Web sémantique et Ontologie
Le langage OWL

U.F.R. d'informatique

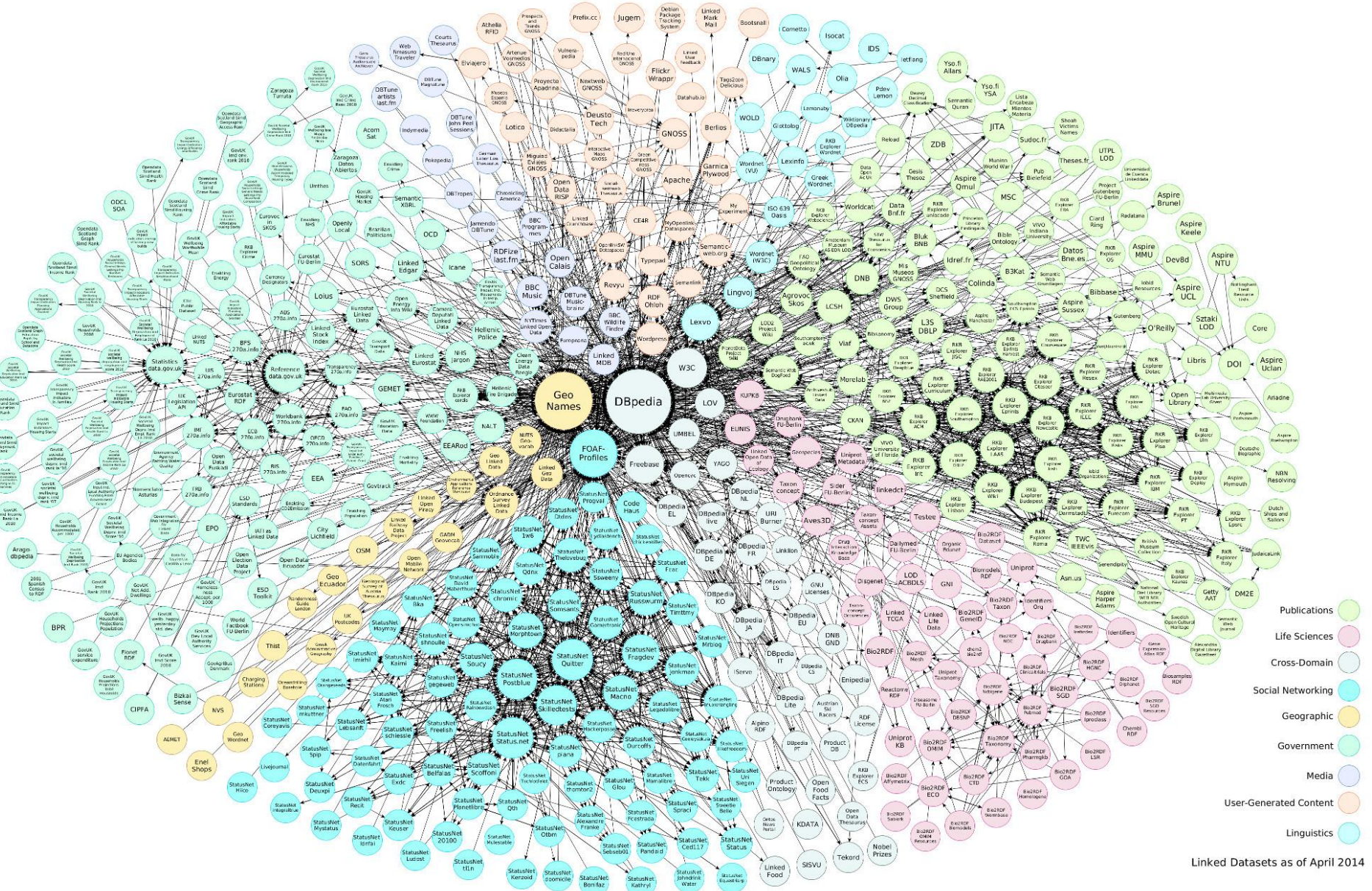
Juliette Dibie

What is the semantic Web ?

- The Semantic Web is a **Web of Data**. The collection of Semantic Web technologies (RDF, OWL, SKOS, SPARQL, etc.) provides an environment where application can query that data, draw inferences using vocabularies, etc.
- However, to make the Web of Data a reality, it is important to have the huge amount of **data** on the Web **available** in a standard format, reachable and manageable by Semantic Web tools.
- Furthermore, not only does the Semantic Web need access to data, but **relationships among data** should be made **available**, too, to create a Web of Data (as opposed to a sheer collection of datasets). This collection of interrelated datasets on the Web can also be referred to as **Linked Data**.

https://www.w3.org/OWL/

What is the Linked Data?



The Linked Data

- Il existe de nombreux standards et ontologies de référence !
  - Dublin Core metadata, FOAF ontology, PROV ontology, Time ontology, SKOS, …
  - Foundation ontologies : BFO, DOLCE, SUMO…
- Besoin de respecter des standards !

The 5 stars Linked Data


Publish data on the Web in any format, with an open license (e.g. PDF file)


Use structured data formats (e.g. Excel file)

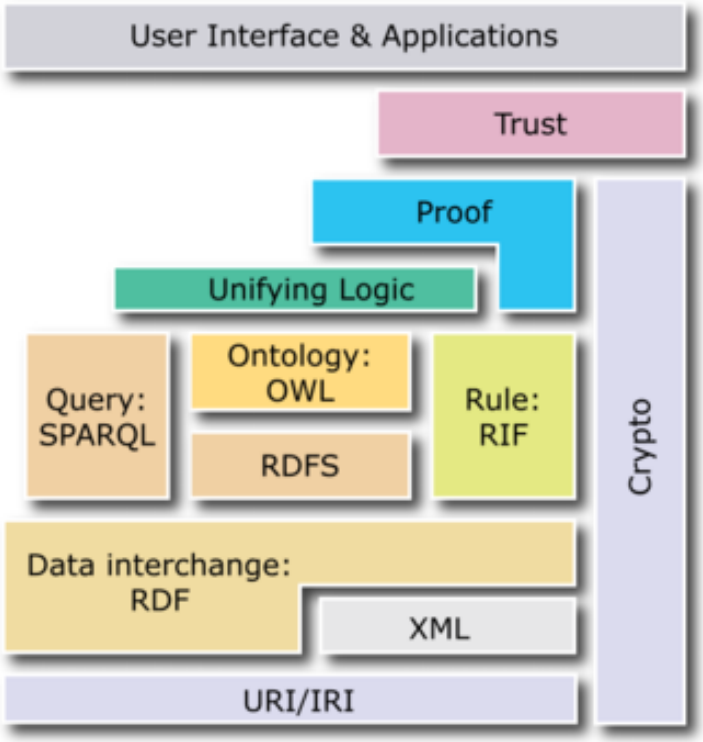

Use non-proprietary formats (e.g. CSV file instead of Excel)


Use open standards from W3C to represent data (e.g. RDF and OWL)


Link your data to other data sets on the Web for providing context

The Web Ontology Language (OWL)

- OWL is part of the W3C's Semantic Web technology stack, which includes RDF, RDFS, SPARQL, etc.



https://www.w3.org/OWL/

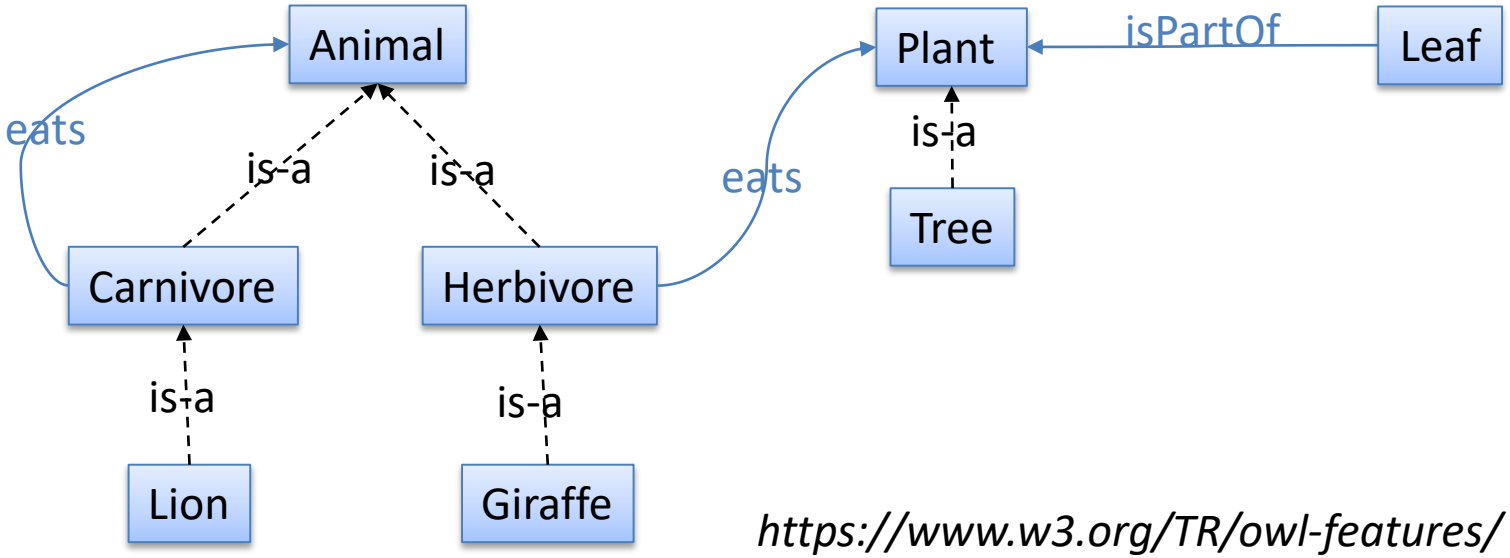
The Web Ontology Language (OWL)

- The W3C Web Ontology Language (OWL) is a Semantic Web language designed **to represent rich and complex knowledge** about things, groups of things, and relations between things.
- OWL is a **computational logic-based language** such that knowledge expressed in OWL can be exploited by computer programs.
- OWL documents are called **ontologies**. Ontologies are formalized vocabularies, often covering a specific domain and shared by a community of users.

https://www.w3.org/OWL/

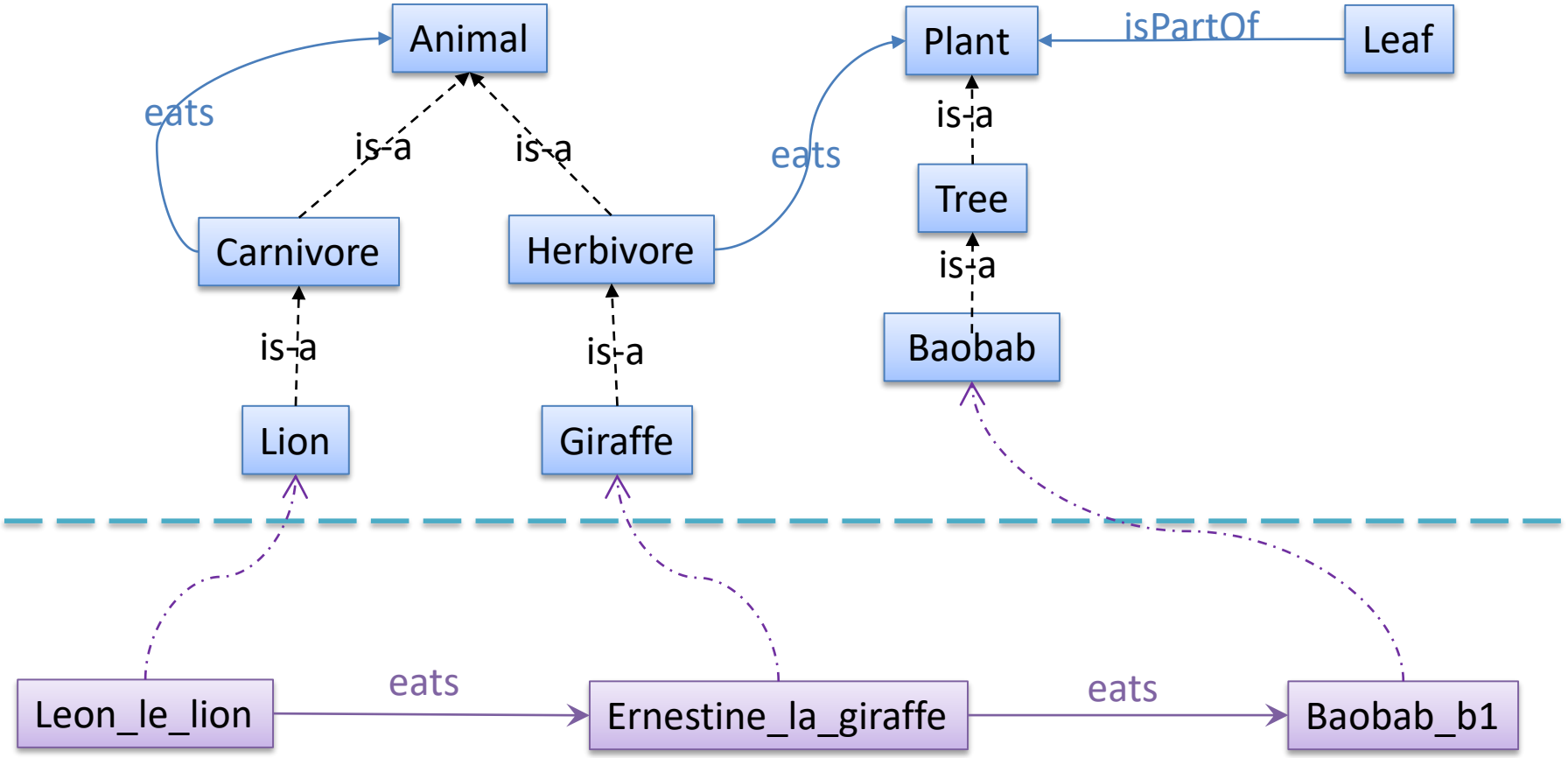
Un exemple
The African Wildlife Ontology

- Antoniou, G, van Harmelen, F. *A Semantic Web Primer*. MIT Press, 2003.
- Cette ontologie décrit la vie sauvage en Afrique avec
  - des animaux carnivores tels que des lions et herbivores tels que des girafes
  - des plantes telles que des arbres composés de branches et de feuilles…



https://www.w3.org/TR/owl-features/

Un exemple
The African Wildlife Ontology



Sommaire

- **Les classes OWL**
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Définition d'une classe
En-tête - syntaxe RDF/XML

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
   xmlns="http://www.owl-ontologies.com/AfricanWildlifeOntology1.owl#"
   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
   xml:base="http://www.owl-
   ontologies.com/AfricanWildlifeOntology1.owl#">
  <!-- Definition de la classe http://www.owl-
   ontologies.com/AfricanWildlifeOntology1.owl#Animal -->
   <owl:Class rdf:ID="Animal"/>
   ...

</rdf:RDF>
```

En-tête: un document OWL est un document RDF

Description d'une classe par son identifiant

Définition d'une classe
En-tête - syntaxe Turtle

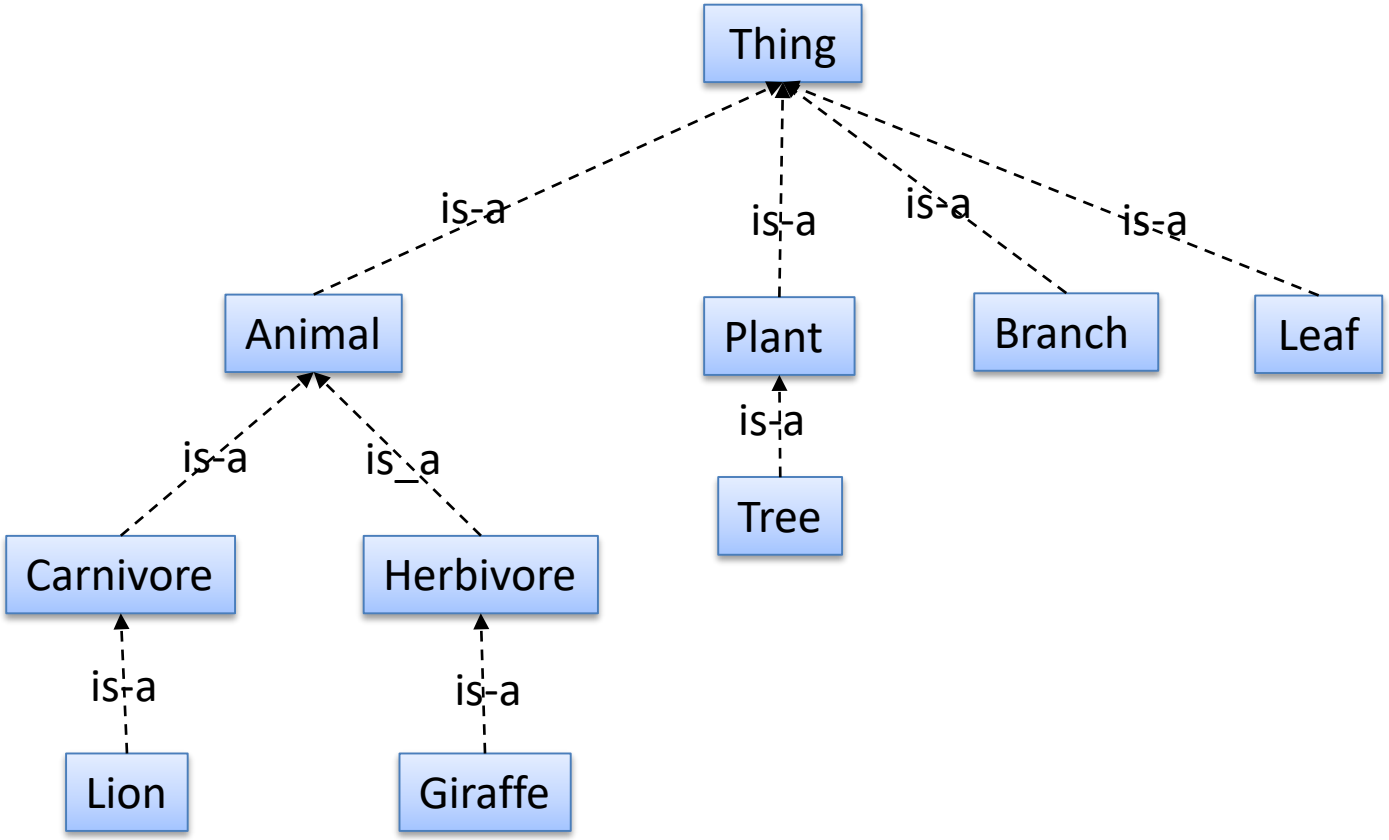
En-tête avec la syntaxe Turtle

```
@prefix : <xml:base#> .
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix base: <http://www.owl-
   ontologies.com/AfricanWildlifeOntology0.owl#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .

<xml:base> rdf:type owl:Ontology .

# Definition de la classe xml:base#Animal
:Animal rdf:type owl:Class .
...
```

Sommaire

- Les classes OWL
  - **Définition par subsomption**
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les classes OWL



Définition d'une classe par subsomption - syntaxe RDF/XML

```
<owl:Class rdf:ID="Animal"/>
<owl:Class rdf:ID="Herbivore">
   <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Carnivore">
   <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>
</owl:Class>
...
<owl:Class rdf:ID="Plant"/>
<owl:Class rdf:ID="Tree"/>
   <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Plant"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Branch"/>
<owl:Class rdf:ID="Leaf"/>
```

Axiome de classe

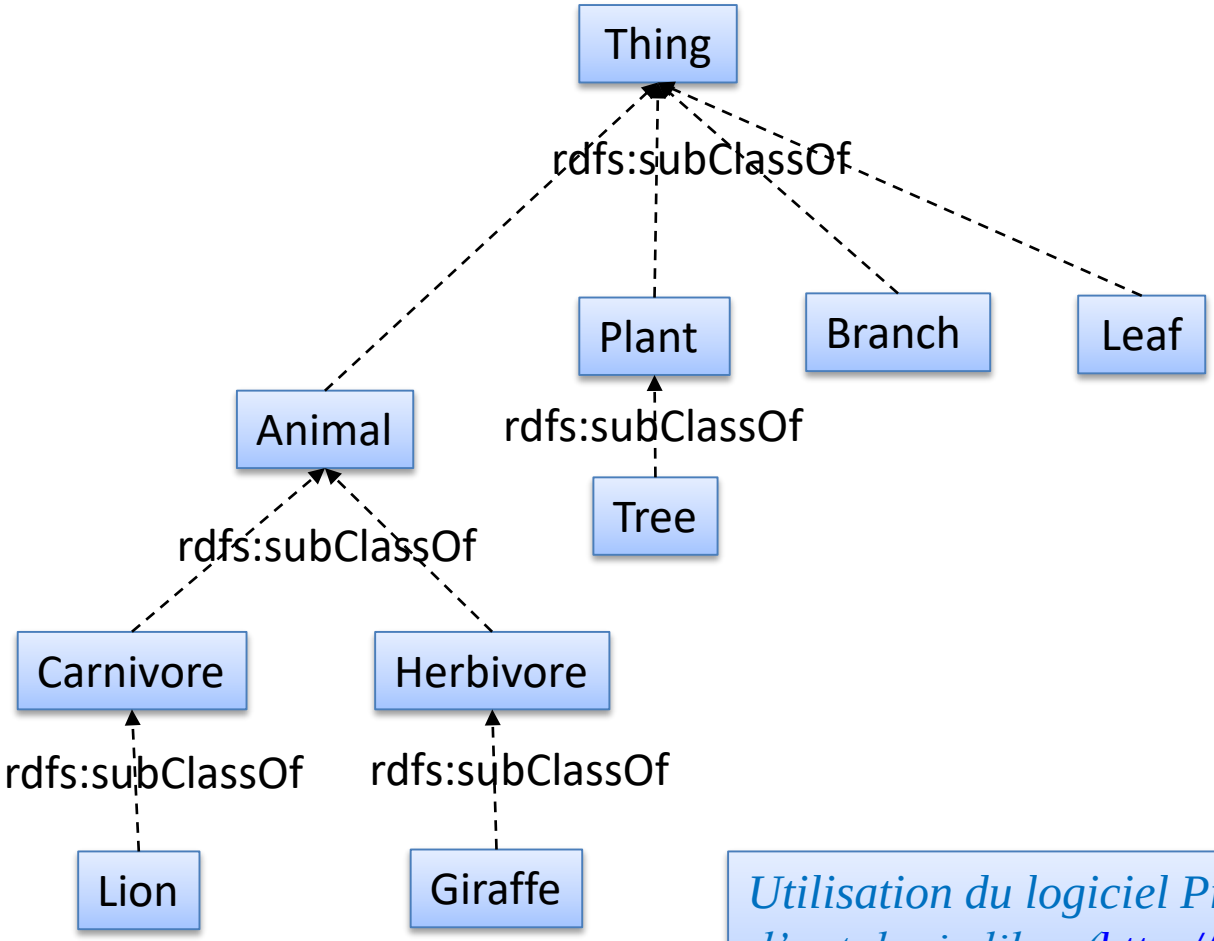
Définition d'une classe par subsomption - syntaxe Turtle

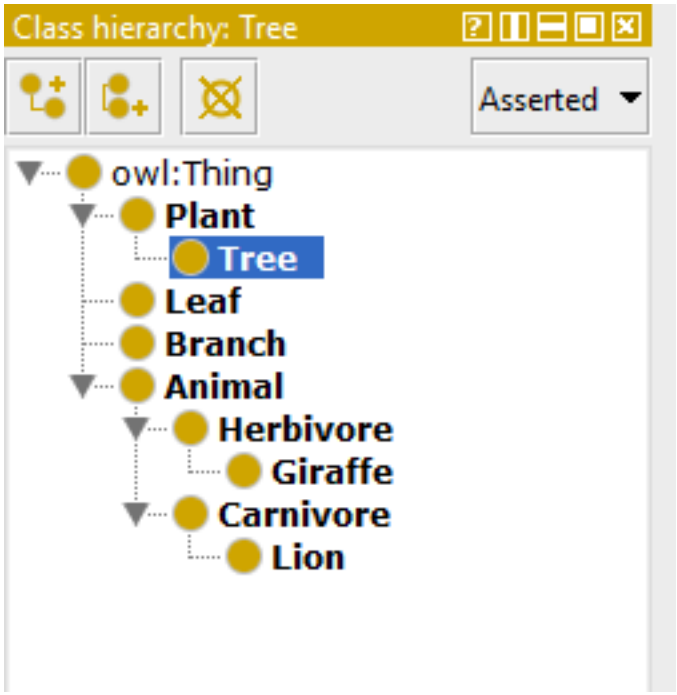
```
:Animal rdf:type owl:Class .
:Herbivore rdfs:subClassOf :Animal .
:Carnivore rdfs:subClassOf :Animal .
:Giraffe rdfs:subClassOf :Herbivore .
:Lion rdfs:subClassOf :Carnivore .

:Plant rdf:type owl:Class .
:Tree rdfs:subClassOf :Plant .
:Branch rdf:type owl:Class .
:Leaf rdf:type owl:Class .
```

Axiome de classe

Interprétation logique
$\forall x\ \text{Herbivore}(x) \rightarrow \text{Animal}(x)$

Définition d'une classe par subsomption – logiciel Protégé





Utilisation du logiciel Protégé, qui est un éditeur d'ontologie libre (http://protege.stanford.edu/), reposant sur le langage Java

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - **Définition par disjonction**
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Définition d'une classe par disjonction

- Les herbivores sont disjoints des carnivores

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:ID="Herbivore">
  <rdfs:subClassOf rdf:ressource="#Animal"/>
   <owl:disjointWith rdf:ressource="#Carnivore"/>
</owl:Class>
```

Axiome de classe

Turtle Syntax

```
:Herbivore    rdfs:subClassOf :Animal ;
              owl:disjointWith :Carnivore .
```

Interprétation logique
∀x Herbivore(x) ∧ non Carnivore(x)

Disjonction entre plusieurs classes

RDF/XML Syntax

```
<owl:AllDisjointClasses>
    <owl:members rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="Animal"/>
        <owl:Class rdf:about="Plant"/>
        <owl:Class rdf:about="Branch"/>
        <owl:Class rdf:about="Leaf"/>
    </owl:members>
</owl:AllDisjointClasses>
```

Axiome de classe

Turtle Syntax

```
[]  rdf:type      owl:AllDisjointClasses ;
    owl:members   ( :Animal  :Plant :Branch :Leaf ) .
```

Disjonction entre plusieurs classes

Turtle Syntax

```
:Herbivore    rdfs:subClassOf :Animal .
:Carnivore    rdfs:subClassOf :Animal .
[]  rdf:type      owl:AllDisjointClasses ;
     owl:members   ( :Animal   :Herbivore :Carnivore ) .
```

Qu'en pensez-vous ?

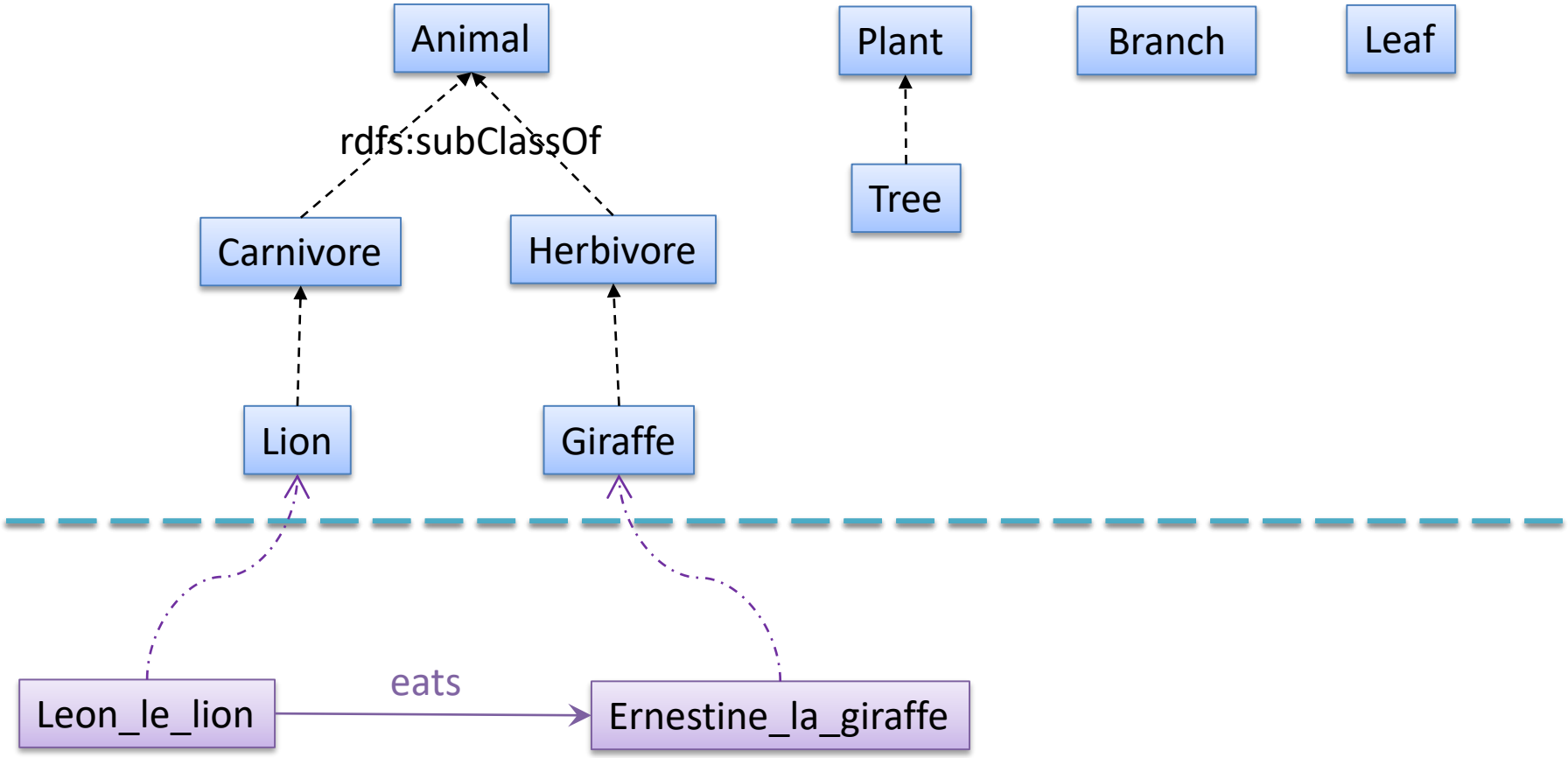
Justifiez votre réponse par une interprétation logique

Disjonction entre plusieurs classes

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- **Les instances**
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les instances



Les instances

RDF/XML Syntax

```
<rdf:Description rdf:about="Ernestine_la_girafe">
      <rdf:type rdf:resource="#Giraffe"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="Leon_le_lion">
      <rdf:type rdf:resource="#Lion"/>
</rdf:Description>
```

Plus simplement

```
<Giraffe rdf:about="Ernestine_la_girafe"/>
<Lion rdf:about="Leon_le_lion"/>
```

Les instances

Turtle Syntax

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type owl:NamedIndividual ,
                             :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type owl:NamedIndividual ,
                             :Lion .
```

Plus simplement

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type :Lion .
```

Interprétation logique
Giraffe(Ernestine_la_girafe)
Lion(Leon_le_lion)

Identité des instances

- Pas d'égalité ni de distinction *a priori* entre les instances
- Il faut déclarer explicitement si les instances sont égales (constructeur *owl:sameAs)* ou distinctes (constructeurs *owl:differentFrom* et *owl:Alldifferent)*

Identité des instances

RDF/XML Syntax

```
<Giraffe rdf:about="Ernestine_la_girafe"/>
<Giraffe rdf:about="Noemie"/>
<Giraffe rdf:about="Gertrude"/>
<Lion rdf:about="Leon_le_lion"/>

<Giraffe rdf:about="Ernestine">
       <owl:sameAs rdf:resource="#Ernestine_la_girafe"/>
       <owl:differentFrom rdf:resource="#Noemie"/>
</Giraffe>

<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Collection">
    <Giraffe rdf:about="#Ernestine_la_girafe "/>
    <Giraffe rdf:about="#Noemie"/>
    <Giraffe rdf:about="#Gertrude"/>
    <Lion rdf:about="#Leon_le_lion"/>
</owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
```

Identité des instances

Turtle Syntax

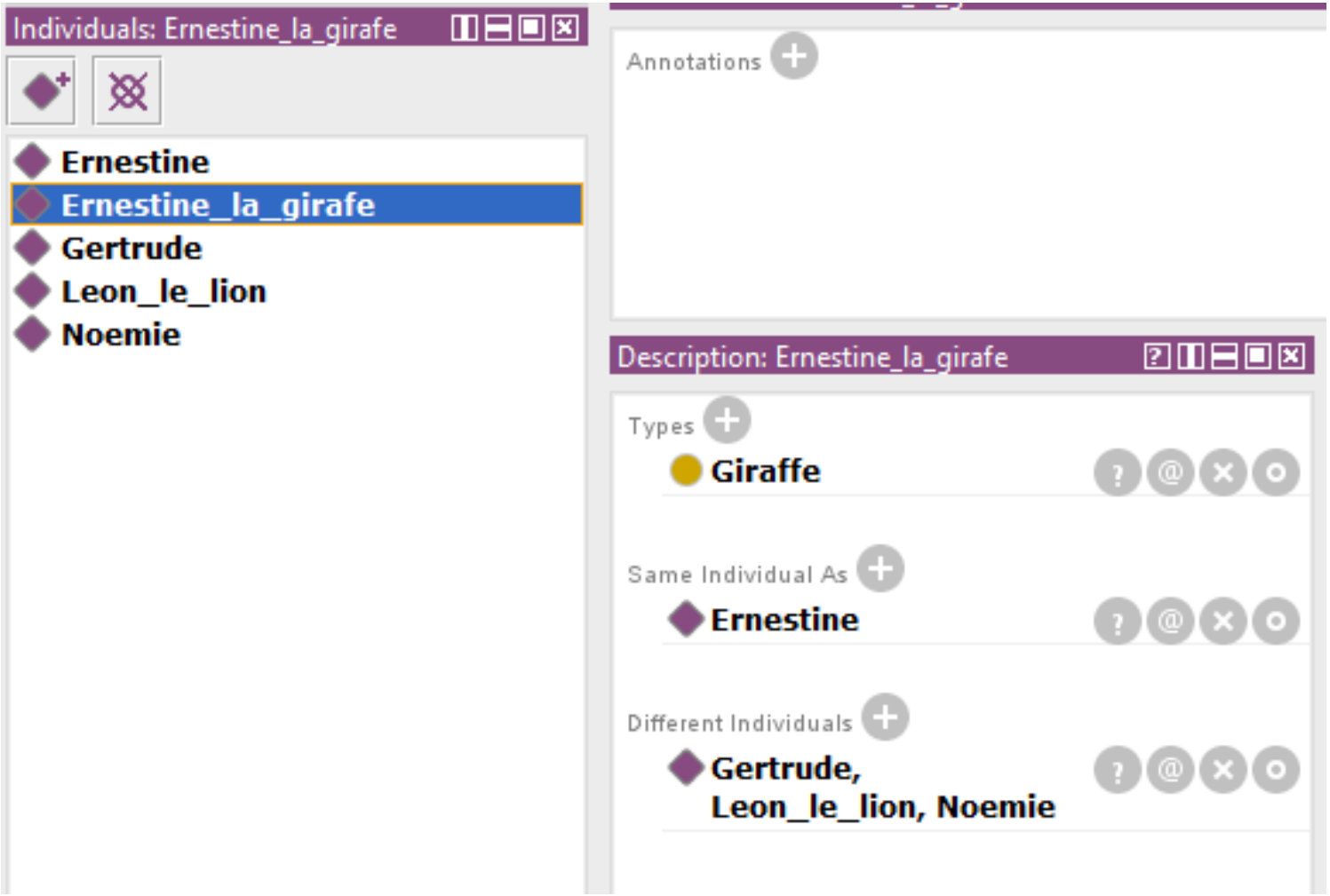
```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
:Noemie rdf:type :Giraffe .
:Gertrude rdf:type :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type :Lion .
:Ernestine rdf:type :Giraffe .
:Ernestine owl:sameAs :Ernestine_la_girafe .
:Ernestine owl:differentFrom :Noemie .
```

Interprétation logique

Giraffe(Ernestine) ∧ Giraffe(Ernestine_la_girafe) ∧ Giraffe(Noemie) ∧ sameAs(Ernestine, Ernestine_la_girafe) ∧ differentFrom(Ernestine, Noemie)

```
[]   rdf:type      owl:AllDifferent ;
     owl:distinctMembers  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie :Gertrude
                            :Leon_le_lion) .
```

Identité des instances



Identité des instances

Turtle Syntax

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
:Noemie rdf:type :Giraffe .
:Gertrude rdf:type :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type :Lion .

:Ernestine rdf:type :Giraffe .
:Ernestine owl:sameAs :Ernestine_la_giraffe .
:Ernestine owl:sameAs :Gertrude .
:Ernestine owl:differentFrom :Noemie .

[]  rdf:type      owl:AllDifferent ;
    owl:distinctMembers  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie :Gertrude
                           :Leon_le_lion) .
```

Qu'en pensez-vous ?

Identité des instances – Vérification de la cohérence

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- **Les descriptions de classes**
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les descriptions de classes

- OWL distingue six types de descriptions de classes :
  - Identifiant de classe (URI/IRI)
  - intersection entre une ou plusieurs descriptions de classes
  - union entre une ou plusieurs descriptions de classes
  - complément d'une description de classe
  - énumération exhaustive de ses individus qui forment ses instances possibles
  - restriction de propriétés

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - **Par intersection**
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Description d'une classe par intersection *intersectionOf*

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:ID="Omnivore">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Class>
      <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Class rdf:about="#Herbivore"/>
          <owl:Class rdf:about="#Carnivore"/>
      </owl:intersectionOf>
    </owl:Class>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Axiome de classe

Description d'une classe par intersection *intersectionOf*

Turtle Syntax

```
:Omnivore  owl:equivalentClass  [
   rdf:type              owl:Class ;
   owl:intersectionOf   ( :Herbivore :Carnivore )
] .
```

Interprétation logique

$\forall x$ Omnivore(x) $\leftrightarrow$ Herbivore(x) $\wedge$ Carnivore(x) équivalence

Description d'une classe par intersection *intersectionOf*

Turtle Syntax

```
:Omnivore  owl:equivalentClass  [
   rdf:type                owl:Class ;
   owl:intersectionOf   ( :Herbivore :Carnivore )
] .

[]  rdf:type      owl:AllDisjointClasses ;
     owl:members   (:Herbivore :Carnivore ) .
```

Qu'en pensez-vous ?

Description d'une classe par intersection *intersectionOf* – Vérification de la cohérence

Description d'une classe par intersection

Turtle Syntax

```
:Omnivore owl:equivalentClass [
  rdf:type              owl:Class ;
  owl:intersectionOf    ( :Herbivore :Carnivore )
] .
```

Axiome de classe

Turtle Syntax

```
:Omnivore rdfs:subClassOf [
  rdf:type              owl:Class ;
  owl:intersectionOf    ( :Herbivore :Carnivore )
] .
```

Quelle est d'après vous la différence ?

Interprétation logique ?

Description d’une classe par intersection

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - **Par union**
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Description d'une classe par union

unionOf

- Les carnivores sont définis comme l'union des canidés et des félidés
- Les canidés et les félidés sont des carnivores
- Les lions sont des félidés

Description des carnivores par union

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:ID="Canide">
       <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Carnivore"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Felide">
       <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Carnivore"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Lion">
       <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Felide"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Carnivore">
   <owl:equivalentClass>
     <owl:Class>
       <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
         <owl:Class rdf:about="#Canide"/>
         <owl:Class rdf:about="#Felide"/>
       </owl:unionOf>
     </owl:Class>
   </owl:equivalentClass>
 </owl:Class>
```

Description des carnivores par union

Turtle Syntax

```
:Felide rdfs:subClassOf :Carnivore .

:Canide rdfs:subClassOf :Carnivore .

:Lion rdfs:subClassOf :Felide .

:Carnivore  owl:equivalentClass  [
   rdf:type      owl:Class ;
   owl:unionOf   ( :Canide :Felide )
 ] .
```

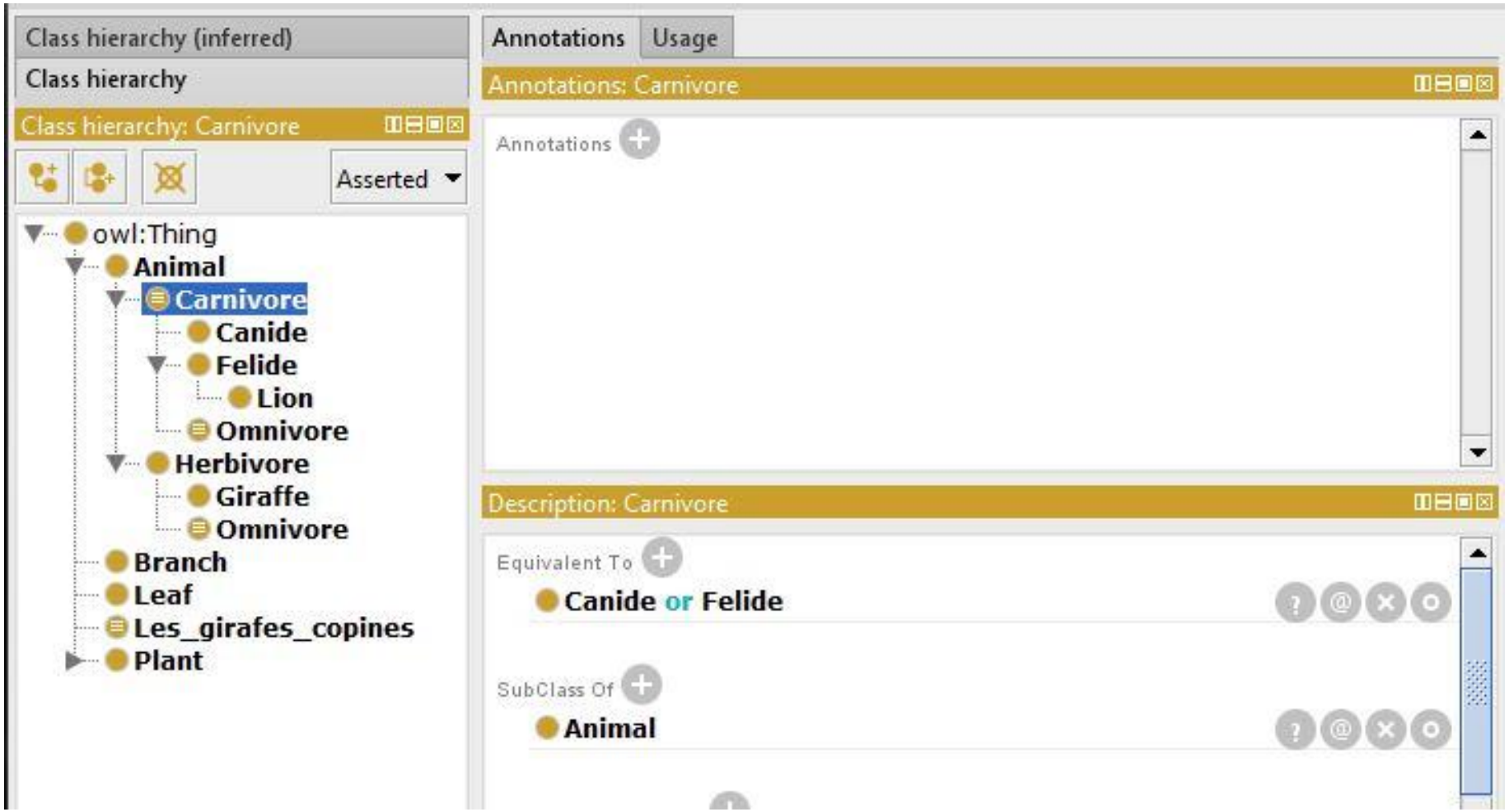
Interprétation logique

$\forall x\ \text{Canide}(x) \rightarrow \text{Carnivore}(x)$

$\forall x\ \text{Felide}(x) \rightarrow \text{Carnivore}(x)$

$\forall x\ \text{Carnivore}(x) \leftrightarrow \text{Canide}(x) \vee \text{Felide}(x)$

Description des carnivores par union



Description des bouts de plante par union *unionOf*

- Les "bouts de plantes" sont définis comme l’union des plantes, des branches et des feuilles

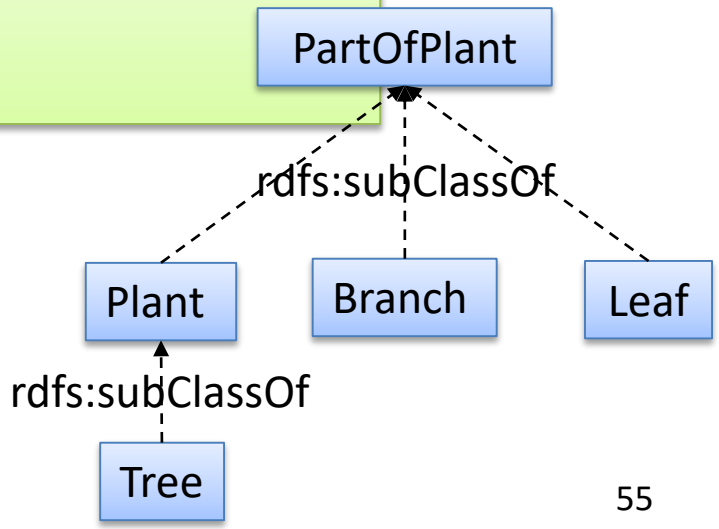
Description des bouts de plante par union

Turtle Syntax

```
:PartOfPlant owl:equivalentClass  [
   rdf:type      owl:Class ;
   owl:unionOf   ( :Plant :Branch :Leaf )
 ] .
```

Interprétation logique

∀x PartOfPlant(x) → Plant (x) ∨ Branch(x) ∨ Leaf(x)
∀x Plant(x) → PartOfPlant(x)
∀x Branch(x) → PartOfPlant(x)
∀x Leaf(x) → PartOfPlant(x)



Description des bouts de plante par union

Turtle Syntax

```
:PartOfPlant rdfs:subClassOf [
   rdf:type      owl:Class ;
   owl:unionOf   ( :Plant :Branch :Leaf )
 ] .
```

Que peut-on en déduire ?
Quelle est la différence avec ce qui précède ?

Interprétation logique ?

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - **Par complément**
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Description d'une classe par complément *complementOf*

- Les canidés sont des carnivores qui ne sont pas des félidés
- Les canidés sont des carnivores **et** ils ne sont pas des félidés

Description des canidés par complément

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:about="#Canide">
   <owl:equivalentClass>
     <owl:Class>
      <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
         <owl:Class rdf:about="#Carnivore"/>
         <owl:Class>
           <owl:complementOf rdf:resource="#Felide"/>
         </owl:Class>
       </owl:intersectionOf>
     </owl:Class>
   </owl:equivalentClass>
 </owl:Class>
```

Description des canidés par complément

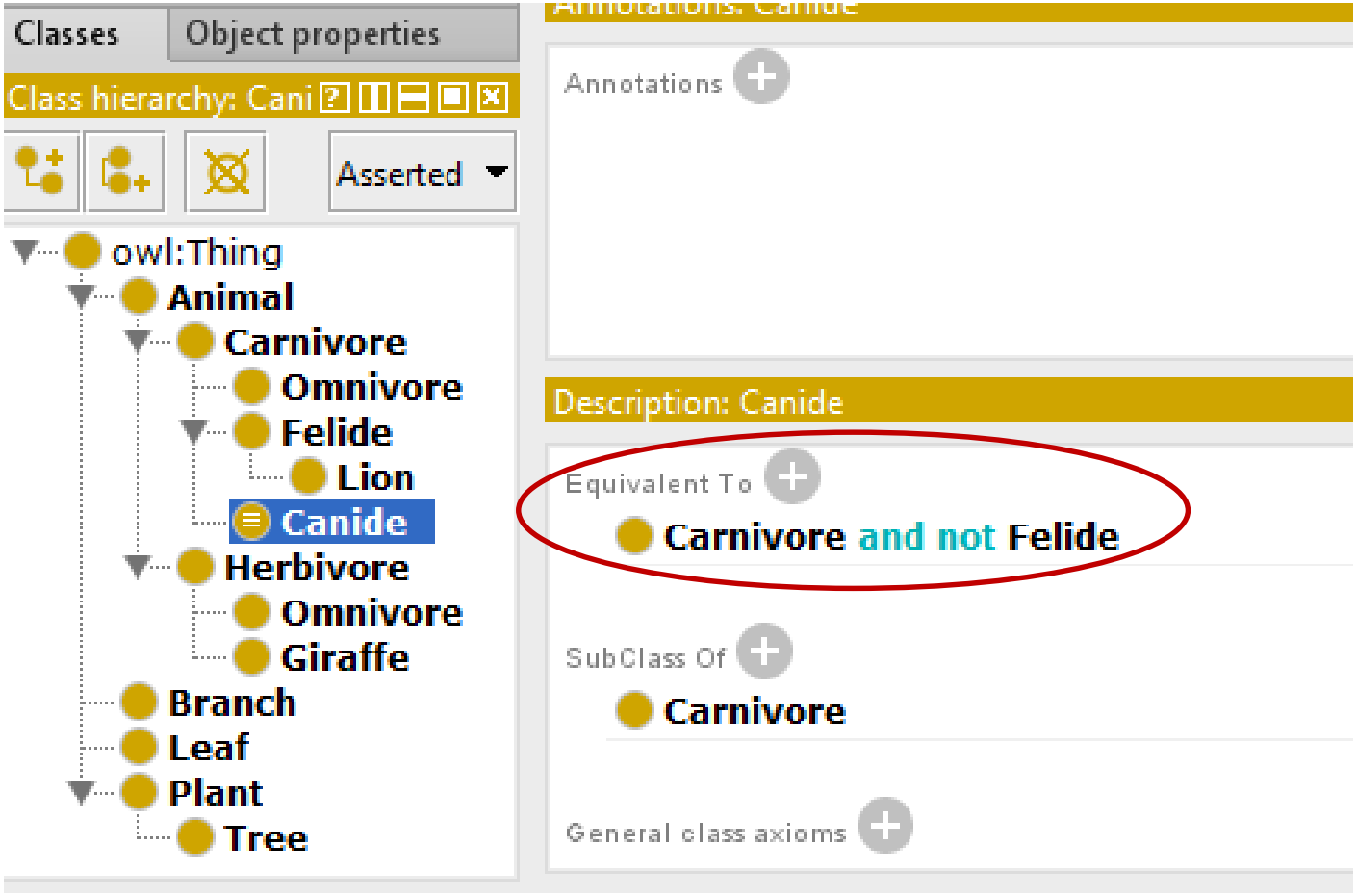
Turtle Syntax

```
 :Canide  owl:equivalentClass  [
   rdf:type     owl:Class ;
   owl:intersectionOf  ( :Carnivore  [ owl:complementOf  :Felide ]
)
] .
```

Interprétation logique

$\forall x$ Canide(x) $\leftrightarrow$ Carnivore(x) $\wedge$ non Felide(x)

Description des canidés par complément



Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - **Par énumération**
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Description d'une classe par énumération *oneOf*

- Les girafes Ernestine_la_girafe, Noemie et Gertrude sont des girafes copines
- La classe des girafes copines est définie à partir de ses instances : Ernestine_la_girafe, Noemie et Gertrude

Description d'une classe par énumération *oneOf*

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:ID="Les_girafes_copines">
 <owl:equivalentClass>
   <owl:Class>
     <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
       <giraffe rdf:about="Ernestine_la_girafe"/>
       <giraffe rdf:about="Noemie"/>
       <giraffe rdf:about="Gertrude"/>
     </owl:oneOf>
   </owl:Class>
 </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Description d'une classe par énumération *oneOf*

Turtle Syntax

```
[]  rdf:type      owl:AllDifferent ;
    owl:distinctMembers  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie
                           :Gertrude) .

:Les_girafes_copines  owl:equivalentClass  [
   rdf:type   owl:Class ;
   owl:oneOf  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie  :Gertrude )
] .
```

Interprétation logique

$\forall x$ Les_girafes_copines(x) $\leftrightarrow$ (x=Ernestine_la_girafe) $\vee$ (x=Noemie) $\vee$ (x=Gertrude)

Description d'une classe par énumération *oneOf*

Turtle Syntax

```
[]  rdf:type      owl:AllDifferent ;
    owl:distinctMembers  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie
                           :Gertrude) .
:Ernestine owl:sameAs :Ernestine_la_giraffe .

:Les_girafes_copines  owl:equivalentClass  [
   rdf:type   owl:Class ;
   owl:oneOf  ( :Ernestine_la_girafe  :Noemie  :Gertrude )
] .
```

Que peut-on en déduire sur le type des trois instances Ernestine_la_girafe, Noemie et Gertrude ?
Et sur le type de l'instance Ernestine ?

Description d'une classe par énumération *oneOf*

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
  - Disjonction entre plusieurs classes
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- **Les propriétés**
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les propriétés OWL

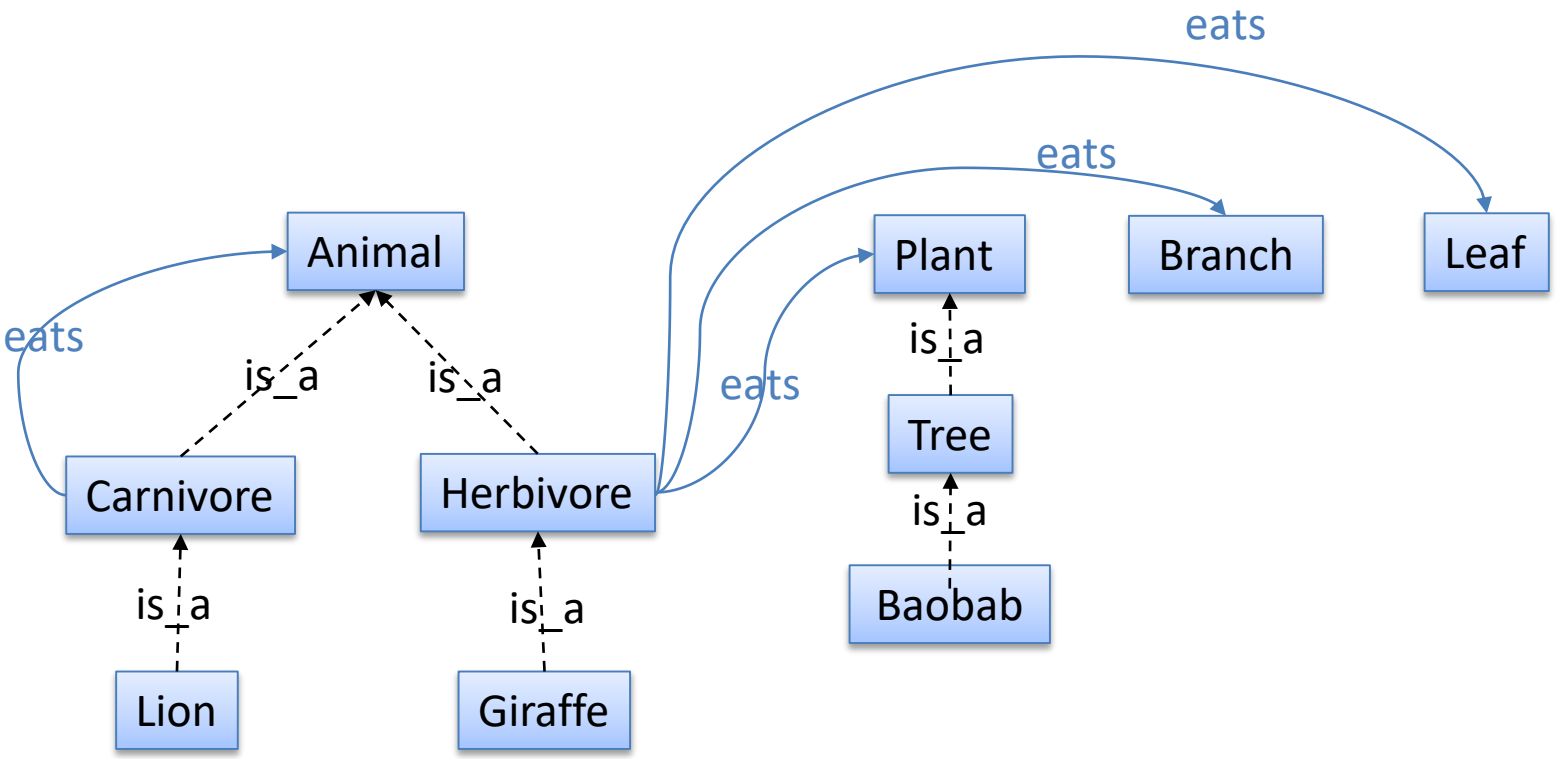
- *Properties can be used to state relationships between individuals or from individuals to data values.*

The African Wildlife Ontology

- les animaux carnivores **mangent** des animaux
- les animaux herbivores **mangent** des plantes ou des “bouts” de plantes

https://www.w3.org/TR/owl-features/

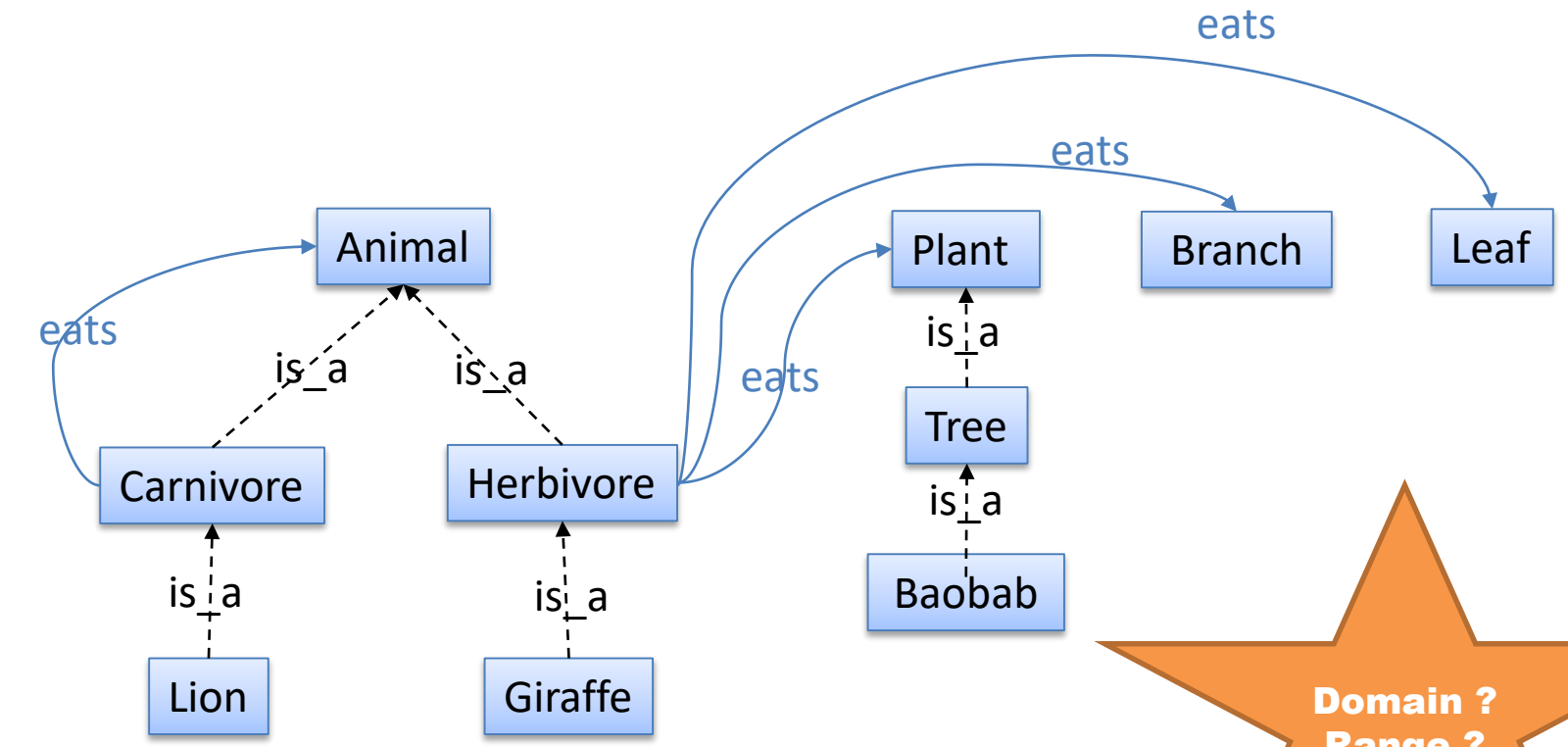
Les propriétés OWL



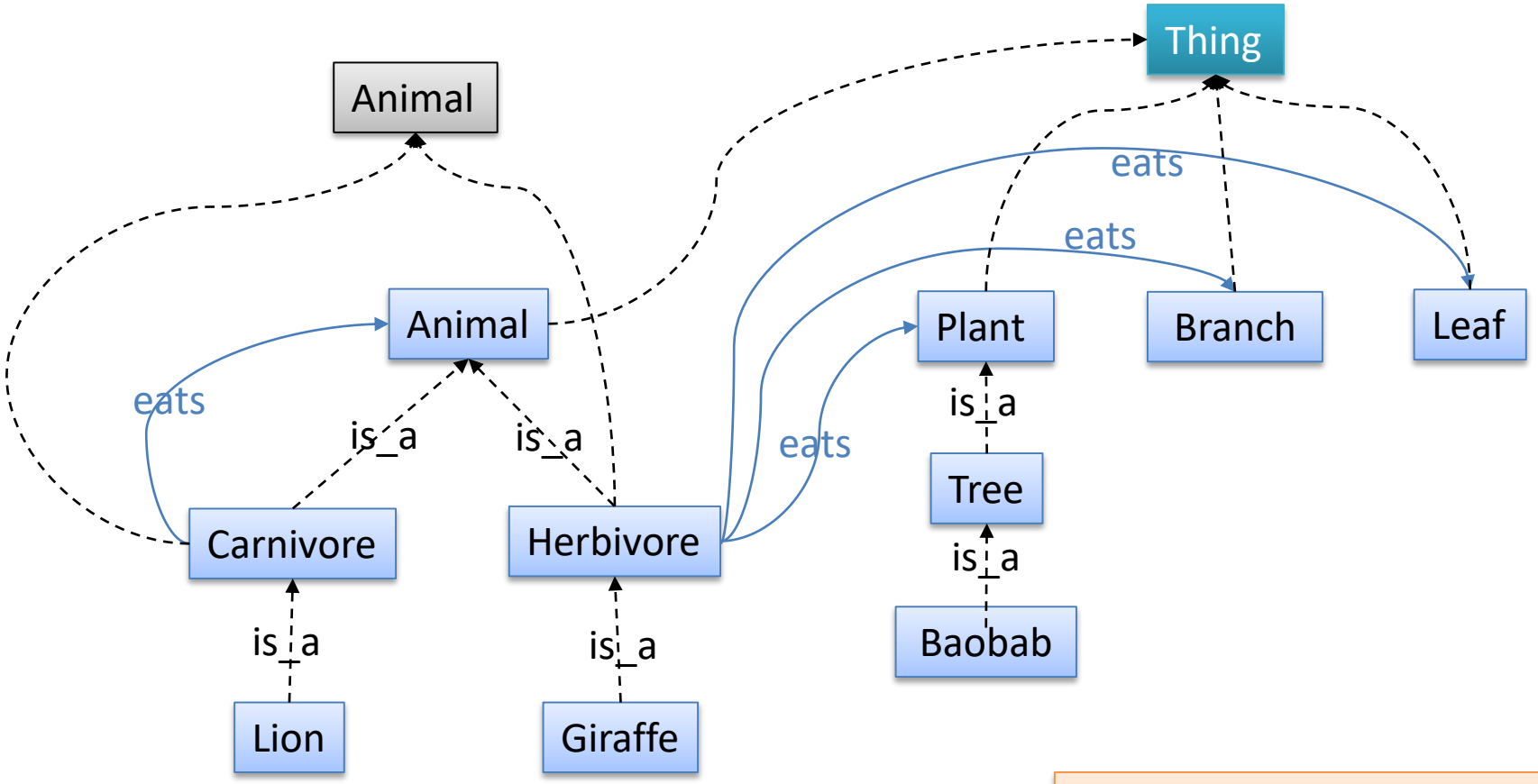
Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - **Les propriétés objets**
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les propriétés objets



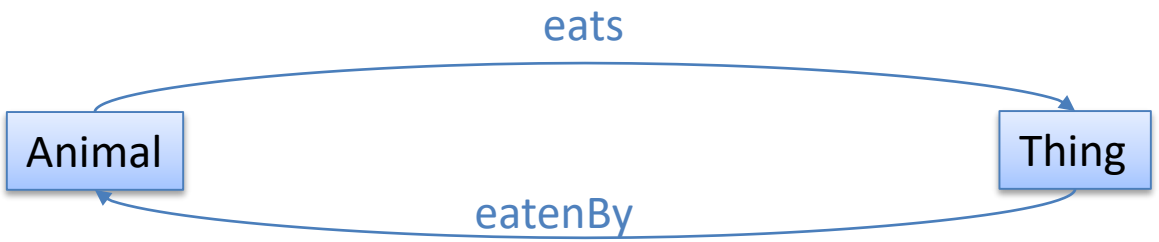
Les propriétés objets



Plus petit sur-type commun !

La propriété objet `eats`

- *ObjectProperty* (entre deux classes)
  - Object property **`eats`**
    - Domain: **`Animal`**
    - Range: **`Thing`**
- Propriété inverse



La propriété objet `eats`

RDF/XML Syntax

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="eats">
      <rdfs:domain rdf:resource="#Animal"/>
      <rdfs:range rdf:resource="Thing"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="eatenBy">
      <rdfs:domain rdf:resource="Thing"/>
      <rdfs:range rdf:resource="#Animal"/>
      <owl:inverseOf rdf:resource="#eats"/>
</owl:ObjectProperty>
```

La propriété objet `eats`

Turtle Syntax

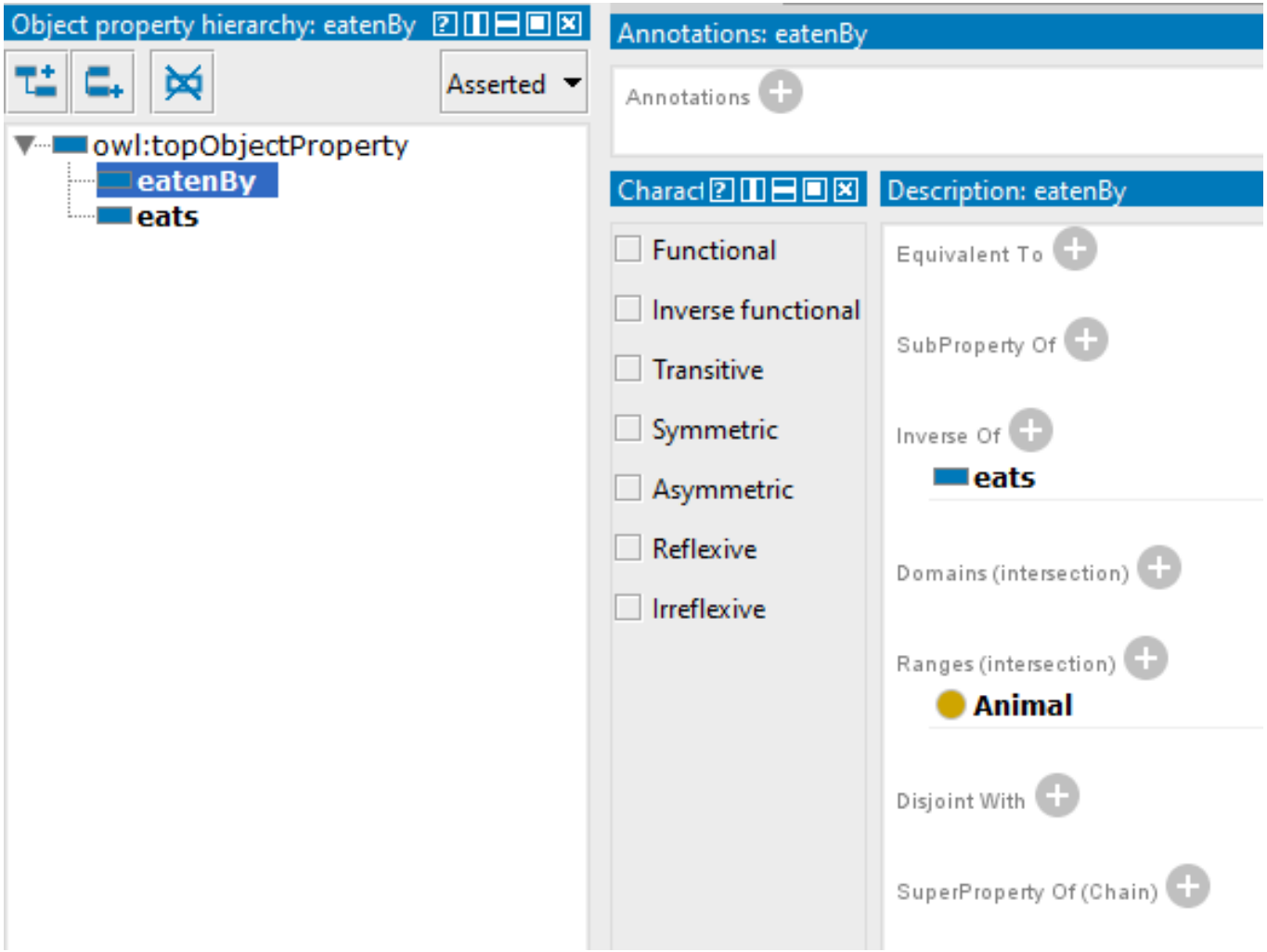
```
:eats        rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdfs:domain  :Animal ;
             rdfs:range :Thing .
:eatenBy     rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdfs:domain  :Thing ;
             rdfs:range   :Animal ;
             owl:inverseOf :eats .
```

Inutile de préciser domain et range si Thing

Turtle Syntax simplifié

```
:eats        rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdfs:domain  :Animal .
:eatenBy     rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdfs:range   :Animal ;
             owl:inverseOf :eats .
```

La propriété objet `eats`



Les sous-propriétés
La propriété objet `eatsMeat`

RDF/XML Syntax

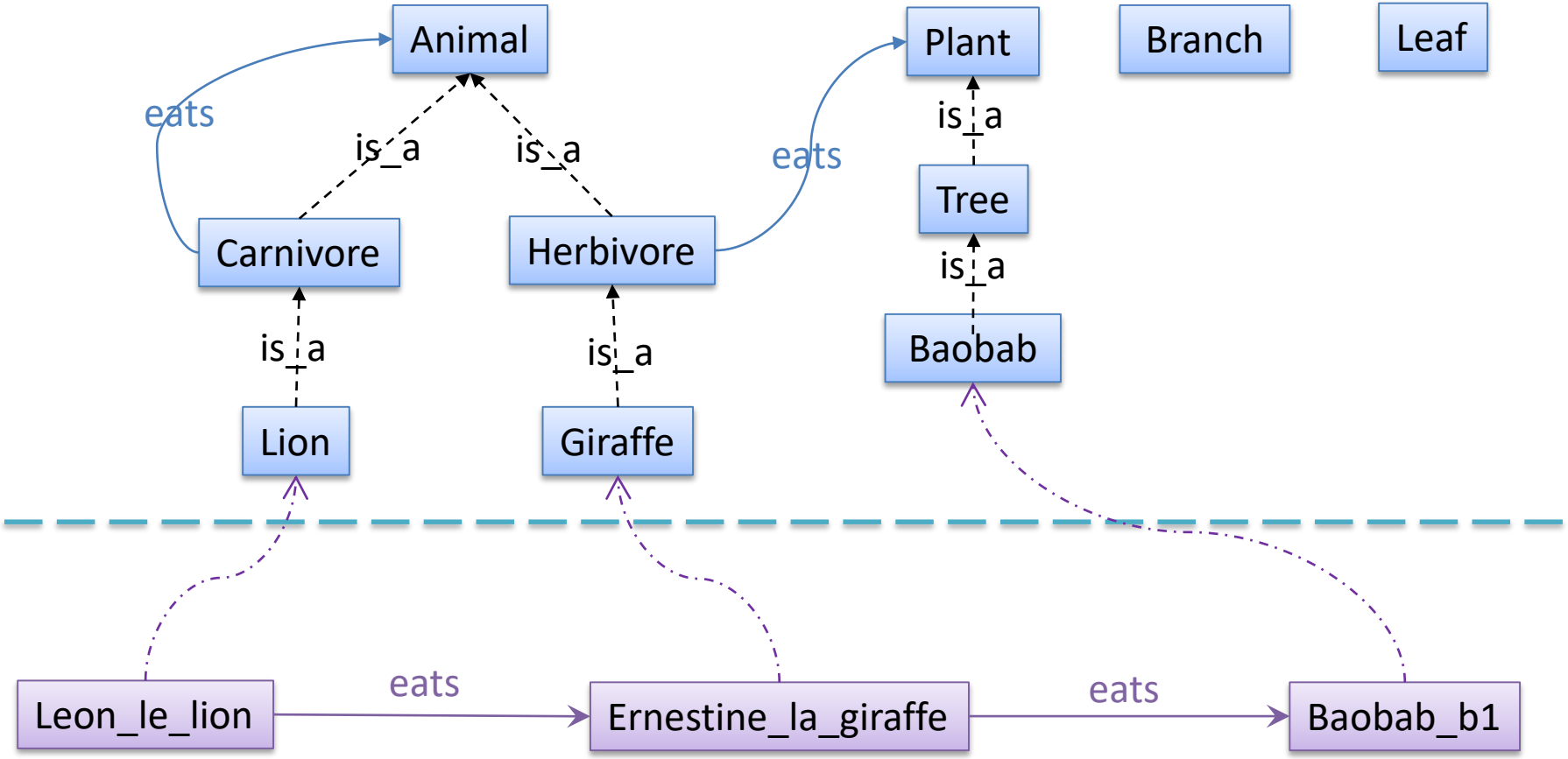
```
<owl:ObjectProperty rdf:about="eatsMeat">
      <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#eats"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="#Carnivore "/>
      <rdfs:range rdf:resource="#Animal"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Axiome de classe

Turtle Syntax

```
:eatsMeat    rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdfs:domain  :Carnivore ;
             rdfs:range   :Animal ;
             rdfs:subPropertyOf :eats.
```

Les propriétés objets et les instances



Les propriétés objets et les instances

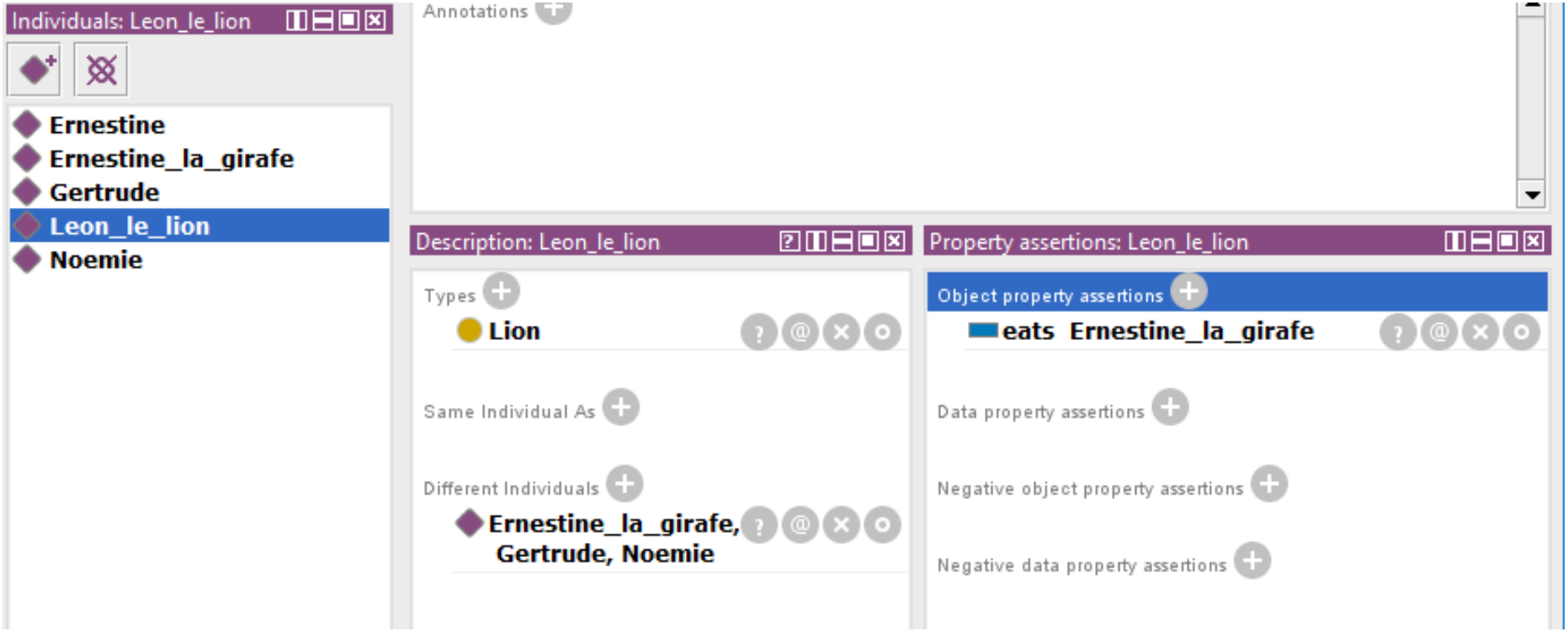
RDF/XML Syntax

```
<Giraffe rdf:about="Ernestine_la_girafe"/>
<Lion rdf:about="Leon_le_lion“>
      <eats rdf:resource="#Ernestine_la_girafe"/>
</Lion>
```

Turtle Syntax

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type :Lion ;
              :eats :Ernestine_la_girafe .
```

Les propriétés objets et les instances

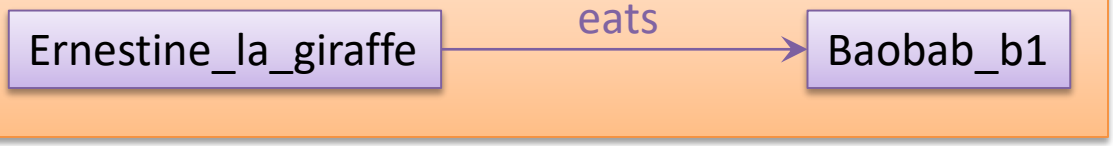


Les propriétés objets et les instances

Turtle Syntax

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
:Leon_le_lion rdf:type :Lion ;
              :eats :Ernestine_la_girafe .
```

Complétez le code pour:



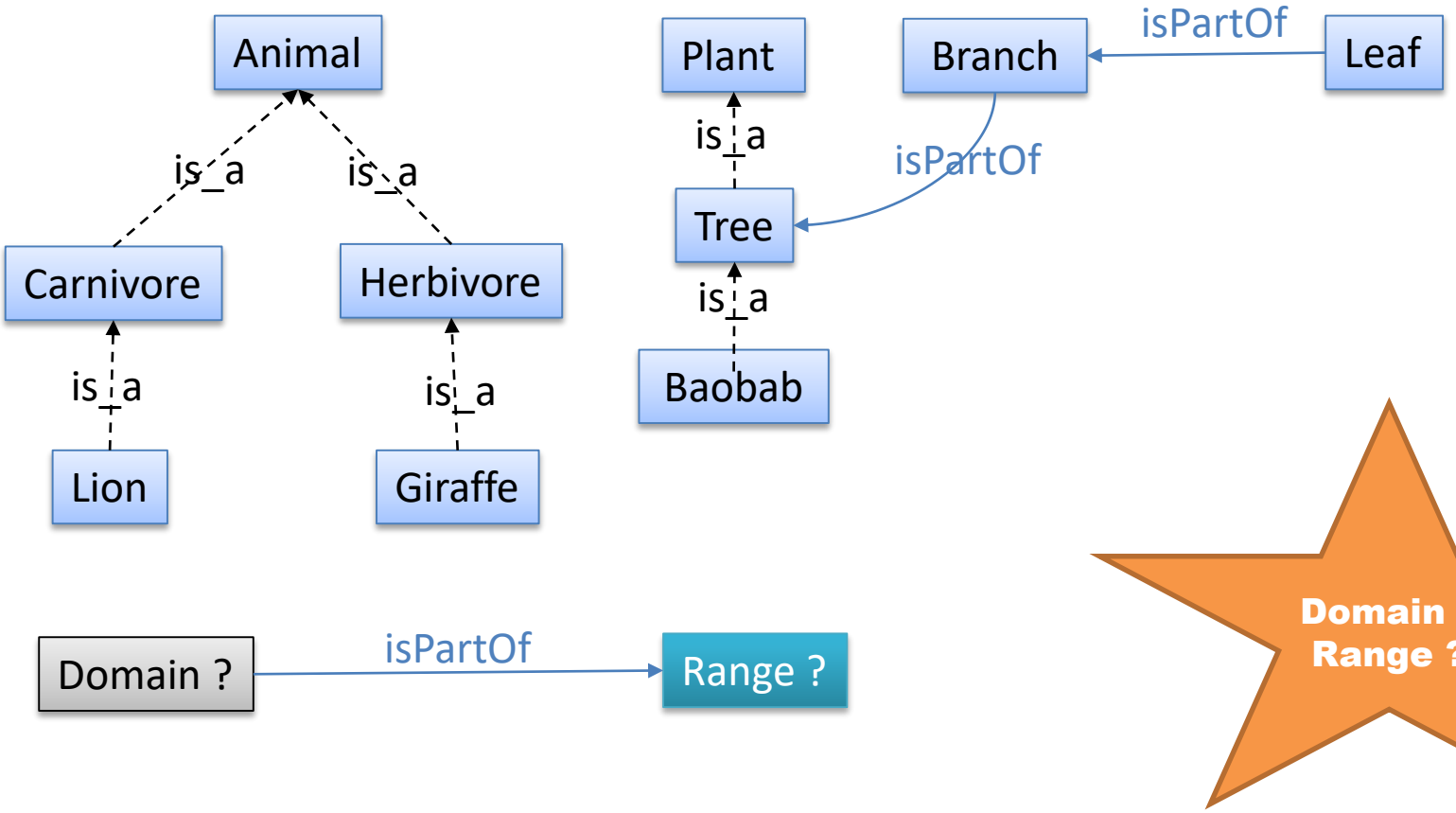
Les propriétés objets et les instances

Les propriétés objets

- The African Wildlife Ontology
  - les animaux carnivores mangent des animaux
  - les animaux herbivores mangent des plantes ou des "**bouts**" de plantes

https://www.w3.org/TR/owl-features/

La propriété objet `ispartOf`



La propriété objet `ispartOf`

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - **Les propriétés de données**
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les propriétés de données

- Comment attribuer un âge à un animal?

La propriété de données `hasAge`

- *DatatypeProperty* (entre une classe et un « datatype »)
  - Datatype property **`hasAge`**
    - Domain: **`Thing`**
    - Range: **`nonNegativeInteger (Datatype)`**

La propriété de données `hasAge`

RDF/XML Syntax

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="hasAge">
      <rdfs:range rdf:datatype=
      "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger"/>
</owl:DatatypeProperty>
```

Turtle Syntax

```
:hasAge      rdf:type      owl:DatatypeProperty ;
             rdfs:range    xsd:nonNegativeInteger .
```

Les propriétés de données et les instances

- Supposons qu'`Ernestine_la_girafe` a 6 ans

RDF/XML Syntax

```
<Giraffe rdf:about="Ernestine_la_girafe">
      <hasAge
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger">6<hasAge/>
</Giraffe>
```

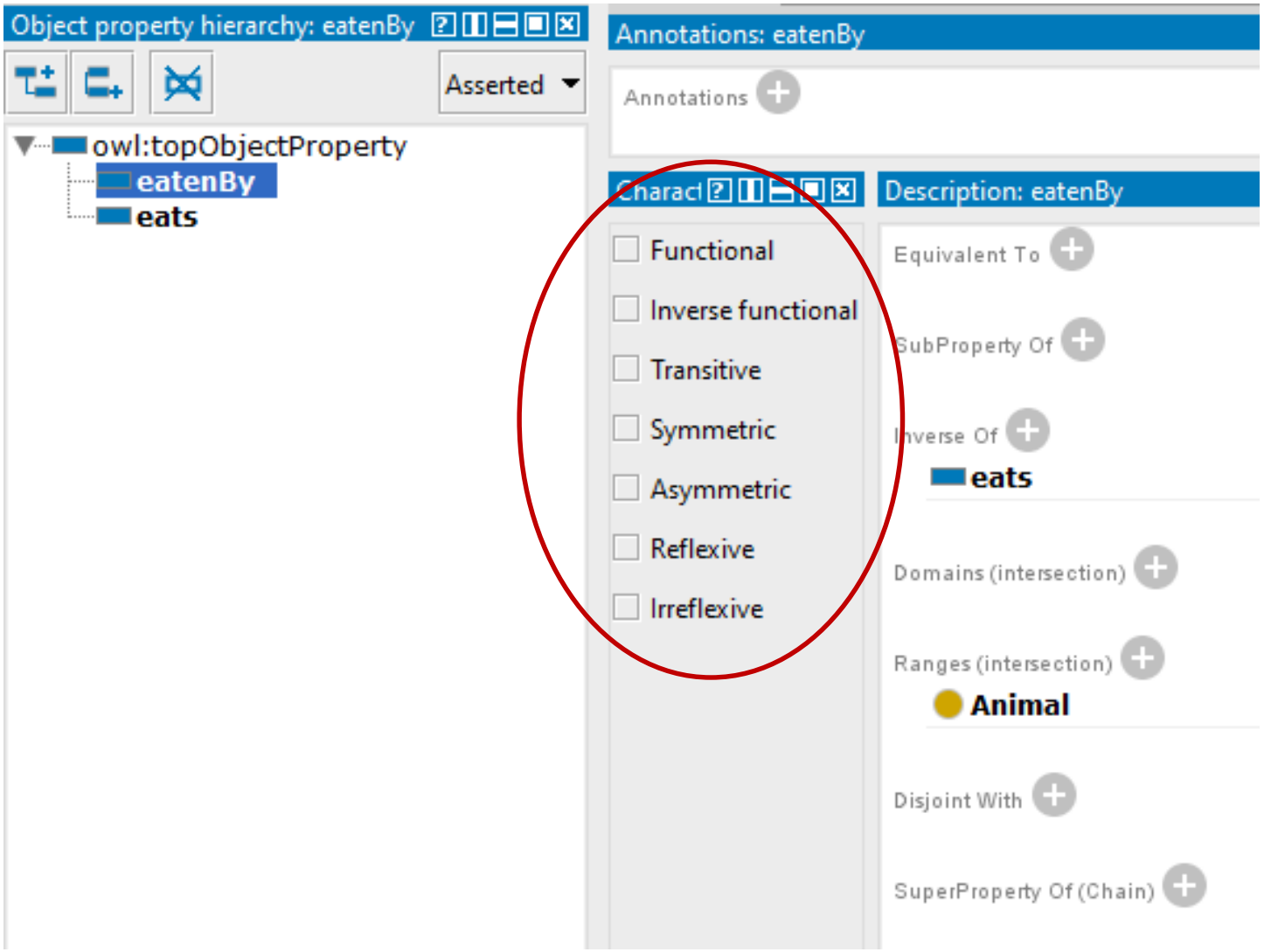
Turtle Syntax

```
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe ;
                     :hasAge "6"^^xsd:nonNegativeInteger .
```

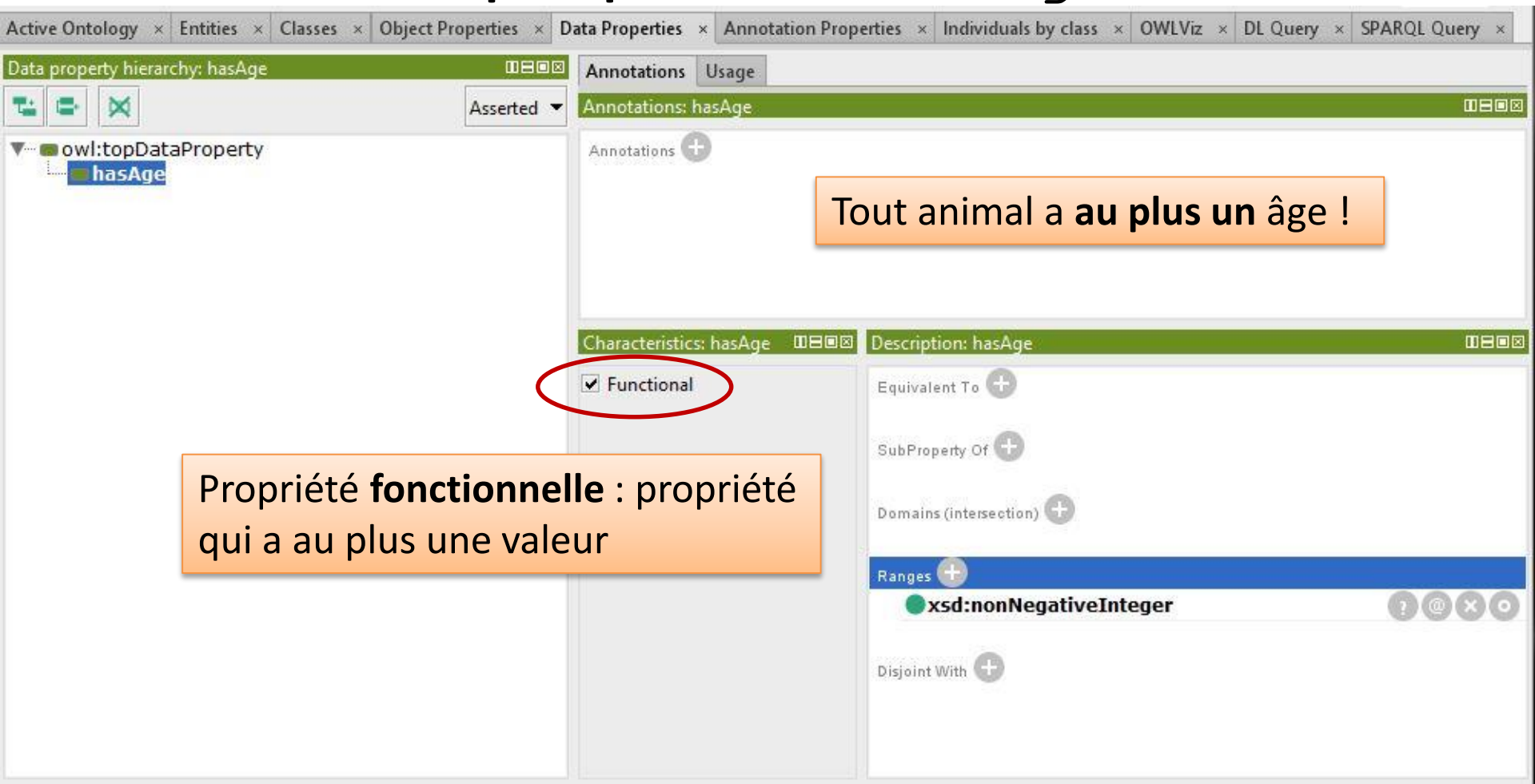
Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - **Les caractéristiques des propriétés**
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les caractéristiques des propriétés



Les propriétés fonctionnelles – la propriété `hasAge`



Les propriétés fonctionnelles – la propriété `hasAge`

RDF/XML Syntax

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="hasAge">
      <rdfs:range rdf:resource=
      "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:about="hasAge"/>
```

Turtle Syntax

```
:hasAge      rdf:type      owl:DatatypeProperty ;
             rdf:type      owl:FunctionalProperty ;
             rdfs:range    xsd:nonNegativeInteger .
```

Les propriétés fonctionnelles – la propriété `hasAge`

Turtle Syntax

```
:hasAge       rdf:type       owl:DatatypeProperty ;
              rdf:type       owl:FunctionalProperty ;
              rdfs:range     xsd:nonNegativeInteger .
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe ;
                     :hasAge "5"^^xsd:nonNegativeInteger .
:Ernestine    rdf:type :Giraffe ;
              owl:sameAs :Ernestine_la_girafe ;
              :hasAge "4"^^xsd:nonNegativeInteger .
:Gertrude :hasAge "8"^^xsd:nonNegativeInteger .
```

Qu'en pensez-vous ?

Les propriétés fonctionnelles – la propriété `hasAge`

Les caractéristiques des propriétés

- Fonctionnelle (au plus une valeur, e.g. ***hasAge***)

$$P(x,y) \wedge P(x,z) \rightarrow y = z$$

- Inverse fonctionnelle (l'inverse de la propriété est fonctionnelle, e.g. ***isAgeOf***)

$$P(y,x) \wedge P(z,x) \rightarrow y = z$$

Les propriétés transitives – la propriété `ispartOf`

Turtle Syntax

```
:isPartOf    rdf:type owl:ObjectProperty ;
             rdf:type owl:TransitiveProperty .
:Baobab      rdfs:subClassOf :Tree .
:Baobab_b1   rdf:type :Baobab .
:Branch_baobab_b1  rdf:type :Branch ;
                   :ispartOf :Baobab_b1 .
:Leaf_baobab_l1    rdf:type :Leaf ;
                   :ispartOf :Branch_baobab_b1 .
```

Que peut-on en déduire ?

Les propriétés transitives – la propriété `ispartOf`

Les caractéristiques des propriétés

- Fonctionnelle (au plus une valeur, e.g. ***hasAge***)

  $P(x,y) \wedge P(x,z) \rightarrow y = z$

- Inverse fonctionnelle (l'inverse de la propriété est fonctionnelle, e.g. ***isAgeOf***)

  $P(y,x) \wedge P(z,x) \rightarrow y = z$

- Transitive (e.g. ***isPartOf***)

$$P(x,y) \wedge P(y,z) \rightarrow P(x,z)$$

Les propriétés symétriques– la propriété `hasSameAge`

Turtle Syntax

```
:hasSameAge  rdf:type       owl:ObjectProperty ;
             rdf:type       owl:SymmetricProperty;
             rdfs:domain    :Animal ;
             rdfs:range     :Animal .
:Gertrude rdf:type :Giraffe .
:Ernestine_la_giraffe     rdf:type :Giraffe ;
                          :hasSameAge :Gertrude .
```

Que peut-on en déduire ?

Les propriétés symétriques– la propriété `hasSameAge`

Les propriétés asymétriques – la propriété `isOlderThan`

Turtle Syntax

```
:isOlderThan rdf:type       owl:ObjectProperty ;
             rdf:type       owl:AsymmetricProperty;
             rdfs:domain    :Animal ;
             rdfs:range     :Animal .
:Gertrude    rdf:type :Giraffe ;
             :isOlderThan :Ernestine_la_giraffe .
:Ernestine_la_giraffe     rdf:type :Giraffe ;
                          :isOlderThan :Gertrude .
```

Qu'en pensez-vous ?

Les propriétés asymétriques– la propriété `isOlderThan`

Les caractéristiques des propriétés

- Fonctionnelle (au plus une valeur, e.g. ***hasAge***)

  $P(x,y) \wedge P(x,z) \rightarrow y = z$

- Inverse fonctionnelle (l'inverse de la propriété est fonctionnelle, e.g. ***isAgeOf***)

  $P(y,x) \wedge P(z,x) \rightarrow y = z$

- Transitive (e.g. ***isPartOf***)

  $P(x,y) \wedge P(y,z) \rightarrow P(x,z)$

- Symétrique (e.g. ***hasSameAge***)

  $P(x, y) \Leftrightarrow P(y, x)$

- Asymétrique (OWL2) (e.g. ***isOlderThan***)

  $P(x,y) \wedge P(y,x) \rightarrow \bot$

Les propriétés réflexives – la propriété `hasSameAge`

Turtle Syntax

```
:hasSameAge  rdf:type       owl:ObjectProperty ;
             rdf:type       owl:ReflexiveProperty ;
             rdfs:domain    :Animal ;
             rdfs:range     :Animal .
:Gertrude    rdf:type :Giraffe .
:Ernestine_la_girafe rdf:type :Giraffe .
```

Que peut-on en déduire ?

Les propriétés réflexives – la propriété `hasSameAge`

Les propriétés irréflexives – la propriété `isOlderThan`

Turtle Syntax

```
:isOlderThan        rdf:type      owl:ObjectProperty ;
              rdf:type       owl:IrreflexiveProperty ;
              rdfs:domain    :Animal ;
              rdfs:range     :Animal .
:Ernestine_la_girafe       rdf:type :Giraffe ;
                           :isOlderThan : Ernestine .
:Ernestine    rdf:type :Giraffe ;
              owl:sameAs :Ernestine_la_girafe .
```

Que peut-on en déduire ?

Les propriétés irréflexives – la propriété `isOlderThan`

Les caractéristiques des propriétés

- Fonctionnelle (au plus une valeur, e.g. ***hasAge***)

  $P(x,y) \wedge P(x,z) \rightarrow y = z$
- Inverse fonctionnelle (l'inverse de la propriété est fonctionnelle, e.g. ***isAgeOf***)

  $P(y,x) \wedge P(z,x) \rightarrow y = z$
- Transitive (e.g. ***isPartOf***)

  $P(x,y) \wedge P(y,z) \rightarrow P(x,z)$
- Symétrique (e.g. ***hasSameAge***)

  $P(x, y) \Leftrightarrow P(y, x)$
- Asymétrique (OWL2) (e.g. ***isOlderThan***)

  $P(x,y) \wedge P(y,x) \rightarrow \bot$
- Réflexive (OWL2) (e.g. ***hasSameAge***)

  $P(x,x)$
- Irréflexive (OWL2) (e.g. ***isOlderThan***)

  non $P(x,x)$

Résumé sur les propriétés et leurs constructeurs

- Les constructeurs de RDF Schema : `rdfs:subPropertyOf`, `rdfs:domain` et `rdfs:range`
- Les relations aux autres propriété: `owl:equivalentProperty` et `owl:inverseOf`
- Leurs caractéristiques
  - Les contraintes de cardinalités: `owl:FunctionalProperty` et `owl:InverseFunctionalProperty`
  - Les caractéristiques logiques :

`owl:SymmetricProperty` et `owl:TransitiveProperty`

  - OWL2 : `owl:AsymmetricProperty`, `owl:ReflexiveProperty`, `owl:IrreflexiveProperty`, `owl:propertyDisjointWith`

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- **Les restrictions de propriétés**
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Rappel: les descriptions de classes OWL (cf. Diapositive 42)

- OWL distingue six types de descriptions de classes :
  - Identifiant de classe (URI)
  - intersection entre une ou plusieurs descriptions de classes
  - union entre une ou plusieurs descriptions de classes
  - complément d'une description de classe
  - énumération exhaustive de ses individus qui forment ses instances possibles
  - **restriction de propriétés**

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - **Les restrictions de valeurs**
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les restrictions de valeurs

- Supposons qu'`Ernestine_la_girafe` mange `Leon_le_lion`
- Si on lance le raisonneur de Protégé:
  - Aucune incohérence n'est détectée !
  - Pourtant on voudrait pouvoir dire que les herbivores ne mangent que des plantes...
- Utilisation des restrictions de valeurs
  - **`allvaluesFrom`**
  - `someValuesFrom`
  - `hasValue`

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

- The African Wildlife Ontology
  - les animaux herbivores sont des animaux qui mangent des plantes ou des “bouts” de plantes

  *“Herbivores are exactly those animals that eat **only** plants or parts of plants.”*
- Comment définir les animaux herbivores?

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

- Les herbivores sont des animaux: `subClassOf`
  Les herbivores sont des animaux qui ne mangent que des plantes

  « *Les herbivores mangent uniquement des plantes»*

- La classe `Herbivore` est redéfinie avec une restriction sur le `range` de sa propriété `eats`
- Utilisation de la restriction `allvaluesFrom`

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:about="#Herbivore">
   <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
             <owl:onProperty rdf:resource="eats"/>
               <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Plant"/>
        </owl:Restriction>
   </rdfs:subClassOf>
   <rdfs:comment>
    Herbivores are exactly those animals that eat only plants
   or parts of plants.
   </rdfs:comment>
</owl:Class>
```

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

Turtle syntax

```
:Herbivore  rdfs:subClassOf [
    rdf:type owl:Restriction ;
    owl:onProperty :eats ;
    owl:allValuesFrom :Plant
] ;
      rdfs:comment  "Herbivores are exactly those animals
  that eat only plants or parts of plants."^^xsd:string .
```

Les restrictions de valeurs sont toujours définies à partir d'une classe sur une propriété

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

Turtle syntax

```
:Herbivore  rdfs:subClassOf [
    rdf:type owl:Restriction ;
     owl:onProperty :eats ;
     owl:allValuesFrom :Plant ] .

[]  rdf:type      owl:AllDisjointClasses ;
      owl:members  ( :Animal  :Plant :Branch :Leaf ) .

:Leon_le lion rdf:type :Lion .
:Ernestine_la_girafe      rdf:type :Giraffe ;
                          :eats :Leon_le lion .
```

Qu'en pensez-vous?

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

- Supposons maintenant qu'`Ernestine_la_girafe` mange `Leon_le_lion` sachant qu'aucune classe n'est disjointe

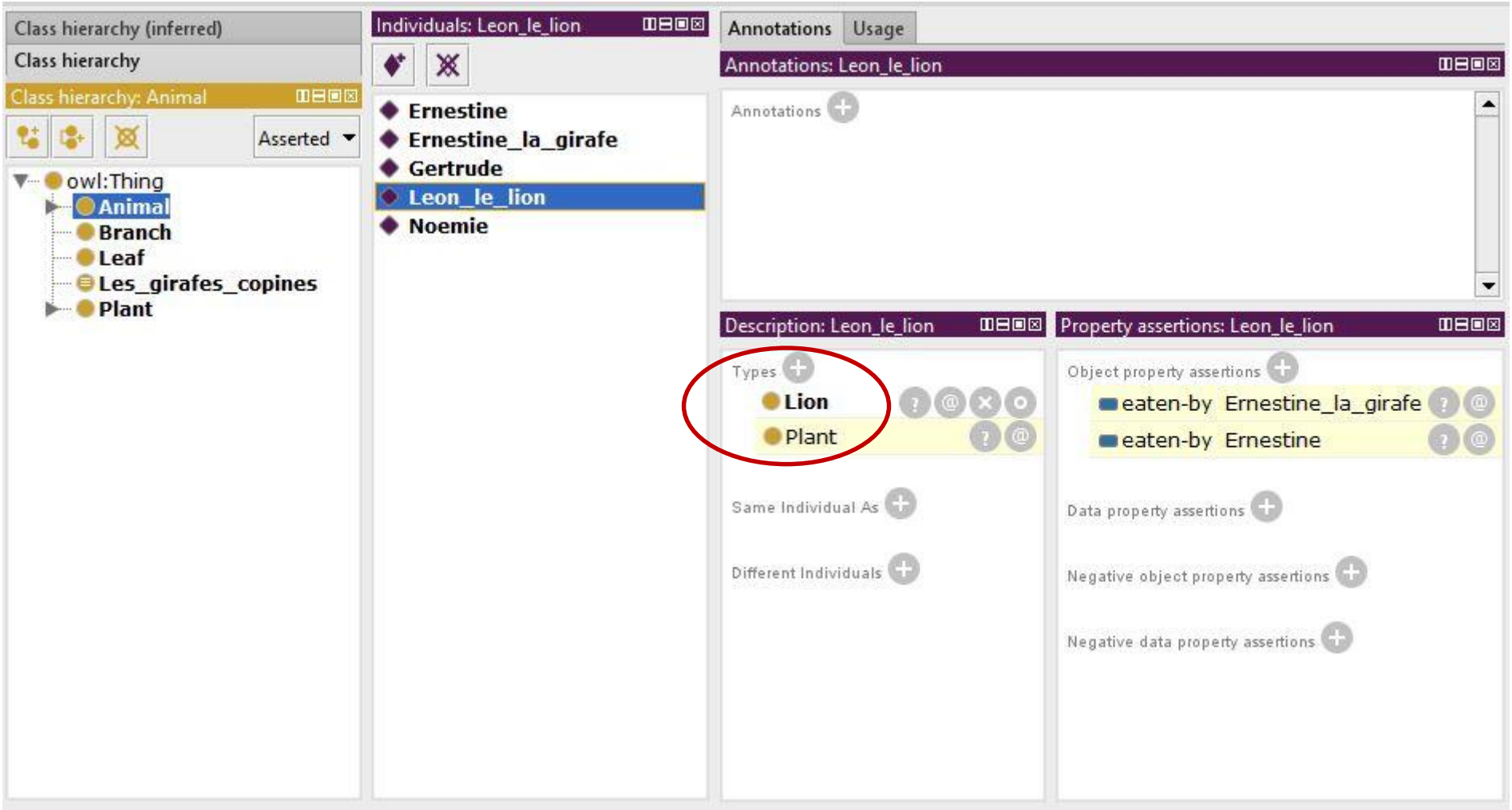
La restriction de valeurs `allvaluesFrom` - Vérification de la cohérence

- Nouvelles connaissances inférées

```
Ernestine_la_giraffe is-a Giraffe
Ernestine_la_giraffe is-a Herbivore
Leon_le_lion is-a Lion
Ernestine_la_giraffe eats Leon_le_lion
Ernestine_la_giraffe eats only Plant
Leon_le_lion is-a Plant
Leon_le lion eatenBy Ernestine_la_giraffe
```

- Possible car les classes `Lion` et `Plant` ne sont pas disjointes !

La restriction de valeurs `allvaluesFrom` - Vérification de la cohérence



La restriction de valeurs `allvaluesFrom`

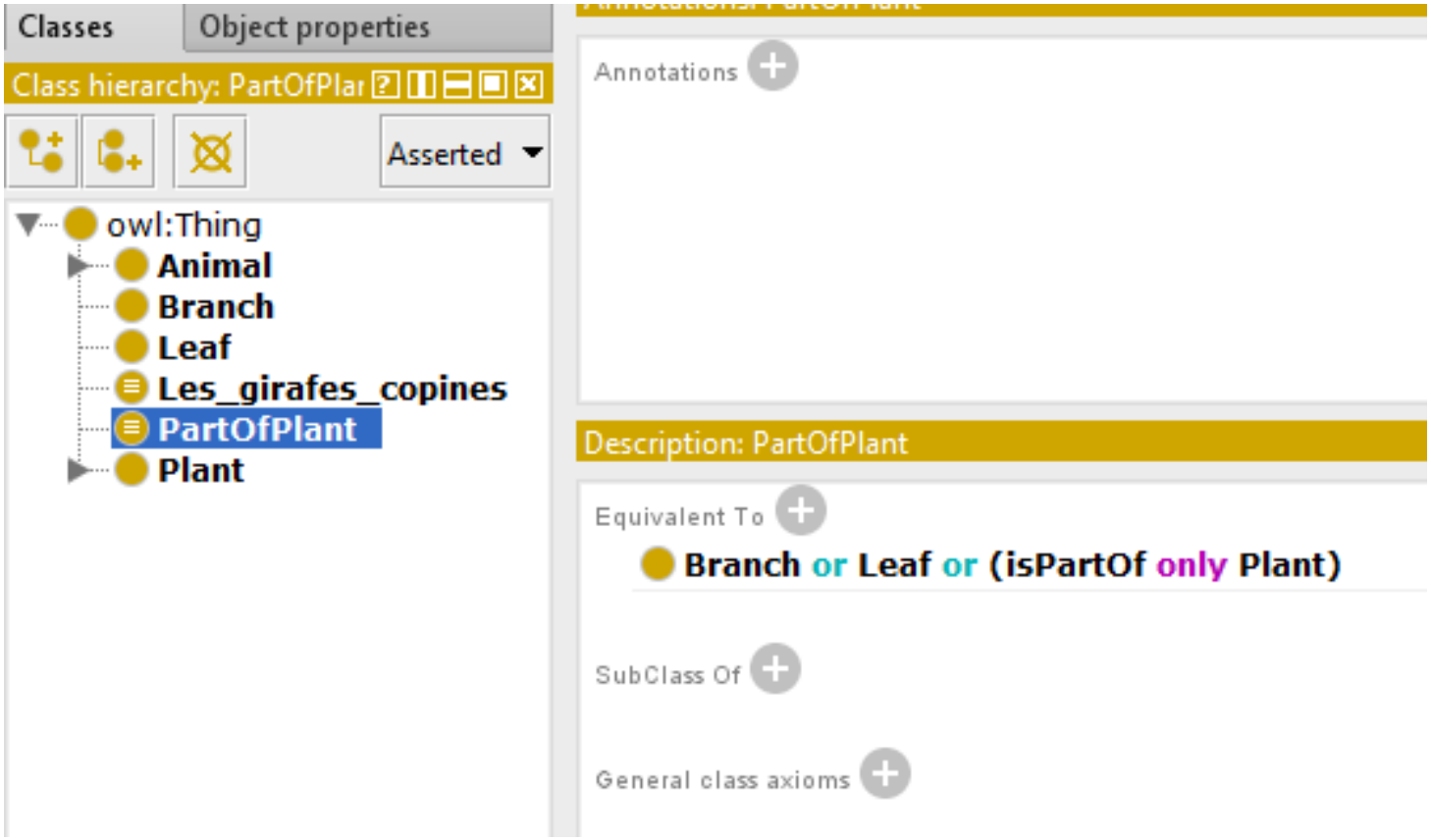
- Les herbivores sont des animaux qui mangent uniquement des plantes ou des “bouts” de plantes
- Supposons que les “bouts” de plantes sont :
  - des branches
  - **ou** des feuilles
  - **ou** des bouts de plantes (propriété isPartOf)

Définition de la classe bouts de plantes par restriction de valeurs

Turtle syntax

```
:PartOfPlant owl:equivalentClass  [
   rdf:type      owl:Class ;
   owl:unionOf   (:Branch :Leaf
                    [ rdf:type owl:Restriction ;
                      owl:onProperty :isPartOf ;
                      owl:allValuesFrom :Plant ]    )
 ] .
```

Définition de la classe bouts de plantes par restriction de valeurs



Définition des herbivores par restriction de valeurs

- Les herbivores sont des animaux qui mangent uniquement des plantes **ou** des “bouts” de plantes
- Définissons maintenant la classe Herbivore à partir de la classe `PartOfPlant`

Définition des herbivores par restriction de valeurs

Turtle syntax

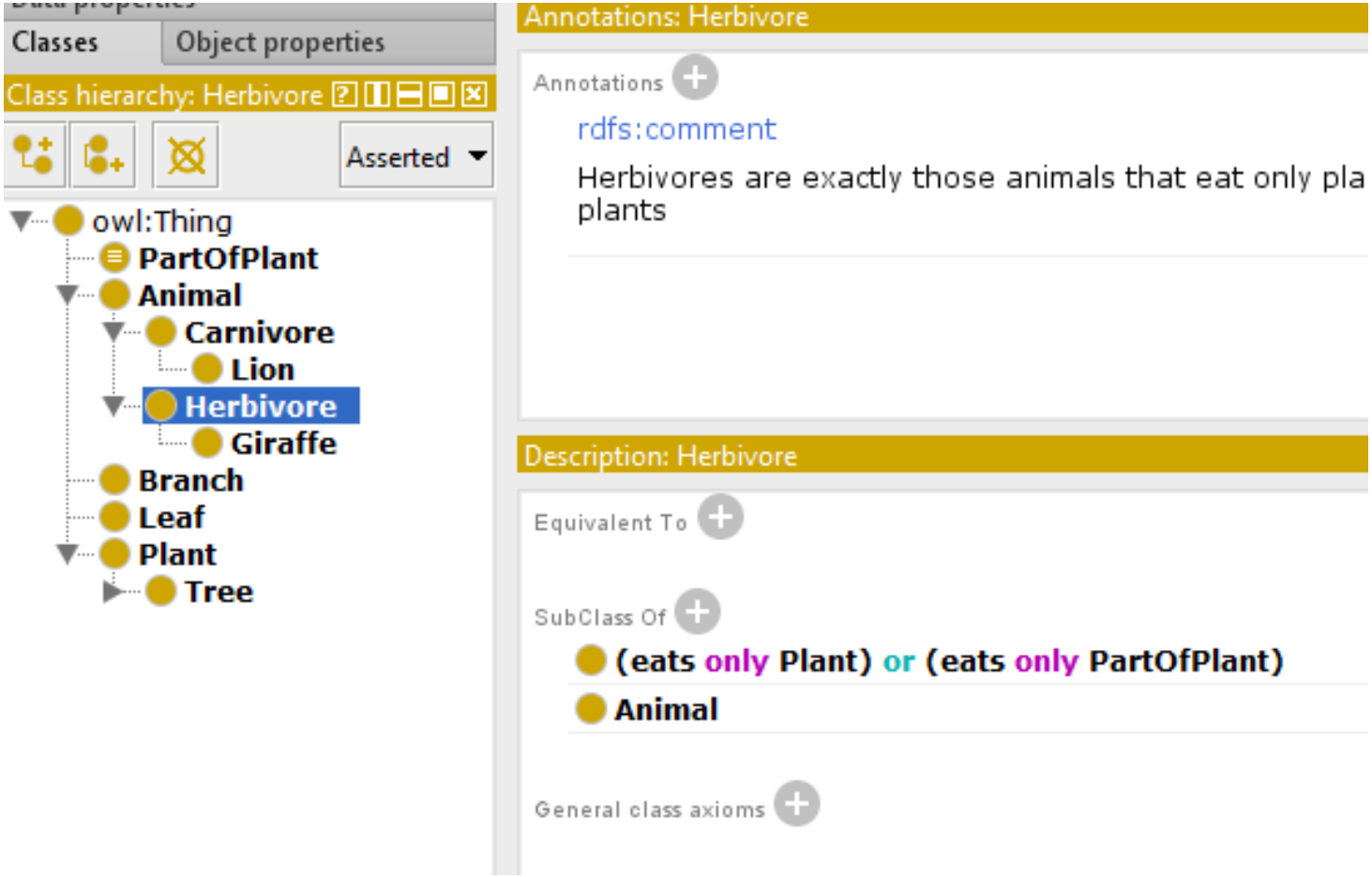
```
:Herbivore rdfs:subClassOf  [
   owl:unionOf ([ rdf:type owl:Restriction ;
                  owl:onProperty :eats ;
                  owl:allValuesFrom :Plant
                ]
                [ rdf:type owl:Restriction ;
                  owl:onProperty :eats ;
                  owl:allValuesFrom :PartOfPlant
                ]
               )
     ] .
```

Définition des herbivores par restriction de valeurs

RDF/XML syntax

```
<owl:Class rdf:about="#Herbivore">
   <rdfs:subClassOf>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <owl:Restriction>
               <owl:onProperty rdf:resource="eats"/>
               <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Plant"/>
            </owl:Restriction>
            <owl:Restriction>
               <owl:onProperty rdf:resource="eats"/>
               <owl:allValuesFrom rdf:resource="#PartOfPlant"/>
             </owl:Restriction>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
   </rdfs:subClassOf>          </owl:Class>
```

Définition des herbivores par restriction de valeurs



Les restrictions de valeurs

- Les restrictions de valeurs sont définies à partir d'une classe sur une propriété
  - `allvaluesFrom` (uniquement)
  - **`someValuesFrom`**
  - `hasValue`

La restriction de valeurs `someValuesFrom`

- The African Wildlife Ontology
  - les animaux carnivores sont des animaux qui mangent des animaux

  “Carnivores are exactly those animals that eat also animals.”
- Comment définir les animaux carnivores?

La restriction de valeurs `someValuesFrom`

- Les carnivores sont des animaux: `subClassOf`
  Les carnivores sont des animaux qui mangent des animaux, mais pas seulement

> « *Les carnivores mangent notamment des animaux»*

- La classe `Carnivore` est redéfinie avec une restriction sur le `range` de sa propriété `eats`
- Utilisation de la restriction `someValuesFrom`

≠ *AllValuesFrom* : ***uniquement***

Définition des carnivores par restriction de valeurs

RDF/XMLsyntax

```
<owl:Class rdf:about="#Carnivore">
   <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
              <owl:onProperty rdf:resource="eats"/>
               <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Animal"/>
        </owl:Restriction>
   </rdfs:subClassOf>
   <rdfs:comment>
   Carnivores are exactly those animals that eat also animals.
   </rdfs:comment>
</owl:Class>
```

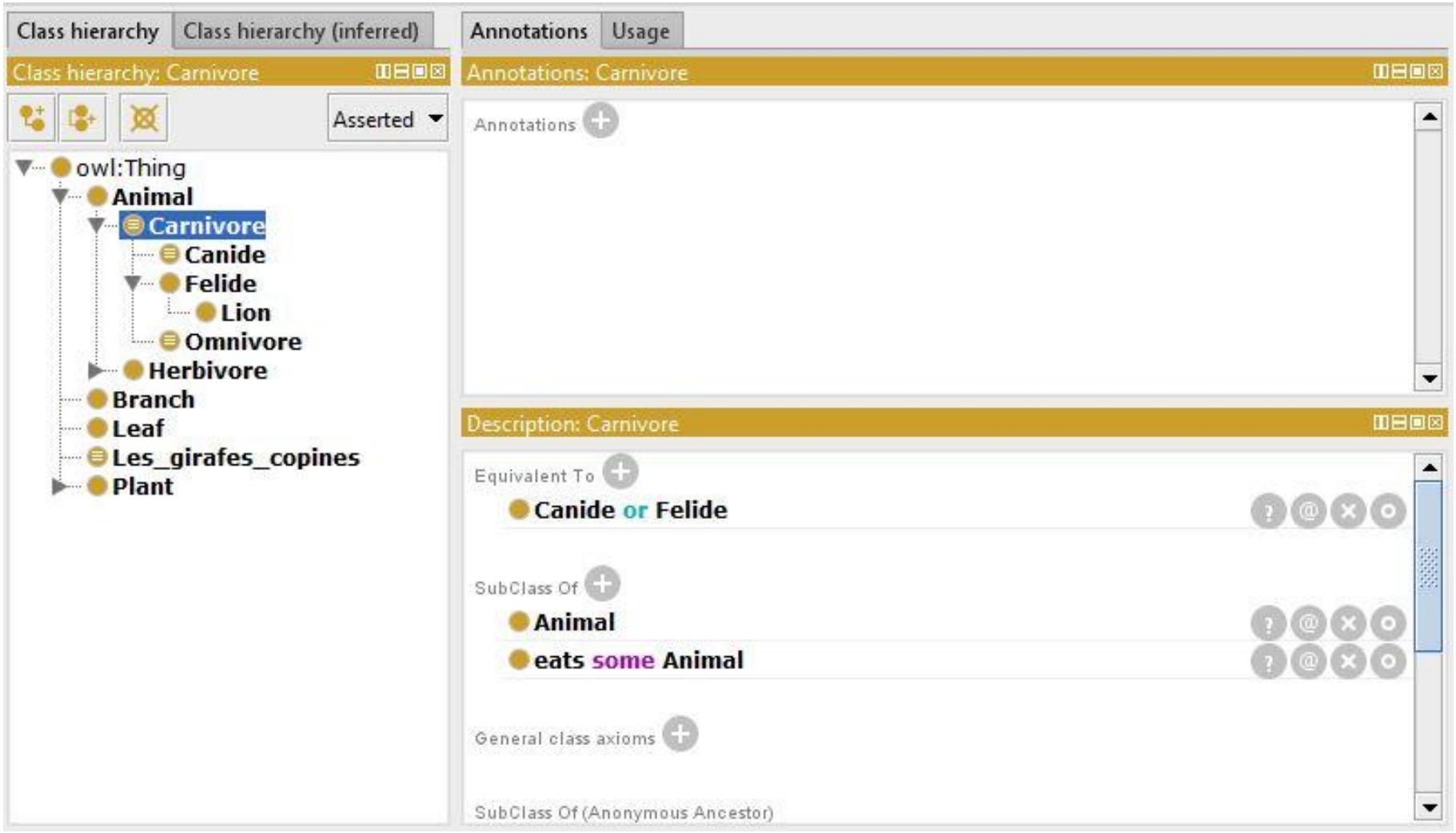
Définition des carnivores par restrictions de valeurs

Turtle syntax

```
:Carnivore  rdfs:subClassOf [
   rdf:type owl:Restriction ;
    owl:onProperty :eats ;
     owl:someValuesFrom :Animal
 ] ;
            rdfs:comment  "Carnivores are exactly those
  animals that eat also animals."^^xsd:string .
```

Les restrictions de valeurs sont toujours définies à partir d'une classe sur une propriété

Définition des carnivores par restrictions de valeurs



La restriction de valeurs `someValuesFrom`

Turtle syntax

```
:eats  rdf:type owl:ObjectProperty ;
       rdfs:domain  :Animal .
:Carnivore  rdfs:subClassOf [
   rdf:type owl:Restriction ;
     owl:onProperty :eats ;
     owl:someValuesFrom :Animal
 ] .
:Baobab rdfs:subClassOf :Tree .

:Baobab_b1 rdf:type :Baobab .
:Leon_le_lion       rdf:type :Lion ;
                    :eats :Baobab_b1 .
```

Qu'en pensez-vous?

Les restrictions de valeurs

- Les restrictions de valeurs sont définies à partir d'une classe sur une propriété
  - `allvaluesFrom` (uniquement)
  - `someValuesFrom` (notamment)
  - **`hasValue`**

La restriction de valeurs `hasValue`

- Les herbivores « basilicéens » sont des herbivores qui ne mangent que du basilic, le basilic étant une instance de la classe `Plant`
- Les basilicéens sont des herbivores : `subClassOf`
- La classe `Basilicéen` est définie comme une sous-classe de la classe `Herbivore` avec une restriction sur le `range` de sa propriété `eats`
- Utilisation de la restriction `hasValue`

*≠ AllValuesFrom : car le range est restreint à une **instance** et non une sous-classe*

Définition des basilicéen par restriction de valeurs

RDF/XML Syntax

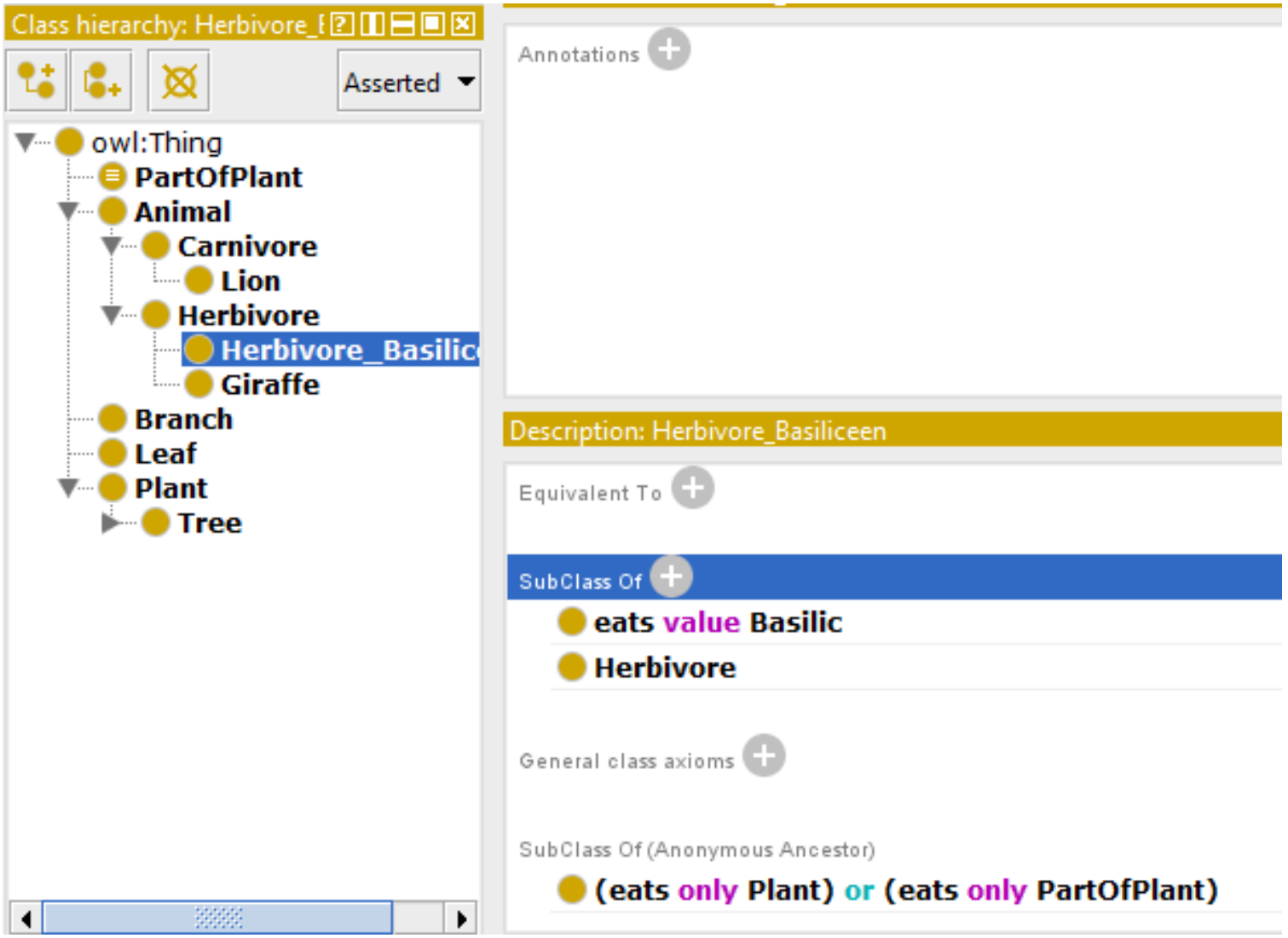
```
<Plant rdf:about="Basilic"/>

<owl:Class rdf:ID ="Herbivore_Basiliceen">
   <rdfs:subClassOf rdf:resource=#Herbivore/>
    <rdfs:subClassOf>
      </owl:Class>
       <owl:Restriction>
         <owl:onProperty rdf:resource="eats"/>
         <owl:hasValue rdf:resource="Basilic"/>
       </owl:Restriction>
      </owl:Class>
    </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Définition des basilicéens par restriction de valeurs

Turtle Syntax

```
:Basilic     rdf:type     :Plant .
:Herbivore_Basiliceen
             rdfs:subClassOf :Herbivore ;
             rdfs:subClassOf  [
                          rdf:type owl:Restriction ;
                          owl:onProperty :eats ;
                          owl:hasValue :Basilic
 ] .
```

Définition des basilicéens par restriction de valeurs



La restriction de valeurs `hasValue`

- Les « copines d'Ernestine » sont des girafes qui sont des copines d'`Ernestine_la_girafe`.
- La propriété `isFriendOf` permet de déclarer que deux individus (au sens large) sont amis. Quel est son domaine, son range ? Précisez ses caractéristiques : fonctionnelle, transitive, symétrique, réflexive?

Définition de la propriété `isFriendOf`

La restriction de valeurs `hasValue`

- Les « copines d'Ernestine » sont des girafes qui sont des copines d'`Ernestine_la_girafe`.
- Définir maintenant la classe `copines_d_Ernestine`

Définition de la classe `Copines_d_Ernestine` par restriction de valeurs

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - **Les restrictions de cardinalités**
- Les spécificités OWL2
- Les règles

Les restrictions de cardinalités

- The African Wildlife Ontology
  - Tout animal a un âge
- Comment définir cette contrainte ?

Les restrictions de cardinalités

- The African Wildlife Ontology
  - Tout animal a un âge
- Utilisation des contraintes de cardinalité
  - `minCardinality` (au moins)
  - `maxCardinality` (au plus)
  - `cardinality`(exactement)

Les restrictions de cardinalités

RDF/XML Syntax

```
<owl:Class rdf:about="#Animal">
   <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
              <owl:onProperty rdf:resource="hasAge"/>
   <owl:cardinality
   rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger">1
   </owl:cardinality>
        </owl:Restriction>
   </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Les restrictions de cardinalités

Turtle syntax

```
:Animal  rdfs:subClassOf  [
  rdf:type owl:Restriction ;
   owl:onProperty :hasAge ;
   owl:cardinality "1"^^xsd:nonNegativeInteger ;
   owl:onDataRange xsd:nonNegativeInteger
] .
:Animal  rdfs:subClassOf  [
  rdf:type owl:Restriction ;
   owl:onProperty :hasAge ;
   owl:minCardinality "1"^^xsd:nonNegativeInteger ;
   owl:onDataRange xsd:nonNegativeInteger
] .
```

La propriété `hasAge` est une propriété fonctionnelle

Les restrictions de cardinalités

Turtle syntax

```
:Animal  rdfs:subClassOf  [
  rdf:type owl:Restriction ;
   owl:onProperty :hasAge ;
   owl:minCardinality "1"^^xsd:nonNegativeInteger ;
   owl:onDataRange xsd:nonNegativeInteger
] .
```

Pensez-vous que cette nouvelle restriction aura une influence sur les instances?

Les restrictions de cardinalités – vérification de la cohérence

Les restrictions de propriétés - Exercices

- Définissez :
  - Les girafes sont des herbivores qui ne mangent que des feuilles.
  - Les lions sont des carnivores qui mangent notamment des herbivores.
  - Les lions ont au plus un copain qui ne peut être qu'un lion.
  - Les branches sont nécessairement des bouts d'arbre.
  - Les feuilles sont nécessairement des bouts de branches.
  - Un arbre a au moins une branche.

Les restrictions de propriétés - Exercices

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- **Les spécificités OWL2**
- Les règles

Les spécificités avancées de OWL2

- Les chaines de propriétés
- Les clés
- Définitions d'annotations plus riches
- Définitions de types de données plus riches
- Définitions de restrictions sur les cardinalités plus avancées

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Les spécificités avancées de OWL2

- Les chaines de propriétés

```
<rdf:Description rdf:about="hasGrandparent">
   <owl:propertyChainAxiom rdf:parseType="Collection">
      <owl:ObjectProperty rdf:about="hasParent"/>
      <owl:ObjectProperty rdf:about="hasParent"/>
   </owl:propertyChainAxiom>
 </rdf:Description>
```

Turtle Syntax

```
:hasGrandparent  owl:propertyChainAxiom  ( :hasParent  :hasParent ) .
```

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Les spécificités avancées de OWL2

- Les clés

```
<owl:Class rdf:about="#Animal">
   <owl:hasKey rdf:parseType="Collection">
     <owl:ObjectProperty rdf:about="hasTatouage"/>
   </owl:hasKey>
 </owl:Class>
```

Turtle Syntax

```
:Animal owl:hasKey ( :hasTatouage ) .
```

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Les spécificités avancées de OWL2

- Les annotations

```
<owl:Class rdf:ID="Carnivore">
   <rdfs:subClassOf rdf:resource="Animal"/>
</owl:Class>
<owl:Axiom>
  <owl:annotatedSource rdf:resource="Carnivore"/>
  <owl:annotatedProperty rdf:resource="&rdfs;subClassOf"/>
  <owl:annotatedTarget rdf:resource="Animal"/>
  <rdfs:comment>States that a carnivore is an animal.
  </rdfs:comment>
</owl:Axiom>
```

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Les spécificités avancées de OWL2

- Les annotations

Turtle Syntax

```
:Carnivore rdfs:subClassOf :Animal .
 []  rdf:type        owl:Axiom ;
     owl:annotatedSource    :Carnivore ;
     owl:annotatedProperty  rdfs:subClassOf ;
     owl:annotatedTarget    :Animal ;
     rdfs:comment     "States that a carnivore
is an animal."^^xsd:string .
```

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

Les spécificités avancées de OWL2

- Définitions de types de données plus riches

  (e.g. `owl:NegativePropertyAssertion`*)*

  Exemple : Ernestine ne peut pas avoir 12 ans

- Définitions de restrictions sur les cardinalités plus avancées

  (e.g. `owl:maxQualifiedCardinality`*,* `owl:minQualifiedCardinality`*)*

  Exemple : Léon a au moins 2 copines qui sont des copines d'Ernestines

https://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-primer-20090611/

OWL Lite

2.1 OWL Lite Synopsis

The list of OWL Lite language constructs is given below.

RDF Schema Features:

- *Class (Thing, Nothing)*
- *rdfs:subClassOf*
- *rdf:Property*
- *rdfs:subPropertyOf*
- *rdfs:domain*
- *rdfs:range*
- *Individual*

(In)Equality:

- *equivalentClass*
- *equivalentProperty*
- *sameAs*
- *differentFrom*
- *AllDifferent*
- *distinctMembers*

Property Characteristics:

- *ObjectProperty*
- *DatatypeProperty*
- *inverseOf*
- *TransitiveProperty*
- *SymmetricProperty*
- *FunctionalProperty*
- *InverseFunctionalProperty*

Property Restrictions:

- *Restriction*
- *onProperty*
- *allValuesFrom*
- *someValuesFrom*

Restricted Cardinality:

- *minCardinality* (only 0 or 1)
- *maxCardinality* (only 0 or 1)
- *cardinality* (only 0 or 1)

Header Information:

- *Ontology*
- *imports*

Class Intersection:

- *intersectionOf*

Versioning:

- *versionInfo*
- *priorVersion*
- *backwardCompatibleWith*
- *incompatibleWith*
- *DeprecatedClass*
- *DeprecatedProperty*

Annotation Properties:

- *rdfs:label*
- *rdfs:comment*
- *rdfs:seeAlso*
- *rdfs:isDefinedBy*
- *AnnotationProperty*
- *OntologyProperty*

Datatypes

- *xsd datatypes*

https://www.w3.org/TR/owl-features/

OWL DL and Full

2.2 OWL DL and Full Synopsis

The list of OWL DL and OWL Full language constructs that are in addition to or expand those of OWL Lite is given below.

Class Axioms:

- *oneOf, dataRange*
- *disjointWith*
- *equivalentClass*
  (applied to class expressions)
- *rdfs:subClassOf*
  (applied to class expressions)

Boolean Combinations of Class Expressions:

- *unionOf*
- *complementOf*
- *intersectionOf*

Arbitrary Cardinality:

- *minCardinality*
- *maxCardinality*
- *cardinality*

Filler Information:

- *hasValue*

https://www.w3.org/TR/owl-features/

Sommaire

- Les classes OWL
  - Définition par subsomption
  - Définition par disjonction
- Les instances
- Les descriptions de classes
  - Par intersection
  - Par union
  - Par complément
  - Par énumération
- Les propriétés
  - Les propriétés objets
  - Les propriétés de données
  - Les caractéristiques des propriétés
- Les restrictions de propriétés
  - Les restrictions de valeurs
  - Les restrictions de cardinalités
- Les spécificités OWL2
- **Les règles**

Pour aller plus loin…
Les règles

- Les règles sont généralement écrites en SWRL

  https://www.w3.org/Submission/SWRL/

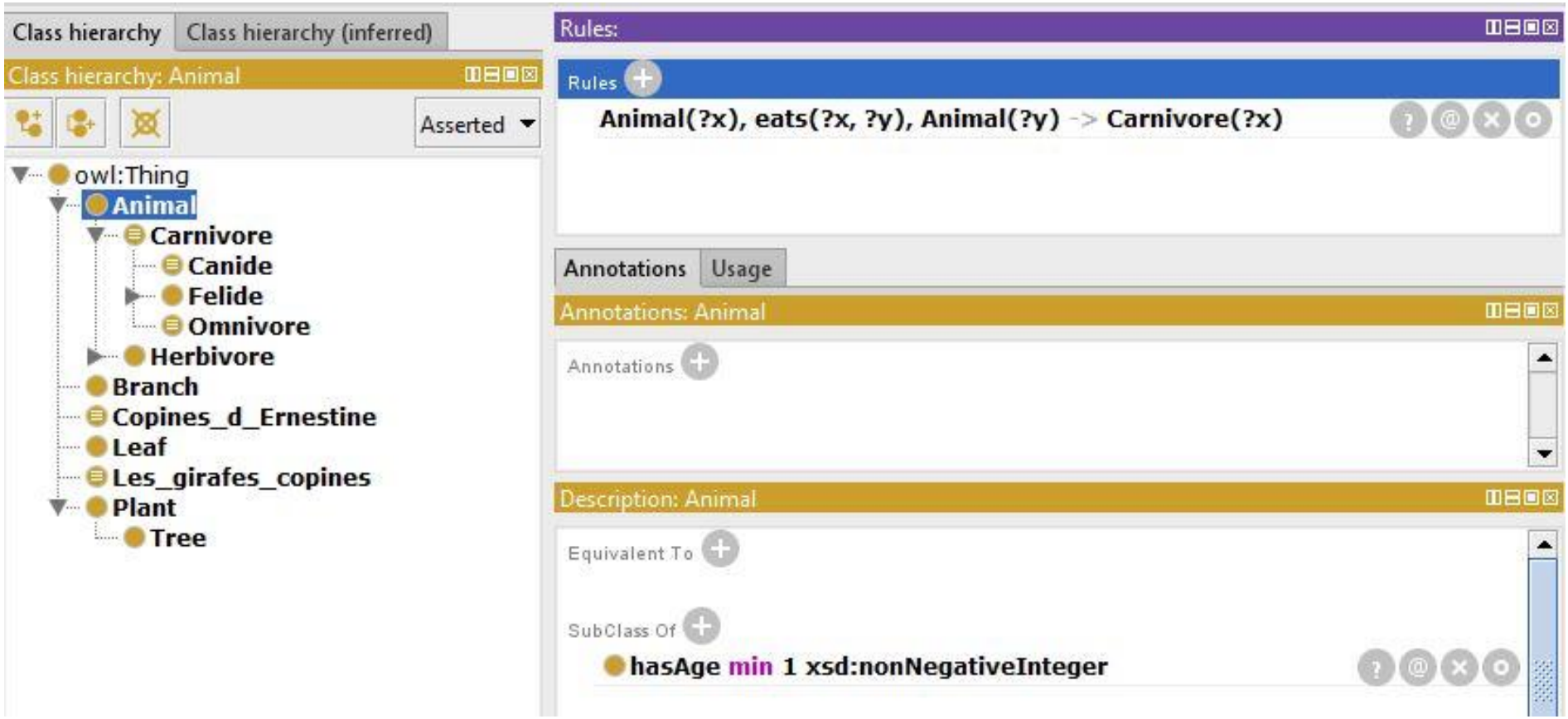
- Elles sont composées de 2 parties principales : un corps « body » et une tête « head ».

Les règles

- Ecrivons une règle permettant de dire qu'un animal qui mange un autre animal est un carnivore

- Puis créons l'animal `Alphonse` qui mange la girafe `Ernestine`

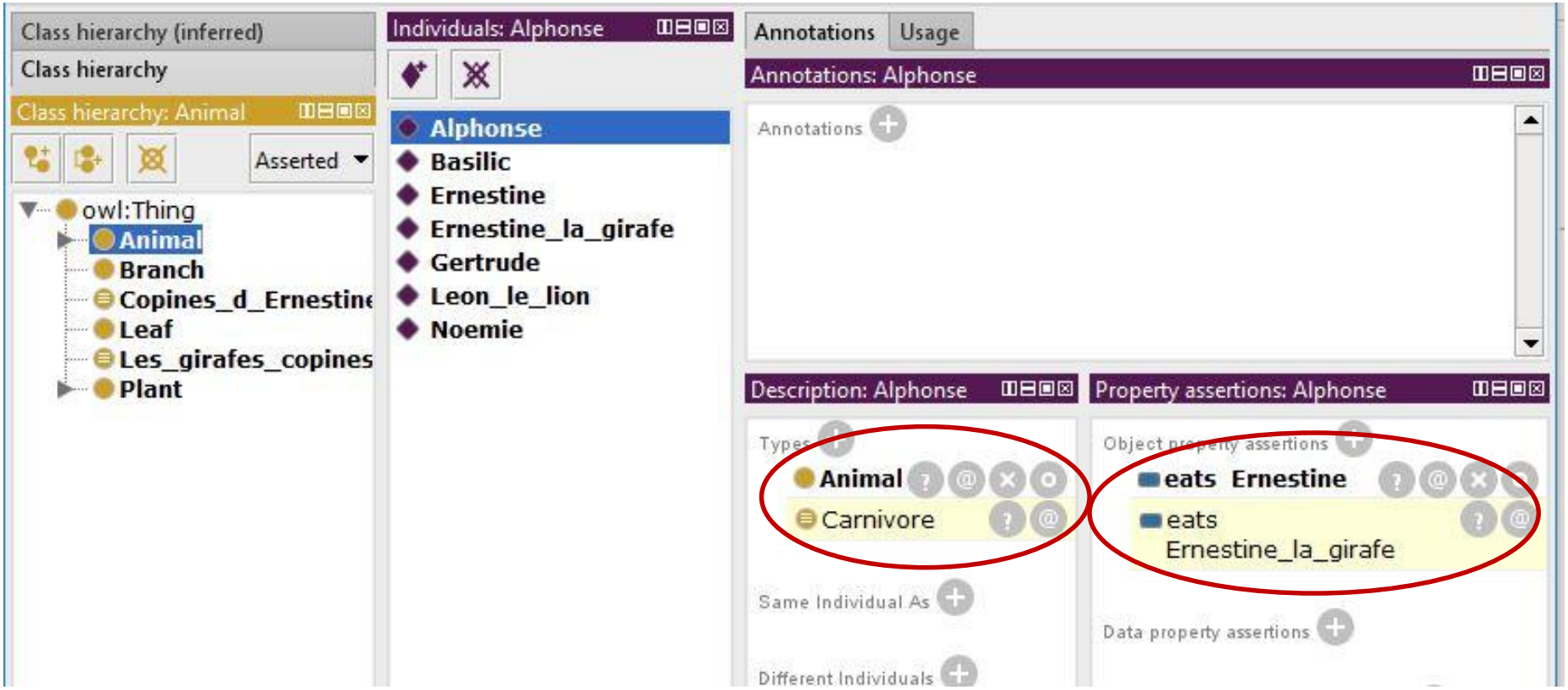
Les règles



Interprétation logique

$\forall x,y\ \mathrm{Animal}(x) \wedge \mathrm{Animal}(y) \wedge \mathrm{eats}(x,y) \rightarrow \mathrm{Carnivore}(x)$

Les règles



On infère de nouvelles connaissances :

- `Alphonse` est un carnivore

- Il mange aussi `Ernestine_la_girafe` par application du `sameAs`