Université de Jijel
Faculté des Sciences Exactes et Informatique
Département d'Informatique
1ère Année Master IA

Chapitre I(suite)
Introduction à la Logique de Description

Introduction

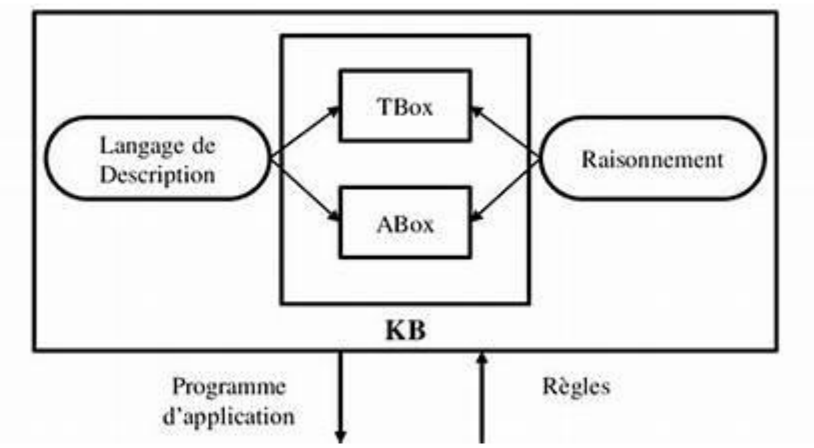
Les logiques de description forment une famille de langages de représentation de connaissances qui peuvent être utilisés pour représenter les connaissances d'un domaine d'application d'une façon structurée et formelle. Une caractéristique fondamentale de ces langages est qu'ils ont une sémantique formelle. Les logiques de description sont utilisées pour de nombreuses applications. Parmi elles on cite les domaines suivants:
• Le web sémantique: représentation d'ontologies et recherche d'information...
• Traitement automatique des langues
• L'ingénierie logicielle: représentation de la sémantique des diagrammes de classe UML .

Les logiques de description utilisent les notions de concept, de rôle et d'individu.
Les concepts correspondent à des classes d'individus, les rôles sont des relations entre ces individus.

Exemple.
Cet exemple décrit les relations entre membres d'une famille:

• Concepts : Femme , Homme , Personne ...
• Rôles : enfant-de , père-de ...
• Instances : Ghofrane, Rami, Rania ....

Structure générale de système LD



Syntaxe et sémantique

Dans les logiques de description, la représentation de connaissances s'articule autour de deux niveaux: Les Tbox (terminological box), qui permettent de raisonner uniquement sur des concepts, et les Abox (assertional box), qui introduisent un raisonnement sur des individus. Ces derniers forment la notion la plus fondamentale car on peut ramener les Tbox aux Abox.
Les Abox contiennent un ensemble d'assertions sur les individus, comme les assertions d'appartenance et des assertions de rôle. Un axiome assertionnel (aussi appelé fait) est soit de la forme x : C ("x appartient au concept C") ou $x \neq y$ ("x et y sont des individus différents") ou x r y ("les individus x et y sont reliés par le rôle r").

Traditionnellement, un système L.D comporte deux composants.
Le premier est la base de connaissances (B.C ou KB) qui est encore divisée en deux blocs appelés TBox et ABox.
Le deuxième est le moteur d'inférence qui implante les services d'inférence.

Un TBox stocke les connaissances conceptuelles (terminologiques) du domaine d'application tandis qu'un ABox présente les connaissances assertionnelles.
Les concepts dans la B.C sont représentés par les descriptions de concept.

Les descriptions de concept d'un langage L.D sont définies récursivement à partir

- d'un ensemble des noms de concept N_C,
- d'un ensemble des noms de rôle N_R
- et l'ensemble des constructeurs que ce langage possède.

On désigne les éléments de N_C par les lettres A,B ; les éléments de N_R par les lettres r, s ; et les descriptions de concept par les lettres C,D.

Base de connaissances

Terminologie : TBox
Les descriptions de concepts sont utilisées dans un TBox pour définir les concepts du domaine d'application. On introduit à un TBox les noms de concepts correspondants aux descriptions de concepts. Étant donné un langage de logique de description L,
un TBox est un ensemble fini de définitions de concept sous forme A := C où $A \in N_C$ et C est une L-description de concept.
Un nom de concept $A \in N_C$ est appelé nom défini s'il apparaît du côté gauche d'une définition de concept, sinon il est appelé nom primitif. De plus, un nom défini doit apparaître une seule fois du côté gauche dans toutes les définitions de concept du Tbox.
La définition de concept C dans la définition A := C est appelé concept de définition de A.

Exemple de Tbox
Bruit := Polluant ⊓ ¬Feu
ProResAuPoll := Produit ⊓ ∃résisterAuPolluant.Polluant
ProResAuBrt := Produit ⊓ ∃résisterAuPolluant.Bruit
ProResAuFeu := Produit ⊓ ∃résisterAuPolluant.Feu
ProPourBureau := ProResAuBrt ⊓ ProResAuFeu

Description de monde : ABox

Le deuxième composant de la B.C est le ABox. Contrairement au TBox qui restreint l'ensemble des mondes possibles, le ABox permet de décrire un état spécifique du monde en introduisant les individus et assertions de propriétés sur ces individus. On désigne les individus par les noms a, b, c.

Les assertions sont représentées par les deux formes suivantes :

$C(a)$, $r(b,c)$ où $C \in N_C$, $r \in N_R$. Un ABox est un ensemble fini de telles assertions.

Exemple de ABox.

ProResAuPoll(FORMICA_1)

ProResAuBrt(FORMICA_1)

Feu(INF_1000)

résisterAuPolluant(FORMICA_1, INF_1000)

En résumé

Une Base de connaissances KB est une paire (T, A) avec :

T est ensemble d'axiomes "terminologiques" (TBox)

A est un ensemble d'axiomes "assertionnels" (ABox)

Les axiomes de TBox sont sous forme :

$$A,\ C \subseteq D,\ C \equiv D,\ R,\ R \subseteq S,\ R \equiv S \text{ and } R^+ \subseteq R$$

où A est un concept atomique, C, D sont des concepts définis, R, S sont des rôles, et R+ l'ensemble de rôles transitifs

Les axiomes de Abox sont sous forme :

x:D, (x,y):R ou bien R(x,y)

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

Un exemple qui décrit une Tbox:

Femelle	$\subseteq$ T ∩ ┐Male
Male	$\subseteq$ T ∩ ┐Femelle
Etre_vivant	$\equiv$ Male U Femelle
Humain	$\subseteq$ Etre_vivant
Femme	$\equiv$ Humain ∩ Femelle
Homme	$\equiv$ Humain ∩ ┐Femelle

Un exemple qui représente une Abox.

Ali : Homme

Mouna : Femme

epouse_de(Ali,Mouna)

Syntaxe des Descriptions de Concept dans un LD

La syntaxe d'un langage de description est formalisée comme suit :

C	Concept
R	Rôle
$\bot$	Concept absurde
$\top$	Concept universel
$C \sqsubseteq A$	Subsomption ou hiérarchie de concepts
$C \sqcap D$	Conjonction de concepts
$C \sqcup D$	Disjonction de concepts
$\neg C$	Négation de concept
$r \sqsubseteq a$	Subsomption ou hiérarchie de rôles
$r \wedge s$	Composition de rôles
$\forall r.C$	Restriction universelle
$\exists r.C$	Restriction existentielle
$(\geq n\ r)$	Restriction supérieure de cardinalité
$(\leq n\ r)$	Restriction inférieure de cardinalité
$(\geq n\ r.C)$	Restriction supérieure de cardinalité qualifié
$(\leq n\ r.C)$	Restriction inférieure de cardinalité qualifié
{a1,a2,……}	collection des individus ou instances

C et D sont des expressions de concepts, r et s sont des expressions de rôles
A est un concept primitif et a est un rôle primitif et n est un entier non nul

Exemple : soit Base de connaissances suivante

- Un **Homme** est une **Personne**.
- Une **Femme** est une **Personne**.
- Aucune **Femme** n'est un **Homme** et vice-versa.
- Une **Equipe** est (définie comme) un **Ensemble** ayant au moins 2 **membres** qui sont tous des **Personnes**.
- Une **Petite-équipe** est (définie comme) une **Equipe** ayant au plus 5 **membres**.

Formaliser cette connaissance en utilisant le formalisme logique de description

Concepts primitifs : Personne, ensemble
Rôle primitif : membre
Homme ⊑ Personne
Femme ⊑ Personne
Homme ⊑ Personne ⊓ ¬ Femme

Equipe ⊑ Ensemble ⊓ (∀ membre.Personne) ⊓ (≥ 2 membre)

Sémantique de LD

La sémantique de LD est définie par les interprétations. Une interprétation I est définie par $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, où

- Δ^I est le domaine (un ensemble vide du domaine de discours)
- $\cdot^I$ est une fonction d'interprétation qui fait correspondre:
  1. Chaque Concept (classe) A $\rightarrow$ Sous ensemble A^I de Δ^I
  2. Chaque Rôle (propriété) R $\rightarrow$ relation binaire R^I sur Δ^I **x** Δ^I
  3. Individus i $\rightarrow$ i^I élément de Δ^I

- Si $a \neq b$ alors $a^I \neq b^I$.
- Un modèle d'un concept C est une interprétation où C^I est non vide
- Un concept est satisfiable s'il a un modèle.

Sémantique des Constructeurs

- La fonction d'interprétation ·I sur les expressions de concept (ou de rôle) de la manière suivante :

Syntaxe	Sémantique
$\top$	Δ^I
$\bot$	$\emptyset$
$C \sqcap D$	$C^I \cap D^I$
$C \sqcup D$	$C^I \cup D^I$
$\forall r.C, r \in N_R$	$\{x \in \Delta^I \mid \forall y : (x,y) \in r^I \rightarrow y \in C^I\}$
$\exists r.C, r \in N_R$	$\{x \in \Delta^I \mid \exists y : (x,y) \in r^I \wedge y \in C^I\}$
$\neg C$	$\Delta^I \setminus C^I$
$\leq n\ r$	$\{x \in \Delta^I \mid card(\{x \mid (x, y) \in r^I\}) \leq n\}$
$\geq n\ r$	$\{x \in \Delta^I \mid card(\{x \mid (x, y) \in r^I\}) \geq n\}$
$(\geq n\ r.C)$	$\{x \in \Delta^I \mid card(\{x \mid (x, y) \in r^I \text{ et } y \in c^I\}) \geq n\}$
$(\leq n\ r.C)$	$\{x \in \Delta^I \mid card(\{x \mid (x, y) \in r^I \text{ et } y \in c^I\}) \leq n\}$
$\{a1, a2, \ldots\ldots\}$	$\{a1^I, a2^I, \ldots\ldots\}$

Sémantique de la base de connaissances

a) On dit qu'une interprétation I satisfait (modèles) un axiome TBox C (noté $I \vDash C$) de la manière suivante :

$I \vDash C \sqsubseteq D$ ssi $C^I \subseteq D^I$ $\quad$ $I \vDash C \equiv D$ ssi $C^I = D^I$

$I \vDash R \sqsubseteq S$ ssi $R^I \subseteq S^I$ $\quad$ $I \vDash R \equiv S$ ssi $R^I = S^I$

$I \vDash R^+ \sqsubseteq R$ ssi $(R^I)^+ \subseteq R^I$ $\quad$ $I \vDash R^+ \sqsubseteq R$ ssi $(R^I)^+ \subseteq R^I$

- Une interprétation I satisfait une Tbox T ($I \vDash T$) ssi I satisfait tout axiome C dans T

b) Une interprétation I satisfait (produit des modèles) un axiome Abox a ($I \models a$) de la manière suivante :

$I \models x{:}D$ ssi $x^I \in D^I$ $\quad$ $I \models (x,y){:}R$ ssi $(x^I,y^I) \in R^I$

- Une interprétation I satisfait une Abox A ($I \models A$) ssi I satisfait tout axiome a in A

c) Une interprétation I satisfait une BC K ($I \models K$) ssi I satisfait à la fois T et A

Les principaux tests d'inférence

On peut réduire les tests de base au test de satisfaisabilité :

- C est subsumé par D si seulement si $(C \sqcap \neg D)$ n'est pas satisfaisable
- C et D sont équivalents si seulement si $(C \sqcap \neg D) \sqcup (D \sqcap \neg C)$ n'est pas satisfaisable
- C et D sont incompatibles si seulement si $(C \sqcap D)$ n'est pas satisfaisable

Propriétés de transformation

Les constructeurs $\sqcap$ et $\sqcup$ obéissent aux règles suivantes :

- Idempotence: $C \sqcap C \equiv C$ et $C \sqcup C \equiv C$
- Commutativité: $C \sqcap D = D \sqcap C$ et $C \sqcup D = D \sqcup C$
- Associativité : $C \sqcap (D \sqcap E) = (C \sqcap D) \sqcap E$ et $C \sqcup (D \sqcup E) = (C \sqcup D) \sqcup E$
- Si $C \sqsubseteq D$ et $C \sqsubseteq E$ alors $C \sqsubseteq D \sqcap C$
- Si $C \sqsubseteq D$ et $E \sqsubseteq D$ alors $C \sqcup E \sqsubseteq D$
- Si $C \sqsubseteq D$ alors $C \sqcap X \sqsubseteq D$ pour tout description X
- Si $C \sqsubseteq D$ alors $C \sqsubseteq D \sqcup X$ pour tout description X