Intelligence Artificielle NFP212
Année 2012-2013

Langages terminologiques

F.-Y. VILLEMIN
CNAM-CEDRIC

http://deptinfo.cnam.fr

Acquis des sciences cognitives

Psychologie cognitive, anthropologie, linguistique…
(1) Models mentaux Ph. Johnson-Laird (1983) :

- "Les gens raisonnent en fonction du contenu spécifique du problème et non pas en suivant des règles logiques abstraites, mais au moyen d'heuristiques de décision"
- "Les gens raisonnent en fonction de prototypes spécifiques du domaine et non pas en suivant des règles statistiques abstraites"

(2) Heuristiques humaines de décision Kahneman, Slovic & Tversky (1982) :

- "availability heuristics"
- "representativity heuristics"
- "causual analysis heuristics"

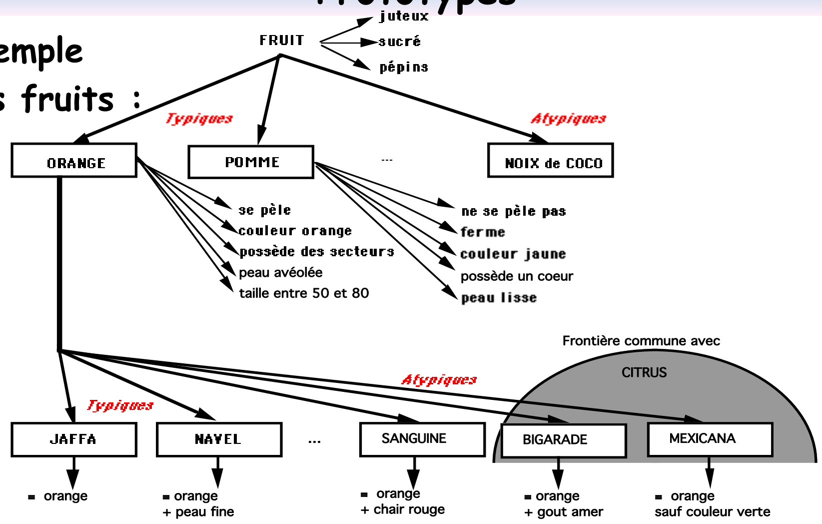
Acquis des sciences cognitives

(3) Prototypes E. Rosch (1973) (pas de CNS pour catégories “naturelles” comme fruits, meubles…) :

- les sujets classent les membres d'une en fonction de leur exemplarité
- les sujets catégorisent d'abord les membres les plus typiques
- les sujets citent plus d'attributs communs (caractéristiques) pour les membres les plus typiques que pour les atypiques (qui ont des caractéristiques communes avec d'autres catégories)

Prototypes

Exemple des fruits :



Langages Hybrides

L'idée des langages hybrides remonte à KL-ONE [Brachman & al 83], [Brachman & Levesque 84]

Un très grand nombre de langages : KRYPTON, LOOM, BACK, SB-one, $\mathcal{ALC}$, $\mathcal{ALE}$-, KRISS, CLASSIC, SHIQ…

Buts des langages hybrides :

- Généralisation des réseaux sémantiques et langage de frames
- Donner une sémantique précise aux langages (autre que celle qui dérive de l'implantation)
- permettre à un système de raisonner sur son état de connaissance

Langages Hybrides

Un langage hybride comporte deux composantes :

1. Langage terminologique
   ≡ Description des connaissances générales
   → classes d'objets (les concepts)
   → relations entre classes (les attributs et les rôles)
2. Langage assertionnel
   ≡ Description des connaissances spécifiques
   → objets ou individus appartenant à ces concepts

Langages Hybrides

Base de connaissances :

1. une partie terminologique → T-Box

   ≡ un ensemble de "termes", décrivant la structure des éléments et les relations entre les divers termes

   → structure et propriétés liés à un concept (une forme d'objet)

Analogie= schéma d'une base de données relationnelle

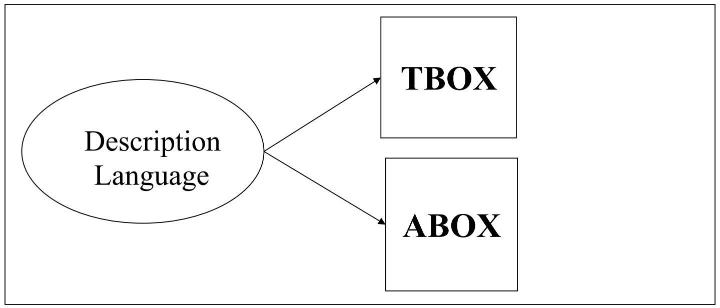
2. une partie assertionnelle → A-Box

   ≡ un ensemble d'assertions, qui forme une théorie du premier ordre sur les termes du langage terminologique

Analogie= contenu d'une base de données relationnelle

Langages Hybrides

Base de connaissances :



TBOX : la terminologie ou vocabulaire du domaine d'application (Concepts, Rôles)

ABOX : Assertions sur des individus nommés avec les termes de la terminologie

Terminologie

Terminologie : vocabulaire utilisé pour décrire domaine de connaissance et relations entre les "mots" ou concepts utilisés

Les termes du langage terminologique sont définis par:

- un ensemble non vide de noms de concepts
- un ensemble non vide de noms de rôles (relation binaire entre concepts)

Distinction entre concepts primitifs et concepts définis
KRISS [Baader & Hollunder 91], CLASSIC [Brachman & al 91]

Concept primitif ou incomplètement défini :

→ seulement défini par des conditions nécessaires (mais non suffisantes)

Concept défini : conditions nécessaires et suffisantes pour l'appartenance d'un individu à un concept

→ "si et seulement si"

Terminologie

Exemple :

Définition complète de ce qu'est un vin impossible (concept primitif)

"vin est quelque chose qui est soit blanc, soit rouge, soit rosé"

Si "vin blanc" est défini comme étant exactement "vin" dont couleur est "blanc" (concept défini) alors :

```
1. Si individu est un vin blanc
   // appartient au concept de Vin_Blanc
   alors déduction → c'est un vin et il est blanc
   // appartient aux concepts Vin et Blanc

2. Si individu est un vin et il est blanc
   // appartient aux concepts Vin et Blanc
   alors déduction → c'est un vin blanc
   // appartient au concept de Vin_Blanc
```


Terminologie

Chaque concept introduit par axiome terminologique, sa définition :

- nom du concept associé par opérateur à description sous forme d'autres concepts
- opérateur de spécialisation "≤" correspondant à "est une sorte de" (notion de condition nécessaire)
- opérateur d'équivalence "≡" correspondant à "si seulement si, est" (notion de condition nécessaire et suffisante)

Axiome terminologique :

```
<nom concept> ≤ description      (concept primitif)
<nom concept> ≡ description      (concept défini)
```

Restrictions :

1. un concept ne peut être décrit plus d'une fois par un axiome terminologique
2. pas de cycle dans la définition des concepts

Autres axiomes terminologiques, les contraintes :

```
description1 ≤ description2
description1 ≡ description2
```


Terminologie

Exemple : concepts de Personne, d'Agent, d'Agent-Homme ou d'Agent-Femme

Agent ≤ Personne	Agent est une spécialisation de Personne
Agent-Femme ≤ Agent	Agent-Femme est une spécialisation de Agent
Agent-Homme ≡ (AND Agent NOT Agent-Femme)	

Agent-Homme est un Agent qui n'est pas Agent-Femme

[Baader & Hollunder 91] remarquent qu'au lieu du concept défini :

Agent-Homme ≡ (AND Agent NOT Agent-Femme)

on aurait pu écrire:

Agent-Homme ≤ (NOT Agent-Femme)

Agent-Homme n'est pas Agent-Femme, mais on ne précise pas qu'il est Agent

Interprétation

Interprétation → couple $(\Delta, ^{I})$

$\Delta \equiv$ **domaine**, est un ensemble non vide de noms de concepts

$^{I} \equiv$ **fonction d'interprétation**, de concepts vers sous-ensembles de Δ

Concept interprété comme un ensemble d'objets, son extension: $C^{I} \subseteq \Delta$

Rôle interprété comme une relation: $R^{I} \subseteq \Delta \times \Delta$

Interprétation d'une description de concepts définie inductivement :

$(\text{AND } C\ D)^{I} = C^{I} \cap D^{I}$

$(\text{OR } C\ D)^{I} = C^{I} \cup D^{I}$

$(\text{NOT } C)^{I} = \Delta \setminus C^{I}$ qui correspond à la complémentation de C

Abréviations :

Concept T pour (OR A NOT A) $\quad T^{I} = \Delta$

Concept $\perp$ pour (AND A NOT A) $\quad \perp^{I} = \varnothing$

Interprétation

Interprétation I **satisfait un axiome terminologique** σ, noté :

$$\models_{I} \sigma$$

$\models_{I} A \equiv D$, si et seulement si $A^{I} = D^{I}$

$\models_{I} A \leq D$, si et seulement si $A^{I} \subseteq D^{I}$

Interprétation I est un **modèle d'une terminologie** T, noté :

$$\models_{I} T$$

si et seulement si tous les axiomes terminologiques de T sont satisfaits par I

Formule terminologique τ est **contenue dans terminologie** T, notée :

$$T \models \tau$$

si et seulement si τ est satisfaite par tous les modèles de T

Rôles et attributs

$\mathcal{ALC}$ de SCHMIDT-SCHAUβ et SMOLKA [Schmidt-Schauβ & Smolka 91] comporte la notion d'**attribut**

- **attribut** → relation binaire **monovaluée** entre concepts
- **rôle** → relation **multivaluée** entre concepts

Attributs, dénotés par f, g et h interprétés comme des fonctions partielles :

$f^{I}: D(f^{I}) \rightarrow \Delta$, avec $D(f^{I}) \subseteq D$, $D(f^{I})$ dénote le domaine de f^{I}

Constantes, dénotées par a, b, et c interprétées comme des éléments différents de Δ

Hypothèse du nom unique :

"constantes différentes supposées dénoter des objets différents"

si $a^{I} = b^{I}$ alors $a = b$

Rôles et attributs

concept étendu aux constantes et aux attributs :

$$(c)^{I} = \{c^{I}\}$$

$$(f{:}C)^{I} = \{d \in D(f^{I}) \mid f^{I}(d) \in C^{I}\}$$

→ traiter les constantes comme des noms ne permet pas de leur appliquer des opérateurs

Rôles dénotés par R et S interprétés comme des relations :

$R^{I} \subseteq \Delta \times \Delta$

$(\text{ALL } R\ C)^{I} = \{x \in \Delta \mid \forall (x, y) \in R^{I} \supset y \in C^{I}\}$

$(\text{SOME } R\ C)^{I} = \{x \in \Delta \mid \exists (x, y) \in R^{I} \wedge y \in C^{I}\}$

$(\text{ATLEAST } n\ R)^{I} = \{x \in \Delta \mid \|\{y \in \Delta \mid (x, y) \in R^{I}\}\| \geq n\}$

n entier

$(\text{ATMOST } n\ R)^{I} = \{x \in \Delta \mid \|\{y \in \Delta \mid (x, y) \in R^{I}\}\| \leq n\}$

Rôles et attributs

Soit deux concepts **A** et **B**, et un rôle **R** avec les interprétations :

A^I = {1 2 3 4 5}

B^I = {a b c d}

R^I = {(1,a)(1,c)(1,e)(2,b)(2,d)(3,a)(3,b)(3,c)(4,d)(4,e)(5,a)(5,b)(5,c)(5,d)(5,e)}

$(\text{ALL R B})^I$ = {2 3}

$(\text{SOME R B})^I$ = {1 2 3 4 5}

$(\text{ATLEAST 3 R})^I$ = {(1,a)(1,c)(1,e)(3,a)(3,b)(3,c)(5,a)(5,b)(5,c)(5,d)(5,e)}

$(\text{ATMOST 2 R})^I$ = {(2,b)(2,b)(4,d)(4,e)}

Exemple [Brachman & Levesque 84]

“Un sujet qui a des enfants dont tous les fils sont avocats et dont toutes filles sont médecins”

Frames : LOOPS, KOOL…	$\mathcal{ALC}$
sujet = (personne enfant : (≥1) fils : avocat fille : médecin)	personne ≤ ANY enfant ≤ personne fils ≤ enfant fille ≤ enfant avocat ≤ personne médecin ≤ personne sujet ≡ (AND personne (AND (ALL ont enfant) (ATLEAST 1 ont)) (AND fils (ALL sont avocat)) (AND fille (ALL sont médecin)))

Soussomption

Relation de soussomption ≤ :

C ≤ D si et seulement si $C^I \subseteq D^I$

⇒ préordre sur l'ensemble des descriptions de concepts, car transitive et réflexive

Relation d'équivalence ≡ :

C ≡ D si et seulement si $C^I = D^I$

⇒ ordre partiel sur l'ensemble des descriptions de concepts utilisant opérateur "="

Classification

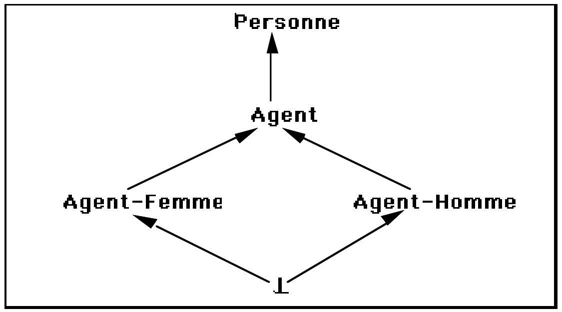
Classification ≡ calcul de la relation de soussomption

Exemple : concepts de Personne, d'Agent, d'Agent-Homme ou d'Agent-Femme

Agent ≤ Personne — Agent est une spécialisation de Personne

Agent-Femme ≤ Agent — Agent-Femme est une spécialisation d'Agent

Agent-Homme ≡ (AND Agent NOT Agent-Femme)



<table>
<tr><th>SYNTAXE</th><th>SEMANTIQUE</th></tr>
<tr><td><description> ::= <nom-concept>
| ANY
| NIL
| (AND <concept$_1$> … <concept$_n$>)
| (ALL <rôle> <concept$_1$>)
| (ATLEAST n <rôle>)
| (ATMOST n <rôle>)</td><td>$\subseteq$D
D
$\varnothing$
$\Im$ [concept$_1$]$\cap$ … $\cap$ $\Im$ [concept$_n$]
{x$\in$D | $\forall$y$\in$D : (x, y)$\in$ $\Im$ [rôle]$\Rightarrow$ y$\in$$\Im$ [concept$_1$]}
{x$\in$D | ||{y$\in$D | (x, y)$\in$ $\Im$ [rôle]}|| $\geq$ n}
{x$\in$D | ||{y$\in$D | (x, y)$\in$ $\Im$ [rôle]}|| $\leq$ n}</td></tr>
<tr><td><rôle> ::= <nom-rôle>
| (AND <rôle$_1$> … <rôle$_n$>)</td><td>$\subseteq$DXD
$\Im$ [rôle$_1$]$\cap$ … $\cap$ $\Im$ [rôle$_n$]</td></tr>
<tr><td><concept> ::= <nom-concept> ≡ <description>
| <nom-concept> ≤ <description>)</td><td>$\Im$ [nom-concept] =$\Im$ [description]
$\Im$ [nom-concept] $\subseteq$ $\Im$ [description]</td></tr>
</table>

Langages hybrides

Interprétation ≡ couple (Δ, ^{I})

Δ, domaine, est un ensemble non vide de noms de concepts

^{I}, fonction d'interprétation, de concepts vers sous-ensembles de Δ

Concept interprété comme un ensemble d'objets, son extension: $C^I \subseteq \Delta$

Langage assertionnel

- → Description des connaissances
- → objets ou individus appartenant à ces concepts
- → ABox

Ensemble O de noms d'objets (hypothèse de nom unique)

Formules atomiques:

`C(b)`	individu b appartenant au concept C
`a(b,d)`	attribut a d'un individu b a pour "valeur" un individu d
`R(b,d)`	un individu b est en relation R avec un individu d

avec b, d : noms d'objets
C : nom de concept
R : nom de rôle
a : nom d'attribut

Axiomes assertionnels :

Formules closes du 1er ordre construites sur les formules atomiques ci-dessus

Domaines concrets [Baader & Hanschke 91]

Domaine concret D = <dom(D), pred(D)>

- dom(D) est domaine de D
- pred(D) ensemble des noms de prédicats associés à D
- P $\in$ pred(D), d'arité n et I fonction d'interprétation de pred(D)
- $P^I \in dom(D)^n$

Tout prédicat P $\in$ pred(D) doit être clos pour la négation

P $\in$ pred(D) d'arité n, il existe un prédicat Q d'arité n, tel que : $Q^I = dom(D)^n / P^I$

Valuation des individus → constantes $\in$ dom(D) par prédicats unaires =n : $=n^I = \{n\}$

Exemple: si D = N alors $=10^I = \{10\}$

Conjonction de prédicats satisfiable →

il existe une affectation d'éléments de dom(D) aux variables d'un prédicat P tel que P vrai

Domaines concrets

Domaine concret `D` admissible:

- ensemble de ses noms de prédicats est clos pour la négation
- problème de la satisfiabilité d'une conjonction finie de prédicats $P \in$ `pred(D)` est décidable

Interprétation `I`

→ ensemble `dom(E)` domaine abstrait (ensemble de nom)

→ fonction d'interprétation $.^I$

Domaine abstrait `dom(E)` et le domaine concret `dom(D)` doivent être disjoint

- $dom(D) \cap dom(E) = \varnothing$

Fonction d'interprétation associée :

- nom de concept `C` → sous-ensemble $C^I \subseteq dom(E)$
- nom d'attribut `f` → fonction partielle $f^I : dom(E) \rightarrow dom(E) \cup dom(D)$

Domaines concrets

Deux sortes d'objets:

- Individus du domaine concret→*OC* ensemble des noms d'objets du domaine concret
- Individus du domaine abstrait→*OA* ensemble des noms d'objets du domaine abstrait

Axiomes assertionnels : Formules closes du 1er ordre construites sur les formules atomiques ci-dessous :

```
C(a)
f(a, b)
f(a, y)
f(x, y)
R(a, b)
R(x, b)
R(a, y)
R(x, y)
```

avec:

`C` nom de concept
`f` nom d'attribut
`R` : nom de rôle
`a, b` noms d'objets appartenant à `OA`
`x, y` des noms d'objets appartenant à `OC`

Exemple

Terminologie :

```
Age   ≤ T
Agent ≤ T
Agent ≡ (âge : Age)
Agent-Femme ≤ Agent
Agent-Homme ≡ (AND Agent NOT Agent-Femme)
```

Axiomes assertionnels :

```
Agent-Femme (marie)
Agent-Homme (paul)
âge (marie, a1)
âge (paul, a2)
> (a2, a1)
=30 (a1)
=35 (a2)
```

avec `a2, a1` ∈ `OC` (domaine concret)
"`marie`" et "`paul`" ∈ `OA` (domaine abstrait)

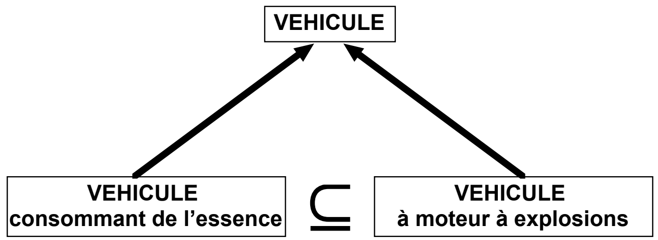
Raisonnement hybride

Pouvoir mélanger des connaissances intensionelles (TBox) et des connaissances extensionelles (Abox) :

Exemple:

$\forall x (VEHICULE(x) \wedge Consomme\_essence(x)) \supset A\_moteur\_explosion(x))$

"Tout véhicule qui consomme de l'essence est un véhicule qui a un moteur à explosion."



Logique de Description

Logique de Description : consistante, complète, procédure inférence décidable et à raisonnable puissance d'expression

Concepts
- Prédicats unaires ou ensembles d'individus C, D, E…

Rôles
- Prédicats binaires ou ensembles de paires d'individus
- Restrictions de valeurs

  ∀R.C ≡ Ensembles d'individus en relation dans R avec des individus du concept C

  ∃R.C ≡ Ensembles d'individus dans lequel au moins est en relation dans R avec un individu du concept C

Subsumption (relation du particulier au général)

$$\underbrace{C}_{\text{subsumé}} \sqsubseteq \underbrace{D}_{\text{subsumeur}} \equiv C^I \subseteq D^I$$

Le Langage 𝒜ℒ𝒞

A_i	(un nom de concept)
T	(le "tout"),
⊥	(le "rien"),
(C ∩ D)	(conjonction de deux concepts),
(C ∪ D)	(disjonction)
¬ C	(négation)
∀R.C	(quantification universelle),
∃R.C	(quantification existentielle),
(≤ n R)	(restriction par nombre)
(≥ n R)	

Un rôle peut être défini par une conjonction de noms de rôles : $P_1 \cap P_2 \cap \ldots \cap P_k$

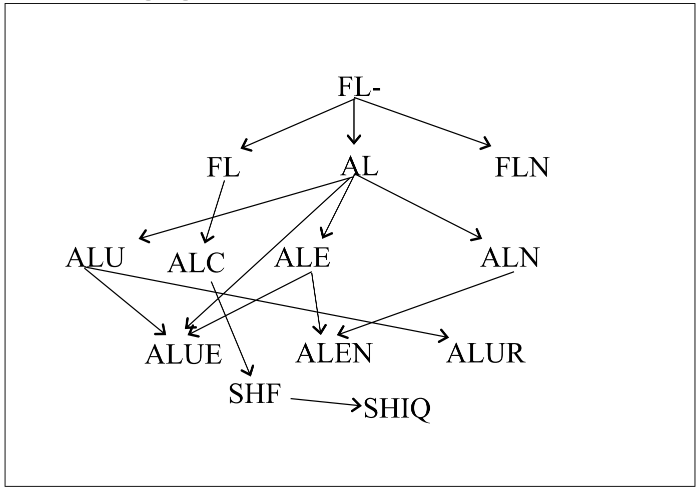
Le Langage 𝒜ℒ𝒞

L'interprétation des concepts et des rôles :

T^I	Δ (le domaine d'interprétation)
$\bot^I$	∅
(C ∩ D)	$C^I \cap D^I$
(C ∪ D)	$C^I \cup D^I$
¬ C	$\Delta - C^I$
∀R.C	$\{d \in \Delta \mid \forall e.(d, e) \in R^I \rightarrow e \in C^I\}$
∃R.C	$\{d \in \Delta \mid \exists e.(d, e) \in R^I \wedge e \in C^I\}$
(≤ n R)	$\{d \in \Delta \mid \#\{e \mid (d, e) \in R^I\} \leq n\}$
(≥ n R)	$\{d \in \Delta \mid \#\{e \mid (d, e) \in R^I\} \geq n\}$
$R_1 \cap R_2 \cap \ldots \cap R_k$	$R_1^I \cap R_2^I \cap \ldots \cap R_k^I$

Logique de Description

Famille des Langages



SHIQ

SHIQ est une extension de *ALC* avec

des rôles transitifs : R^+ clôture transitive de R

des rôles inverses : $R^- \equiv \{(e, d) \mid (d, e) \in R\}$

$Inv(R) = R^-;\ Inv(R^-) = R$

Trans(R) = vrai ssi $R \in R^+$ ou $Inv(R) \in R^+$

SHIQ

(universal concept)	T	Δ	
(primitive concept)	C	$(C)^I$	
(transitive role)	$R \rightarrow R_+$	$(R)^I = ((R)^I)^+$	
(negation)	$\neg D$	$\Delta - (D)^I$	
(intersection)	$D_1 \cap D_2$	$(D_1)^I \cap (D_2)^I$	S
(union)	$D_1 \cup D_2$	$(D_1)^I \cup (D_2)^I$	
(role value restriction)	$\forall R.D$	$\{e_1 \mid \forall e_2: (e_1, e_2) \in (R)^I \Rightarrow e_2 \in (D)^I\}$	
(role existence)	$\exists R.D$	$\{e_1 \mid \exists e_2: (e_1, e_2) \in (R)^I \wedge e_2 \in (D)^I\}$	
(role hierarchy)	$R_1 \geq R_2$	$(R_1)^I \supset (R_2)^I$	H
(inverse role)	R^-	$\{(e_2, e_1) : (e_1, e_2) \in (R)^I\}$	I
(number restriction)	$(> n\ R)$	$\{e_1 : \lvert\{e_2 : (e_1, e_2) \in (R)^I\}\rvert \text{ ¸ } n\}$	N
(number restriction)	$(< n\ R)$	$\{e_1 : n \text{ ¸ } \lvert\{e_2 : (e_1, e_2) \in (R)^I\}\rvert\}$	
(qualified number restriction)	$(> n\ R\ D)$	$\{e_1 : \lvert\{e_2 : (e_1, e_2) \in (R)^I \wedge e_2 \in (D)^I\}\rvert \text{ ¸ } n\}$	Q
(qualified number restriction)	$(< n\ R\ D)$	$\{e_1 : n \text{ ¸ } \lvert\{e_2 : (e_1, e_2) \in (R)^I \wedge e_2 \in (D)^I\}\rvert\}$	

Langage hybride ALE-

[Donini, Lenzerini & Nardi 90]

Possède un algorithme de soussomption en O(N2) avec N nombre de symboles de concepts et de rôles.

Terminologie -> vocabulaire utilisé pour décrire domaine de connaissance
et relations ou “rôles” entre les "mots" ou concepts utilisés

Concepts primitifs P et rôles primitifs R

Concept défini introduit par axiome terminologique:

nom du concept associé par opérateur à description sous forme d'autres concepts avec opérateur de spécialisation “≤” ou d'équivalence “≡”

Langage hybride ALE-

Restrictions:
(1) un concept ne peut être décrit plus d'une fois par un axiome terminologique
(2) pas de cycle dans la définition des concepts.
Ensemble des concepts définis à partir de P et R est noté: ALE- (P, R)
Notion de concepts restreints:
<concept restreint> ::= T | ⊥ | <concept primitif>|
(NOT <concept primitif>)|
(AND <concept restreint> <concept restreint>)|
(ALL <rôle primitif> <concept primitif)
Notion de concepts généraux:
<concept> ::= <concept primitif>|
(AND <concept> <concept>)|
(SOME <rôle primitif> <concept)

Les “SOME” imbriqués sont une source de non-tractabilité
SOME plus général que le ATLEAST :
(SOME (rolechain R1 R2) C) ≡ (SOME R1 (SOME R2 C))

Langage hybride ALE-

Interprétation classique I → couple (DI, .I)
DI, domaine, ensemble non vide de noms de concepts
.I, fonction d'interprétation, de concepts vers sous-ensembles de DI.

Concept interprété comme un ensemble d'objets, son extension

concept primitif C interprété comme un sous-ensemble: $CI \subseteq DI$

rôle primitif R interprété comme une relation : $RI \subseteq DI \times DI$

Déclaration entre concepts simples (contraintes) :

<concept simple> ::= <concept primitif>|
(AND <concept simple> <concept simple>)

<déclaration> ::= <concept simple> ≤ <concept simple>
<concept simple> ≡ <concept simple>

L'ensemble des déclarations est noté Σ

Langage hybride ALE-

Interprétation I est cohérente avec une déclaration s pour une terminologie T, notée $|\!=T, \Sigma$

$|\!=T, \Sigma\ C \equiv D$, si et seulement s'il existe une interprétation I de T telle que $CI \mid\!= DI$ satisfaisant s
$|\!=T, \Sigma\ C \leq D$, si et seulement s'il existe une interprétation I de T telle que $CI \subseteq DI$ satisfaisant s

Relation de soussomption cohérente avec déclarations S pour une terminologie T, notée $\leq T$, S :

$C \leq T$, S D si et seulement si $=T, \Sigma\ C \leq D$ pour toute déclaration s dans Σ

Concept incohérent avec des déclarations S pour une terminologie T, si et seulement si

$|\!=T, \Sigma\ C \leq \perp$ pour toute déclaration s dans Σ
($CI = \emptyset$ pour toute interprétation I de la terminologie T cohérente avec Σ)

LANGAGE HYBRIDE ALE-

Détermination de la cohérence et soussomption:

C soussomme D ↔ (AND C (NOT D)) incohérent

C incohérent ↔ $\perp$ soussomme C

Système de contraintes
Quatre alphabets disjoints:

concepts simples S = {E, F …} symboles de variables concepts simples

rôles primitifs R = {U, V …} symboles de variables rôles

concepts de ALE- (P, R), C = {X, Y, Z …} symboles de variables concepts

individus V = {x, y, z …} symboles de variables d'individus

(constantes : S = {A, B …}, R = {R, S …}, C = {C, D …}, V = {a, b, c …})

Langage hybride ALE-

Iaffectation → fonction a:

- a : x V → $d \in DI$
- a : $E \in S \rightarrow E \subseteq DI$
- a : $X \in C \rightarrow C \subseteq DI$
- a : $U \in R \rightarrow R \subseteq DI \times DI$

Langage assertionnel
Ensemble O de noms d'objets appartenant à ces concepts

objets O = {x, y, z …} symboles de variables d'objets

Axiomes assertionnels (formules atomiques) :

C(x) objet x appartenant au concept C

R(x, y) objet x est en relation R avec un objet y

A ensemble des assertions atomiques