

## Logiques de description l

LREC - Cours 3 Jean-Gabriel Ganascia

Introduction aux logiques de description Syntaxe des logiques de description Sémantique













- Description Logics, Franz Baader, Ian Horrocks, Ulrike Sattler, in « Handbook of Knowlefge Representation », editeurs Frank Van Harmelen, Vladimir Lifschitz, Bruce Porter, chapitre 3, pp. 135-179
- The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications, F. Baader, E. Franconi, B. Hollunder, B. Neble, H.-J. Profitlich, Cambridge University Press, 2003



















Formalismes inspirés des représentations sémantiques (réseaux sémantiques, frame, graphes conceptuels, ...)

**TKRS**: Terminological Knowledge Representation Systems

### **Deux composants**

- Classes générales d'individus T-Box
  - Propriétés générales des classes
  - Relations entre les classes
- Instanciation de ces schémas A-Box
  - Assertions relatives à des individus



# I I P

## C

N

R

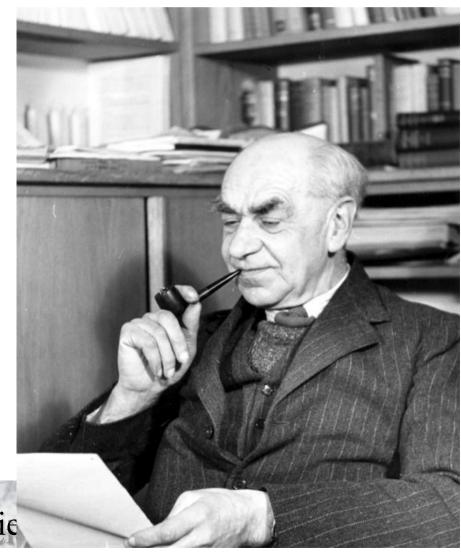
S

## Organisation de la mémoire

Sir Frederic Charles Bartlett

(1886-1969)

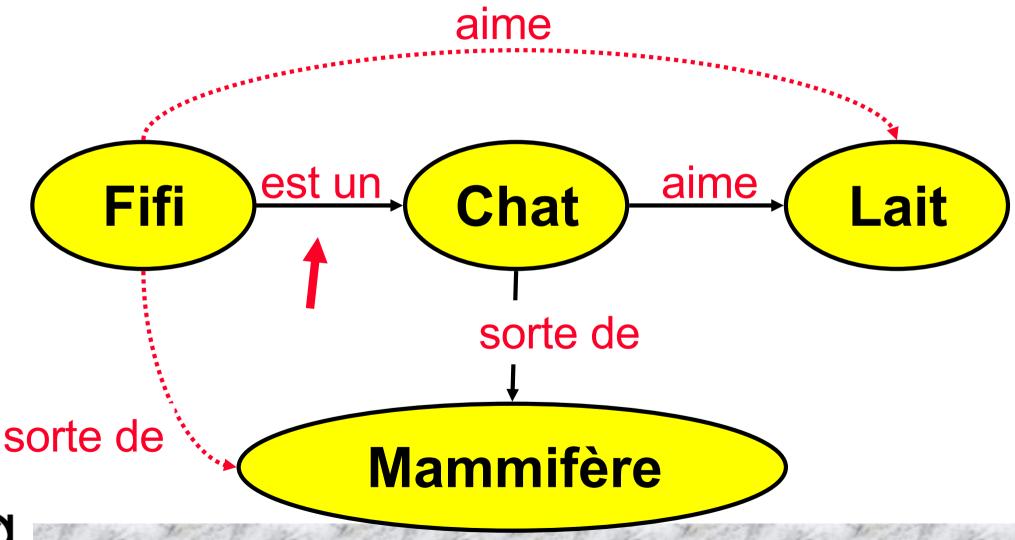
- Entités
- Propriétés
- Organisation hiérarchique des entités





Jean-Gabriel Ganascia – Faculté des scie

Inférences: liens 'est un' ou 'sorte de' Un nœud hérite des propriétés de ses pères sauf s'il y a contradiction





6

Jean-Gabriel Ganascia – Faculté des sciences de Sorbonne Université 5











## Représentation en logique des prédicats du premier ordre

- Prédicats d'arité 1 or 2 (unaires ou binaires)
  - Concepts: arité 1
  - Relations: arité 2
- Des règles peuvent être utilisées pour traduire l'héritage et quelques contraintes
- Mère EST-UN Parent  $\forall X \text{ Mère}(X) \rightarrow \text{Parent}(X)$
- Tous les enfants de Parent sont des Personne  $\forall X,Y \; Parent(X) \land aEnfant(X, Y) \rightarrow Personne(Y)$
- On s'attend à ce que certaines inférences soient faites
  - Héritage: toutes les propriétés d'une superclasse devraient aussi être des propriétés de ses sous-classes.
  - Ainsi, tous les enfants de Mère doit être des Personne  $\forall X,Y \text{ Mère}(X) \land aEnfant(X, Y) \rightarrow Personne(Y)$















Formalismes inspirés des représentations sémantiques (réseaux sémantiques, frame, graphes conceptuels, ...)

Se distinguent des représentations sémantiques par une sémantique formelle

- Fragments décidables de la logique du premier ordre
- Procédures de décision pour la résolution de problèmes clefs:
  - Satisfiabilité cohérence
  - Subsomption
- Systèmes implémentés très efficaces





- Termes (noms de concepts + relations)
  - Concepts: prédicats unaires
  - Rôles: relations binaires

**TBox** 

**Terminologie** 

- Contraintes (propriétés et opérateurs)
  - Négation, intersection, union,
  - Quantification universelle, existentielle
  - Contraintes sur les cardinalités des ensembles (nbre côtes · 8)
  - **–** ...
- Assertions (énumérations)

ABox

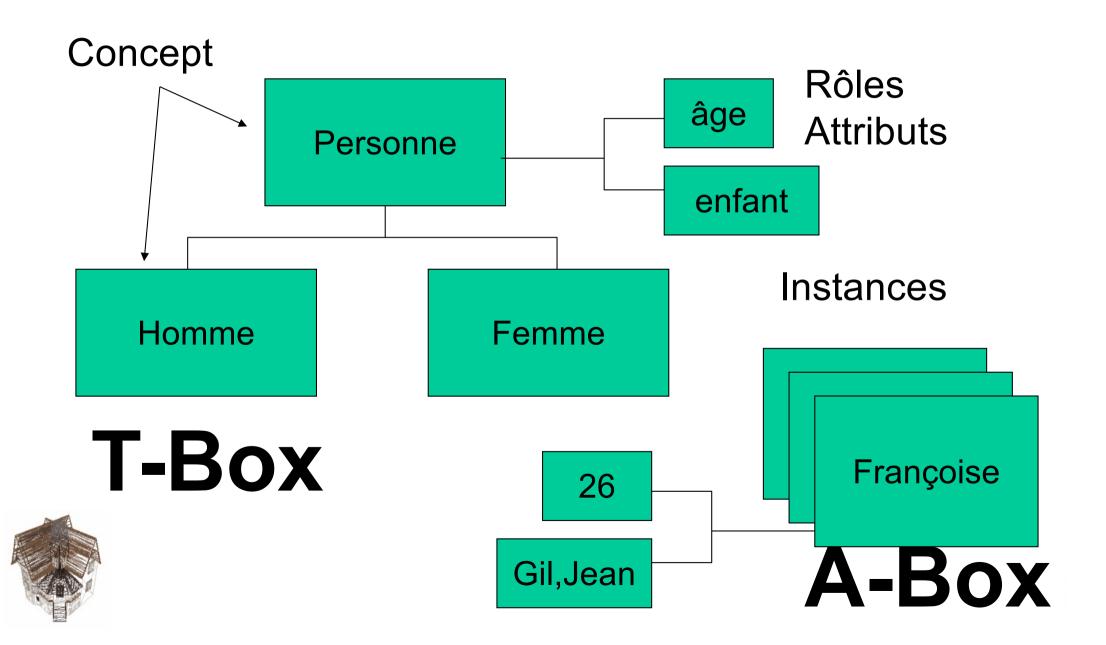
- Constantes
- Instances des concepts et des rôles sur ces constantes Assertions

# Inférence sur les représentations emboîtées: héritage et instances Concept Personne Instances Homme **Femme** Françoise



## Inférences sur les représentations emboîtées: héritage et instances âge Rôles Personne **Attributs** enfant Instances Homme **Femme** Françoise 26 Gil, Jean Jean-Gabriel Ganascia – Fac<del>une des sere</del>nces de Sorbonne Université 10

## T-Box et A-Box

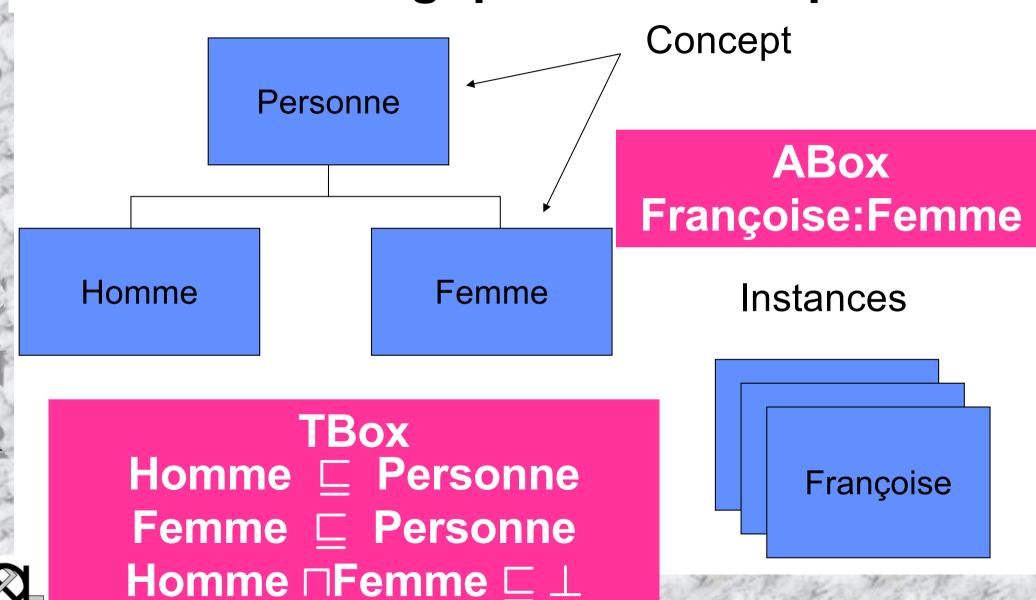


## Eléments de base du langage des logiques de description

- Connecteurs de concepts:
  - -Intersection: □
  - –Union: ⊔
  - -Subsomption: <u>□</u> (Homme <u>□</u> Personne: Homme est subsumé par Personne)

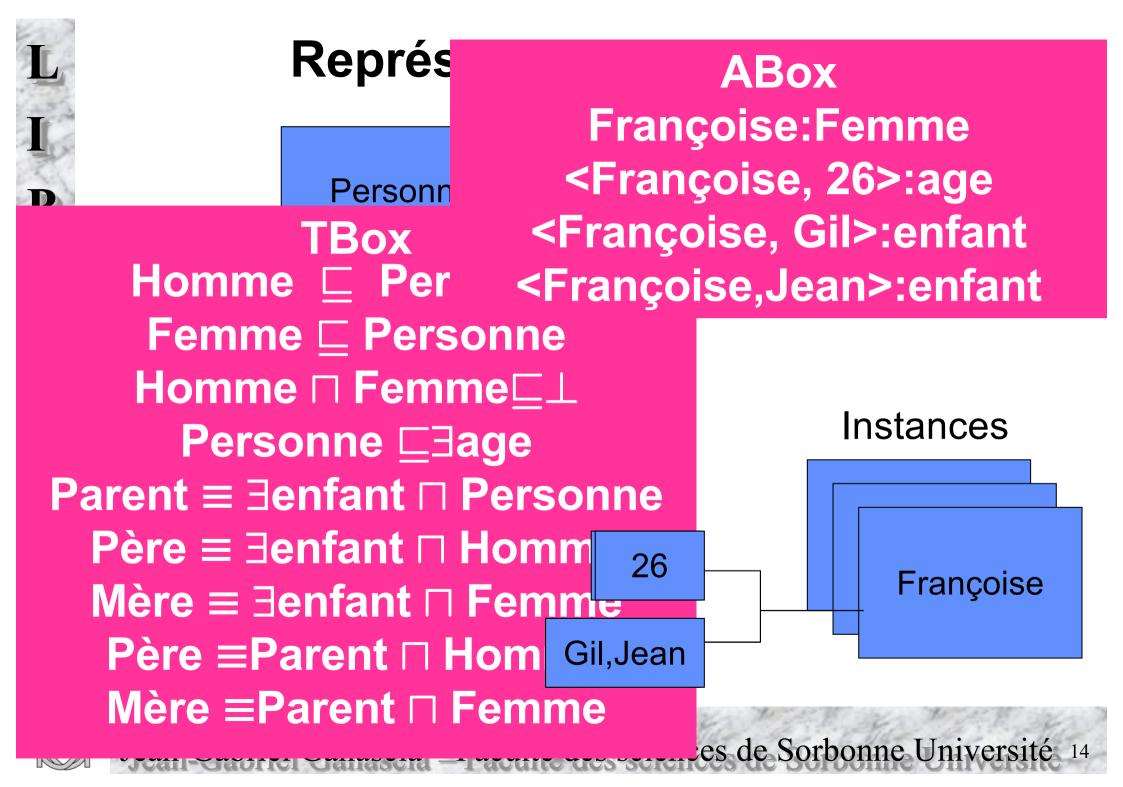


## Représentation des concepts et instances à l'aide de logiques de descriptions





s de Sorbonne Université 13



### Un exemple Personne, Femelle, etc aEnfant sont des concepts (1, NIL) aEnfant est une Personne propriété associée au concept Personne aEnfant relie Parent à Personne - (1,Nil) cardinalité Nil signifie infinité. Un Femelle **Parent** Parent est une Personne avec entre 1 et une infinité d'enfants Femme Les larges flèches sont des liens "EST-UN" Mère Une Mère est un



(spécialisation d'un)

**Parent** 







## Eléments de base du langage des logiques de description

- Connecteurs de concepts:
  - -Intersection: □
  - –Union: ⊔
  - -Subsomption: 

    ☐ (Homme ☐ Personne: Homme est subsumé par Personne)
- Restrictions de rôle:
  - -Universelle:∀r.C
  - -Existentielle:∃r.C
  - –Cardinalité:≤<sub>n</sub>r.C











## Qu'est ce que ∀r.C et ∃r.C signifient?

 Un « FouDeChiens » est quelqu'un dont les animaux de compagnie sont tous des chiens, ici {C}

FouDeChiens = ∀hasPet.Dog

 $\{p \mid \forall a, \langle p, a \rangle \in hasPet \rightarrow a \in Dog\}$ 

On peut l'écrire plus simplement:

 $\{p \mid \forall a, hasPet(p, a) \rightarrow Dog(a) \}$ 

 Un « AmateurDeChiens » est quelqu'un qui possède un chien, ici {A, C} AmateurDeChiens = ∃hasPet.Dog  $\{p \mid \exists a \text{ hasPet}(p, a) \& Dog(a) \}$ 

hasPet	
A	Fido
A	Fluffy
В	Tabby
С	Rover
С	Flip

Cat
Fluffy
Tabby

Dog
Fido
Rover
Flip

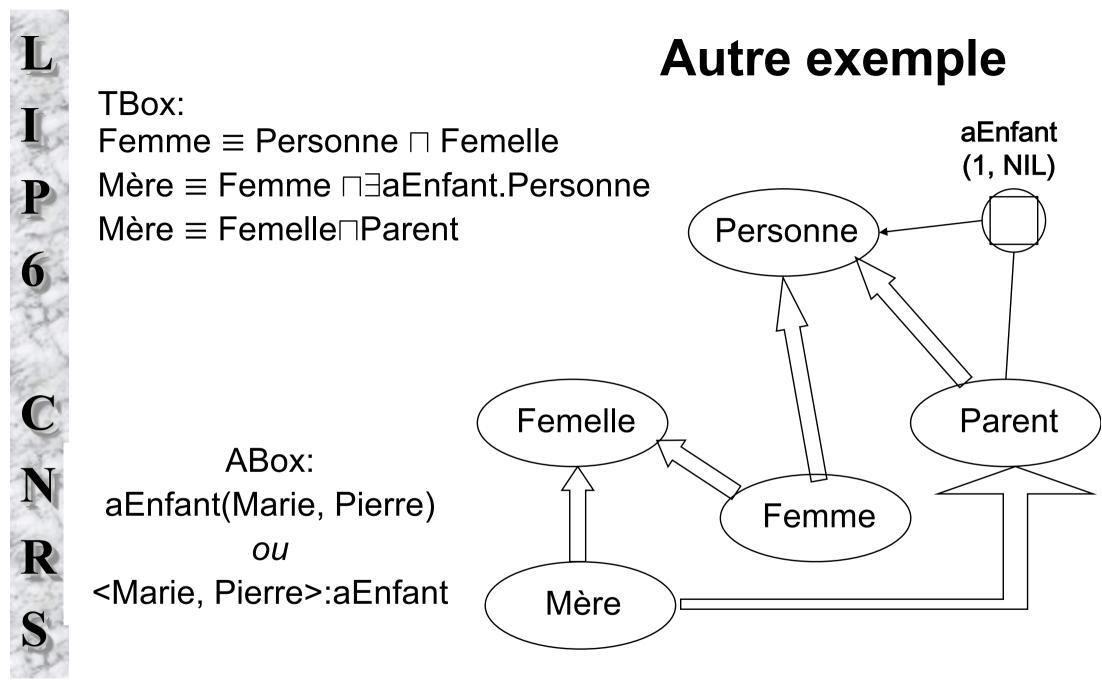


## Pas de variables...

Homme □ ¬Femme □ (∃marié.Médecin) □ (∀aEnfant.(Médecin ∐ Avocat))

- •Symbole union (□) et intersection (□) de concepts
- •Quantificateur existentiel: ∃marié.Médecin
  - Ensemble des individus mariés à au moins un médecin
- •Quantificateur universel: (∀aEnfant.(Médecin ∐ Avocat))
  - Ensemble des individus dont tous les enfants sont soit médecin, soit avocats
- •Axiomes: ∃aEnfant.Humain ⊑ Humain (subsomption)
  - Seuls les êtres humains peuvent avoir des enfants humains
- •Axiomes: Père ≡ Homme⊓∃aEnfant.T

















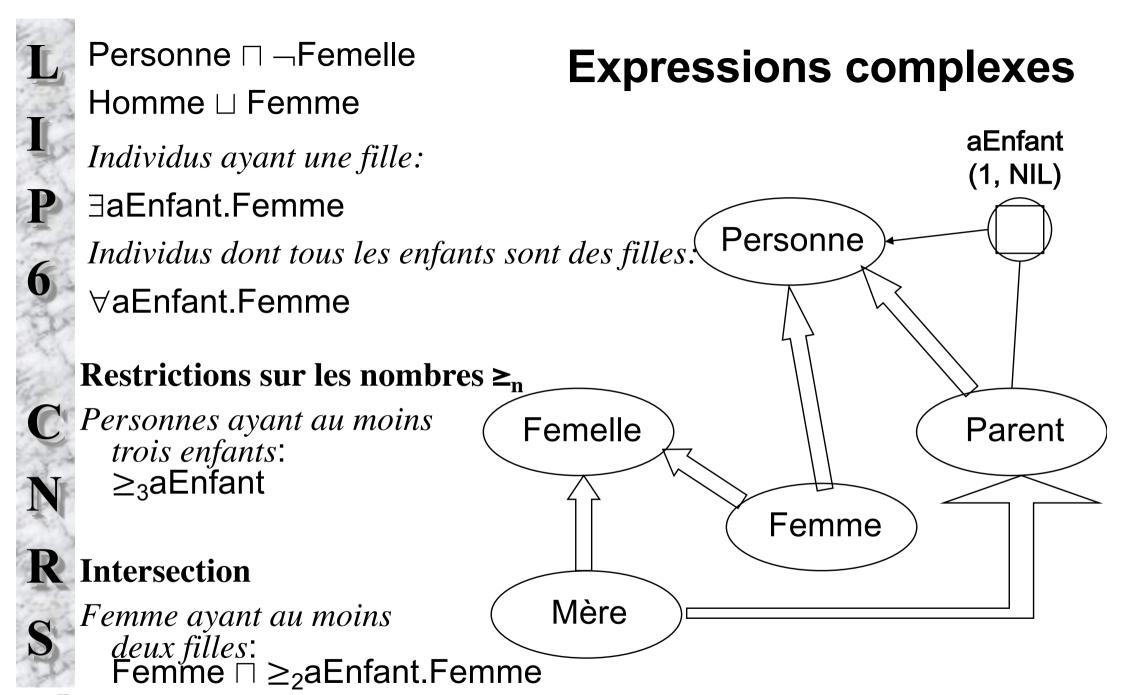


## Remarque sur la notation

### Usuellement

- Les concepts sont des chaînes de caractères qui commencent par une majuscule: Homme, Femme, Personne, Femelle, Mère, Parent...
- Les rôles sont des chaînes de caractères qui commencent par une minuscule: age, enfant, aEnfant, aFemmeFamille...







Jean-Gabriel Ganascia – Faculté des sciences de Sorbonne Université 21

### 

### **Expressions complexes**

Homme ⊔ Femme

Individus ayant une fille:

P ∃aEnfant.Femme

Individus dont tous les enfants sont des filles.

∀aEnfant.Femme

### Restrictions sur les nombres

Personnes ayant au moins trois enfants:

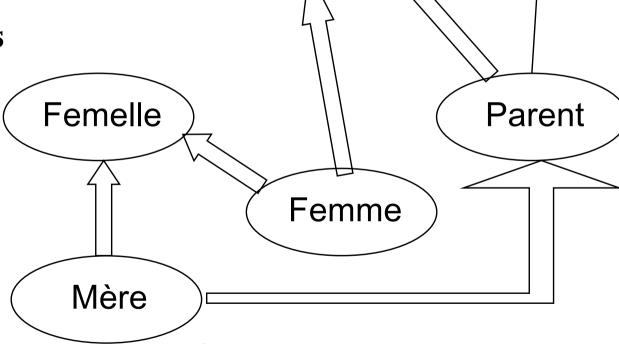
 $\geq_3$ aEnfant

### Intersection de rôles

Femme ayant au moins deux filles:

Femme  $\sqcap \geq_2 (aEnfant \sqcap aFemmeFamille)$ 

[aFemmeFamille: rôle qui associe à l'individu x toutes les femmes de sa famille]



Personne



aEnfant

(1, NIL)

### **Exemple Solution Problème** Supposons que l'on veuille décrire les concepts suivants: Etudiant □ ∃assiste.CoursLRC 1. Etudiants qui assistent à des cours de LRC, 2. Etudiants qui n'assistent qu'aux 2. Etudiant □ ∀assiste.CoursLRC cours de LRC 3. Etudiants qui assistent à tous les Rôle non assiste 3. cours de LRC Etudiants qui n'assistent pas à un cours de utilisant LRC Etudiant □ ∃non\_assiste.CoursLRC les concepts Etudiant et CoursLRC et Etudiants qui assistent à tous les cours de LRC Les rôles assiste et non assiste Etudiants □ ¬∃non assiste.CoursLRC Etudiants □ ∀non assiste.¬CoursLRC













## Histoire des logiques de description 1

- Phase 0 (1965-1980): pre-DL → introduction réseaux sémantiques et frames. Critiques liées au manque de sémantique formelle. Tentatives de conception de réseaux d'héritage structurés (Brachman) KL-One: premier système de logique de description
- Phase 1 (1980-1990): premières implémentation KL-One, K-Rep, Krypton, Back, Loom Utilisation d'algorithmes de subsomption structurelle très efficaces, mais non complets, voire même indécicables sauf pour des fragments très pauvres















## Histoire des logiques de description 2

- Phase 2 (1990-1995): introduction d'algorithmes fondés sur les tableaux. Permet de décider de la cohérence d'une base de connaissance. Premiers systèmes utilisant ces méthodes: Kris et Krack. Implémentations efficaces, même si la complexité dans le pire des cas n'est plus polynomiale
- Phase 3 (1995-2000): développement de procédures d'inférences pour des logiques de descriptions très expressives basées sur les tableaux ou la traduction dans des logiques modales. Exploration des liens avec le logiques modales
- Phase 4 (2000): application web sémantique, systèmes d'information, ... Utilisation DL moins expressives...



## La « famille » des logiques de description

- Une logique de description donnée et définie par des concepts, des roles et des opérateurs
- La logique AL (Attribute Language) contient uniquement la négation atomique et la quantification existentielle limitée
  - Les concepts sont construits en utilisant avec les connecteurs  $\neg$ ,  $\neg$ ,  $\exists$  et  $\forall$
- La plus petite logique de description avec les connecteurs contenant la logique propositionnelle est ALC (équivalente à la logique multimodale K<sub>(m)</sub>) – cela signifie AL et complémentation C
  - Les concepts sont construits en utilisant  $\neg$ ,  $\sqcup$ ,  $\neg$ ,  $\exists$  et  $\forall$
- FL correspond à AL sans la négation atomique
- $\mathcal{FL}_0$  correspond à  $\mathcal{FL}^-$  sans la quantification existentielle limitée

## $\mathcal{FL}_0$ : la plus simple logique de description

## **Syntaxe**

### **Alphabet**

- concepts atomiques A, B, C, D...
- Rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles  $\{ \sqcap, \forall, . \}$

### **Grammaire**

```
concept ::= <concept atomique> |
            <concept> □ <concept> |
            ∀<role atomic>.<concept>
```



## FL-Syntaxe

### **Alphabet**

- concepts atomiques A, B, C, D...
- Rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles  $\{ \sqcap, \exists, \forall, . \}$

### **Grammaire**

```
concept ::= <concept atomique> |
```

```
∃<role atomique> |
```

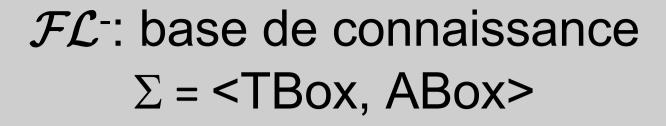
∀<role atomic>.<concept>











- TBox: axiomes terminologiques  $C \sqsubseteq D$ , C = D
  - Définitions

Parent=∃aENFANT □ Personne

Subsomptions

Homme  $\sqsubseteq$  Personne ( $\sqsubseteq$ : subsomption)

- ABox: assertions a:C, <a, b>:R
  - Assertions de concepts

Jean:Parent

Jean:Personne □∃aENFANT

Albert:personne

- Assertions de rôles
- <Jean, Thomas>:aENFANT



## FL-: Sémantique intuitive

- Concepts: classes, ensemble d'individus
- Rôles: relations entres paires d'individus
- Concepts atomiques: concepts primitifs
- ∃R: existence d'un élément couvert par le rôle R
- exemple: ∃aENFANT: concept des choses qui ont des enfants
- C □ D: le concept conjoint C et D
- exemple: ∃aENFANT □ personne: parents
- ∀R.C : restriction d'un concept
- exemple: ∀aENFANT.Medecin : concept des choses dont tous les enfants sont médecins...

### 

### **Expressions complexes**

Homme 

☐ Femme

Individus ayant une fille:

le:

aEnfant
(1, NIL)

P ∃aEnfant.Femme

Individus dont tous les enfants sont des filles.

∀aEnfant.Femme

### Restrictions sur les nombres

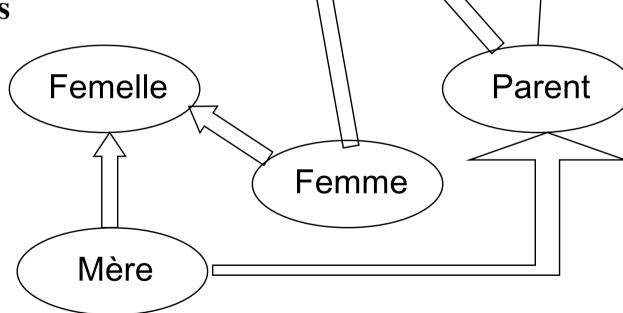
Personnes ayant au moins trois enfants:

≥<sub>3</sub>aEnfant

### Intersection de rôles

R Femme ayant au moins deux filles:

Femme □ ≥<sub>2</sub>(aEnfant □ aFemmeFamille)



Personne



ABox:

Jean-Gabriel (aEnfant(Marie, Pierre) ou <Marie, Pierre>:aEnfant

## **AL** Syntaxe

### **Alphabet**

- concepts atomiques A, B, C, D...
- Rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles  $\{ \sqcap, \exists, \forall, \neg, . \}$

### **Grammaire**

```
concept ::= <concept atomique> |
            <concept> □ <concept> |
             ∃<role atomique> |
             -<concept atomique> |
            ∀<role atomic>.<concept>
```



## ALC: la plus simple des logiques de description propositionnelles

### **Alphabet**

- Ensemble de concepts atomiques A, B, C, D...
- Ensemble de rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles {□,□,∃,∀,¬,⊤,⊥,.}

### **Grammaire**

- ⊤ et ⊥ sont des concepts
- Si C et D sont des concepts:
  - ¬C est un concept (et pas uniquement un concept atomique)
  - C ⊔ D et C ¬D sont des concepts
- Si r est un rôle et C un concept
  - ∀r.C et ∃r.C sont des concepts















### La « famille » des logiques de description: les extensions de AL

- S est souvent utilisé pour dénoter ALC avec roles transitifs  $(\mathcal{R}_{+})$
- Des lettres additionnelles indiquent d'autres extensions:
  - $-\mathcal{H}$  pour les axiomes d'inclusion de rôles (hiérarchie de rôles aFille  $\sqsubseteq$  aEnfant)
  - − O pour noms (classes nominales singleton, exemple: {Italie})
  - $-\mathcal{I}$  pour les rôles inverses (estEnfantDe qui correspond à aEnfant<sup>-1</sup>)
  - N pour les restrictions sur les nombres (de la forme ∃≤n, ∃≥n)
  - -Q pour les restrictions qualifiées sur les nombres (de la forme  $<_n r.C, >_n r.C$ )
- p.e. OWL est  $ALC+R_+$  + hierarchie de rôles + classes nominales + inversion de rôles + restrictions qualitifées sur les nombres =  $\mathcal{SHOIQ}$



## Ī

## P













## ALCN: ajout contraintes sur les cardinalités

### **Alphabet**

- Ensemble de concepts atomiques A, B, C, D...
- Ensemble de rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles {□,□,∃,∀,¬,⊤,⊥,.,∃≤n,∃≥n}

### **Grammaire**

- ⊤ et ⊥ sont des concepts
- Si C et D sont des concepts:
  - ¬C est un concept
  - C ⊔ D et C ¬D sont des concepts
- Si r est un rôle et C un concept
  - ∀r.C et ∃r.C sont des concepts
- · Si r est un rôle
  - ∃≤nr et ∃≥nr sont des concepts

### **Exercise**

- 1. Nobody steal.
- P 2. No human does steal.
- 3. All human are honest
  - 4. At least one human is a king. (with a king as a role)
- 5. At more one human is a king
  - 6. Pierre is a king
  - 7. One cannot be both a man and a woman
  - king and steal are roles
    - Jean-Gabriel Ganascia Faculté des sciences de Sorbonne Université 36

## Exercise (following)

- 1. A minor is a person less than 18 years old
- 2. Family whose children are all minor.
- 3. Man who has more than three daughters
- 4. A woman whose children are less than 3 years old
- 5. A woman who is the child of a man who is older than 90
- hasAge and hasChildren are roles,
- Minor, Person, Family, Man, Woman and ≤ 18 are concepts



# 1st order logic semantics - recall

- ➤ Being given a domain **D**
- ➤ We call "interpretation" a function *i* which attributes:
  - To any n-ary function  $f_n$  of  $F_n$ , a function from  $\mathcal{D}^n$  to  $\mathcal{D}$ , which is denoted  $i[f_n]$
  - To each n-ary predicate symbol  $p_n$  of  $\mathcal{P}_n$ , a function from  $\mathcal{D}^n$  to  $\{v, f\}$ , which is denoted  $i[p_n]$
- A formula is "valid" if it is true in <u>all</u> the interpretations of <u>all</u> domains
- A formula is "satisfiable" if it is true for at least one interpretation of one domain.
- A formula is "unsatisfiable" if it is never true in any domain, i.e. if it is false in <u>all</u> interpretations of <u>all</u> domains.
  - Jean-Gabriel Ganascia Faculté des sciences de Sorbonne Université 38



# FL: Sémantique formelle

Une interprétation  $\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, .^{\mathcal{I}})$  consiste en

- Un ensemble non vide  $\Delta^{\mathcal{I}}$  (le domaine)
- Un fonction (la fonction d'interprétation) qui associe
  - $-\dot{\mathbf{A}}$  tout concept C, un sous-ensemble  $\mathbf{C}^{\mathcal{I}}$  de  $\Delta^{\mathcal{I}}$
  - $-\dot{\mathbf{A}}$  tout rôle r, un sous-ensemble  $\mathbf{r}^{\mathcal{I}}$  de  $\Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$
  - $-\dot{\mathbf{A}}$  tout individu i, un élément i<sup> $\mathcal{I}$ </sup> de  $\Delta^{\mathcal{I}}$













### FL: Fonction d'extension

Une fonction d'interprétation. Test une fonction d'extension ssi

- $(C \sqcap D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$
- $(\forall r.C)^{\mathcal{I}} = \{x \in \Delta \mid \forall y. (x, y) \in r^{\mathcal{I}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\}$
- $(\exists r)^{\mathcal{I}} = \{x \in \Delta | \exists y. (x, y) \in r^{\mathcal{I}}\}$

Remarque: C<sup>I</sup> est l'ensemble des individus de l'extension de C dans l'interprétation I

Ainsi, écrire  $x \in C^{\mathcal{I}}$  est équivalent à C(x).

De même,  $(x, y) \in r^{\mathcal{I}}$  est équivalent à r(x,y)













## La sémantique du langage AL

Syntaxe	Sémantique
$ op \mathcal{I}$	$\Delta^{\mathcal{I}}$ (concept universel)
$oxed{oldsymbol{oldsymbol{oldsymbol{eta}}}^{\mathcal{I}}}$	Ø(concept vide)
$(\neg A)^{\mathcal{I}}$	Δ <sup>2</sup> \ A <sup>2</sup> (négation atomique)
$(C \sqcap D)^{\mathcal{I}}$	$C^{\mathcal{I}} \sqcap D^{\mathcal{I}}$ (intersection)
(∀ r.C) <sup>T</sup>	$\{a \in \Delta^{\mathcal{I}}   \forall b \ (a,b) \in R^{\mathcal{I}} \rightarrow b \in C^{\mathcal{I}} \}$ (restriction de rôle)
(∃ r.⊤) <sup><i>I</i></sup>	$\{a \in \Delta^T \mid \exists b \ (a,b) \in R^T \}$ (quantification existentialle limitée)
r	$r^{\mathcal{I}} \subset \Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}(R \text{ est un } r\hat{o}le \text{ atomique})$
A	$A^{\mathcal{I}} \subset \Delta^{\mathcal{I}}$ (A est un concept atomique)



# ALC: la plus simple des logiques de description propositionnelles

### **Alphabet**

- Ensemble de concepts atomiques A, B, C, D...
- Ensemble de rôles atomiques r, s, u, v, ...
- Symboles {□,□,∃,∀,¬,⊤,⊥,.}

### **Grammaire**

- ⊤ et ⊥ sont des concepts
- Si C et D sont des concepts:
  - ¬C est un concept (et pas uniquement un concept atomique)
  - C ⊔ D et C ¬D sont des concepts
- Si r est un rôle et C un concept
  - ∀r.C et ∃r.C sont des concepts



# 6



# Sémantique ALC

$$(C \sqcap D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$$
$$(C \sqcup D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}}$$
$$(\neg C)^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}}$$

### **Extensions** ALC

$$(\exists R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}} \land y \in C^{\mathcal{I}}\}\$$
$$(\forall R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \forall y. (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\}\$$



## Sémantique générale

$$(C \sqcap D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$$

$$(C \sqcup D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}}$$

$$(\neg C)^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}}$$

$$\{x\}^{\mathcal{I}} = \{x^{\mathcal{I}}\}$$

$$\begin{array}{ccc} (\exists R.C)^{\mathcal{I}} & - & \langle x \rangle \\ & = & \{x \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}} \land y \in C^{\mathcal{I}} \} \end{array}$$

$$(\forall R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \forall y.(x,y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\}$$

$$(\langle nR \rangle)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \forall g.(x, y) \in R \Rightarrow g \in C \}$$

$$(\langle nR \rangle)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}}\} \leqslant n\}$$

$$(\geqslant nR)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}}\} \geqslant n\}$$

$$(R^-)^{\mathcal{I}} = \{(x,y) \mid (y,x) \in R^{\mathcal{I}}\}$$













## Base de connaissance Knowledge Base

- Une Base de connaissance K est une paire  $\langle T, A \rangle$  où
  - — Test un ensemble d'axiomes "terminologiques" (la Tbox)
  - -A est un ensemble d'axiomes "assertionels" (la Abox)
- Les axiomes sont de la forme

$$C \sqsubseteq D, C \equiv D, r \sqsubseteq s, r \equiv s \text{ et } r^+ \sqsubseteq r$$

où C, D sont des concepts, r, s des rôles et r<sup>+</sup> un ensemble de rôles transitifs

Remarque: le graphe des définitions doit être acyclique

Les axiomes de la Abox sont de la forme:

x:D, 
$$\langle x,y \rangle$$
:r

où x,y sont des noms d'individus, D un concept et r un rôle















## Sémantique formelle: modèle

Si  $\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, .^{\mathcal{I}})$  est une interprétation

- a:C est satisfait par  $\mathcal{I}$  si  $\mathbf{a}^{\mathcal{I}} \in \mathbf{C}^{\mathcal{I}}$
- $\langle a,b \rangle$ :R est satisfait par  $\mathcal{I}$  si  $\langle a^{\mathcal{I}},b^{\mathcal{I}} \rangle \in R^{\mathcal{I}}$
- Une interprétation  $\mathcal{I}$  est dite être un modèle de la ABox ( $\mathcal{I}^2 \mathcal{A}$ ) si toutes les assertions de A sont satisfaites par I.
- Une interprétation  $\mathcal{I}$  est dite être un modèle de la TBox ( $\mathcal{I}^2 \mathcal{T}$ ) si tous les axiomes de  $\mathcal{T}$ sont satisfaites par  $\mathcal{I}$ .

Une interprétation  $\mathcal{I}=(\Delta^T, \mathcal{I})$  est dite être un

modèle de la base de connaissance \(\Sigma\) si tous les axiomes de  $\Sigma$  sont satisfaites par  $\mathcal{I}$ .

Une base de connaissance  $\Sigma$  est satisfiable si elle admet un modèle



# Brève histoire du web sémantique



1999 Schémas RDF Tim Berners Lee (Ressource Description Framework)

2004 Annotations sémantiques (RDFS) et Ontologies (OWL)

### Particularité du web sémantique

### **Annotation donnant** du sens aux contenus

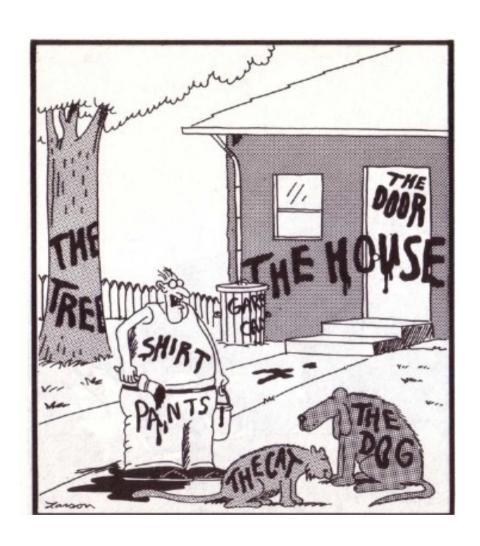
Métadonnées sémantiques

Inférences automatiques

Pas d'analyse directe des contenus

**Autres pistes** 

Extraction du sens à partir des textes



### Langage contrôlé

















# Supposons que l'on ait cette page...

### WWW2002

The eleventh international world wide web conference

Sheraton waikiki hotel

Honolulu, hawaii, USA

7-11 may 2002

1 location 5 days learn interact

Registered participants coming from

australia, canada, chile denmark, france, germany, ghana, hong kong, india, ireland, italy, japan, malta, new zealand, the netherlands, norway, singapore, switzerland, the united kingdom, the united states, vietnam, zaire

Register now

On the 7<sup>th</sup> May Honolulu will provide the backdrop of the eleventh international world wide web conference. This prestigious event ...

Speakers confirmed

Tim berners-lee

Tim is the well known inventor of the Web, ...

Ian Foster

Ian is the pioneer of the Grid, the next generation internet ...

Jean-Gabriel Ganascia – Faculté des sciences de Sorbonne Université 49

### Quelle information voit la machine...

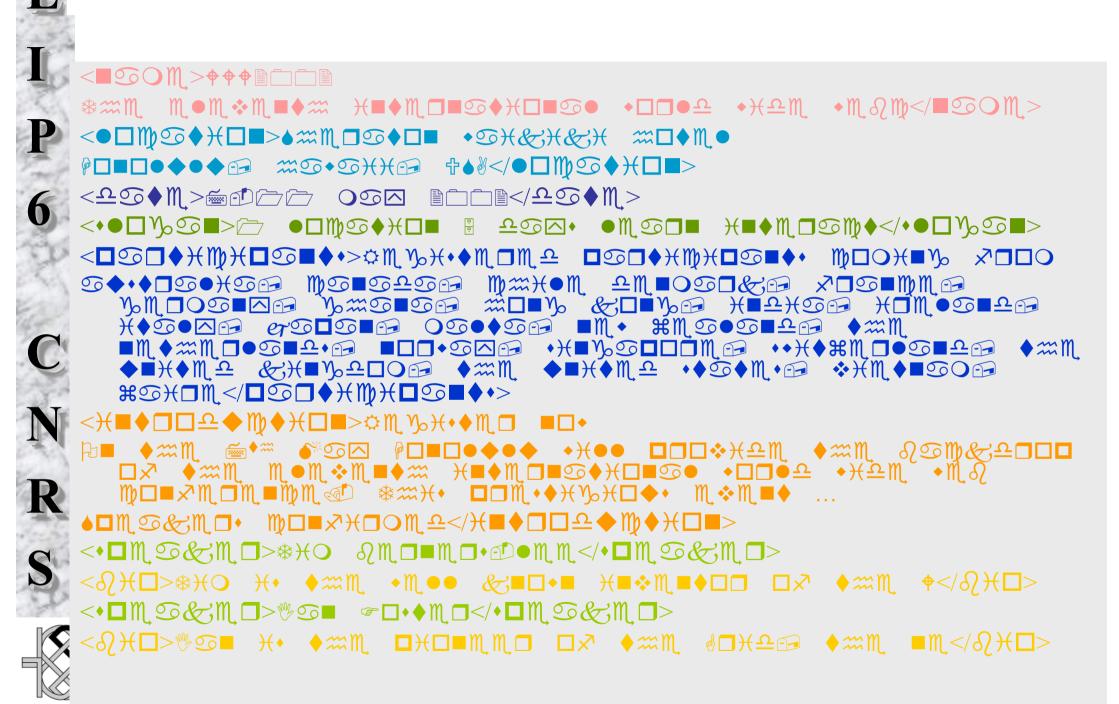
```
+++
m = x m = m m
◆>>> M □ 50 ♦ □ ■ ◆ 50 H & H & H & M ●
&;X=yoQ□O□ ◆;M ◆=;X◆MQ +$0$◆M+in ◆;HM◆=500 #5×□M
$ M % )(+♦ M □ ■□+
M * M ■ • ...
```



6

### Comment enrichir cette description? Mettre des balises <XML>... location>♦>> □■ •SH&H&H = □•M● 6 <participants>>>myo++◆moma osoo+\*my+osoo+\* moox your **#**5H□M</participants> **♦□**M ⑤ & M □ • M □ ■ > H □ ○ M ○ </introduction>

### La machine voit...



### ... mais que se passe t-il avec <place><mm□</pre>•••< <date> date> dat #5H□M</participants> **♦☐**M ⑤ **&**M ☐ • M ☐ ■ **X X** ☐ ○ M 으</introduction>



## **Ontologies**

« Chaque ontologie est un traité » T. Gruber

But: annoter les pages web de façon lisible par les hommes et les machines...

### **Deux parties:**

- Formelle: utilisables par des agents intelligents
- Informelle: transparentes aux hommes



### **OWL: Ontologie Web Language**



 Transformation d'une ontologie dans une formalisation XML

intersectionOf  $C_1 \sqcap ... \sqcap C_n$  $C_1 \sqcup ... \sqcup C_n$ unionOf ¬C complementOf ∀r.C allValuesOf ∃r.C someValuesOf (≥<sub>n</sub>r) minCardinality inverseOf



6

# OWL: Ontologie Web Language

<owl:Class>

<owl:intersectionOf</pre>

rdf:parseType="collection">

<owl:Class rdf:about="#Human"/>

<owl:Class rdf:about="#Male"/>

</owl:intersectionOf>



owl: Class> Jean-Gabriel Ganascia – Faculté des sciences de Sorbonne Université 56

# **OWL: Ontologie Web Language** ≥ 2 HasChild.Human <owl:Restriction>

```
<owl:onProperty rdf:resource="#hasChild"/>
     <owl:minCardinality rdf:about="#Human"/>
          rdf:datatype="&xsd:NonNegativeInteger">2
     </owl:minCardinality>
</owl:Restriction>
```



## L'ontologie Pizza en logique de description

PIZZA ⊑∃hasBase.PIZZABASE  $PIZZA \sqcap PIZZABASE \equiv \bot$ NonVegetarianPizza  $\equiv$  Pizza  $\sqcap \neg$ VegetarianPizza Tr(isIngredientOf)  $isIngredientOf \equiv hasIngredient^-$ 





# L'ontologie Pizza en OWL <owl:Class rdf:about="#CaperTopping"> <rdfs:label xml:lang="pt »>CoberturaDeCaper</rdfs:label> <rdfs:subClassOf> <owl:Class rdf:about="#VegetableTopping"/> </rdfs:subClassOf> <rdfs:subClassOf> <owl:Restriction> <owl:onProperty rdf:resource="#hasSpiciness"/> <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Mild"/> </owl:Restriction> </rdfs:subClassOf> </owl:Class>



 Un organisme est composé d'éléments anatomiques.

· Les éléments anatomiques sont des organismes.

• Les organismes possèdent les attributs suivants :

Mode d'alimentation

- Mode d'excitation
- Poisons
- Activités

Trois classes d'éléments anatomiques :

- Charpente
- Tissus glandulaires, muqueux, épithéliaux (vie nutritive)
- Fibres musculaires ou nerveuses (vie active)
- Les fibres elles-mêmes se décomposent en trois catégories :
  - Eléments nerveux sensitifs ou intellectuels : perception, volonté
  - Eléments nerveux moteurs : transmission de l'influx
  - Eléments musculaires : contraction, mouvement

Un exemple tiré de Claude Bernard 1813-1878



- Un organisme est composé d'éléments anatomiques.
- · Les éléments anatomiques sont des organismes.
- Les organismes possèdent les attributs suivants :
  - Mode d'alimentation
  - Mode d'excitation
  - Poisons
  - Activités
- Trois classes d'éléments anatomiques :
  - Charpente
  - Tissus glandulaires, muqueux, épithéliaux (vie nutritive)
  - Fibres musculaires ou nerveuses (vie active)
- Les fibres elles-mêmes se décomposent en trois catégories :
  - Eléments nerveux sensitifs ou intellectuels : perception, volonté
  - Eléments nerveux moteurs : transmission
     de l'influx
  - Eléments musculaires : contraction, mouvement

Un exemple tiré de Claude Bernard 1813-1878

 $\forall x \text{ element\_anatomique}(x) \supset \text{organisme}(x)$ 

 $\forall x \text{ organisme}(x) \supset (\exists y \text{ alimentation}(x,y) \land$ 

 $\exists z \ excitation(x,z) \land$ 

∃u poison(x,u) ∧

∃v acitvites(x, v))

- $\forall x \text{ element\_anatomique}(x) \supset (\text{charpente}(x) \lor x)$
- eliaux (vie nutritive) tissus(x) V
  - fibres(x))

 $\forall x \neg (charpente(x) \land tissus(x))$ 

 $\forall x \neg (fibres(x) \land tissus(x))$ 

 $\forall x \neg (charpente(x) \land fibre(x))$ 

 $\forall x \text{ fibres}(x) \supset (\text{elt\_nerveux\_sensitif}(x) \lor \text{uvement}$  elt nerveux moteur(x)  $\lor$ 

elt\_nerveux\_musculaire(x))

### Un exemple tiré de Claude Bernard

- Un organisme est composé d'éléments anatomiques.
   1813-1878 organe ⊑∃PARTIE.organisme element\_anatomique = organe
- Les éléments anatomiques sont des organismes.
- Les organismes possèdent les attributs suivants :
  - Mode d'alimentation
  - Mode d'excitation
  - Poisons
  - Activités
- Trois classes d'éléments anatomiques :
  - Charpente
  - Tissus glandulaires, muqueux, épithéliaux (vie nutritive)
  - Fibres musculaires ou nerveuses (vie active)
- Les fibres elles-mêmes se décomposent en trois catégories :
  - Eléments nerveux sensitifs ou intellectuels : perception, volonté
  - Eléments nerveux moteurs : transmission de l'influx
  - Eléments musculaires : contraction, mouvement

```
organe ⊑ organisme
organe ⊑∃alimentation
organe ⊑∃excitation
organe ⊑∃poison
organe ⊑∃activite
```

organe = charpente⊔ tissus ⊔fibres

```
charpente □ tissus = ⊥
fibres □ tissus = ⊥
charpente □ fibres = ⊥
```

fibres = elt\_nerveux\_sensitif

□ elt\_nerveux\_moteur □muscle