≤ 2 *Prénom*. *String*

Les attributs sont traités comme des rôles

Description: Personne

Equivalent To 

- (*Enseignant* **or** *Etudiant* **or** *Medecin* **or** *Patient*)
and (*Ecrit* **min** 0 *Livre*)
and (*Habite* **exactly** 1 *Ville*)
and (*Prenom* **min** 1 *xsd:string*)
and (*Date_Naissance* **exactly** 1 *xsd:dateTime*)
and (*Nom_F* **exactly** 1 *xsd:string*)
and (*Prenom* **max** 2 *xsd:string*)

Exemples de définitions de concepts

Module \equiv *T* \sqcap \exists *EtudiéPar* . *Etudiant* \sqcap \exists *EnseignéPar* . *Enseignant*
 \sqcap \exists *Intitulé* . *String*

Description: Module

Equivalent To



owl:Thing
and (Etudie_Par min 1 Etudiant)
and (Enseigne_Par exactly 1 Enseignant)
and (Intitulé exactly 1 xsd:string)

Exemple sur la Disjonction

Hôpital \sqcap Université $\sqsubseteq \perp$

Description: Hopital

SubClass Of 

 Lieu_Travail

General class axioms 

SubClass Of (Anonymous Ancestor)

 **(Hopital or Universite)**
and (Nom exactly 1 xsd:string)
and (Secteur exactly 1 xsd:string)

Instances 

Target for Key 

Disjoint With 

 Universite

Exemple sur la définition du domaine des valeurs d'un attribut

$$Grade \equiv \{MAB\} \cup \{MAA\} \cup \{MCB\} \cup \{MCA\} \cup \{Prof\}$$

Description: Grade

Equivalent To 

SubProperty Of 

Domains (intersection) 

 Enseignant

Ranges 

 `{"MAA", "MAB", "MCA", "MCB", "Prof"}`

Exemples sur la définitions des rôles

$Ecrit \equiv (EcritPar)^-$

$Enseigne \equiv (EnseignéPar)^-$

Description: Ecrit

Equivalent To +

SubProperty Of +

Inverse Of +

Ecrit_Par

Domains (intersection) +

Personne

Ranges (intersection) +

Publication

Exemples sur la définitions des rôles

$$\begin{aligned}aPourCollègue &\equiv (aPourCollègue)^- \\Tr(aPourCollègue)\end{aligned}$$

| Characteristic | Description: aPourCollegue |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Functional | Equivalent To  |
| <input type="checkbox"/> Inverse functional | SubProperty Of  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Transitive | Inverse Of  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Symmetric | Domains (intersection)   Personne |
| <input type="checkbox"/> Asymmetric | Ranges (intersection)   Personne |
| <input type="checkbox"/> Reflexive | |
| <input type="checkbox"/> Irreflexive | |

Exemples sur la définitions des instances / assertions

MédecinG(MG_1)

Nom_F (MG_1, FF)

Soigne(MG_1, P_1)

Prenom (MG_1, Ali)

Habite (MG_1, V_1)

Date_Naissance (MG_1, 15-05-1960)

Travaille (MG_1, H_1)

The screenshot shows a semantic web editor interface with three main panels for an individual named MG1:

- Individuals: MG1** (highlighted with a red box): Shows the individual MG1 selected. The sidebar lists other individuals: H1, MG1, P1, Pa_1, and V1.
- Description: MG1**: Shows the description of MG1. It includes sections for **Types** (highlighted with a blue bar) and **Same Individual As**.
- Annotations: MG1**: Shows annotations for MG1.
- Usage**: Shows the usage of MG1.
- Annotations: MG1**: Shows annotations for MG1.
- Property assertions: MG1** (highlighted with a red box): Shows property assertions for MG1. It includes sections for **Object property assertions** and **Data property assertions**.
- Object property assertions**: Lists assertions: Travaille_a H1, Habite V1, Soigne P1.
- Data property assertions** (highlighted with a red box): Lists assertions: Nom_F "ff"^^xsd:string, Date_Naissance "15051960"^^xsd:dateTime, Prenom "Ali"^^xsd:string.



Quelques exemples sur l'inférence avec Protégé.

Moteur d'inférence (Reasoner)

- Dans Protégé:
Hermit ou FaCT++
- Juste : Start Reasoner ...

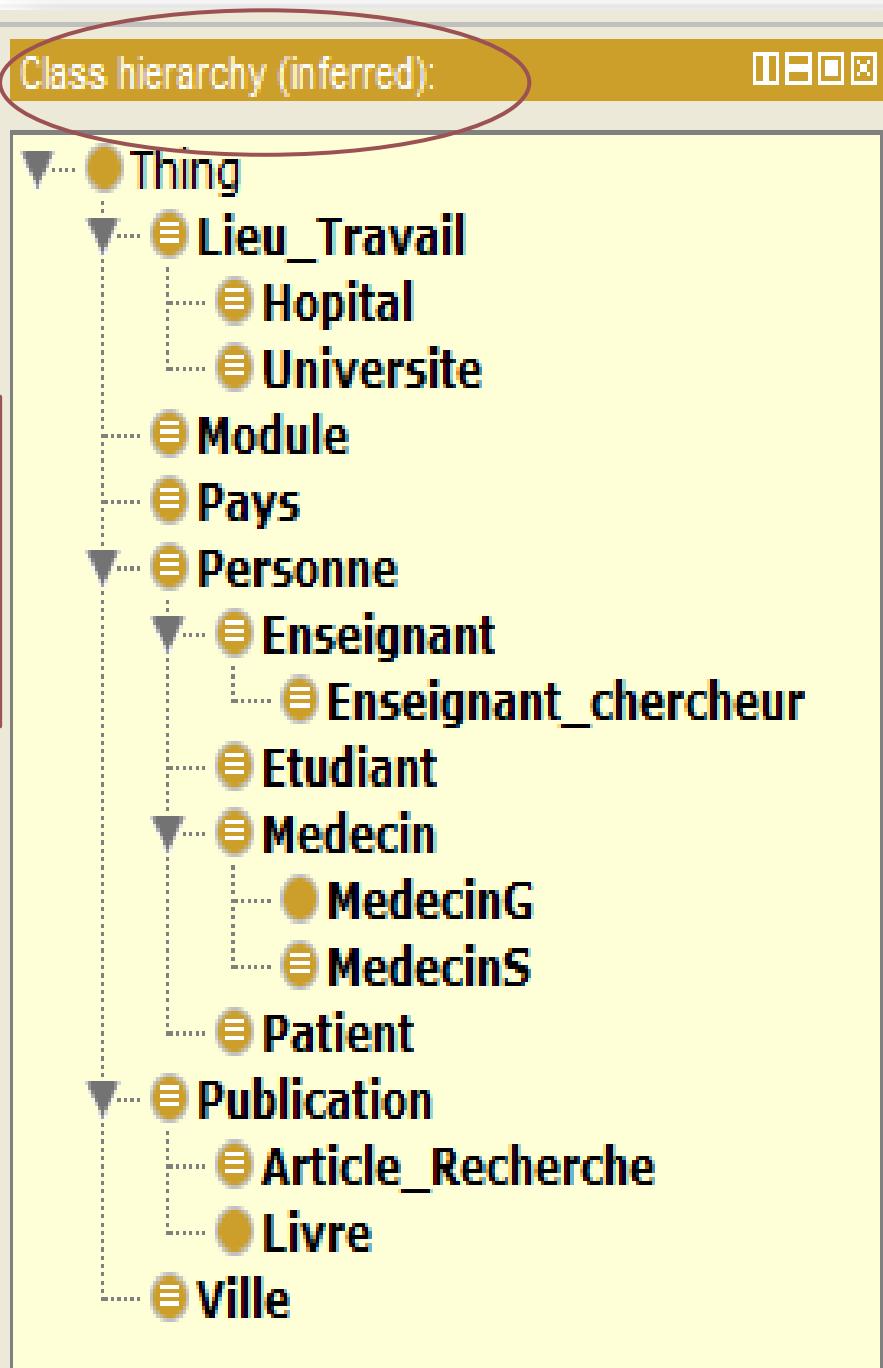
Initializing the reasoner by performing the following steps:

```
class hierarchy
object property hierarchy
data property hierarchy
class assertions
object property assertions
same individuals
```

Hermit 1.3.8 classified in 156ms

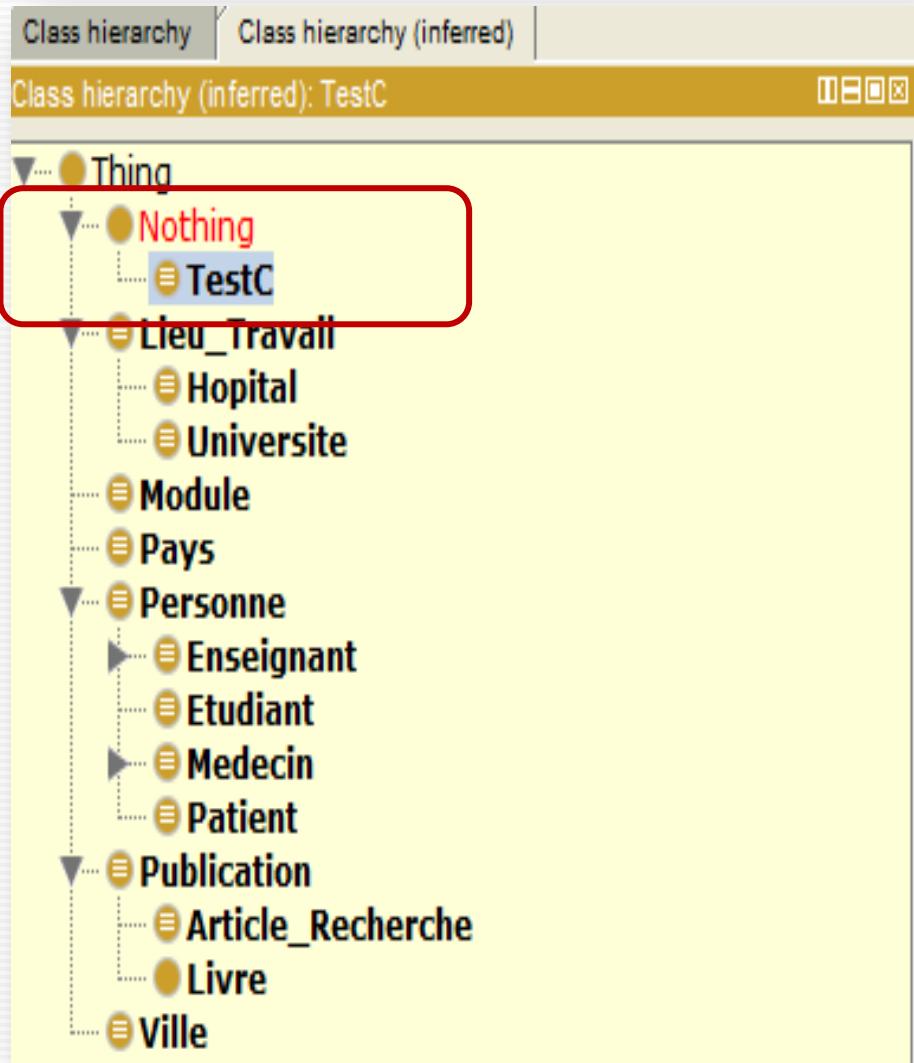
L'hiérarchie inférée est identique
à notre hiérarchie

(Test de consistance)



Ajoutant à l'ontologie le concept :

$$TestC = Ville \cap Pays$$



Inférence concernant les individus

Description: Thing

Equivalent To +

Sub Class Of +

Sub Class Of (Anonymous Ancestor)

Members +

- ◆ H_1
- ◆ MG_1
- ◆ P_1
- ◆ Pa_1
- ◆ V_1

Inférence concernant les assertions

Property assertions: V_1

Object property assertions 

| | |
|--|---|
|  LocaliseDans Pa_1 |     |
|  HabitePar P_1 |   |
|  HabitePar MG_1 |   |

Ajoutant à l'ontologie l'assertion « Publi_1 EcritPar H_1 »

Description: Publi_1

Types **Article_Recherche**

Same Individual As

Different Individuals

Property assertions: Publi_1

Object property assertions **EcritPar H_1**

Data property assertions

- Titre**
"Architecture_des_ordinateurs"^^str
- Nombre_Page**
"300"^^positiveInteger

Inconsistent ontology explanation

Show regular justifications All justifications

Show laconic justifications Limit justifications to 2

Explanation 1 Display laconic explanation

Explanation for: Thing SubClassOf Nothing

- 1) **Publi_1 EcritPar H_1**
- 2) **Lieu_Travail DisjointWith Personne**
- 3) **MG_1 Travaille H_1**
- 4) **Travaille Range Hopital**
- 5) **Hopital SubClassOf Lieu_Travail**
- 6) **EcritPar Range Personne**

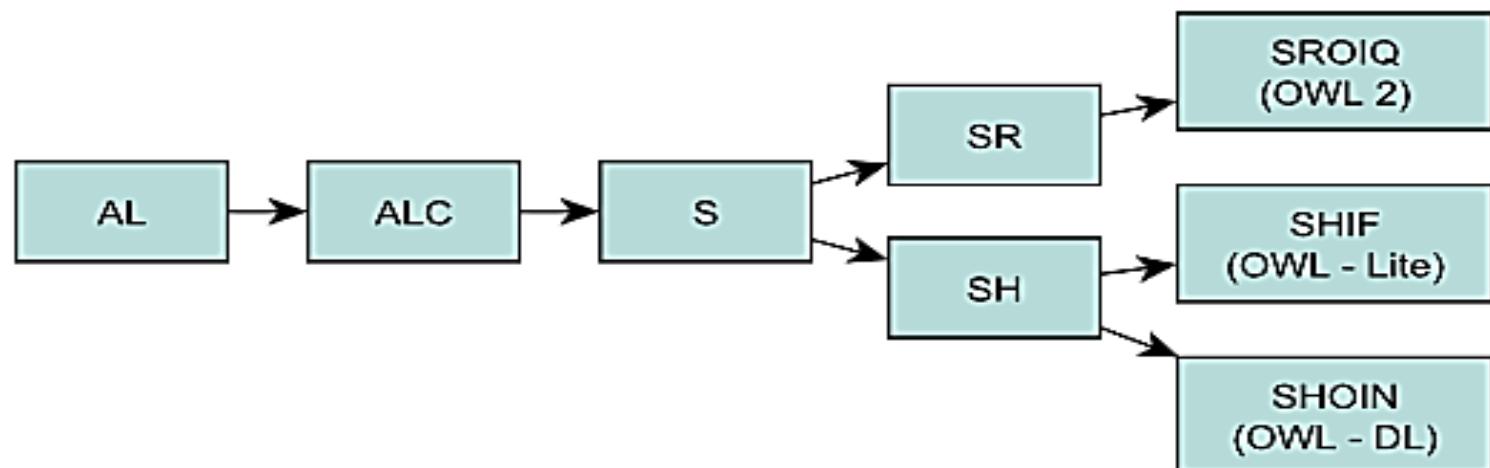


Quelques exemples du code OWL



OWL (Ontology Web Language)

- OWL un des langages du web sémantique développé par le W3C (World Wide Web Consortium)
- OWL standardisé pour la première fois en 2004, puis révisé en 2012 et nommé OWL 2.
- Divers Syntaxes (RDF/XML , OWL/XML, Turtle, etc.)
- La sémantique de OWL correspond à celle de la logique LD **SHOIN(D)**.
- La sémantique de OWL2 correspond à celle de la logique LD **SROIQ(D)**.



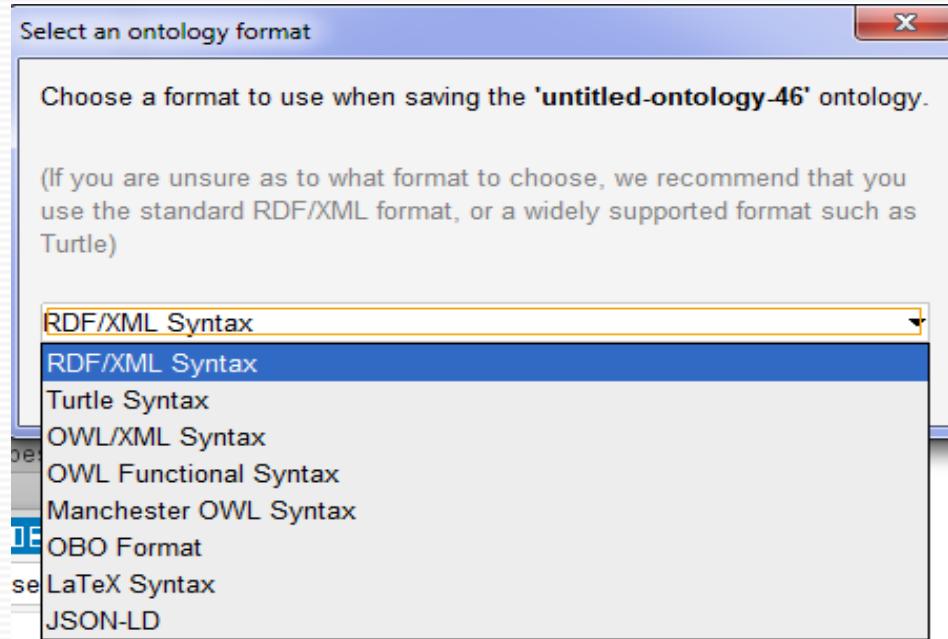
Logique SROIQ

- $S = \text{ALC} + \text{Rôle transitive}$
- O, I, Q : énumération, rôle inverse, restriction de nombre qualifiée
- R : ensemble d'axiomes sur les rôles (RBOX)
- $BC = \text{TBOX} + \text{ABOX} + \text{RBOX}$

| Axiom | Syntax | Semantics |
|-------------------------|---|---|
| Complex role | | |
| Inclusion (CRIA) | $R_1 \circ \dots \circ R_n \sqsubseteq S$ | $R_1^{\mathcal{I}} \circ \dots \circ R_n^{\mathcal{I}} \subseteq S^{\mathcal{I}}$ |
| Disjointness | $\text{Disj}(R, S)$ | $R^{\mathcal{I}} \cap S^{\mathcal{I}} = \emptyset$ |
| Transitivity | $\text{Trans}(R)$ | $R^{\mathcal{I}} \circ R^{\mathcal{I}} \subseteq R^{\mathcal{I}}$ |
| Reflexivity | $\text{Ref}(R)$ | $\{(x, x) \mid x \in \Delta^{\mathcal{I}}\} \subseteq R^{\mathcal{I}}$ |
| Irreflexivity | $\text{Irref}(R)$ | $\{(x, x) \mid x \in \Delta^{\mathcal{I}}\} \cap R^{\mathcal{I}} = \emptyset$ |
| Symmetry | $\text{Sym}(R)$ | $(x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow (y, x) \in R^{\mathcal{I}}$ |
| Antisymmetry | $\text{Asym}(R)$ | $(x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow (y, x) \notin R^{\mathcal{I}}$ |

- **CRIA** (exemple: $\text{aPourParent} \circ \text{aPourFrère} \sqsubseteq \text{aPourOncle}$)
- Rôle universel U (ou Top tel que $U^I = \Delta^I \times \Delta^I$)
- Des concepts du genre $\exists R. \text{Self}$ (exemple: $\exists \text{aime. Self}$)
- Négation des assertions sur les rôles (exemple: (Ali, physique)): $\neg \text{Enseigne}$)

File >> Save As >> RDF/XML



Un document OWL est un document RDF avec l'élément racine `rdf:RDF` :

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.semanticweb.org/toshiba/ontologies/2016/3/ex
  emple"

  xml:base="http://www.semanticweb.org/toshiba/ontologies/2016/3
  /exemple"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"

  xmlns:exemple="http://www.semanticweb.org/toshiba/ontologies/2
  016/3/exemple#">
  <owl:Ontology rdf:about="urn:absolute:monOnto"/>
```

Exemple1: attribut Code_ISO

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="Code_ISO">
<rdfs:domain rdf:resource="Pays"/>
<rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
```

Exemple2: rang de l'attribut Secteur

```
<rdfs:range>
  <rdfs:Datatype>
    <owl:oneOf>
      <rdf:Description>
        <rdf:type rdf:resource="&rdf;List"/>
          <rdf:first>Ens_Sup</rdf:first>
          <rdf:rest>
            <rdf:Description>
              <rdf:type rdf:resource="&rdf;List"/>
              <rdf:first>Sante</rdf:first>
```

Exemple 3: Relation a Pour collègue

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="aPourCollegue">
<rdfs:domain rdf:resource="Personne"/>
<rdfs:range rdf:resource="Personne"/>
<rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty" />
<rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty" />
</owl:ObjectProperty>
```

Exemple 4: Concept MedecinG

```
<owl:Class rdf:about="MedecinG">
<rdfs:subClassOf rdf:resource="Medecin"/>
<owl:disjointWith rdf:resource="Medecin_S"/>
</owl:Class>
```

Exemple 5 : estCharge

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="estCharge">
<rdfs:domain rdf:resource="Enseignant"/>
<rdfs:range rdf:resource="Module"/>
<inverseOf rdf:resource="EnseignePar"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Exemple 6: Concept Etudiant

```
<owl:Class rdf:about="Etudiant">
<owl:equivalentClass>
<owl:Class><owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description rdf:about="Personne"/>
<owl:Restriction>
<owl:onProperty rdf:resource="Inscrit"/>
<owl:onClass rdf:resource="Module"/>
<owl:minQualifiedCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
1
</owl:minQualifiedCardinality></owl:Restriction>
```

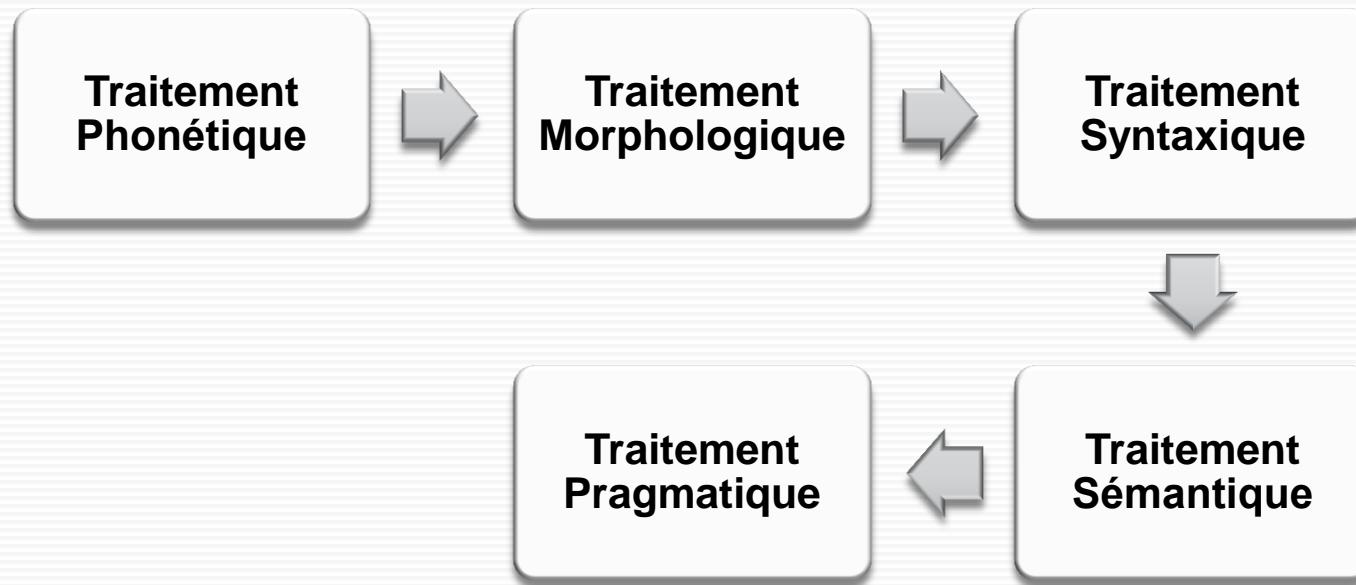
Exemple 7: Individu Pa_1

```
<owl:NamedIndividual rdf:about="Pa_1">  
  
<Nom rdf:datatype="&xsd:string"> Algerie</Nom>  
  
<Code_ISO rdf:datatype="&xsd:string"> DZ</Code_ISO>  
  
</owl:NamedIndividual>
```



Ontologies Linguistiques et TALN

Processus général du TALN



Sémantique lexicale

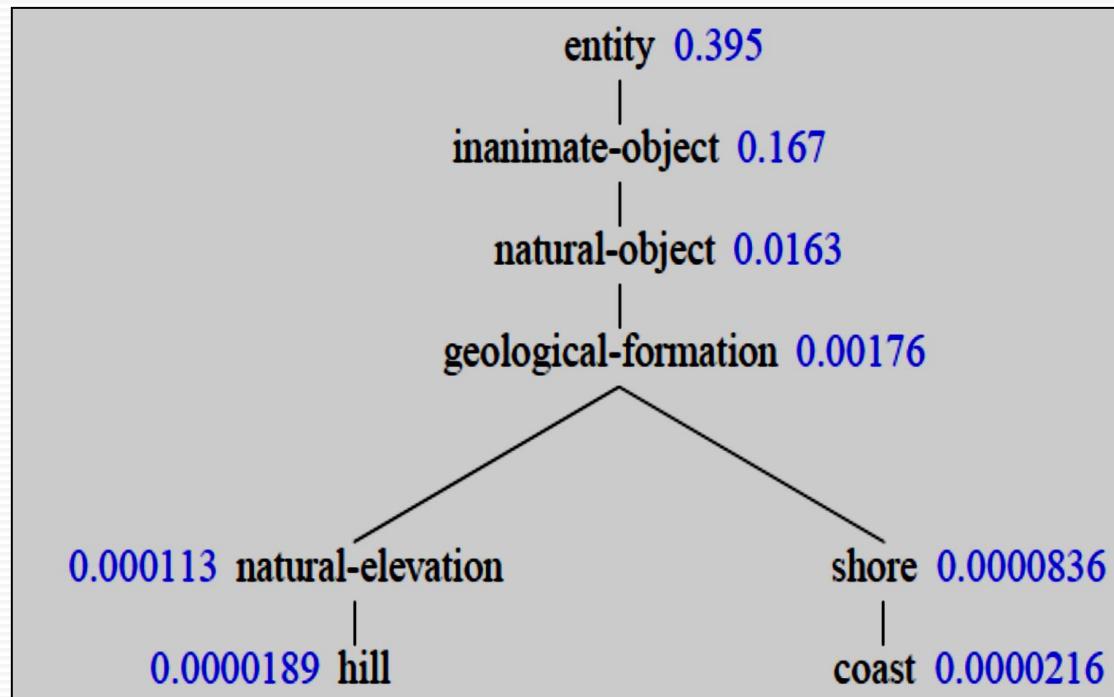
- La sémantique lexicale est l'étude du **sens** des **morphèmes** d'une langue. Un morphème est l'unité linguistique minimale ayant un sens (un morphème n'est donc pas forcément un mot).
- Le calcul de **similarité des mots** est utile pour de nombreuses applications du TALN comme : la recherche d'information, les systèmes questions-réponses, le résumé automatique, la traduction automatique, etc.
- Dans les métriques basées sur **thésaurus**, la distance entre deux mots est déterminée à partir d'une **ontologie linguistique** comme WordNet généralement en exploitant la **relation de subsomption** (est-un).

Similarité basée sur la longueur de chemin

- Idée: Plus le chemin entre deux mots dans le graphe défini par la hiérarchie du thésaurus est court, plus ils sont similaires.
- la similarité est inversement proportionnelle à la longueur du chemin.

$$sim_{chemin}(m_1, m_2) = -\log L(m_1, m_2)$$

- Calculer la similarité entre les mots « *hill* » et « *coast* »



Similarité de Resnik

- Idée: plus deux mots ont de contenu sémantique en commun, plus ils sont similaires
- Le **contenu sémantique** d'un mot est défini comme le logarithme négatif de sa **probabilité d'apparition** dans un **corpus**. (N est le nombre total des mots dans le corpus, mots(M) est l'ensemble des mots subsumés par M) :

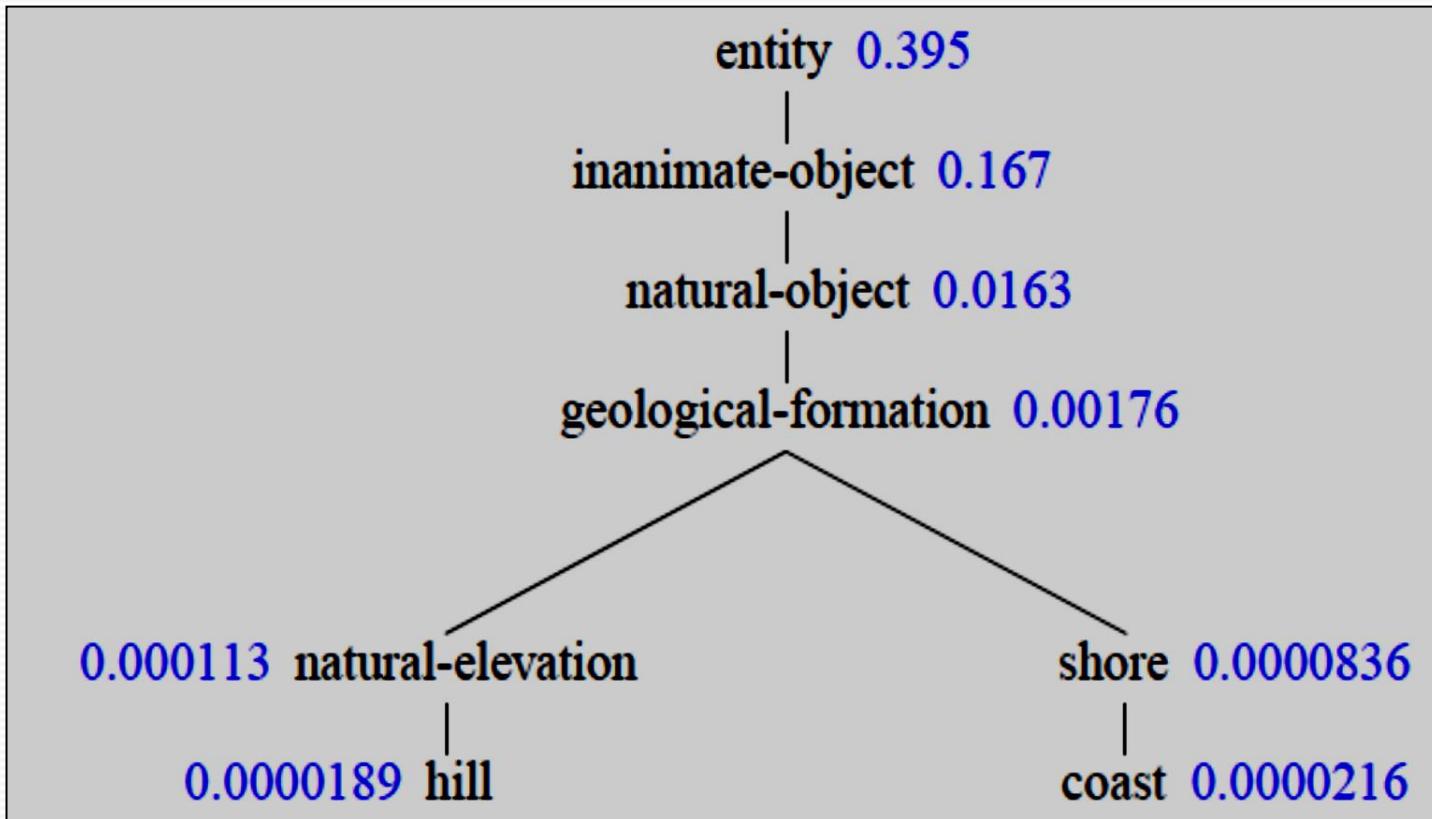
$$P(M) = \begin{cases} 1 & \text{si } M = \text{Racine} \\ \frac{\sum_{m \in \text{mots}(M)} \text{fréquence}(m)}{N} & \text{Sinon} \end{cases}$$

- La similarité entre deux mots est égale au contenu sémantique de leur LCS (LCS : Lowest Common Subsumer)

$$sim_{Resnik}(m_1, m_2) = -\log P(LCS(m_1, m_2))$$

- Calculer la similarité entre les mots « *hill* » et « *coast* »

$$sim_{Resnik}(m_1, m_2) = -\log P(LCS(m_1, m_2))$$



Exercice

Imaginons un moteur de recherche sémantique des images. Ce moteur est doté d'une base de données d'images annotées respectivement à une ontologie: les images joueront le rôle des individus.

Ce moteur de recherche exploite des mesures de similarité pour répondre à une requête utilisateur. Pour simplifier, considérons que la requête consiste en un seul mot. Les résultats d'une recherche sont organisés *par ordre décroissant de pertinence*.

- Supposons que l'utilisateur cherche le concept C3. Donner les résultats renvoyés suite à cette requête si la métrique basée sur la longueur de chemin est utilisée.
- Même question si on cherche C6 et la métrique utilisée est celle de Resnik.

| | |
|------------------------|---------------------|
| $C1 \sqsubseteq T$ | $C4 \sqsubseteq C5$ |
| $C2 \sqsubseteq C1$ | $C5 \sqsubseteq C1$ |
| $C3 \sqsubseteq C1$ | $C6 \sqsubseteq C5$ |
| $C3 \sqsubseteq \perp$ | |
| $C6 \sqsubseteq \perp$ | $C1(image1)$ |
| $C4 \sqsubseteq \perp$ | $C2(image2)$ |
| $C4 \sqsubseteq C3$ | $C5(image3)$ |