

# Représentation de Connaissances

Définition, problématique,  
structures, langages

Alain Mille

Référence principale : Daniel Kayser, « La représentation des connaissances », Hermes, 1997

## Qu'êtes-vous supposés savoir et savoir faire après ce cours?

- Faire clairement la différence entre Information et Connaissance
- Expliquer l'engagement « inférentiel » de la représentation de connaissance
- Maîtriser la notion de réseau sémantique
- Expliquer les principes des graphes conceptuels et des logiques de description

18/10/2004

Représentation Connaissances

2

## Plan du cours

- Connaissance ?
- Notion de représentation de connaissance
- Représentation dans un modèle
  - Langages de représentation (logique)
- Réseaux sémantiques

18/10/2004

Représentation Connaissances

3

## Connaissance ? [1]

- L'inférence est l'élément de base de toute description de la cognition
- Pour être efficace, l'inférence doit être guidée par la connaissance
- Inférence <> Raisonnement
- Inférence avec / sans représentation de la connaissance

18/10/2004

Représentation Connaissances

4

## Connaissance ? [2]

- Connaissance => capacité à mobiliser des informations pour agir
- Le passage de INFORMATION à CONNAISSANCE est lié à l'expérience de l'action => pas de frontière parfaitement définie
- Définition : Connaissance = Information (donnée) qui influence un processus.
- Pas de classement universel des différents types de connaissances (voir la tentative de Porphyre)

18/10/2004

Représentation Connaissances

5

## Représentation ? [1]

- Dire que A « représente » B
  - Ne suffit pas pour que ce soit « vrai »
  - Il convient de vérifier que si B a un certain effet sur un processus P, A démontre un effet « équivalent » sur un processus « équivalent »
- A n'est cependant pas « équivalent » à B
  - « Une carte n'est pas le territoire » (heureusement!)
  - Une carte « représente » le territoire dans le cadre d'un processus de recherche d'un itinéraire (par exemple)

18/10/2004

Représentation Connaissances

6

## Représentation ? [2]

- Représenter  $\Leftrightarrow$  **Approximer** dans le contexte d'une tâche (activité?) particulière
- Représenter  $\Leftrightarrow$  Structure de **symboles** pour « décrire » une approximation du « monde » (un **modèle** du monde) dans le contexte d'une tâche particulière.
- Interpréter une structure (une représentation)  $\Leftrightarrow$  **Composition** de l'interprétation des différents symboles la constituant

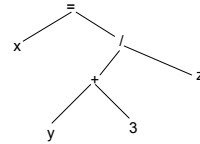
18/10/2004

Représentation Connaissances

7

## Représentation [3]

- Exemple
  - $X=(y+2)/z$



Cette **composition** nécessite  $\text{Int}(=)$ , interprétation de l'égalité entre deux termes, dont l'un est  $\text{Int}(x)$  et l'autre obtenu par l'application de  $\text{Int}(/)$  à deux autres termes, le premier résultant de l'application de  $\text{Int}(+)$  à  $\text{Int}(y)$  et à  $\text{Int}(3)$  et l'autre étant  $\text{Int}(z)$ .

18/10/2004

Représentation Connaissances

8

## Représentation ? [4]

- La propriété de compositionnalité n'est pas « naturelle » dans la langue : *tout à l'heure*, par exemple ne s'interprète pas facilement comme une composition d'interprétations de *tout*, *à* et *l'heure*
- La notion d'interprétation présuppose que le modèle (du monde) est constitué d'objets, et que parmi les symboles, il en est qui s'interprètent comme des objets du modèle.
- Les symboles ont la capacité de déclencher des inférences.

18/10/2004

Représentation Connaissances

9

## Langage de représentation

- Il s'agit naturellement de langages formels.
  - un alphabet, ensemble de symboles pas nécessairement réduit à des caractères
  - un procédé de formation des expressions, pas nécessairement la concaténation
  - un ensemble d'**axiomes**, c'est-à-dire d'expressions obéissant aux deux premiers points ci-dessus, et dont on décide arbitrairement qu'ils appartiennent au système
  - des règles de dérivation qui, à partir des axiomes, permettent de produire des **théorèmes** (c'est-à-dire des expressions appartenant au système), et peuvent ensuite s'appliquer aux théorèmes pour en produire d'autres
- Représentation de procédures ?
  - Langage formel également.
  - Le système PEU (voir les **rappels**) pourrait être considéré comme une représentation de procédure d'addition !
- Une procédure peut-être l'objet d'une procédure (pas de différence essentielle)  $\Rightarrow$   **$\lambda$ -Calcul**, machine de Turing, Algorithmes de Markov, fonctions récursives, logique combinatoire, production de Post (Si p se réalise et que  $p \Rightarrow q$  Alors q peut se réaliser) = autant de méthodes pour représenter un procédé de calcul.
  - Il a été démontré qu'un procédé décrit dans une de ces méthodes X est possible à décrire à l'aide d'une autre de ces méthodes Y.

18/10/2004

Représentation Connaissances

10

## Représentation dans un modèle (approche logique)

- Langage  $\Rightarrow$  aspects « syntaxiques » de la représentation (attention langage formel!)
- Système de déduction  $\Rightarrow$  aspects « sémantiques » (attention, représente un calcul et peut être très éloigné d'un « sens » quelconque)
- Règles de valuation  $\Rightarrow$  « vrai », « faux » (attention, ne pas confondre avec le sens général vrai et faux...)

18/10/2004

Représentation Connaissances

11

## Notions de correction et de complétude

- Un système est « correct » si toutes les formules qui sont des théorèmes sont des tautologies (valuées « vrai »)
  - Preuve par récurrence : on montre que la première formule de la preuve d'un théorème est une tautologie et que si les  $n-1$  premières formules d'une preuve sont des tautologies, alors la formule  $n$  est également une tautologie.
- Un système est « complet » si toutes les formules qui sont des tautologies sont des théorèmes.
  - Preuve un peu plus compliquée, mais fonctionnant également sur la récurrence.

18/10/2004

Représentation Connaissances

12

## Logiques modales

- Comment exprimer :
    - « Lionel affirme que la constitution européenne est une bonne chose »
    - « Il y a peu de chances que la vie existe ailleurs que sur Terre »
    - « Généralement, les mollusques ont une coquille »
- => Session de Pierre Lescanne, MO de Salima Benbernou

18/10/2004

Représentation Connaissances

13

## Les réseaux sémantiques (Argumentation Intelligence Artificielle)

- Difficultés de la représentation à base de modèle logique
  - Système décidable  $\Leftrightarrow$  logique des propositions, mais ... temps de décision exponentiels !
  - Autres logiques  $\Leftrightarrow$  plus expressives, mais semi-décidables, voire indécidables !
- Comment rendre les inférences efficaces ?
  - Restreindre la logique
  - Abandonner l'exigence de complétude !
- Rendre + facile la « lecture » de la représentation ?

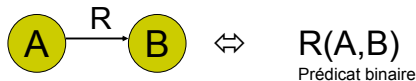
18/10/2004

Représentation Connaissances

14

## Définition IA

- Un réseau sémantique est un graphe orienté et étiqueté (un multi-graphe en fait car rien n'empêche deux nœuds d'être reliés par plusieurs arcs).
- Une « sémantique » (au sens de la logique) est associée par le biais des relations.
- Réseau = conjonction de formules logiques associées à chacun des arcs



18/10/2004

Représentation Connaissances

15

## Sémantique de quelques relations « privilégiées »

- Appartenance d'individus à une classe d'individus AKO (A kind of)  $\Leftrightarrow$  appartenance
  - $B(A) / * A$  appartient à la classe  $B *$  /
- Relation de spécialisation (IsA).  $\Leftrightarrow$  sorte\_de
  - $B(A) / * A$  est une classe sorte\_de classe  $B *$  /

Nécessité de différencier les concepts individus (appartenance) des concepts classe (sorte\_de) !

18/10/2004

Représentation Connaissances

16

## Réseau sémantique (Argumentation Sciences Cognitives)

- Les représentations (humaines) de la connaissance formelle sur des informations factuelles, « dénotées » peuvent se modéliser avec 4 types d'entités
  - Des **concepts** (noms ou propositions nominales)
  - Des **relations** étiquetées entre concepts (verbes ou propositions verbales)
  - Des « modificateurs » (ou marqueurs) qui sont attachés aux concepts ou aux relations (pour restreindre ou clarifier leur portée)
  - Des combinaisons de Concept -> Relation -> Concept avec des modificateurs optionnels sont des **instances** de mise en relation
- L'ensemble forme de « larges réseaux d'idées » appelés « réseaux sémantiques »

18/10/2004

Représentation Connaissances

17

## Réseau sémantique / phrases ?

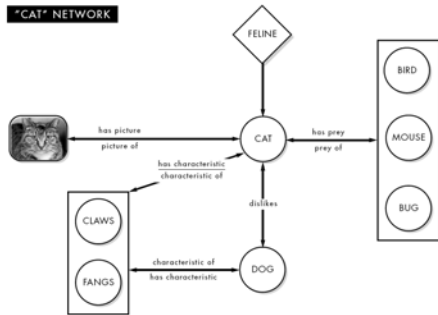
- Le chat est un félin
- Le chat a pour proies la souris, l'oiseau, l'insecte
- Le chat n'aime pas le chien
- Le chat est représenté par son image par « id\_photo »
- Le chat a des griffes

18/10/2004

Représentation Connaissances

18

## Exemple de réseau sémantique (dénotatif)



18/10/2004

Représentation Connaissances

19

## Exercice

- Décrivez un réseau sémantique représentant un étudiant/enseignant du master recherche
  1. Pour une tâche d'évaluation au sein du Master (évaluation de l'étudiant)
  2. Pour une tâche d'évaluation au sein du Master (évaluation de l'enseignant)
- Tentez de donner une sémantique aux relations proposées

18/10/2004

Représentation Connaissances

20

## Réseau sémantique - exploitation

- Si on considère un réseau sémantique comme une conjonction de formules logiques, alors mêmes méthodes que pour un modèle logique
- Si on considère un réseau sémantique comme un graphe, alors on peut utiliser les techniques de propagation de marqueurs

18/10/2004

Représentation Connaissances

21

## Réseau Sémantique Propagation de marqueurs

- L'idée est que toutes les unités d'un réseau (arcs et nœuds) possèdent un processeur et une mémoire locales.
- Pour répondre à une question du genre « A est-elle nécessairement une instance de B? »
  - On place un marqueur M1 sur A
    - Tant que (le réseau continue à évoluer)
      - Tout lien AKO ayant un marqueur M1 à son origine propage ce marqueur à son extrémité
      - Si le nœud B est marqué par M1, répondre « toute instance de A est nécessairement une instance de B »
    - Très bonne adéquation au parallélisme ; bonne expressivité en ajoutant des liens « rôles » ; ajout de liens « de négation » ; ajout de liens « exception »
    - Si on propage des valeurs à la place des marqueurs, on se rapproche sensiblement des réseaux connexionnistes ! Mécanismes d'inhibition ; activation sélective de nœuds...

18/10/2004

Représentation Connaissances

22

## Graphes conceptuels : notions fondamentales

- Sowa-84 : « Conceptual graphs form a knowledge representation language based on linguistics, psychology, and philosophy ».
  - Au niveau conceptuel, c'est donc un langage de communication pour différents spécialistes impliqués dans une tâche cognitive commune.
  - Au niveau de son implantation informatique, ce peut être un outil de représentation commun pour les différentes parties d'un système complexe.

18/10/2004

Représentation Connaissances

23

## S-graph / Support

- Un graphe conceptuel est constitué de deux types de nœuds : les nœuds relations et les nœuds concepts.
- Les concepts représentent des entités, des attributs, des états et des événements, et
- Les relations montrent comment les concepts sont interconnectés.
- Certains concepts sommets sont dits « individuels » ⇔ ont trait à des entités particulières
- Certains concepts sommets sont dits « génériques » et représentent des concepts non spécifiés d'un type donné.

18/10/2004

Représentation Connaissances

24

## S-Graph / Le graphe conforme à un support.

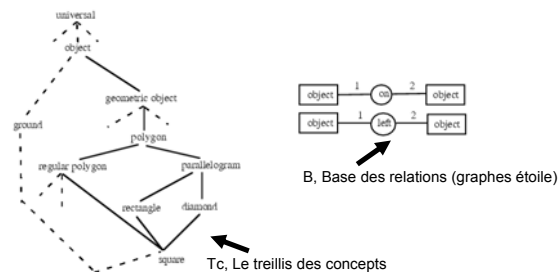
- Un graphe conceptuel est relatif à un « support », qui définit des contraintes syntaxiques permettant décrire un domaine d'application.
- Cette notion de support regroupe:
  - Un ensemble de « types de concepts », structurés en treillis, représentant une hiérarchie « sorte-de » acceptant l'héritage multiple.
  - Un ensemble de « types de relations »
  - Un ensemble de « graphes étoiles », appelés « bases », montrant pour chaque relation quels types de concepts elle peut connecter (signature de relation).
  - Un ensemble de « marqueurs » pour les « sommets concepts »: un marqueur « générique » et un marqueur « individuel »
  - Une relation de conformité, qui définit les contraintes d'association entre un type de concept et un marqueur (si le type « t » est associé au marqueur « m »  $\Leftrightarrow$  Il existe un individu m qui « est\_un » t.

18/10/2004

Représentation Connaissances

25

## Support : exemple.

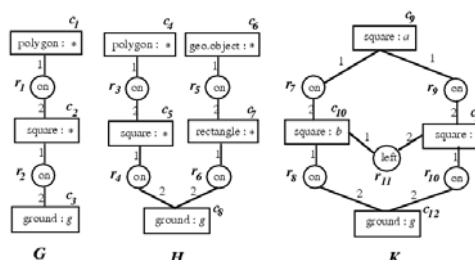


18/10/2004

Représentation Connaissances

26

## Les S-graphes conformes au support S



18/10/2004

Représentation Connaissances

27

## Projection et morphisme de S-Graphes

- La projection d'un S-Graphe G sur un S-Graphe G' est une liste ordonnée de « mise-en-correspondance » g de C sur C' (concepts) et f de R sur R' (relations) qui préserve les étiquettes des sommets « r » et peut restreindre les étiquettes des sommets « c ». Restreindre une étiquette d'un sommet « c » revient à restreindre le type de « c » et/ou (si « c » est générique), positionner un marqueur individuel à la place d'un marqueur générique (satisfaisant la conformité de type). Autrement « dit » :

A projection from an S-graph  $G = (R, C, U, lab)$  to an S-graph  $G' = (R', C', U', lab')$  is an ordered pair  $(f, g)$  of mappings,  $f$  from  $R$  to  $R'$ , and  $g$  from  $C$  to  $C'$ , such that:

- $\forall r \in R$  and  $\forall i \in \{1, \dots, degree(r)\}$ ,  $G_i(r) = c$  implies  $g(c) = G'_i(f(r))$ .
- $\forall r \in R$   $lab'(f(r)) = lab(r)$ .
- $\forall c \in C$   $lab'(g(c)) \leq lab(c)$ .

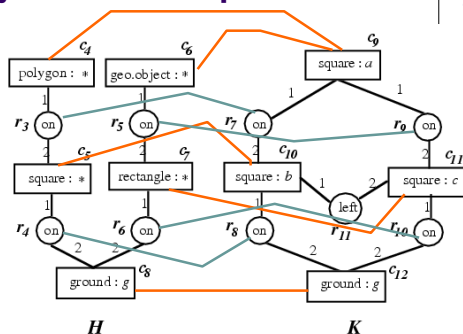
$R$ =(sommets relations),  $C$ =(sommets concepts),  $U$ =(arcs),  $lab$ =(étiquettes).

18/10/2004

Représentation Connaissances

28

## Projection : exemple

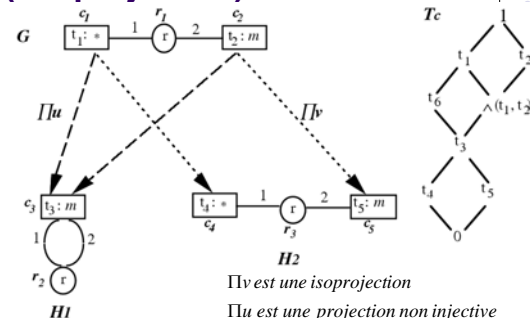


18/10/2004

Représentation Connaissances

29

## Isomorphisme de S-graphe (iso-projection)



18/10/2004

Représentation Connaissances

30

## Opérations de spécialisation

- Règles de spécialisation
  - Suppression des sommets-r « jumeaux » (simplification) // 2 relations de même type et ayant les mêmes voisins.
  - Restriction élémentaire (restriction) : il s'agit de remplacer une étiquette « e » d'un sommet-c par une autre étiquette « e' » telle que  $e \leq e'$  et  $e'$  conforme au type.
  - Fusion élémentaire : deux sommets-c « c » et « c' » de même étiquette et appartenant à 2 s-graphes sont fusionnés pour donner un nouveau s-graphe.
- G est une spécialisation de H si H appartient à une séquence de spécialisation arrivant à G.
  - La relation de spécialisation s'écrit :  $\leq$

18/10/2004

Représentation Connaissances

31

## Opérations de généralisation = inverses de la spécialisation

- Règles de généralisation
  - Addition de sommets-r « jumeaux »
  - Extension élémentaire (restriction) : il s'agit de remplacer une étiquette « e » d'un sommet-c par une autre étiquette « e' » de plus haut niveau (pour tout arc r-c avec le label i,  $\text{type}(c) \leq \text{type}$  du ième voisin du sommet-r du graphe étoile  $B_{\text{type}(r)}$ )
  - Eclatement élémentaire : duplication d'un sommet-c, en deux sommets c1 et c2, avec des étiquettes identiques, et l'ensemble des arcs adjacents à ces nouveaux sommets est une bi-partition de l'ensemble des arcs adjacents à c.
- G est une spécialisation de H si H appartient à une séquence de spécialisation arrivant à G.
  - La relation de spécialisation s'écrit :  $\leq$

18/10/2004

Représentation Connaissances

32

## Quelques propriétés

- S'il existe une projection de H sur G, alors  $G \leq H$
- Si  $G \leq H$  alors, à toute séquence de spécialisation de H en G, on peut associer une projection de G sur H.
- $G \leq H$  si et seulement si il existe une projection de H sur G.
- La relation de spécialisation  $\leq$  est un préordre (la propriété d'antisymétrie n'est pas satisfaite).
- Si  $G \leq H$  et  $H \leq G$  alors H et G sont équivalents :  $H \equiv G$ .

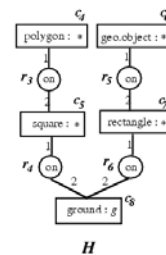
18/10/2004

Représentation Connaissances

33

## Interprétation logique

$\exists x \exists y \exists z \exists t \text{ polygon}(x) \wedge \text{square}(y) \wedge \text{geo.object}(z) \wedge \text{rectangle}(t)$   
 $\wedge \text{on}(x, y) \wedge \text{on}(y, g) \wedge \text{on}(z, t) \wedge \text{on}(t, g)$



18/10/2004

Représentation Connaissances

34

## Complexité de la projection

- Le problème de la projection est NP-Complet
  - Le problème de la recherche de sous-graphe (projection injective) est NP-Complet
  - Le problème de l'isoprojection est NP-Complet (même si on a un ordre total sur les étiquettes des sommets-c!).
  - Le problème de l'équivalence est NP-Complet.
    - => on peut facilement vérifier qu'un graphe est une projection d'un autre graphe (par exemple), mais le temps pour établir les projections possibles d'un graphe est exponentiel à sa dimension...
- (NP = Non-déterministe Polynomial)

18/10/2004

Représentation Connaissances

35

## Introduction aux logiques de descriptions

- Langage de représentation de connaissances
- Connaissances du domaine représentées par des entités qui ont une description syntaxique à laquelle est associée une « sémantique ».
- Logiques de descriptions  $\Leftrightarrow$  Logiques terminologiques  $\Leftrightarrow$  famille de langages

18/10/2004

Représentation Connaissances

36

## Logique de descriptions

- Un concept permet de représenter un ensemble d'individus
- Un rôle représente une relation binaire entre individus.
- Concept  $\Leftrightarrow$  entité générique d'un domaine
- Individu  $\Leftrightarrow$  une entité singulière, une instance d'un concept.

18/10/2004

Représentation Connaissances

37

## Principes des LD

- Un concept et un rôle possèdent une *description structurée* élaborée à partir de *constructeurs*
- Une sémantique est associée à chaque description de concept et de rôle par l'intermédiaire d'une *interprétation*.
- Représentation des concepts et des rôles relèvent du niveau *terminologique*  $\Leftrightarrow$  *TBox*
- Description et manipulation des individus relèvent du niveau *factuel* ou niveau des *assertions ABox*

18/10/2004

Représentation Connaissances

38

## Principes des LD (suite)

- La relation de *subsumption* organise concepts et rôles par niveau de généralité. C subsume D si C est plus général que D au sens que l'ensemble d'individus représenté par C contient l'ensemble d'individus représenté par D  $\Leftrightarrow$  hiérarchie de concepts et (parfois) hiérarchie de rôles.
- Opérations de base : classification et instanciation.
  - Classification de concepts (ou rôles) et détermine la position d'un concept (d'un rôle) dans une hiérarchie. Construction et maintenance de la hiérarchie est assistée par le processus de classification.
  - L'instanciation permet de retrouver les concepts dont UN individu est susceptible d'être une instance (*sens différent dans les langages à objet*).

18/10/2004

Représentation Connaissances

39

## Définitions

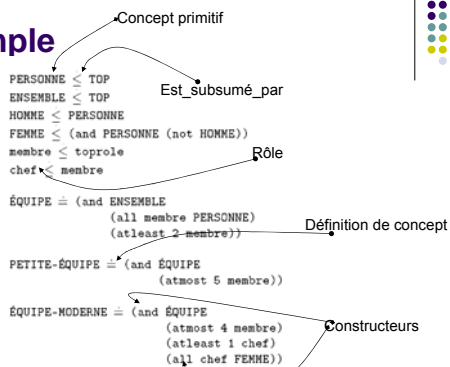
- Un concept dénote un ensemble d'individus (l'extension du concept)
- Un rôle dénote une relation binaire entre individus.
- La description structurée d'un concept est faite par des constructeurs introduisant les rôles associés au concept et les restrictions attachées à ces rôles:
  - Restrictions en général sur le co-domaine du rôle (le concept avec lequel le rôle établit une relation) et la cardinalité du rôle (nombre minimal et maximal de valeurs élémentaires que peut prendre le rôle : les valeurs élémentaires sont des instances de concept ou des types de base –entier, réel, chaînes de caractères-).
  - Concepts primitifs  $\Leftrightarrow$  atomes servant de base à la construction des concepts définis.
  - Concept défini, concept possédant une définition.

18/10/2004

Représentation Connaissances

40

## Exemple



18/10/2004

Représentation Connaissances

41

## La famille de langage $\mathcal{AL}$

$C, D \rightarrow A$		
Top		$\top$
Bottom		$\perp$
(and C D)		$C \sqcap D$
(not A)		$\neg A$
(all r C)		$\forall r.C$
(some r)		$\exists r$
syntaxe lispienne		syntaxe allemande

Éléments syntaxiques

18/10/2004

Représentation Connaissances

42

## Notion d'interprétation

### Définition 1 (Interprétation)

Une interprétation  $\mathcal{I} = (\Delta_{\mathcal{I}}, \mathcal{I}^{\cdot})$  est la donnée d'un ensemble  $\Delta_{\mathcal{I}}$  appelé domaine de l'interprétation et d'une fonction d'interprétation  $\mathcal{I}^{\cdot}$  qui fait correspondre à un concept un sous-ensemble de  $\Delta_{\mathcal{I}}$  et à un rôle un sous-ensemble de  $\Delta_{\mathcal{I}} \times \Delta_{\mathcal{I}}$ , de telle sorte que les équations suivantes soient satisfaites :

$$\begin{aligned} \top^{\mathcal{I}} &= \Delta_{\mathcal{I}} \\ \perp^{\mathcal{I}} &= \emptyset \\ (C \cap D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}} \\ (C \sqcup D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}} \\ (\neg C)^{\mathcal{I}} &= \Delta_{\mathcal{I}} - C^{\mathcal{I}} \\ (\forall r.C)^{\mathcal{I}} &= \{x \in \Delta_{\mathcal{I}} / \forall y : (x, y) \in r^{\mathcal{I}} \rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\} \\ (\exists r.C)^{\mathcal{I}} &= \{x \in \Delta_{\mathcal{I}} / \exists y : (x, y) \in r^{\mathcal{I}} \wedge y \in C^{\mathcal{I}}\} \\ (\geq n r)^{\mathcal{I}} &= \{x \in \Delta_{\mathcal{I}} / |\{y \in \Delta_{\mathcal{I}} / (x, y) \in r^{\mathcal{I}}\}| \geq n\} \\ (\leq n r)^{\mathcal{I}} &= \{x \in \Delta_{\mathcal{I}} / |\{y \in \Delta_{\mathcal{I}} / (x, y) \in r^{\mathcal{I}}\}| \leq n\} \\ (r_1 \cap \dots \cap r_n)^{\mathcal{I}} &= r_1^{\mathcal{I}} \cap \dots \cap r_n^{\mathcal{I}} \end{aligned}$$

18/10/2004

Représentation Connaissances

43

## Satisfiabilité, équivalence, incompatibilité de concepts

- Un concept  $C$  est satisfiable ou cohérent si et seulement s'il existe une interprétation  $\mathcal{I}$  telle que  $C^{\mathcal{I}} \neq \emptyset$ ;  $C$  est non satisfiable ou incohérent sinon.
- Deux concepts  $C$  et  $D$  sont dits équivalents, ce qui se note  $C \equiv D$ , si et seulement si  $C^{\mathcal{I}} = D^{\mathcal{I}}$  pour toute interprétation  $\mathcal{I}$ .
- Deux concepts  $C$  et  $D$  sont incompatibles ou disjoints si et seulement si  $C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}} = \emptyset$  pour toute interprétation  $\mathcal{I}$ .

18/10/2004

Représentation Connaissances

44

## Exercice : satisfiabilité des exemples de concepts suivant ?

- (1) (and HOMME (some enfant MUSICIEN))
- (2) (and FEMME (all enfant HOMME))
- (3) (and FEMME (all enfant (and MUSICIEN HOMME)))
- (4) (and (atmost 0 r) (atleast 1 r))
- (5) (some r (and A (not A)))

18/10/2004

Représentation Connaissances

45

## Relation de subsumption

### Définition 3 (Subsumption)

Un concept  $D$  est subsumé par un concept  $C$  (respectivement  $C$  subsume  $D$ ), ce qui se note  $D \sqsubseteq C$  (respectivement  $C \sqsupseteq D$ ) si et seulement si  $D^{\mathcal{I}} \subseteq C^{\mathcal{I}}$  pour toute interprétation  $\mathcal{I}$ . Le concept  $C$  est appelé le subsumant et  $D$  le subsumé.

18/10/2004

Représentation Connaissances

46

## Niveau terminologique

- Deux déclarations terminologiques :
  - introduction de concepts primitifs
  - Introduction de définitions
- Déclaration = équation terminologique
  - Nom de concept utilisé une seule fois en partie gauche (pas de circuit terminologique).
  - $\Leftrightarrow$  possibilité de substituer tout nom de concept par sa définition dans n'importe quelle expression conceptuelle (développement des définitions).

18/10/2004

Représentation Connaissances

47

## Test de subsumption

- Méthodes de type « normalisation-comparaison » (algorithmes NC)
- Méthode dérivée de la méthode des tableaux sémantiques

18/10/2004

Représentation Connaissances

48



## Normalisation-Comparaison

- Développement et factorisation des définitions
- Production des « formes normales » de description.
- Comparaison

18/10/2004

Représentation Connaissances

49

## Méthodes des tableaux sémantiques

- La question « Est-ce que C subsume D » est remplacée par « Est-ce que  $D \sqcap \neg C$  est non satisfiable ? ».
- La méthode est la réfutation.
- Il est possible de donner à la démonstration une forme d'arbre fini étiqueté qui est appelé « tableau sémantique » où chaque branche mémorise une série d'évaluations possibles pour les énoncés testés.

18/10/2004

Représentation Connaissances

50

## Base de connaissances terminologique

- TBox
- (1)  $(\text{not BACHELIER}) \sqsubseteq (\text{not DOCTEUR})$
  - (2)  $(\text{all enfant DOCTEUR}) \sqsubseteq (\text{all fils BACHELIER})$
  - (3)  $(\text{all ami (not BACHELIER)}) \sqsubseteq (\text{all ami (not DOCTEUR)})$
  - (4)  $(\text{atleast 2 fille}) \sqsubseteq (\text{atleast 1 enfant})$
  - (5)  $(\text{atmost 1 enfant}) \sqsubseteq (\text{atmost 2 fille})$

ABox

```

ÉQUIPE-MODERNE(Trio-54)
HOMME(Antoine)
PERSONNE(Colette)
membre(Trio-54,Antoine)
membre(Trio-54,Patrick)
chef(Trio-54,Colette)
(atmost 3 membre)(Trio-54)
    
```

18/10/2004

Représentation Connaissances

51

## Exemple

- (t1)  $\mathcal{T} = \{(\text{some enseignant COURS}) \sqsubseteq (\text{or PROFESSEUR (and ÉTUDIANT (some diplôme DEA))})\}$
- (t2)  $\text{PROFESSEUR} \sqsubseteq (\text{some diplôme DOCTORAT})$
- (t3)  $(\text{some diplôme DOCTORAT}) \sqsubseteq (\text{some diplôme DEA})$
- (t4)  $(\text{and DOCTORAT DEA}) \sqsubseteq \perp$
- (a1)  $\mathcal{A} = \{\text{enseignant}(\text{Jean}, \text{Cours-ia}),$
- (a2)  $(\leq 1 \text{diplôme})(\text{Jean}),$
- (a3)  $\text{COURS}(\text{Cours-ia})\}$

18/10/2004

Représentation Connaissances

52

## Exemple (explication)

- (t1) quelqu'un enseignant un cours est soit un professeur soit un étudiant ayant comme diplôme un DEA.
- (t2) un professeur est quelqu'un ayant comme diplôme un doctorat.
- (t3) quelqu'un ayant comme diplôme un doctorat a forcément comme diplôme un DEA.
- (t4) les diplômes de doctorat et de DEA sont différents : s'il existe une personne P ayant comme diplôme un doctorat, alors il doit exister une instance de DEA qui est associée à P via le rôle diplôme.

18/10/2004

Représentation Connaissances

53

## Exemple - Interprétation

$$\Delta_{\mathcal{T}} = \{\text{Jean}, \text{Cours-ia}, \text{Dea-de-Jean}\},$$

$$\text{Jean}^{\mathcal{I}} = \text{Jean},$$

$$\text{Cours-ia}^{\mathcal{I}} = \text{Cours-ia},$$

$$\text{ÉTUDIANT}^{\mathcal{I}} = \{\text{Jean}\},$$

$$\text{PROFESSEUR}^{\mathcal{I}} = \emptyset,$$

$$\text{COURS}^{\mathcal{I}} = \{\text{Cours-ia}\},$$

$$\text{DEA}^{\mathcal{I}} = \{\text{Dea-de-Jean}\},$$

$$\text{DOCTORAT}^{\mathcal{I}} = \emptyset,$$

$$\text{enseignant}^{\mathcal{I}} = \{(\text{Jean}, \text{Cours-ia})\},$$

$$\text{diplôme}^{\mathcal{I}} = \{(\text{Jean}, \text{Dea-de-Jean})\}$$

18/10/2004

Représentation Connaissances

54

## Complexité de la subsomption?



- Si le langage est pauvre (pas de and ni restrict par exemple) alors Complet et Polynomial
- Si le langage est expressif, alors NP-Complet, voire Incomplet et exponentiel...

18/10/2004

Représentation Connaissances

55

## Conclusion sur la représentation de la connaissance



- Richesse expressive  $\Leftrightarrow$  complexité
- Lecture toujours difficile
- Mécanismes de « calcul » (projection, subsomption, etc.) ne permettent pas des expressions de requêtes toujours « simples » (il faut reformuler).
- Ne règle pas le « frame » problem...

18/10/2004

Représentation Connaissances

56



18/10/2004

Représentation Connaissances

57