

**<https://moodle-sciences.upmc.fr/moodle-2021/>**

**LREC**

**Représentations sémantiques  
Graphes conceptuels  
Graphes de Sowa**



# Représentation des connaissances

**1. Mémoire** (externe et interne)

**2. Représentation**

**3. Réseaux sémantiques, « Frames », ...**

**4. Graphes conceptuels**



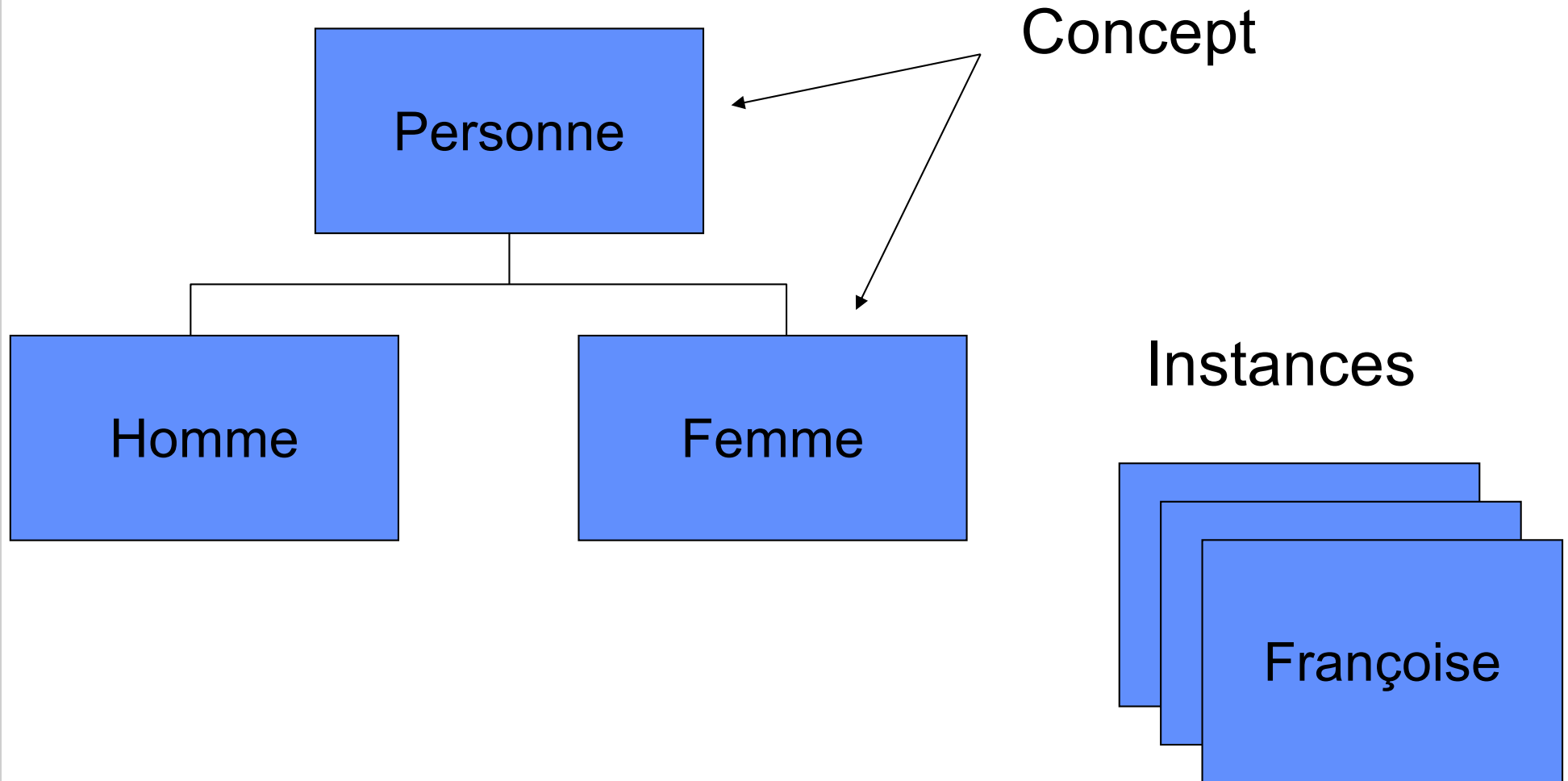
# Organisation de la mémoire

## Sir Frederic Charles Bartlett (1886-1969)

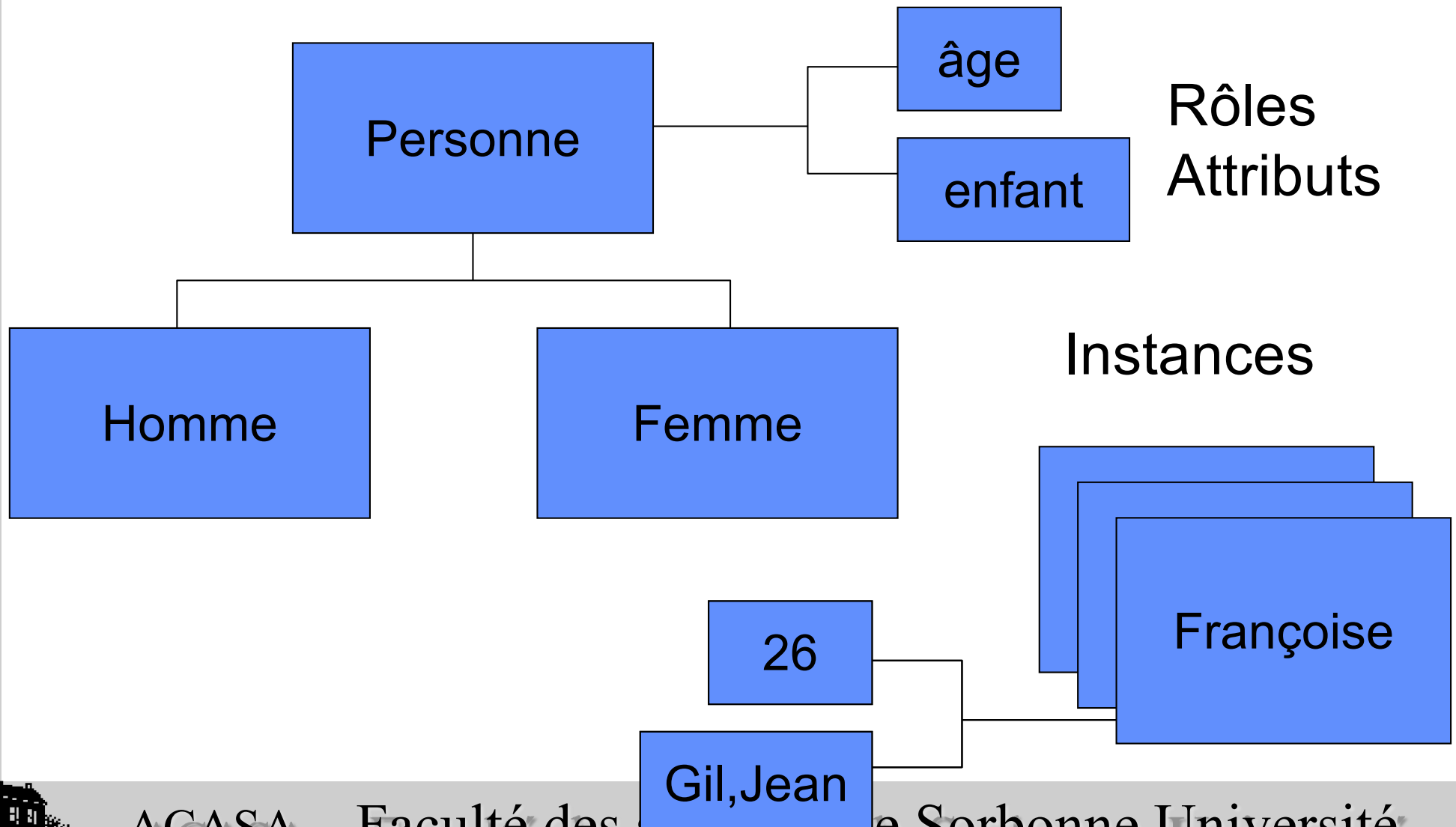
- Entités
- Propriétés
- Organisation hiérarchique des entités



# Inférence sur les représentations emboîtées: héritage et instances



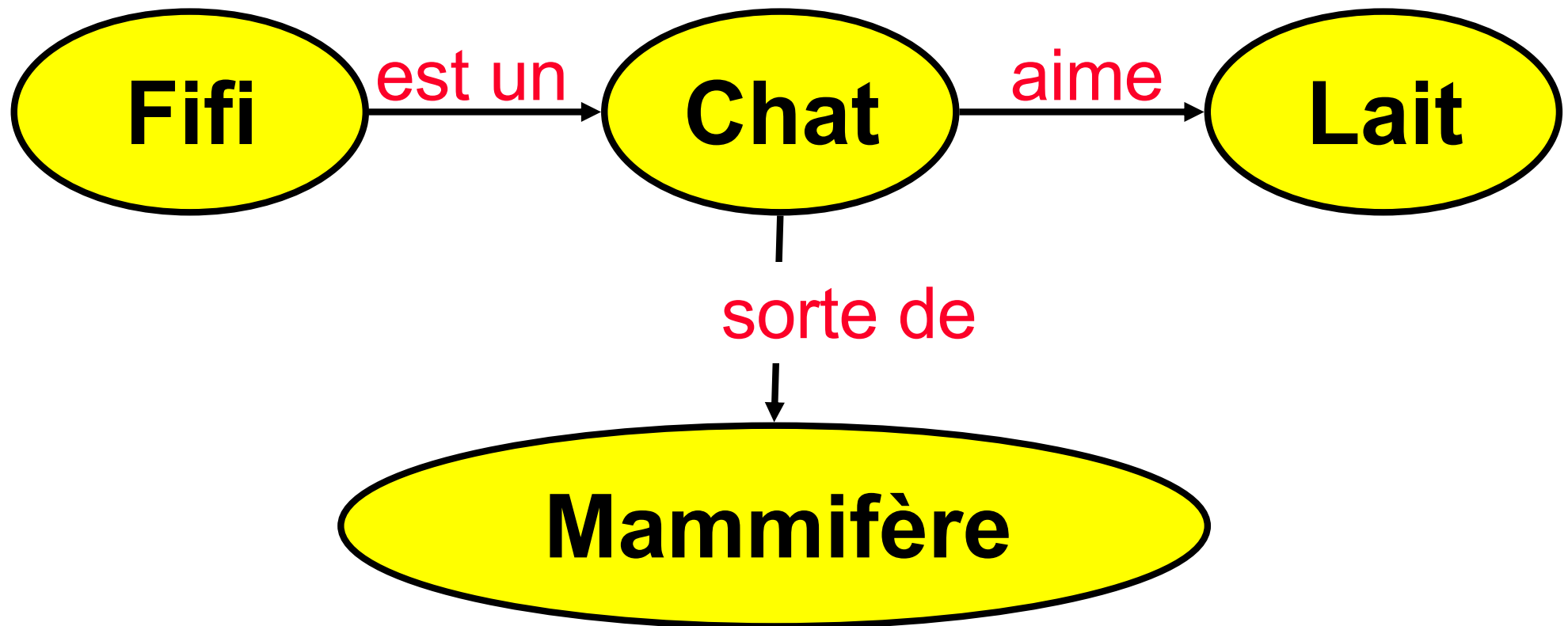
# Inférences sur les représentations emboîtées: héritage et instances



# Structure des réseaux sémantiques

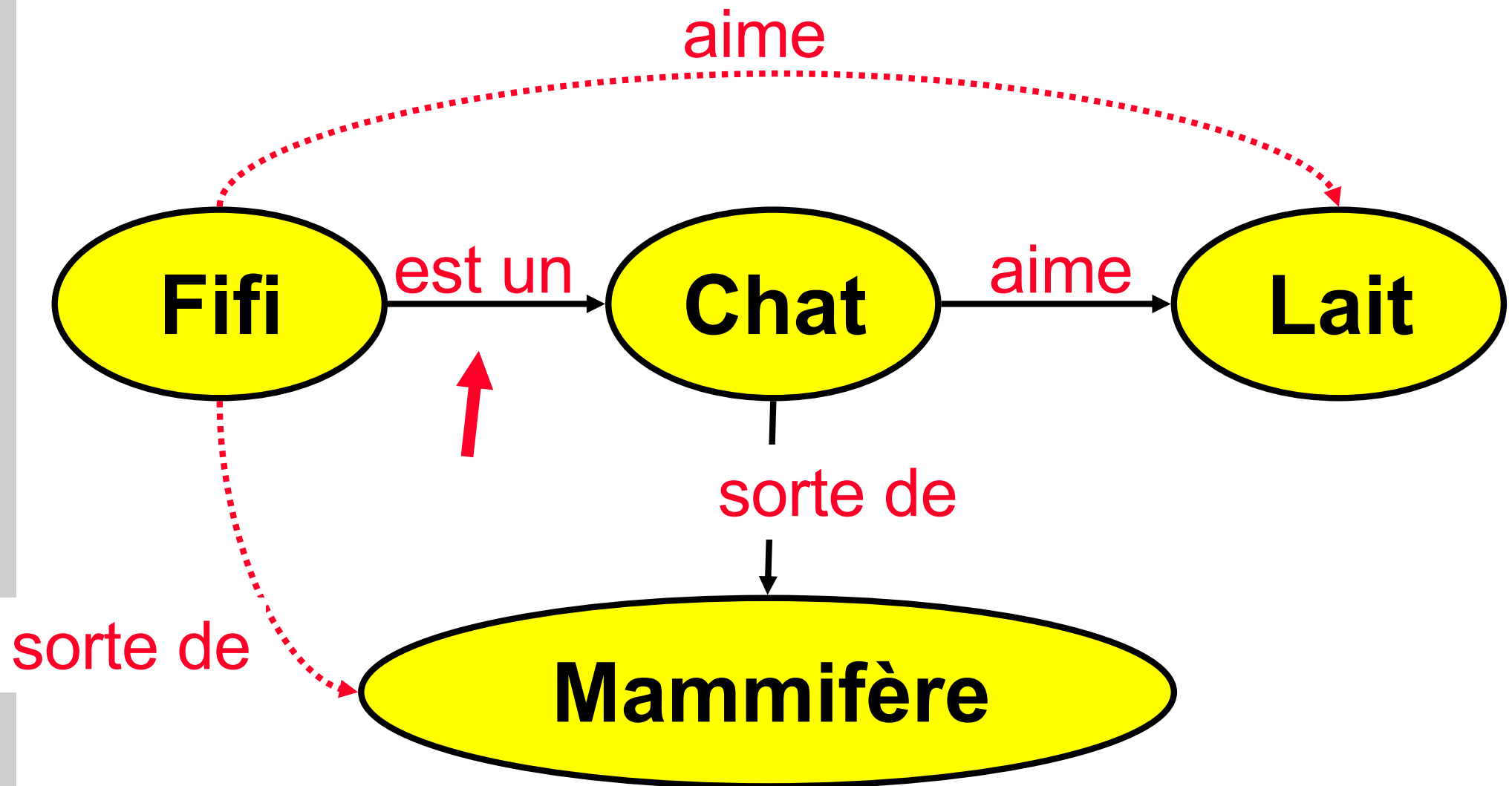


# Exemples de réseaux sémantiques



# Inférences: liens 'est un' ou 'sorte de'

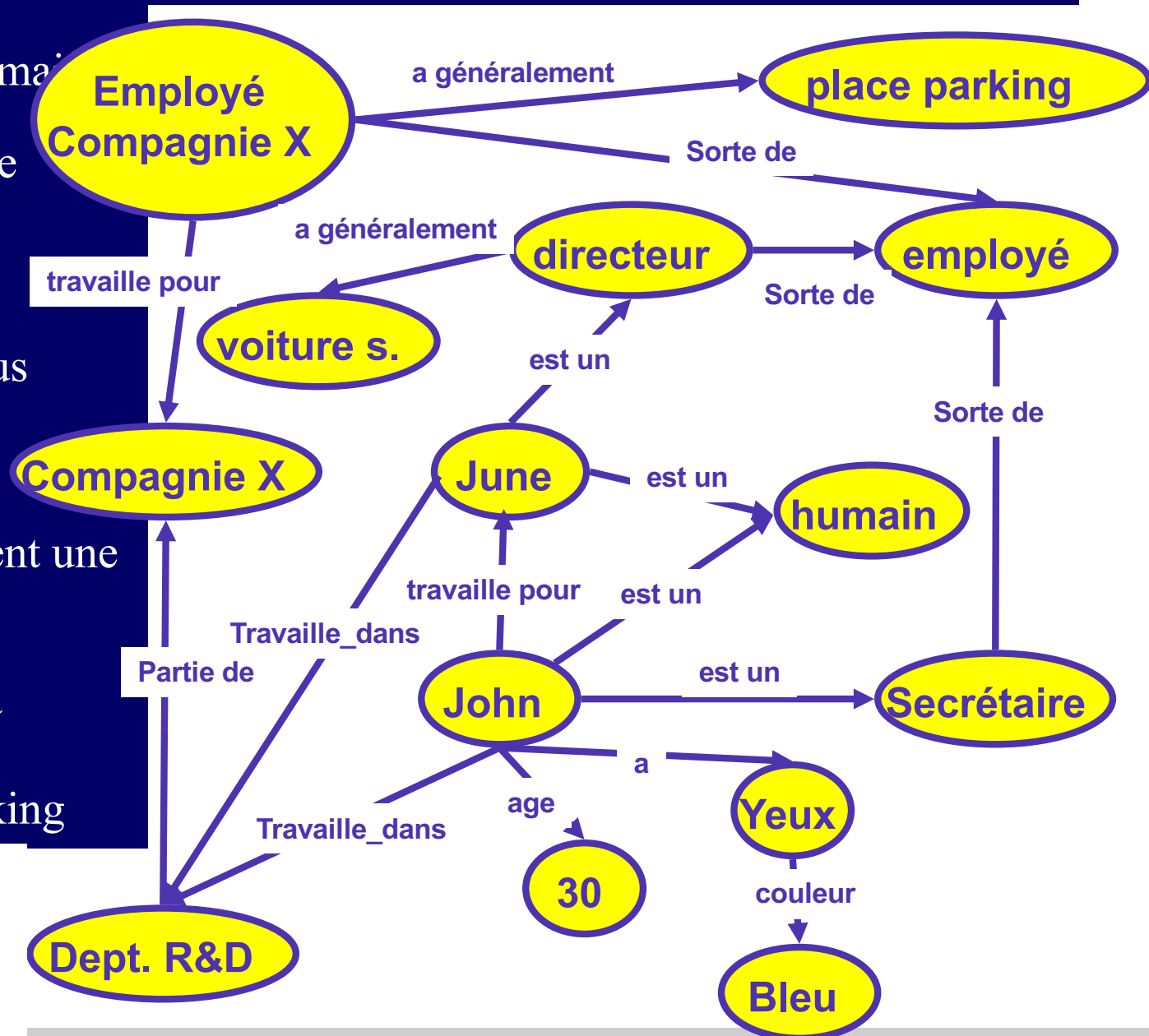
Un nœud hérite des propriétés de ses pères  
sauf s'il y a contradiction





# exemple

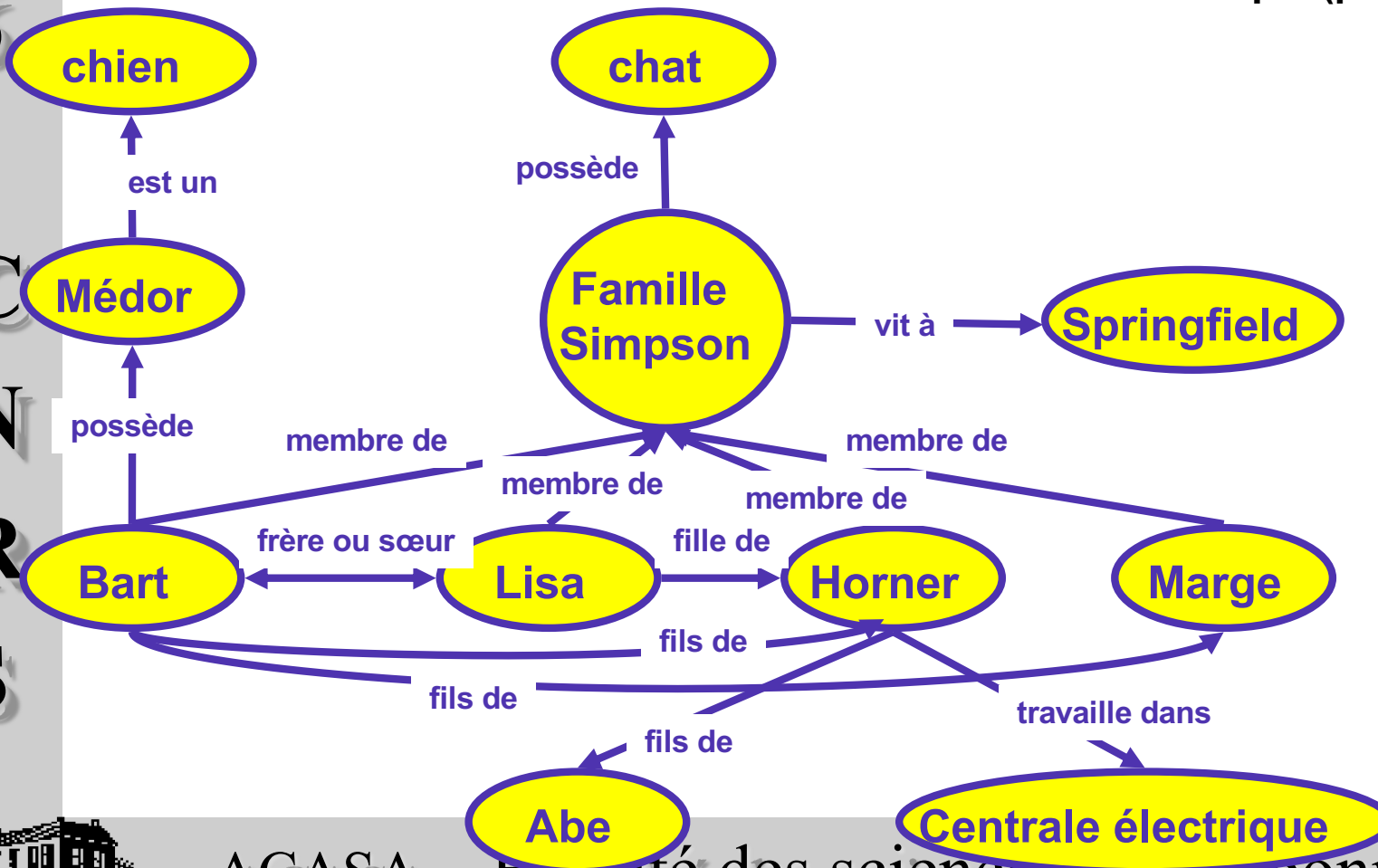
1. John est secrétaire et travaille pour June
2. John et June sont des êtres humains
3. John et June travaillent dans le département de R&D de la compagnie X
4. John a 30 ans et des yeux bleus
5. June est directeur
6. Les directeurs ont généralement une voiture de service
7. La plupart des employés de la compagnie des wagons-lits disposent d'une place de parking



**Inférence:**  
**June a (g<sup>ent</sup>) une**  
**voiture de service**

# Utilisation d'un réseau sémantique

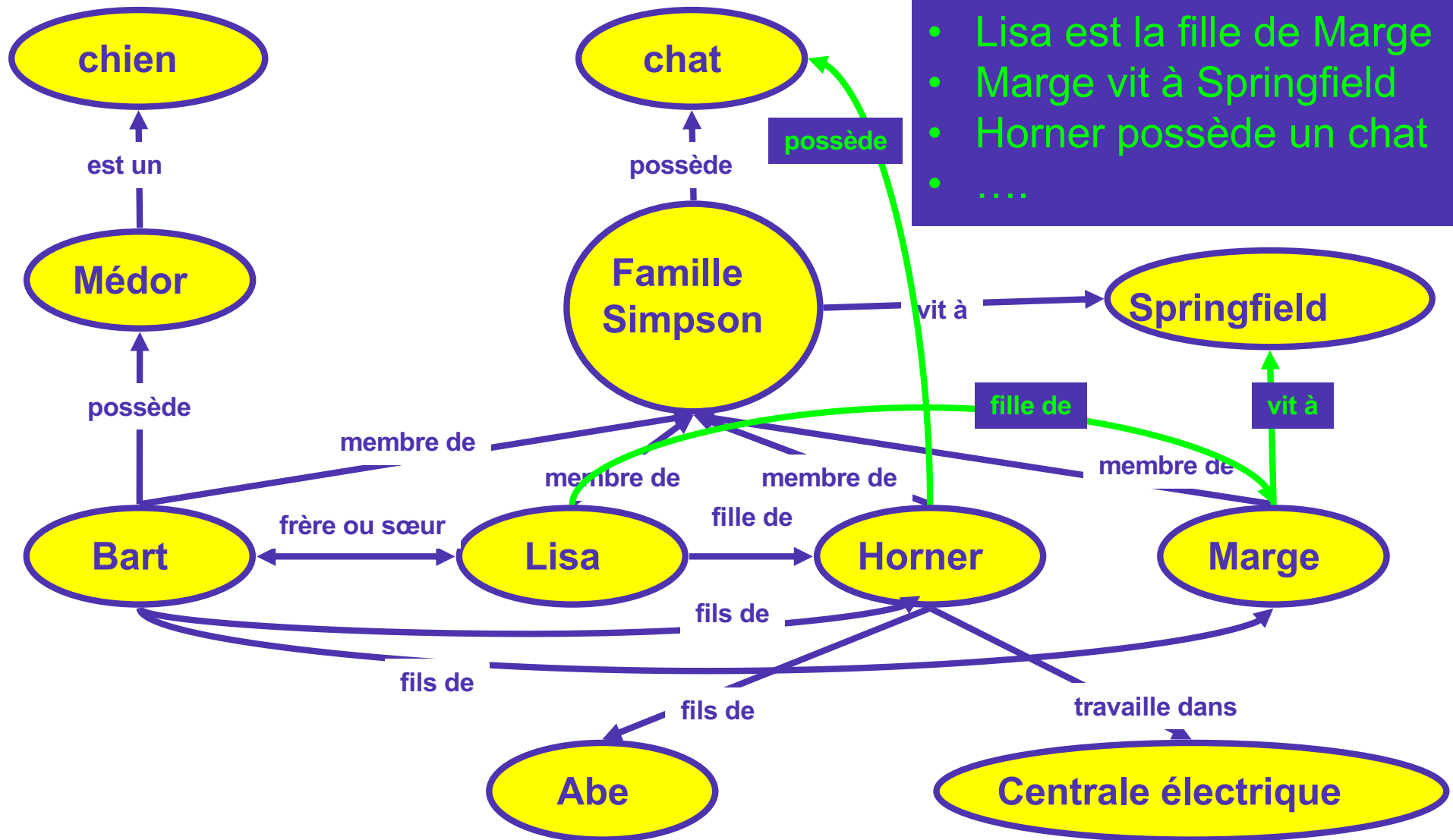
- La famille Simpson possède un chat
- La famille Simpson vit à Springfield
- La famille Simpson est constituée de Bart, Lisa, Horner et Marge
- Bart et Lisa sont frères et sœurs
- Bart est le fils de Horner
- Lisa est la fille de Horner
- Bart est le fils de Marge
- Lisa est la fille de Marge
- Bart possède Médor qui est un chien
- Horne travaille dans une centrale électrique (power plant)



## Relations:

- possède
- vit à
- membre de
- frère ou sœur
- fils de
- fille de
- travaille dans
- est un

# Quelles déductions peut-on faire?



# Représentation des connaissances

**1. Mémoire** (externe et interne)

**2. Représentation**

**3. Réseaux sémantiques, « Frames », ...**

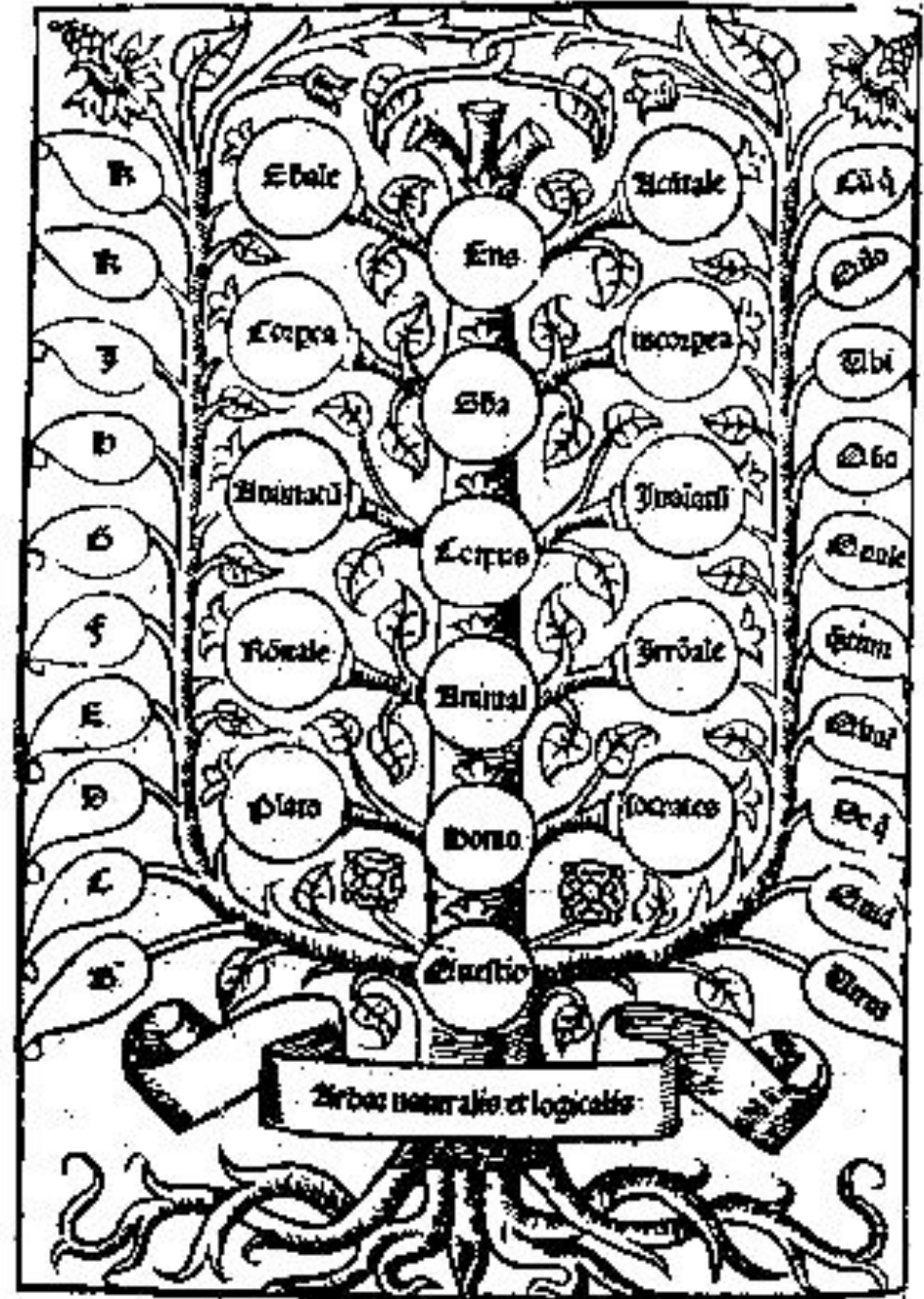
**4. Graphes conceptuels**



# Graphes conceptuels

*John Sowa 1984*

- **Défis de la représentation:**
  - Adéquation psychologique
  - Traduction du langage naturel
  - Automatisation des inférences
- **Représentation sous forme de graphes**
  - Visualisation
  - Traduction du langage naturel
  - Manipulables par une machine
  - Equivalence avec la logique
- **Origine:**
  - IA
    - Réseaux sémantiques
  - Graphes « existentiels » de Charles Sanders Peirce (1839 - 1914)



# Graphes existentiels

*Charles Sanders Peirce 1839 – 1914*

—homme    *Il y a un homme*

$\exists x \text{ homme}(x)$



Charles Sanders Peirce.

( homme  
mange —homme

*Un homme mange  
un homme*

$\exists x \exists y \text{ homme}(x) \wedge \text{homme}(y) \wedge \text{mange}(x, y)$

## Graphes existentiels C S Peirce (suite)

—homme    *Il y a un homme*

Négation: grisé

—homme    *Il est faux qu'il y a un homme*

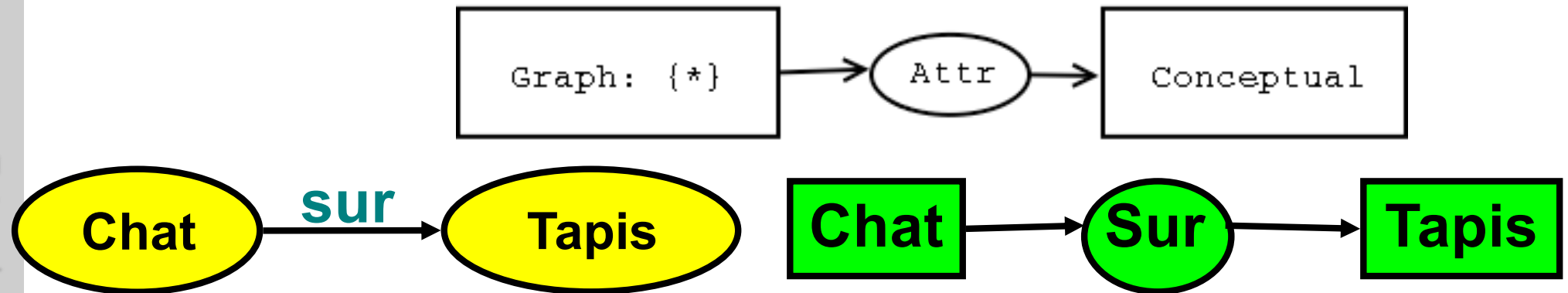
—homme    *Il y a quelque chose qui  
n'est pas un homme*



# Introduction aux graphes conceptuels

## « Un chat est sur un tapis »

- Une graphe conceptuel comporte deux types de noeuds:
  1. Des concepts, représentés avec des rectangles
  2. Des relations, représentées à l'aide d'ovales



**Forme linéaire:** [Chat] -> (Sur) -> [Tapis]

**Traduction logique:**  $(\exists x:\text{Chat}) (\exists y:\text{Tapis}) \text{Sur}(x,y)$





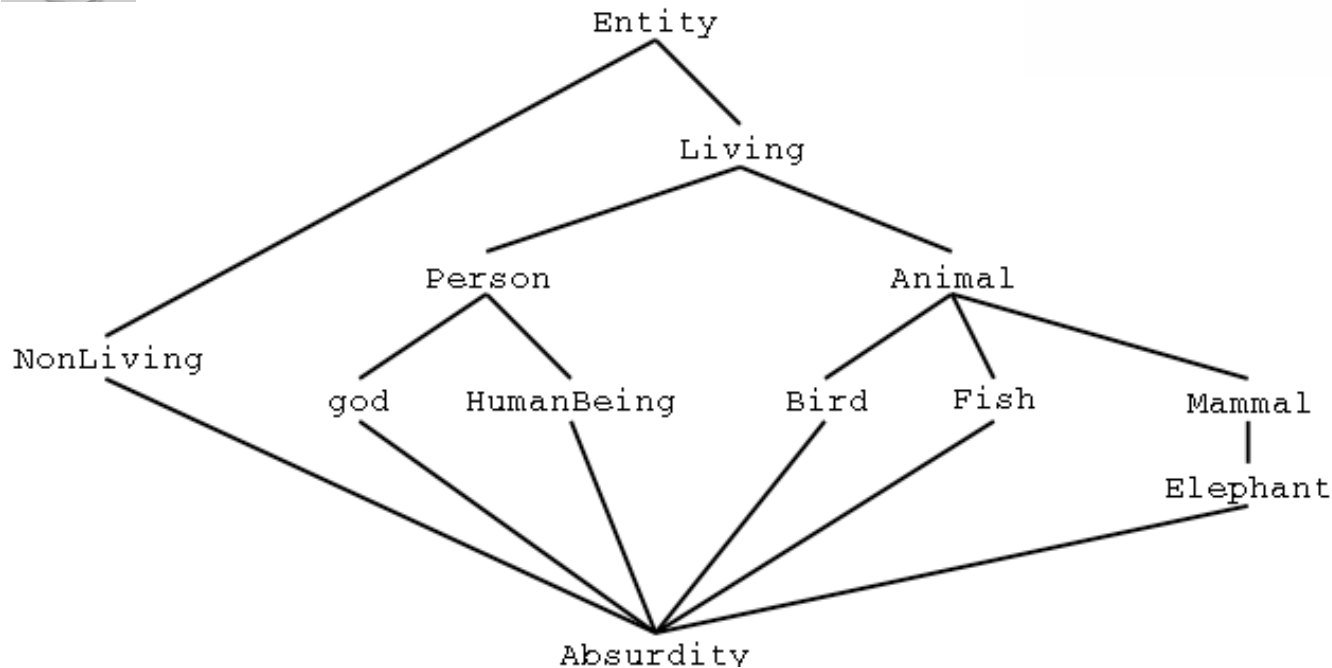
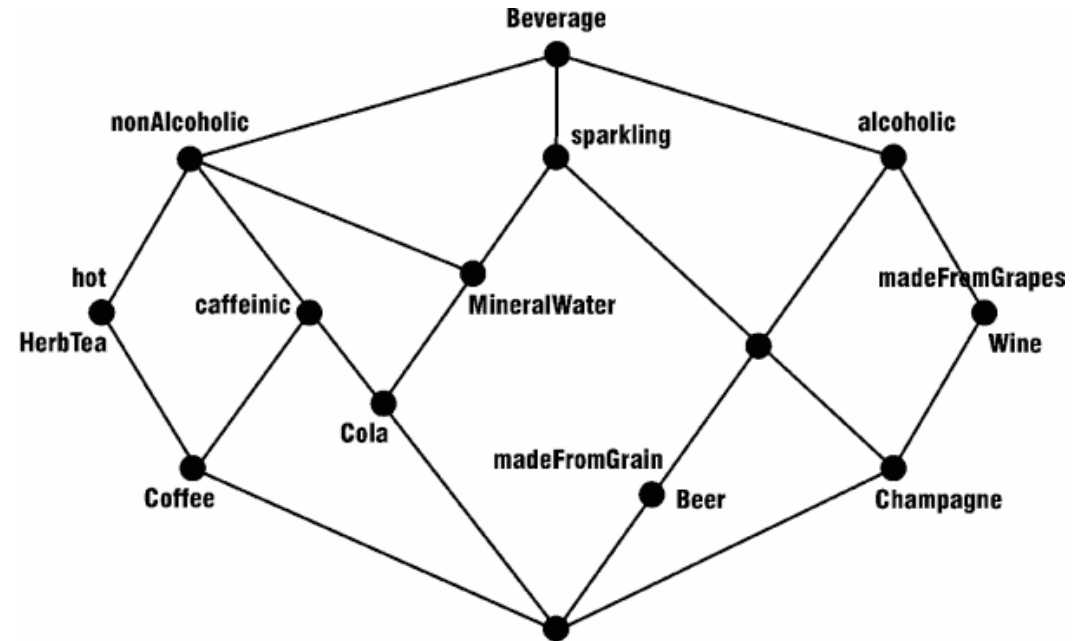
# Les entités: Concepts, Types, Référents

- Concepts génériques:
  - [rectangle], [BUS], [PERSONNE], [VILLE], [CHAT]...
- Concepts individuels:
  - [PERSONNE : Jean], [VILLE : Paris],
  - Type de concept: [PERSONNE :], [VILLE :],
  - Référent: Jean, Paris, ...
- Référent:
  - Nom
  - Quantificateur universel '∀'
  - Liste
  - Question '?'
  - Nombre '@n'
  - Quantité indéfinie '\*'



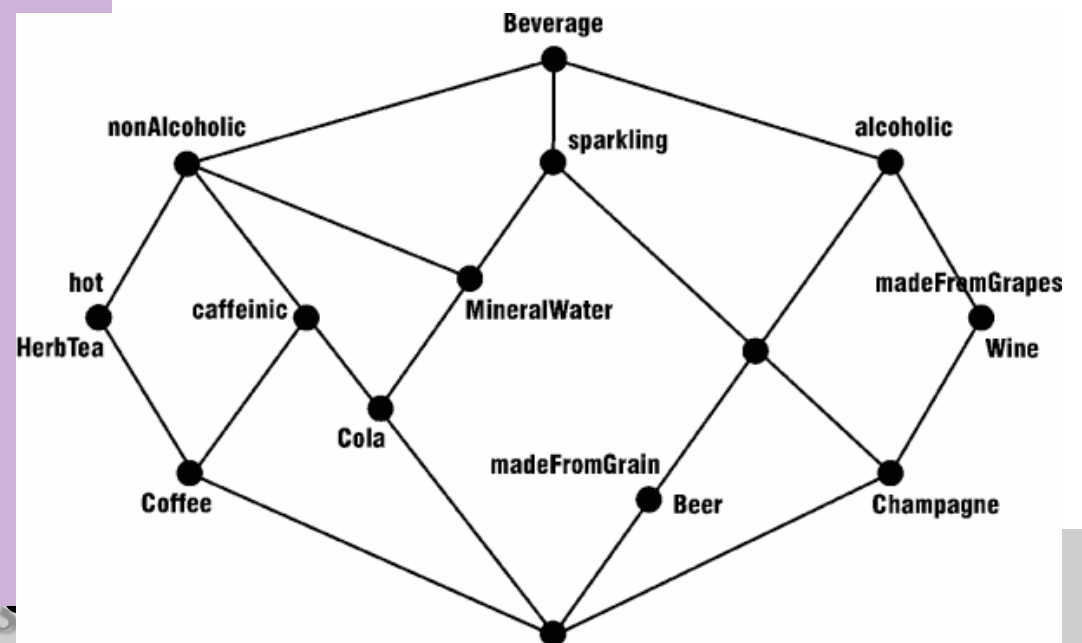
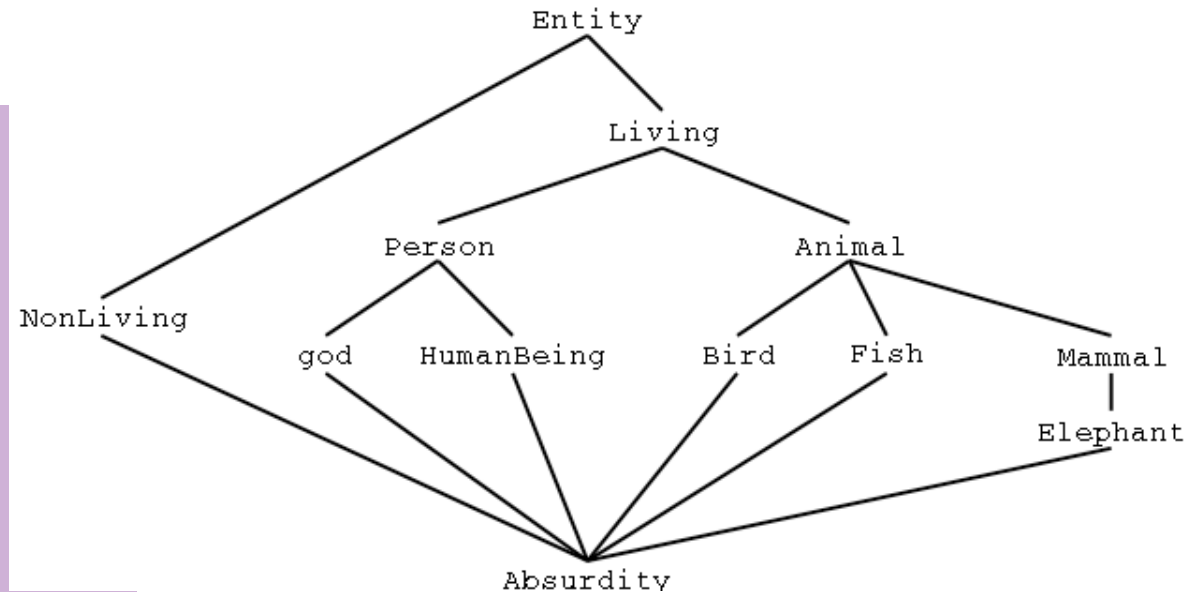
# Hiérarchie des types - Ontologie

- Les types de concepts peuvent être organisés en « hiérarchies de types » qui sont en fait des treillis
- Relation de généralité entre type



# Concepts: Individuels, Génériques, Types, Référents, Hiérarchie des types...

- Concepts génériques:
  - [rectangle], [BUS], [PERSONNE], [VILLE], [CHAT]...
- Concepts individuels:
  - [PERSONNE : Jean], [VILLE : Paris],
  - Type de concept: [PERSONNE :], [VILLE : ],
  - Référent: Jean, Paris, ...
- Référent:
  - Nom
  - Quantificateur universel '∀'
  - Liste
  - Question '?'
  - Nombre '@n'
  - Quantité indéfinie '\*'



# Types de relation

- Les relations constituent une hiérarchie (treillis) au sens ou nous avons défini une « hiérarchie de relations »

- Les relations comportent toutes:

- Une valence (arité): *nombre de flèches*

Exemple: DANS a pour valence 2

[PERSONNE: César] -> (DANS) -> [VILLE: Rome]

- Une signature (type des arguments): *liste ordonnée de types <t1, ...tn>*

Exemple: MANGE a pour signature <ETRE-ANIME, OBJET-PHYSIQUE>



# Modalités

« Tous les chats sont sur un tapis »



## Forme linéaire

[Chat: ∀] -> (Sur) -> [Tapis]

ou

[Chat: @every] -> (Sur) -> [Tapis]

## Traduction logique

$(\forall x:\text{Chat}) (\exists y:\text{Tapis}) \text{Sur}(x, y)$

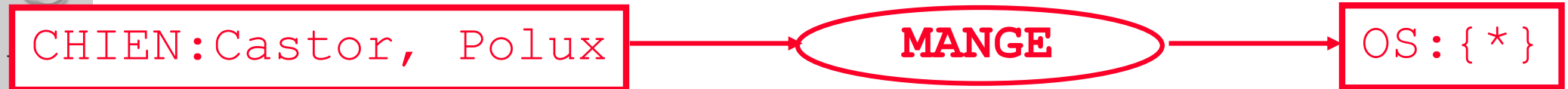


# Référents (suite)

- **Tous les chiens mangent de la viande** - *quantificateur*  
[chien:  $\forall$ ]  $\rightarrow$  (mange)  $\rightarrow$  [viande]



- **Castor et Polux mangent des os** - *énumération*  
[chien: Castor, Polux]  $\rightarrow$  (mange)  $\rightarrow$  [os: { \* }]



- **Quel chien mange la côtelette ?** - *interrogation - index*  
[chien: ?]  $\rightarrow$  (mange)  $\rightarrow$  [côtelette: #]



# Graphes conceptuels - référents

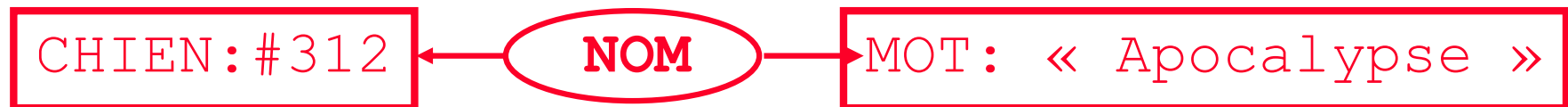
- Elle mange quatre os - *cardinalité*

[femelle:#] -> (mange) -> [os: {\*}@4]



- Le chien nommé Apocalypse - *marqueur individuel*

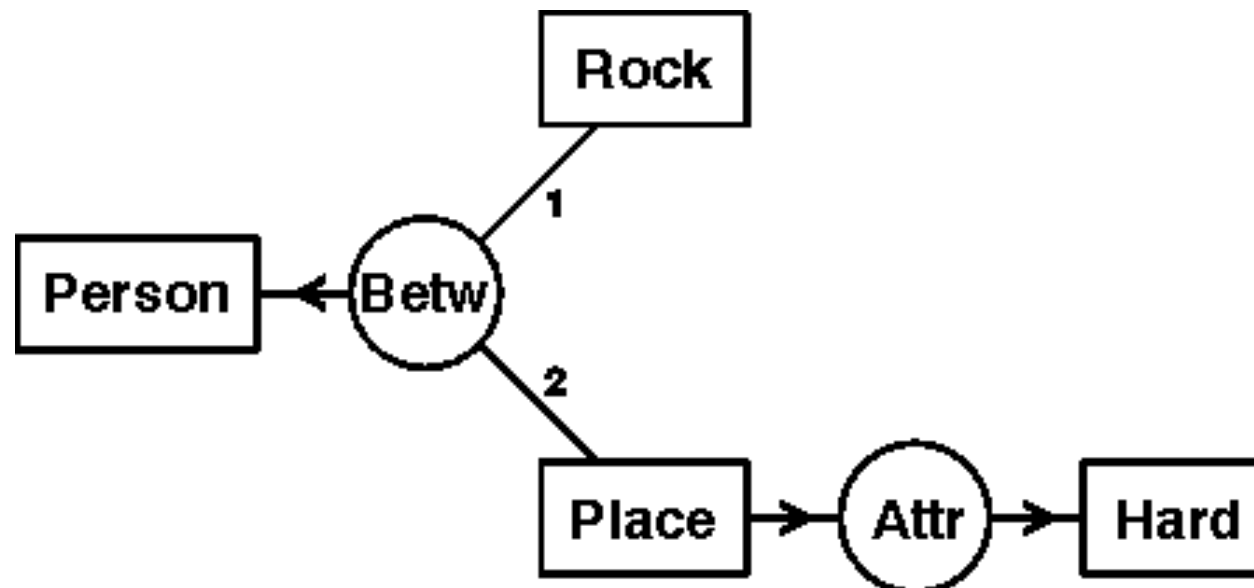
[chien:#312] <- (nom) -> [mot: « Apocalypse »]



# Prédicat n-aire

```
[Person] <- (Betw) -
    <-1- [Rock]
    <-2- [Place] -> (Attr) -> [Hard]
```

```
( $\exists x: \text{Person}$ ) ( $\exists y: \text{Rock}$ ) ( $\exists z: \text{Place}$ ) ( $\exists w: \text{Hard}$ )
    ( $\text{betw}(y, z, x) \wedge \text{attr}(z, w)$ )
```





# Peut-on limiter le nombre de relation?

- Doit-il y avoir autant de relations que de verbes

femelle:#

MANGE

OS:{\*}@4

- Elle mange quatre os - *cardinalité*  
[femelle:#] -> (mange) -> [os: {\*}@4]

## • Idée:

- transformer les verbes en concepts
- Introduction de « primitives sémantiques »

CHIEN:Polux

AGENT

MANGE

PATIENT

OS:{\*}

- Polux mange quelques os - *générique pluriel*

[chien:Polux] <- (Agent) <- [mange] -> (Patient) -> [os: {\*}]

# Primitives sémantiques

## Représentation des actions:

*un verre casse!*

- Un verre casse
- La pierre casse le verre
- Jean casse le verre
- Jean casse le verre avec une pierre



L

I

P

6

C

# Langues flexionnelles

Nominatif singulier	Ros <a>a</a>	la <i>ou</i> une rose
Vocatif singulier	Ros <a>a</a>	rose, ô rose !
Génitif singulier	Ros <a>e</a>	de la rose
Accusatif singulier	Ros <a>am</a>	la <i>ou</i> une rose
Datif singulier	Ros <a>e</a>	à la rose
Ablatif singulier	Ros <a>a</a>	de <i>ou</i> par la rose
Nominatif pluriel	Ros <a>e</a>	les <i>ou</i> des roses
Vocatif pluriel	Ros <a>e</a>	roses, ô roses !
Génitif pluriel	Ros <a>arum</a>	des roses
Accusatif pluriel	Ros <a>as</a>	les <i>ou</i> des roses
Datif pluriel	Ros <i>i</i> s	aux roses
Ablatif pluriel	Ros <i>i</i> s	des <i>ou</i> par les roses



- **Langues flexionnelles (ou casuelles):**
  - Latin
  - Russe
  - Allemand
  - ...
- **Les rapports grammaticaux sont indiqués**
  - par des flexions (c'est-à-dire par des changements morphologiques) et
  - Ni par l'ordre des mots, ni par des prépositions

# Grammaires de « cas » (*Fillmore 1971*)

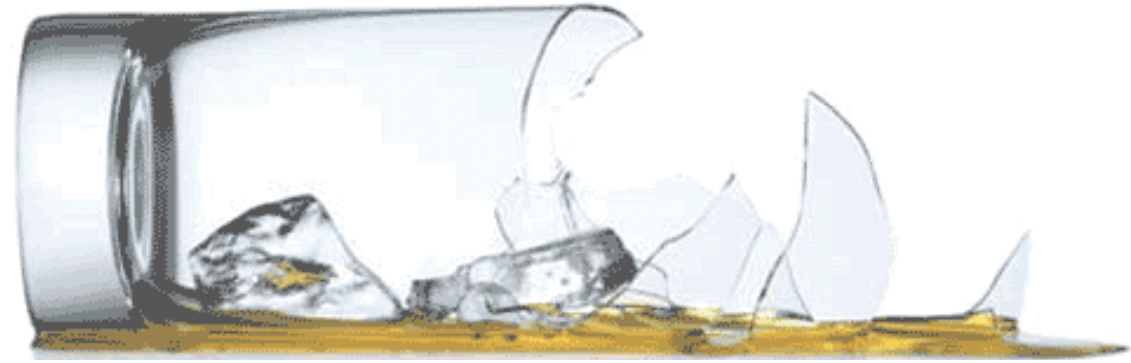
- Les **rapports sémantiques** sont indiqués
  - par des **cas sémantiques** (Fillmore en dénombre 8)
  - OBJET**: ce sur quoi porte l'action (ce qui est modifié, bougé...)
  - INSTRUMENT**: par quel intermédiaire l'action est accomplie
  - AGENT**: l'instigateur de l'action
  - CONTRE-AGENT**: la force contre laquelle l'action s'oppose
  - RESULTAT**: ce qui est créé par l'action
  - SOURCE**: lieu de départ
  - BUT**: lieu d'arrivé
  - PATIENT**: l'entité qui reçoit ou subit les effets de l'action
- Chaque verbe correspond à une action
- Il commande un certain nombre de cas



# Grammaires de « cas » (*Fillmore 1971*)

- **Exemple:** le verbe *Casser* commande trois cas:

- OBJET
- INSTRUMENT
- AGENT



- **Un verre casse**

[OBJET: *le verre*]

- **La pierre casse le verre**

[OBJET: *le verre*; INSTRUMENT: *la pierre*]

- **Jean casse le verre**

[OBJET: *le verre*; AGENT: *Jean*]

- **Jean casse le verre avec une pierre**

[OBJET: *le verre*; AGENT: *Jean*; INSTRUMENT: *la pierre*]





# Représentation des actions dans les réseaux sémantiques

- L'action « vendre » commande quatre cas:

- **AGENT** celui qui vend
- **PATIENT** celui qui reçoit
- **OBJET** ce qui est vendu
- **INSTRUMENT** le paiement

- *Exemple:*  
**une vente particulière**

(Vente-3218

(ACTION Vente)

(AGENT Eléonore)

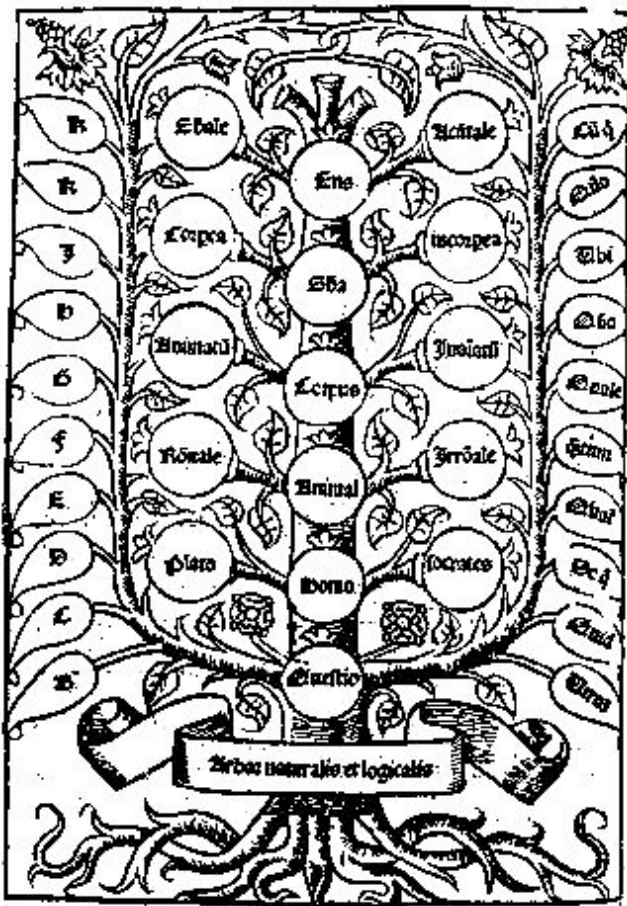
(PATIENT Madame Gilberte Dupuis)

(OBJET appareil photo numérique)

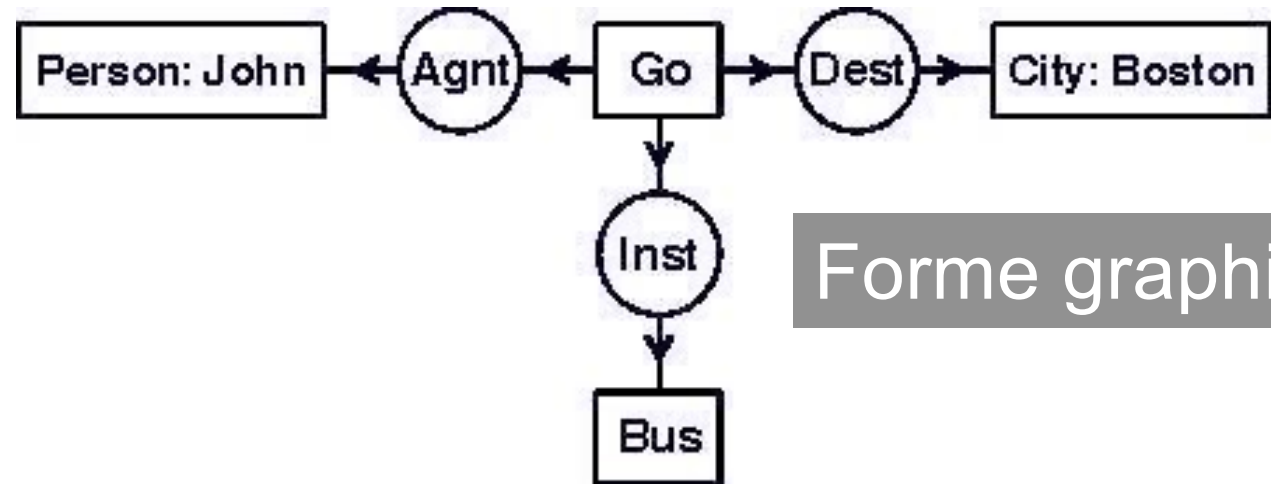
(INSTRUMENT 200))







# Un exemple de graphe de Sowa



Forme graphique

Forme linéaire

[GO] :

(Agnt) → [PERSON: John]

(Dest) → [CITY: Boston]

(INST) → [BUS]

Traduction logique

$(\exists x:Go) (\exists y:Person) (\exists z:City) (\exists w:Bus)$

$(name(y, 'John') \wedge name(z, 'Boston') \wedge agnt(x, y) \wedge$   
 $dest(x, z) \wedge inst(x, w))$



# Référents (sur les graphes de Sowa)

- **Tous les chiens mangent de la viande** - *quantificateur*  
[chien:  $\forall$ ]  $\leftarrow$  (Agent)  $\leftarrow$  [mange]  $\rightarrow$  (Patient)  $\rightarrow$  [viande]



- **Castor et Polux mangent** - *énumération*  
[chien: Castor, Polux]  $\leftarrow$  (Agent)  $\leftarrow$  [mange]



- **Quel chien mange la côtelette ?** - *interrogation - index*  
[chien: ?]  $\leftarrow$  (Agent)  $\leftarrow$  [mange]  $\rightarrow$  (Patient)  $\rightarrow$  [côtelette: #]



# Référents (graphes de Sowa)

- **Polux mange quelques os** - *générique pluriel*

`[chien:Polux] <- (Agent) <- [mange] -> (Patient) -> [os: { * }]`



- **Elle mange quatre os** - *cardinalité*

`[femme:#] <- (Agent) <- [mange ] -> (Patient) -> [os: { * }@4]`



# Croyances et situation: intentionnalité

*Tom believes that Mary wants to marry a sailor*

**Relations:** Expr (*experiencer* celui qui éprouve), Thme (ce que l'on éprouve)

[Person: Tom] <- (Expr) <- [Believe] -> (Thme) -

[Proposition: [Person: Mary \*x] <- (Expr) <- [Want] -> (Thme) -

[Situation: [?x] <- (Agnt) <- [Marry] -> (Thme) -> [Sailor] ]]

```
(∃x1:Person) (∃x2:Believe) (expr(x1,x2) ∧
  thme(x2, (∃x3:Person) (∃x4:Want) (∃x8:Situation)
    (name(x3, 'Mary') ∧ expr(x4,x3) ∧ thme(x4,x8) ∧
      dscr(x8, (∃x5:Marry) (∃x6:Sailor)
        (agnt(x5,x3) ∧ thme(x5,x6)))))))
```



Proposition:

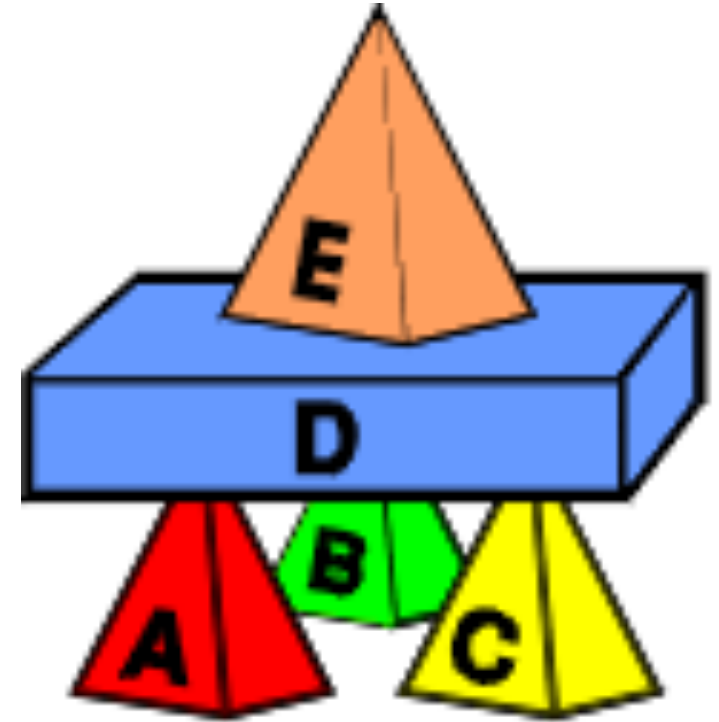


Situation:



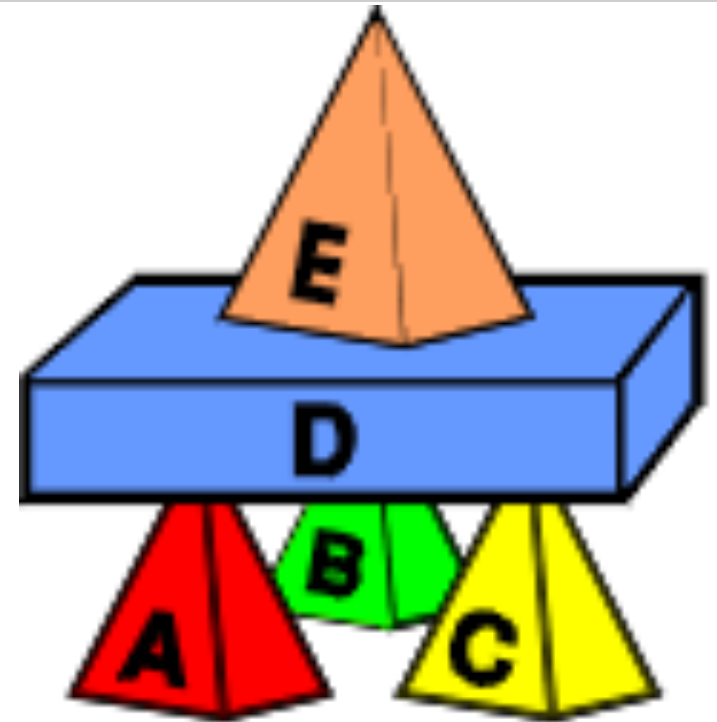
# Pyramides

Existe-t-il une  
pyramide qui est  
soutenue par un  
bloc?

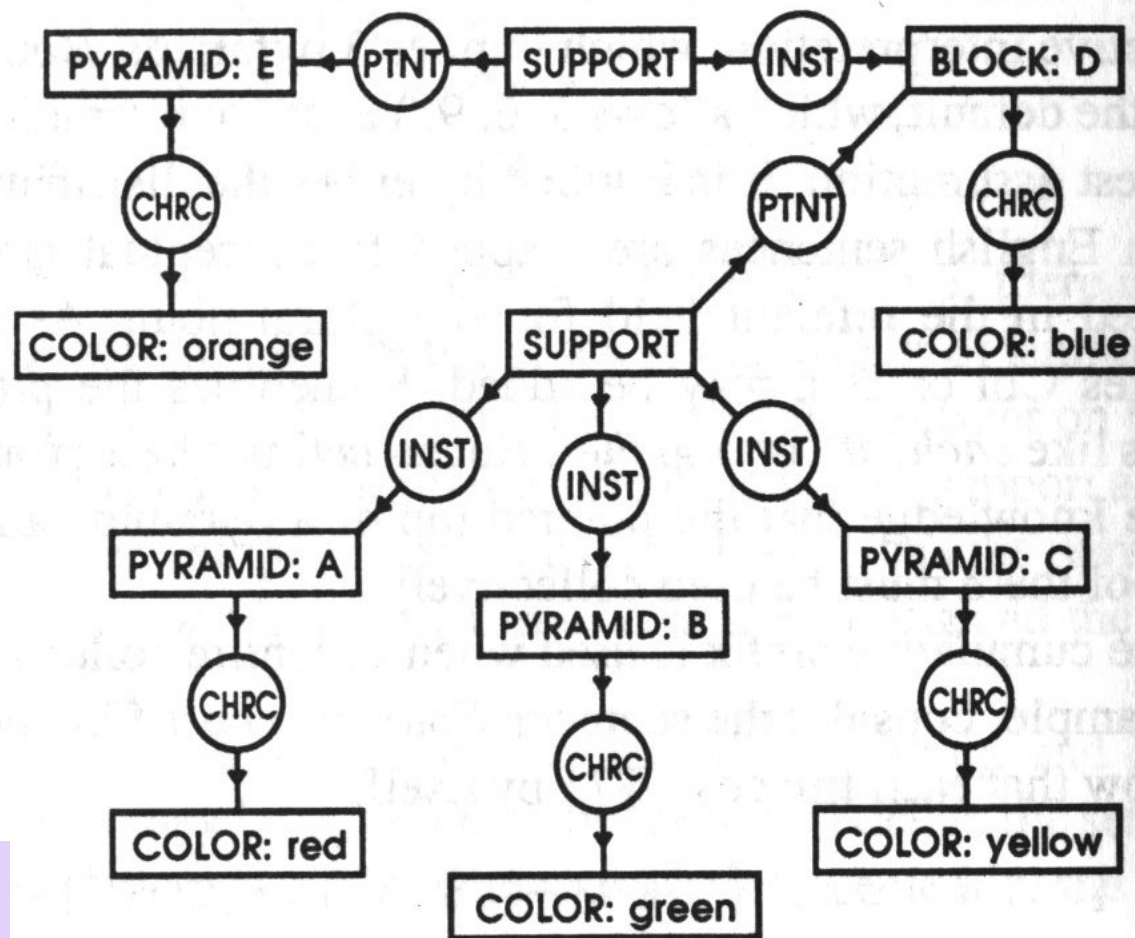
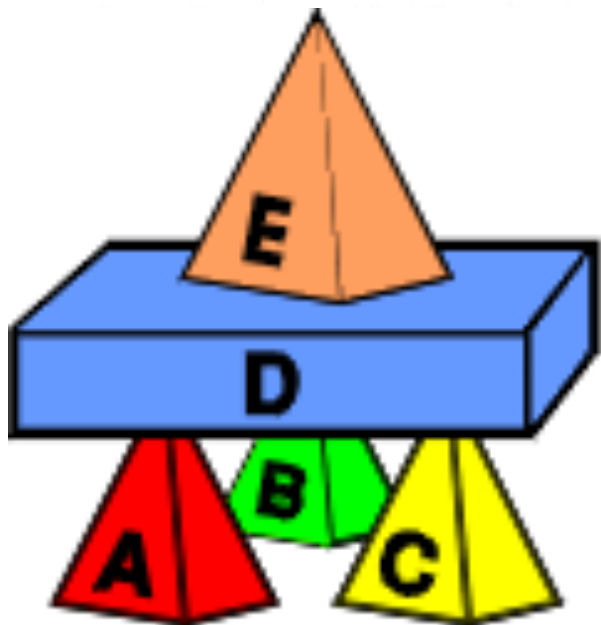


# Pyramides: représentation logique

$\text{pyramide}(E) \wedge \text{bloc}(D) \wedge$   
 $\text{pyramide}(A) \wedge \text{pyramide}(B) \wedge$   
 $\text{pyramide}(C) \wedge \text{oranger}(E) \wedge$   
 $\text{bleu}(D) \wedge \text{rouge}(A) \wedge \text{vert}(B) \wedge$   
 $\text{vert}(C) \wedge \text{supporte}(A, D) \wedge$   
 $\text{supporte}(B, D) \wedge \text{supporte}(C, D) \wedge$   
 $\text{supporte}(D, E)$



# Représentation & raisonnement sémantiques



PTNT → Patient

INST → Instrument

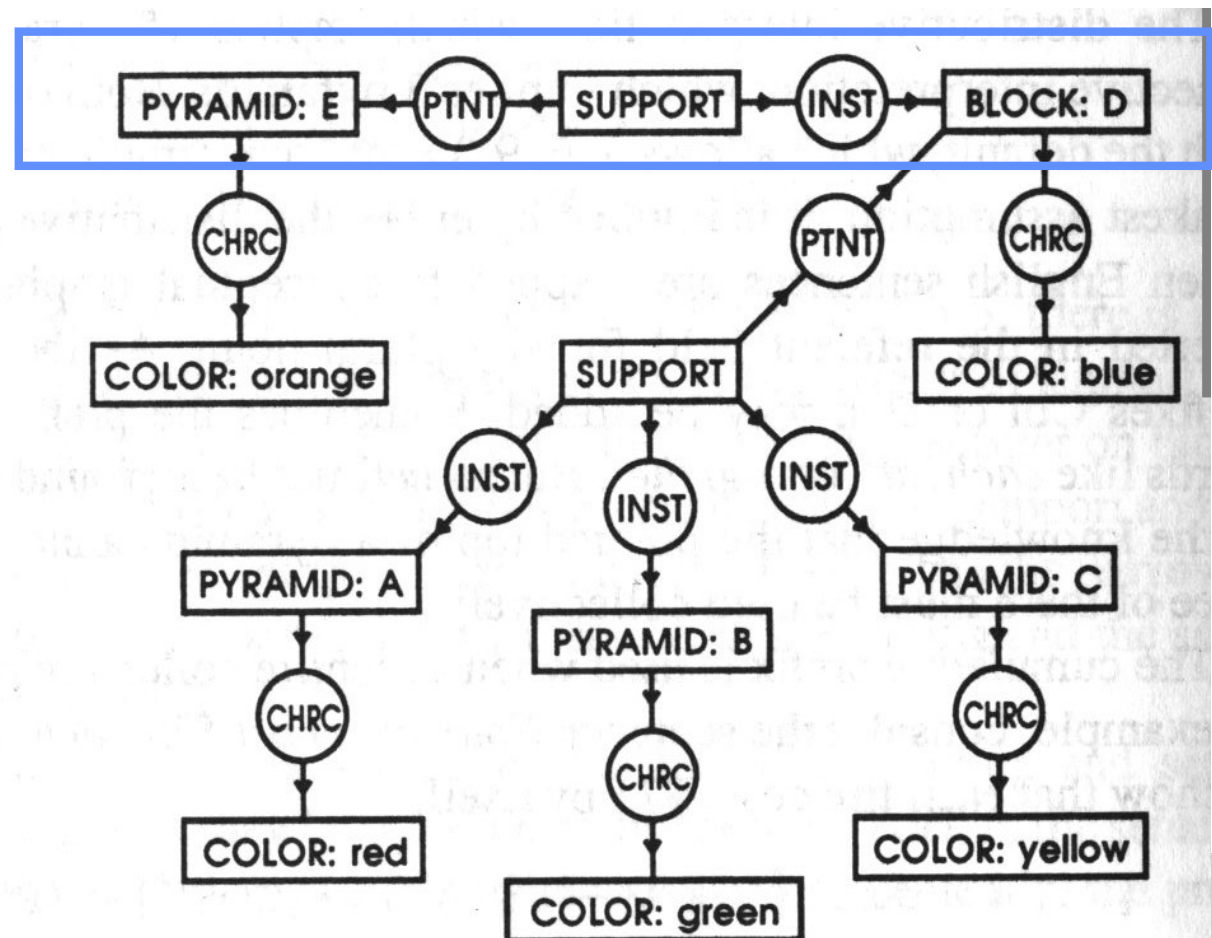
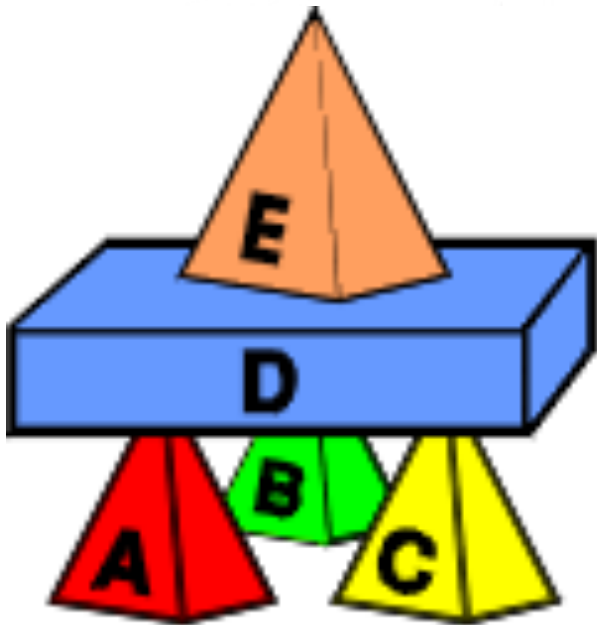
CHRC → Caractéristique



# Raisonnement: appariement de sous-graphe

**Exemples1:** *Quelle pyramide est soutenue par un bloc?*

[PYRAMID: ?]  $\leftarrow$  (PTNT)  $\leftarrow$  [SUPPORT]  $\rightarrow$  (INST)  $\rightarrow$  [BLOCK]



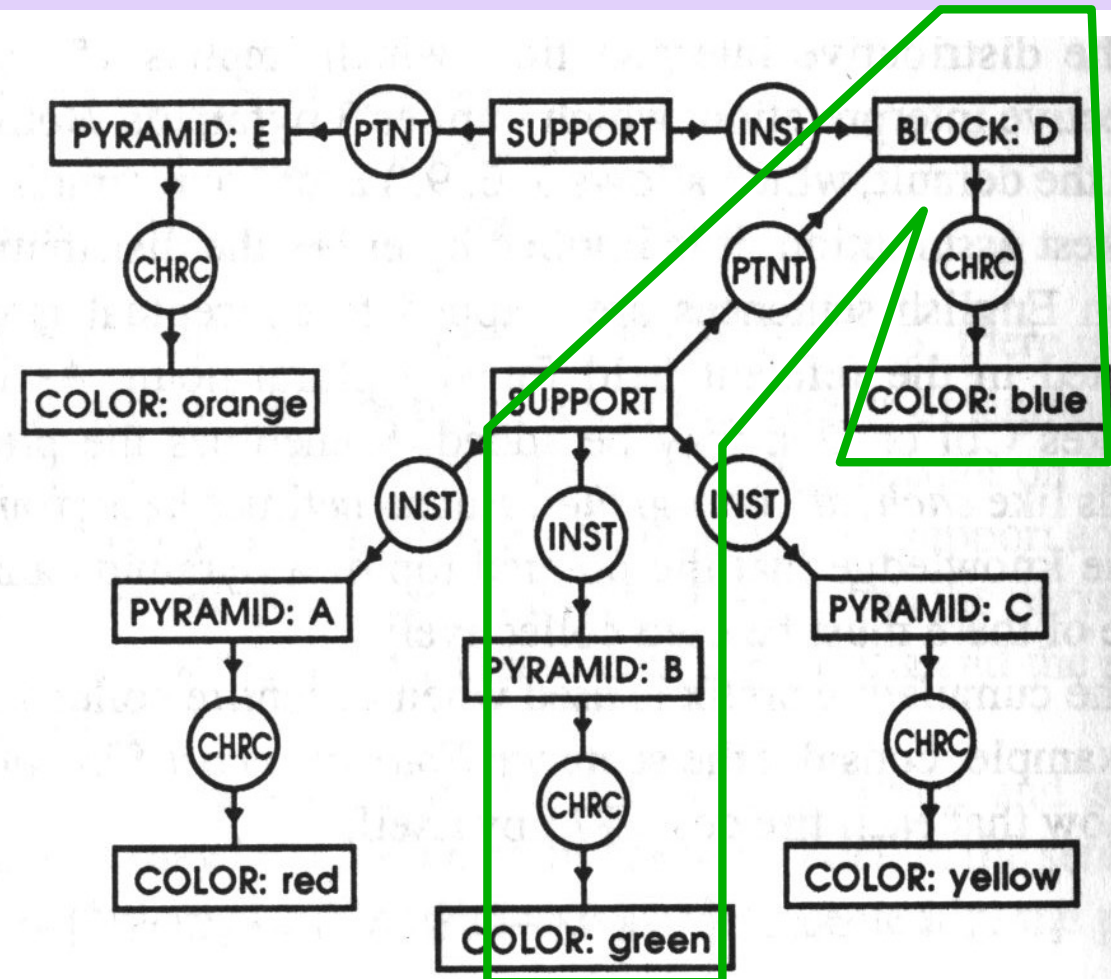
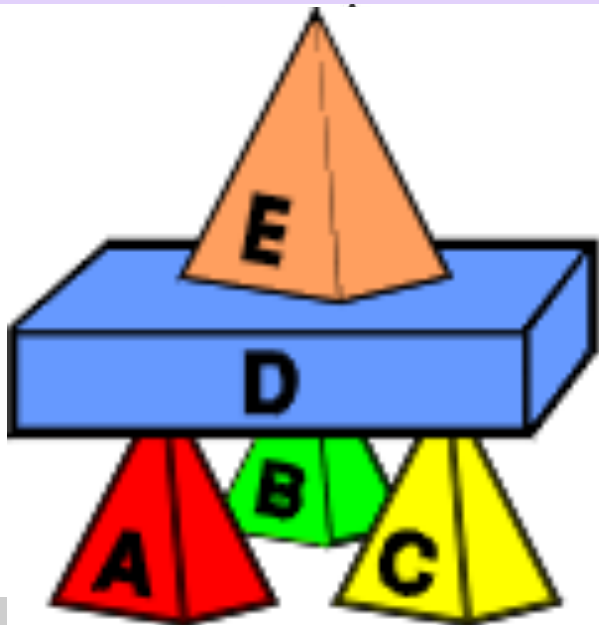
# Raisonnement: appariement de sous-graphe

**Exemples2:** Quel *objet* coloré est soutenu par *quelque chose* de vert?

[COLOR: ?]  $\leftarrow$  (CHRC)  $\leftarrow$  [OBJECT]  $\leftarrow$  (PTNT)  $\leftarrow$  [SUPPORT]  $\rightarrow$   
(INST)  $\leftarrow$  [ENTITY]  $\leftarrow$  (CHRC)  $\leftarrow$  [COLOR:green]  $\rightarrow$

**Utilisation du treillis des types:**

- Un bloc est un objet
- Une pyramide est une entité

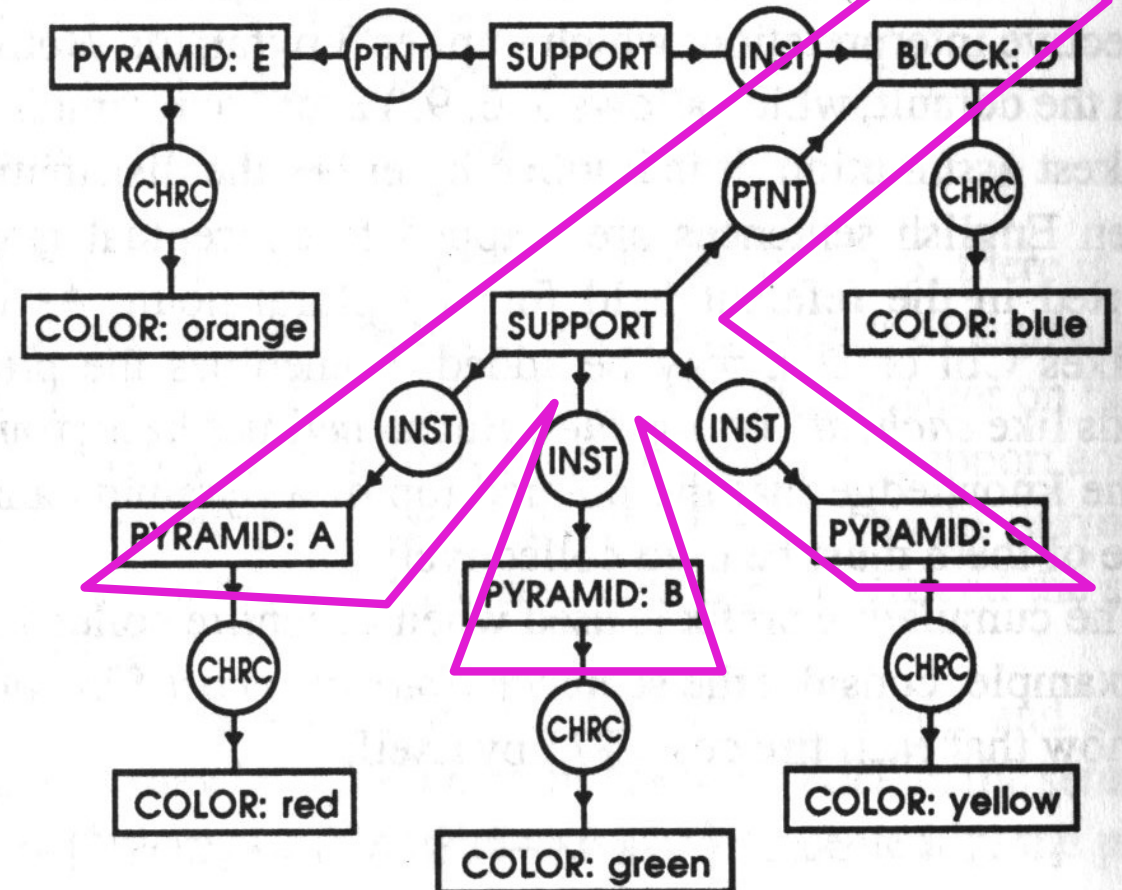
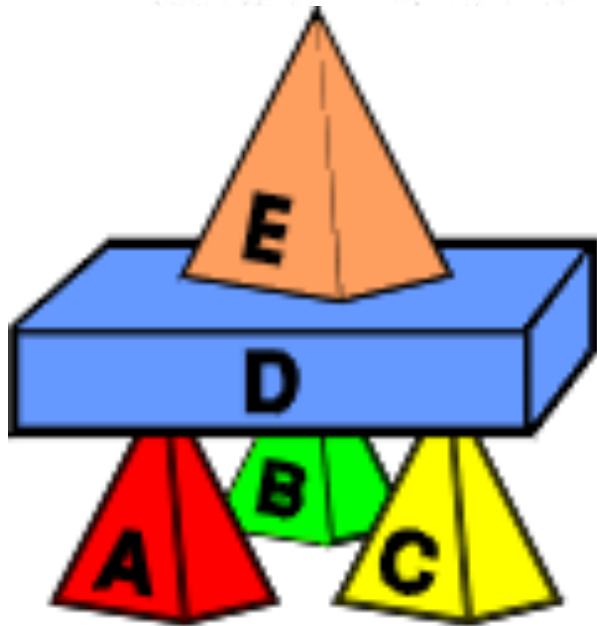




# Raisonnement: référents complexes

**Exemples3:** Quel *bloc* est soutenu par trois pyramides?

[BLOCK: ?] ← (PTNT) ← [SUPPORT] → (INST) → [PYRAMID: {\*}@3]



# Postérité des graphes conceptuels

- Couplage SQL (stockage et requête)
- Couplage PROLOG (raisonnement)  
PROLOG+CG\*
- Complétude des graphes conceptuel:
  - On démontre que tout ce qui est représentable en logique des prédicats du premier ordre l'est dans les graphes conceptuels
- Indexation base multimédia
- Notion de schémas RDF en XML
- Autres formalismes de représentation:
  - Logique terminologique\*
  - Logique de description
  - ...

