

*Université de Jijel*  
*3<sup>ème</sup> année Licence Informatique*

# **Intelligence Artificielle**

## **Chapitre IV: Représentation des connaissances**

*Boudebza Souâad*  
*souad.boudebza@univ-jijel.dz*

# Plan

- 1 Introduction
- 2 La logique propositionnelle
- 3 La logique des prédictats
- 4 Les réseaux sémantiques

# Introduction

- Quelle que soit la catégorie de la connaissance impliquée dans la résolution d'une problématique, il prime avant tout de la représenter sous une forme compréhensible par un programme informatique.
- Il existe plusieurs formalismes de représentation. Parmi les plus courants : les représentations logiques et les réseaux sémantiques.

# Représentations logiques

- Originaires des développements théoriques dans le domaine de la logique formelle, ces représentations remontent aux premiers jours de l'IA : au premier système logique de reproduction du raisonnement humain "Logic Theorist" de Newell, Shaw et Simon (1956).
- Ce mode de représentation est basé sur un domaine important des mathématiques : **la logique**.
- Il utilise plus particulièrement :
  - **La logique propositionnelle**
  - **La logique des prédictats**
  - Mais **d'autres logiques** non standard sont également utilisées.
- La logique est souvent utilisée en conjonction avec des systèmes à base de règles de production.
- Permet de **représenter** des connaissances et de **raisonner** sur ces connaissances

# La logique propositionnelle

- Logique d'ordre zéro.
- Une logique très simple sur laquelle se base presque toutes les logiques étudiées aujourd'hui.
- Les éléments de base sont des **propositions** (ou variables propositionnelles) qui représentent des énoncés qui peuvent être soit **vrais** soit **faux** dans une situation donnée.
  - Une connaissance qui est vraie ou fausse.

# La logique propositionnelle

- **Exemple :**

- Il pleut
- Il fait beau
- Je fais mes courses le Samedi
- Il y a un bon film à la télévision ce soir

# La logique propositionnelle

- Exemple :
  - p1 Il pleut
  - p2 Il fait beau
  - p3 Je fais mes courses le Samedi
  - p4 Il y a un bon film à la télévision ce soir
- Chacun de ces énoncés représente une proposition.
- On nomme chaque proposition élémentaire

# La logique propositionnelle

- On peut construire de **nouvelles propositions** à partir de celles qui existent en ajoutant des **connecteurs** :
  - Il pleut et Il y a un bon film à la télévision ce soir
  - Je ne fais pas mes courses le Samedi
  - Il pleut si et seulement si il ne fait pas beau

# La logique propositionnelle

- On peut construire de **nouvelles propositions** à partir de celles qui existent en ajoutant des **connecteurs** :
  - Il pleut et Il y a un bon film à la télévision ce soir

$$p1 \wedge p4$$

- Je ne fais pas mes courses le Samedi

$$\neg p3$$

- Il pleut si et seulement si il ne fait pas beau

$$p1 \leftrightarrow \neg p2$$

- Les propositions et les connecteurs doivent être assemblés selon une **syntaxe** bien précise qui produit ainsi des **formules correctement établies**.

# La logique propositionnelle (Syntaxe)

## Vocabulaire

- Un ensemble de variables propositionnelles (atomes) :  $\{p, q, r, \dots\}$
- Un ensemble de connecteurs :  $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$
- Un ensemble de délimiteurs :  $\{(, )\}$

## Formules bien formées (FBF)

- Un atome (proposition élémentaire) est une FBF
- $\neg H$  est une FBF si  $H$  est une FBF
- $(H \wedge K), (H \vee K), (H \rightarrow K), (H \leftrightarrow K)$  sont des FBF si  $H$  et  $K$  sont des FBF.

# La logique propositionnelle (Sémantique)

- Logique bi-valuée :
  - fausse (F) (ou 0)
  - vraie (V)(ou 1)
- L'interprétation consiste à donner une valeur de vérité à une variable.  
 $\delta(p) \in \{V, F\}$
- On définit l'interprétation associée à chaque connecteur grâce aux tables de vérité.

A	B	$\neg A$	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \rightarrow B$	$A \leftrightarrow B$
V	V	F	V	V	V	V
V	F	F	F	V	F	F
F	V	V	F	V	V	F
F	F	V	F	F	V	V

# La logique propositionnelle (Sémantique)

- Remarque :
  - Les règles de priorité des connecteurs logiques sont les suivants, par ordre de priorité décroissante : ( ),  $\neg$ ,  $\wedge$  ,  $\vee$ ,  $\rightarrow$ ,  $\leftrightarrow$

# La logique propositionnelle (Formules particulières)

- Tautologie : (ou formule valide) est une formule qui est toujours vraie :
  - Toutes les interprétations ne contiennent que des V.
  - Exemple :  $p \vee \neg p$

$p$	$\neg p$	$p \vee \neg p$
V	F	V
V	F	V
F	V	V
F	V	V

# La logique propositionnelle (Formules équivalentes)

- Formules Tautologiquement équivalentes :
  - Les tables de vérités sont les mêmes :  $\forall \delta, \delta(A) = \delta(B)$
  - Condition nécessaire et suffisante :  $(A) \leftrightarrow (B)$  est une tautologie.

# La logique propositionnelle (Formules équivalentes)

Exemples :

- $A \vee \neg A = V$  (loi du tiers exclus)
- $\neg\neg A \Leftrightarrow A$  (double négation)
- $A \rightarrow B \Leftrightarrow \neg A \vee B$
- $A \leftrightarrow B \Leftrightarrow (A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow A)$
- $A \vee A \Leftrightarrow A \wedge A \Leftrightarrow A$  (loi d'idempotence)
- Lois de Morgan
  - $\neg(A \vee B) \Leftrightarrow \neg A \wedge \neg B$
  - $\neg(A \wedge B) \Leftrightarrow \neg A \vee \neg B$
- Distributivité
  - $(A \wedge B) \vee C \Leftrightarrow (A \vee C) \wedge (B \vee C)$
  - $(A \vee B) \wedge C \Leftrightarrow (A \wedge C) \vee (B \wedge C)$
- Commutativité
  - $A \wedge B \Leftrightarrow B \wedge A$
  - $A \vee B \Leftrightarrow B \vee A$
- Associativité
  - $(A \wedge B) \wedge C \Leftrightarrow A \wedge (B \wedge C)$
  - $(A \vee B) \vee C \Leftrightarrow A \vee (B \vee C)$

# La logique propositionnelle (Déductions)

- La logique propositionnelle permet de :
  - représenter des connaissances
  - raisonner sur ces connaissances
- Les règles d'inférence permettent d'effectuer un certain nombre de déductions sur les propositions et sont à la base des mécanismes de raisonnement.
- On en distingue deux :
  - le modus Ponens :  $(X \wedge (X \rightarrow Y) \rightarrow Y)$
  - le modus Tollens :  $(\neg Y \wedge (X \rightarrow Y) \rightarrow \neg X)$

# La logique propositionnelle (Exercice 1)

**Enoncé :** Les formules dans la table ci dessous sont-elles des formules bien formées ?

$a \vee b \wedge c$
$\neg a \vee b \wedge c$
$a \vee \neg b \wedge c$
$a \neg \vee b \wedge c$
$(a)b$
$\neg b(a)$
$a \vee \neg(b \wedge c)$
$a \neg (\vee b \wedge c)$
$a \rightarrow b$
$a \leftarrow a$
$a \rightarrow b \leftrightarrow c$
$a \rightarrow \neg (b \leftrightarrow c)$
$a \neg \rightarrow b$

# La logique propositionnelle (Exercice 1 )

Solution :

$a \vee b \wedge c$	oui
$\neg a \vee b \wedge c$	oui
$a \vee \neg b \wedge c$	oui
$a \neg \vee b \wedge c$	non
(a)b	non
$\neg b(a)$	non
$a \vee \neg(b \wedge c)$	oui
$a \neg (\vee b \wedge c)$	non
$a \rightarrow b$	oui
$a \leftarrow a$	non
$a \rightarrow b \leftrightarrow c$	oui
$a \rightarrow \neg(b \leftrightarrow c)$	oui
$a \neg \rightarrow b$	non

## La logique propositionnelle (Exercice 2)

**Enoncé :** Traduisez les énoncés suivants en formule logique :

1. Quand il fait beau, Ali est heureux ; il fait soleil ; donc, Ali est heureux.
2. Quand il fait beau, Ali est heureux ; or, il fait mauvais ; donc Ali est malheureux.
3. Quand il fait beau, Ali est heureux ; or, Ali est malheureux ; donc il fait mauvais.

## La logique propositionnelle (Exercice 2)

**Solution :** Ci-dessous une suite de propositions élémentaires qui nous aiderons à formaliser les énoncés. Notons **b** "il fait beau" et **h** "Ali est heureux".

1.
  - **Hypothèse 1** :  $H1 \equiv b \rightarrow h$  (Quand il fait beau, Ali est heureux).
  - **Hypothèse 2** :  $H2 \equiv b$  (il fait soleil).
  - **Conclusion** :  $C \equiv h$  (Ali est heureux).
  - **Formulation** :  $H1 \wedge H2 \rightarrow C \equiv (b \rightarrow h) \wedge b \rightarrow h$ .
2.
  - **Hypothèse 1** :  $H1 \equiv b \rightarrow h$  (Quand il fait beau, Ali est heureux).
  - **Hypothèse 2** :  $H2 \equiv \neg b$  (il fait mauvais).
  - **Conclusion** :  $C \equiv \neg h$  (Ali est malheureux).
  - **Formulation** :  $H1 \wedge H2 \rightarrow C \equiv (b \rightarrow h) \wedge \neg b \rightarrow \neg h$ .
3.
  - **Hypothèse 1** :  $H1 \equiv b \rightarrow h$  (Quand il fait beau, Ali est heureux).
  - **Hypothèse 2** :  $H2 \equiv \neg h$  (Ali est malheureux).
  - **Conclusion** :  $C \equiv \neg b$  (il fait mauvais).
  - **Formulation** :  $H1 \wedge H2 \rightarrow C \equiv (b \rightarrow h) \wedge \neg h \rightarrow \neg b$ .

# La logique propositionnelle (Exercice 3)

**Enoncé :** Soit le raisonnement suivant : Quand il fait soleil, je mets mes lunettes ou je ne sors pas. Je ne reste à la maison que sans lunettes et par temps gris. Donc si je ne mets pas mes lunettes, c'est qu'il fait gris.

1. Formaliser ce raisonnement en utilisant les variables suivantes : **s** : il fait soleil, **I** : je mets mes lunettes, **m** : je reste à la maison.
2. Montrer que le raisonnement ci-dessus est correct (valide).

# La logique propositionnelle (Exercice 3)

## Solution :

1. on peut formaliser le raisonnement donné par la formule suivante :  $A = ((s \rightarrow (l \vee m)) \wedge (m \rightarrow (\neg l \wedge \neg s))) \rightarrow (\neg l \rightarrow \neg s)$
2. Le raisonnement considéré est valide car la formule (A) est une tautologie ; montré à la table de vérité suivante : soient le sous formules : I =  $s \rightarrow (l \vee m)$ , II =  $m \rightarrow (\neg l \wedge \neg s)$ , III =  $(\neg l \rightarrow \neg s)$  avec  $(A) = (I \wedge II) \rightarrow III$ .

# La logique propositionnelle (Exercice 3)

**Solution (suite) :**

s	l	m	$l \vee m$	I	$\neg l \wedge \neg s$	II	III	$I \wedge II$	(A)
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	1	0	1

# La logique propositionnelle (Exercice 4)

**Enigme :** Trois collègues, Ali, Bilal et Chakib déjeunent ensemble chaque jour ouvrable. Les affirmations suivantes sont vraies :

- i.) Si Ali commande un dessert, Bilal en commande un aussi.
- ii.) Chaque jour, soit Bilal, soit Chakib, mais pas les deux, commandent un dessert.
- iii.) Ali ou Chakib, ou les deux, commandent chaque jour un dessert.
- iv.) Si Chakib commande un dessert, Ali fait de même.

## Questions

1. Exprimer les données du problème comme des formules propositionnelles
2. Que peut on en déduire sur qui commande un dessert ?

# La logique propositionnelle (Exercice 4)

## Solution :

1. On introduit des variables propositionnelles **a**, **b**, **c** qui représentent le fait que Ali (**a**), Bilal (**b**) et Chakib (**c**) commandent un dessert. On traduit ainsi le problème :

- i.)  $a \rightarrow b$
- ii.)  $(b \wedge \neg c) \vee (\neg b \vee c)$  ou  $(b \vee c) \wedge (\neg(b \wedge c))$
- iii.)  $a \vee c$
- iv.)  $c \rightarrow a$

# La logique propositionnelle (Exercice 4)

## Solution (suite) :

2. On peut faire une table de vérité pour regarder tous les modèles possibles :

$a$	$b$	$c$	$a \Rightarrow b$	$(b \wedge \neg c) \vee (\neg b \vee c)$	$a \vee c$	$c \Rightarrow a$
$V$	$V$	$V$	$V$	$F$	$V$	$V$
$V$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$
$V$	$F$	$V$	$F$	$V$	$V$	$V$
$V$	$F$	$F$	$F$	$F$	$V$	$V$
$F$	$V$	$V$	$V$	$F$	$V$	$F$
$F$	$V$	$F$	$V$	$V$	$F$	$V$
$F$	$F$	$V$	$V$	$V$	$V$	$F$
$F$	$F$	$F$	$V$	$F$	$F$	$V$

La seule interprétation qui rend vrai les quatre affirmations correspond à la deuxième ligne dans laquelle Ali et Bilal commandent un dessert mais pas chakib.

# La logique propositionnelle (Exercice 5)

## Une énigme policière

- Un meurtre a été commis au laboratoire, le corps se trouve dans la salle de conférences...
- On dispose des informations suivantes
  - La secrétaire déclare qu'elle a vu l'ingénieur dans le couloir qui donne sur la salle de conférences
  - Le coup de feu a été tiré dans la salle de conférences, on l'a donc entendu de toutes les pièces voisines
  - L'ingénieur affirme n'avoir rien entendu
- **On souhaite démontrer que si la secrétaire dit vrai, alors que l'ingénieur ment.**

# La logique propositionnelle (Exercice 5)

## Formalisation en logique propositionnelle

- **p** : la secrétaire dit vrai
- **q** : l'ingénieur était dans le couloir au moment du crime
- **r** : l'ingénieur était dans une pièce voisine de la salle de conférences
- **s** : l'ingénieur a entendu le coup de feu
- **t** : l'ingénieur dit vrai

# La logique propositionnelle (Exercice 5)

## Résolution de l'énigme

- Les informations de l'énoncée se traduisent par les implications :
  - $p \rightarrow q$
  - $q \rightarrow r$
  - $r \rightarrow s$
  - $t \rightarrow \neg s$
- Il s'agit de prouver la validité de la formule :
  - $((p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r) \wedge (r \rightarrow s) \wedge (t \rightarrow \neg s)) \rightarrow (p \rightarrow \neg t)$

# La logique propositionnelle (Exercice 5)

## Démonstration

- $((p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r) \wedge (r \rightarrow s) \wedge (t \rightarrow \neg s)) \rightarrow (p \rightarrow \neg t)$
- Cette formule ne peut être fausse que si :
  - $(p \rightarrow \neg t)$  est faux c'est-à-dire si p et t sont vrais
  - la prémissse est vraie, c'est-à-dire toutes les implications sont vraies.
- Comme t doit être vrai, s doit être faux, donc r faux, donc q faux, donc p faux, et il y a contradiction
- Donc la proposition est vraie : si la secrétaire dit vrai, alors l'ingénieur ment.

# La logique des prédictats (Syntaxe)

## Le vocabulaire :

- Les variables :  $\{x, y, z, \dots\}$
- Les constantes :  $\{a, b, c, \dots\}$
- Les fonctions :  $\{f, g, h, \dots\}$
- Les prédictats :  $\{P, Q, R, \dots\}$
- Les connecteurs :  $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$
- Les quantificateurs :  $\{\forall, \exists\}$

# La logique des prédictats (Syntaxe)

## Les termes :

- les variables et les constantes sont des termes
- $f(t_1, t_2, \dots, t_n)$  est un terme si :
  - les  $t_i$  sont des termes.
  - $f$  est un symbole de fonction d'arité  $n$ .

## Les atomes :

- $R(t_1, t_2, \dots, t_n)$  est un atome si :
  - les  $t_i$  sont des termes.
  - $R$  est un symbole de prédicat d'arité  $n$ .

# La logique des prédictats (Syntaxe)

**Les formules** : Formule bien formée (FBF)

- Un atome est une FBF
- Si  $F$  et  $H$  sont des FBF et  $X$  une variable, alors les expressions suivantes sont des FBF :  
 $\{\neg F, (F \wedge H), (F \vee H), (F \rightarrow H), (F \leftrightarrow H), \forall X F, \exists X F\}$

# La logique des prédictats (Exemple)

- Quand on veut traduire la phrase "La maison est verte", on a plusieurs possibilités quant au choix du prédictat et de son arité :

# La logique des prédictats (Exemple)

- Quand on veut traduire la phrase "La maison est verte", on a plusieurs possibilités quant au choix du prédictat et de son arité :
  - EST\_VERTE(maison)
  - COULEUR(maison, verte)
  - VALEUR(couleur, maison, verte)

# La logique des prédictats (Exemple)

- "Le frère de Ali travaille avec le frère de Omar" peut se traduire par le :

# La logique des prédictats (Exemple)

- "Le frère de Ali travaille avec le frère de Omar" peut se traduire par le :
  - prédictat TRAVAILLER avec deux arguments et par le symbole de fonction frere :  
TRAVAILLER (frere(alii) , frere(omar))

# La logique des prédictats (Formules équivalentes)

- $\neg(\forall X A) \Leftrightarrow \exists x \neg A$
- $\neg(\exists X A) \Leftrightarrow \forall x \neg A$

# La logique des prédictats (Exercice)

- En début d'année se pose le problème de la gestion des emplois du temps, des salles et du matériel des enseignants. On utilise les prédictats suivants :
  - $\text{video}(x)$  :  $x$  est un vidéoprojecteur
  - $\text{sonor}(x)$  :  $x$  est une sonorisation
  - $\text{amplhi}(x)$  :  $x$  est un amphi
  - $\text{salleTD}(x)$  :  $x$  est un salle de TD
  - $\text{estDans}(x,y)$  :  $x$  est dans  $y$

# La logique des prédictats (Exercice)

## Question :

- Formulez les traductions suivantes en logique des prédictats :
  - On trouve toujours un vidéoprojecteur dans un amphi.
  - La salle A3 et une salle de TD.
  - Il n'y a pas de vidéoprojecteur dans la salle A3.
  - Toutes les sonorisations sont dans des amphis.

# La logique des prédictats (Exercice)

## Correction :

- On trouve toujours un vidéoprojecteur dans un amphi.  
 $\forall x(amphi(x) \rightarrow \exists y(video(y) \wedge estDans(y, x)))$
- La salle A3 et une salle de TD  
 $salleTD(A3)$
- Il n'y a pas de vidéoprojecteur dans la salle A3.  
 $\neg(\exists x(video(x) \wedge estDans(x, A3)))$
- Toutes les sonorisations sont dans des amphis.  
 $\forall x(sonor(x) \rightarrow \exists y(amphi(y) \wedge estDans(x, y)))$

# La logique des prédictats (limitations)

- Bien que la logique des prédictats constitue le langage de base pour l'approche logique de représentation et de raisonnement sur les connaissances, elle souffre comme même de limites liées à l'expressivité.
  - Elle est limité dans la formalisation des exceptions.

"X est un oiseau alors X peut voler" est traduit en calcul de prédictat par :  $(\text{oiseau}(X) \rightarrow \text{peutvoler}(X))$ . Supposons que X est une autruche, l'autruche ne peut pas voler et l'autruche est un oiseau, donc la valeur de vérité de la deuxième formule est fausse !!. Cette dernière constitue plutôt une modèle pour l'hypothèse : tous les oiseaux volent !!
  - le calcul des prédictats nous permet de formaliser des expressions qui n'ont aucun sens mais qui soient vrais quand même !! comme l'expression :  $(2 + 3 = 8) \rightarrow \text{couleur}(\text{ciel}, \text{vert})$  Cette expression est vraie car  $0 \rightarrow 0$  est vraie.

# Les réseaux sémantiques (Introduction)

- L'utilisation des réseaux sémantiques comme formalisme de représentation de connaissances remonte aux travaux du linguiste Quillian (en 1968). Son modèle de réseau avait pour ambition de constituer un modèle de la mémoire humaine.
- En effet, les réseaux sémantiques sont très utilisés dans les travaux sur le traitement et la compréhension des langages naturels.
- On rappelle qu'un graphe est une structure mathématique où nœuds et arcs n'ont pas de signification particulière alors que dans un réseau sémantique ils ont une signification spécifique d'où l'utilisation du mot sémantique.

# Les réseaux sémantiques (Définition)

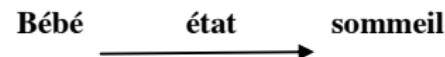
- Un réseau sémantique est un graphe orienté et étiqueté composé :
  - D'un ensemble de **nœuds** étiquetés : représentant généralement des objets,
  - D'un ensemble de **liens** orientés et étiquetés : un lien orienté (ou arc) représente une relation entre deux objets et il est étiqueté en fonction de la relation qu'il représente).

# Les réseaux sémantiques (Définition)

- L'objet n'acquiert tout son sens que par les relations qui le lient aux autres objets.
- Une « sémantique » (au sens de la logique) est associée par le biais des relations.

$$A \xrightarrow{R} B \quad \text{un prédicat binaire } R(A,B)$$

- Un prédicat d'arité 1 est représentée par un graphe comprenant un nœud auquel est attachée une boucle.



- Réseau = conjonction de formules logiques associées à chacun des arcs

# Les réseaux sémantiques (Définition)

## La représentation graphique

- un nœud est généralement représenté au moyen d'un rectangle, d'un cercle, d'une ellipse.
- Un arc relie un nœud source (queue de l'arc) à un nœud cible (tête de l'arc).



représentation non-graphique :

(ali, Mange, pomme)

# Les réseaux sémantiques (Concepts de base)

## Les NŒUDS

- **atomiques** : entités élémentaires (valeurs, individus,...)
- **complexes** : entités complexes (propositions, phrases,...)
- ils doivent être **typés** : concept, individu, action, proposition, etc...

# Les réseaux sémantiques (Concepts de base)

## Les LIENS

- **Structurels** : indépendants de la sémantique du domaine (exemple : "sorte\_de", "est\_un", etc.)
- **Spécifiques** : dépendants de la sémantique du domaine,
- il faut essayer d'augmenter la proportion des liens structurels par rapport aux liens spécifiques.

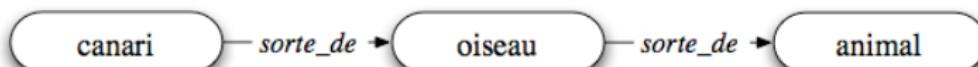
# Les réseaux sémantiques (Noeuds concepts)

- Exemple : "les canaris /sont des /oiseaux"

canaris et oiseaux = concepts (nom communs) → classe

sont des = relation → inclusion de classes (lien « sorte\_de »)

**lien « sorte\_de »**



- Les réseaux sémantiques utilisent généralement deux relations très particulières concernant des objets de l'un des types individu ou classe :
  - est\_un (instance)** : relation entre un individu et une classe exprimant l'appartenance ;
  - sorte\_de** : relation entre deux classes exprimant l'inclusion.

# Les réseaux sémantiques (Noeuds individus)

- Exemple : "Titi /est un /canari"

canari = concepts

Titi = individu (nom propre) → élément d'un ensemble

est\_un = relation → appartenance d'un élément à une classe

lien « instance »

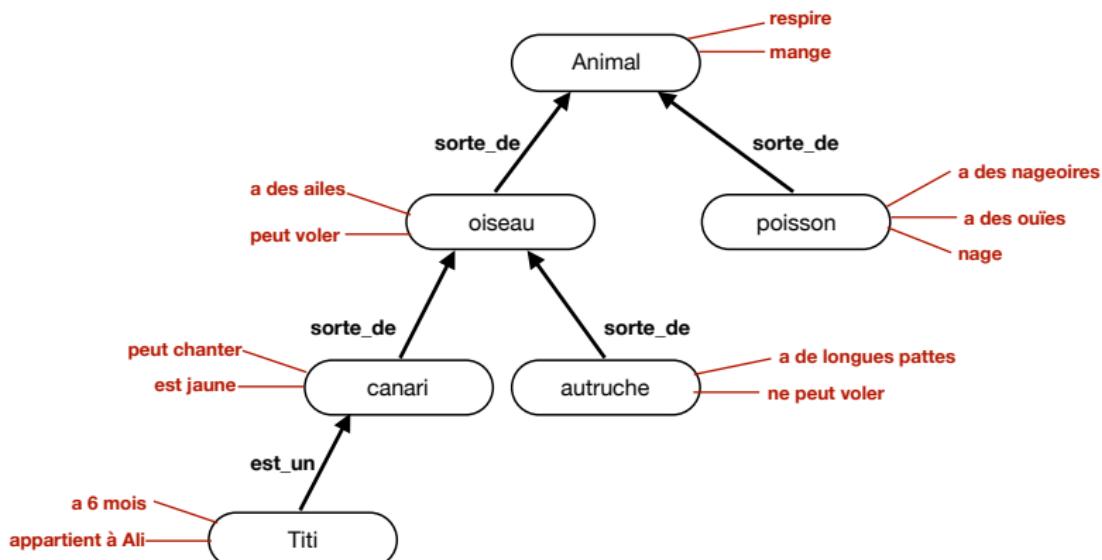
lien « instance » = lien structurel



- lien structurel indépendant du domaine représente une inclusion
  - d'individus
  - de propriétés

# Les réseaux sémantiques (Propriétés)

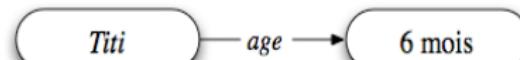
- Les **propriétés** sont des informations rattachées à chaque nœud du réseau sémantique :
  - Elles sont Simples
  - Elles ne permettent pas de répondre à des questions comme : "quel est l'âge de Titi ?" "quelle est la couleur des canaris ? "



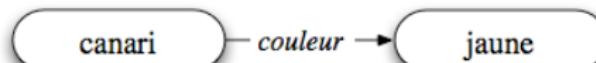
# Les réseaux sémantiques (Attributs)

- Un attribut est une relation qui relie un nœud concept ou un nœud individu à une valeur ou propriété.

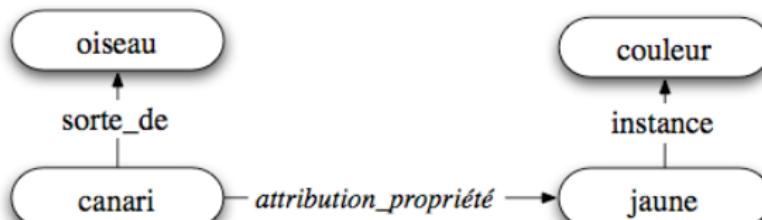
« *l'age de Titi est de 6 mois* »



« *la couleur des canaris est le jaune* »

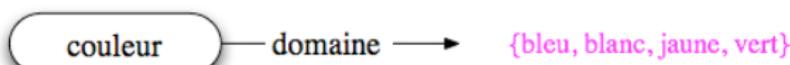


- Lien spécifique dont le sens dépend du domaine d'application.
- On peut le rendre plus structurel en créant un **noeud-attribut** et en ajoutant le lien structurel **attribution\_propriété**.



# Les réseaux sémantiques (Attributs)

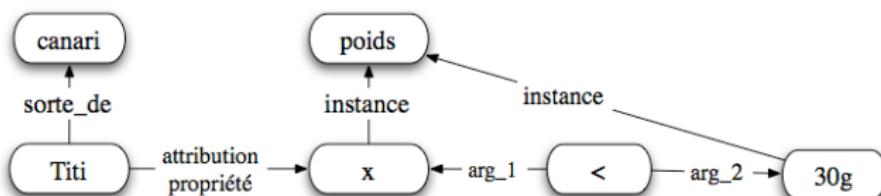
- Un noeud-attribut est une classe sémantique de nœud dont les instances sont des propriétés
- Un attribut peut lui-même être caractérisé :



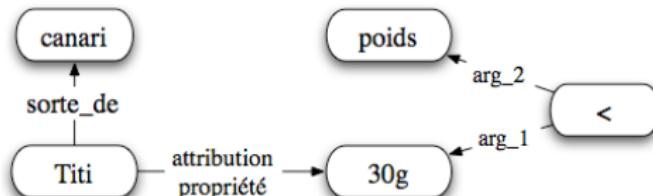
- **domaine** = relation structurelle permettant de vérifier des contraintes d'intégrités.

# Les réseaux sémantiques (Attributs)

- Un noeud-attribut peut être relié à une ou plusieurs valeurs par l'intermédiaire d'un **opérateur** :



soit en simplifiant:



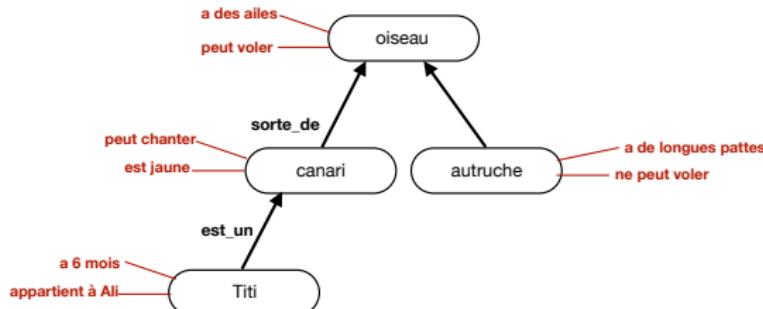
- Cet opérateur peut être n-aire :

# Les réseaux sémantiques (L'héritage)

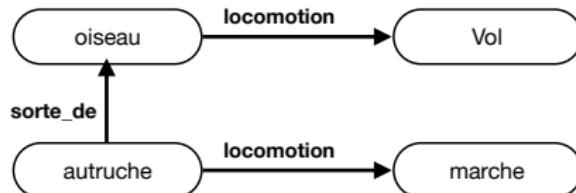
- L'héritage dans les RS repose sur des liens de type « **est\_un** » ou « **sorte\_de** » reliant un concept à un autre concept plus élevé.
- Héritage des propriétés rattachées au concept père au concept fils.
- Le principe d'héritage permet :
  - de nombreuses **déductions automatiques**
  - de définir la notion de **distance sémantique** entre 2 concepts = nombre de liens devant être traversés pour aller d'un concept à l'autre.

# Les réseaux sémantiques (L'héritage)

- Exemple :



- "canari" est une sorte de "oiseau" : on pourra dire que « le canari a des ailes et peut voler » en remontant les liens « sorte\_de ».
- La plupart des oiseaux volent, mais il existe des exceptions. La classe autruche n'hérite pas de la propriété voler de sa superclasse oiseau.
- Les exceptions sont libellées par : n'est pas, n'a pas , ne peut pas, etc.
- une autre forme pour représenter l'exception :



# Les réseaux sémantiques (Exercice)

- Représenter le discours suivant en un réseau sémantique :  
Un félin est un carnivore. Un carnivore est un animal qui a les yeux dirigés vers l'avant et qui mange de la viande. Les pattes d'un félin ont des griffes à leurs extrémités. Un félin est un mammifère. Grisou et Garfield sont des chats. Grisou est un chat mâle. Léo est un lion. Les chats et les lions sont des félins. Un cheval est un équidé. Un équidé est un mammifère.

# Les réseaux sémantiques (Exercice-Corrigé)

- Pour construire ce réseau sémantique :
  - On lit d'abord tout le texte pour repérer les objets et les relations. En effet, leur réutilisation d'une phrase à l'autre permet de mettre en évidence leur utilité.
  - On sépare les propositions atomiques et on les met sous forme tabulaire.
  - On dessine successivement les parties de réseau correspondant aux propositions atomiques.
  - Éventuellement, on revient sur les choix effectués et on rectifie le réseau.

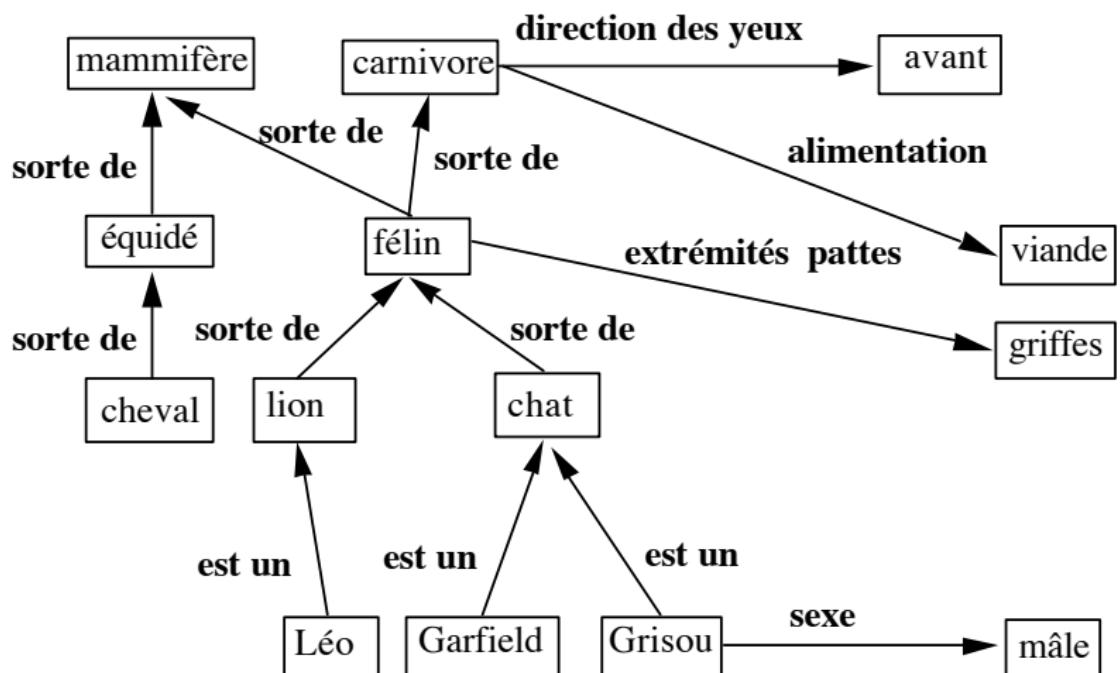
# Les réseaux sémantiques (Exercice-Corrigé)

- Propositions atomiques :

Noeud cible	Relation	Noeud destination
félin	sorte_de	carnivore
carnivore	direction des yeux	avant
carnivore	alimentation	viande
félin	extrémités pattes	griffes
félin	sorte_de	mammifère
Grisou	est_un	chat
Garfield	est_un	chat
Grisou	sexé	mâle
Léo	est_un	lion
chat	sorte_de	félin
lion	sorte_de	félin
cheval	sorte_de	équidé
équidé	sorte_de	mammifère

# Les réseaux sémantiques (Exercice-Corrigé)

- Le réseaux sémantique :



# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

- Pour représenter un **énoncé conditionnel**, soit une proposition composée de la forme :  
**Si p1 et p2 et ... pn alors q** où les pi et q sont des propositions atomiques.
- Chacune des proposition pi est un **antécédent** et la proposition p1 et p2 et ... et pn est dite **proposition de queue**.
- q est la **proposition de tête ou conséquent**.
- La proposition conditionnelle est représentée au moyen d'un réseau sémantique comprenant des arcs en **pointillé** (les relations antécédentes) et un arc **plein** (la relation conséquente).

# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

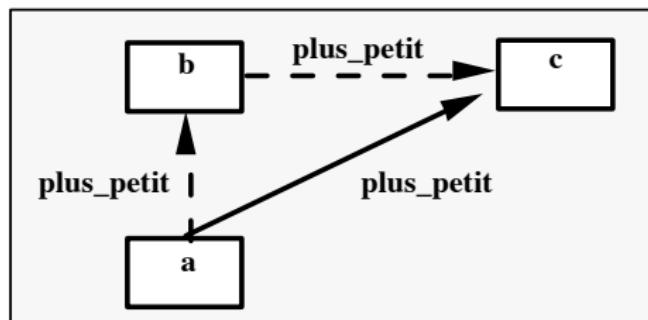
- **Exemple 1 :**

*Si  $a < b$  et  $b < c$  alors  $a < c$ .*

# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

- **Exemple 1 :**

*Si  $a < b$  et  $b < c$  alors  $a < c$ .*



# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

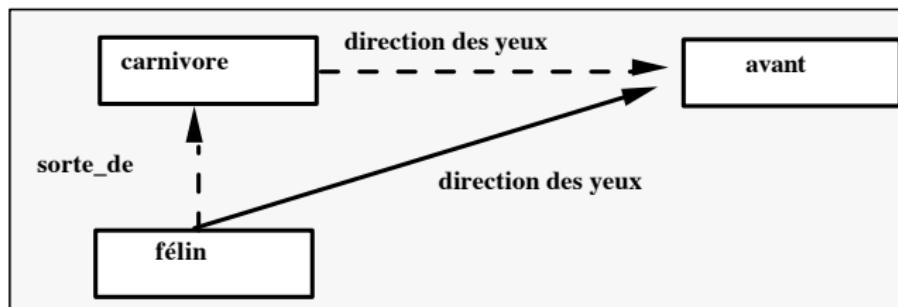
- **Exemple 2 :**

*Si les félins sont des carnivores et les carnivores ont les yeux dirigés vers l'avant alors les félins ont les yeux dirigés vers l'avant.*

# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

- **Exemple 2 :**

*Si les félins sont des carnivores et les carnivores ont les yeux dirigés vers l'avant alors les félins ont les yeux dirigés vers l'avant.*



# Les réseaux sémantiques (Énoncé conditionnel)

- Ce réseau peut donc être utilisé comme outil pour faire de la déduction :
  - On n'affirme pas dans le réseau précédent que les félins sont des carnivores ni que les carnivores ont les yeux dirigés vers l'avant. On affirme seulement que si ces deux relations sont vraies alors on en déduit que les félins ont les yeux dirigés vers l'avant.

# Les réseaux sémantiques (Réseau auxiliaire)

- Le réseau correspondant à une proposition conditionnelle est appelé **réseau auxiliaire**.
- Les réseaux auxiliaires sont utilisés comme outils de transformation des réseaux sémantiques afin d'établir des nouveaux faits (effectuer des déductions).

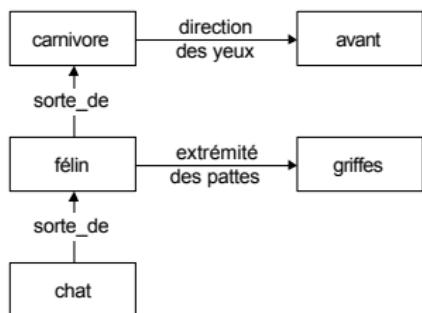
## Définition

Soient un réseau sémantique R et A un réseau auxiliaire dont les nœuds et les arcs en pointillé constituent un sous-réseau identifiable à un sous-réseau de R. On dit alors que A permet de déduire dans R un arc identifiable à l'arc en trait continu de A.

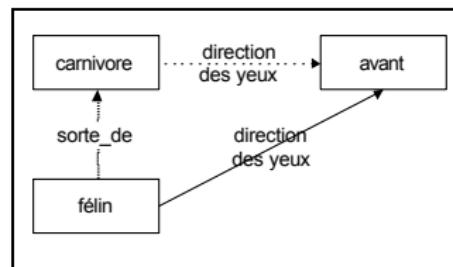
# Les réseaux sémantiques (Réseau auxiliaire)

- Exemple :

Réseau sémantique R

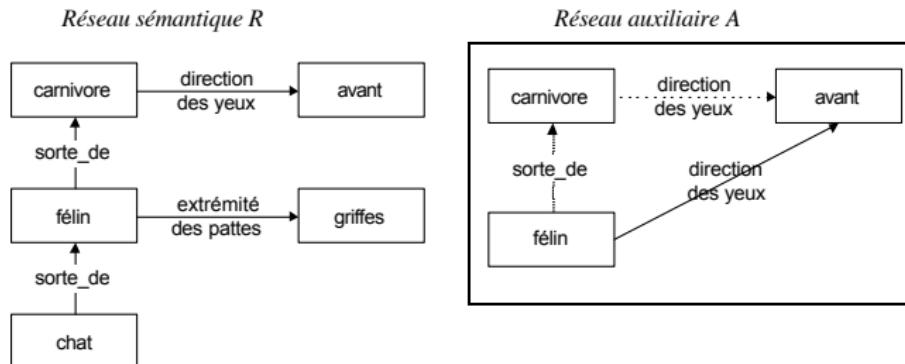


Réseau auxiliaire A

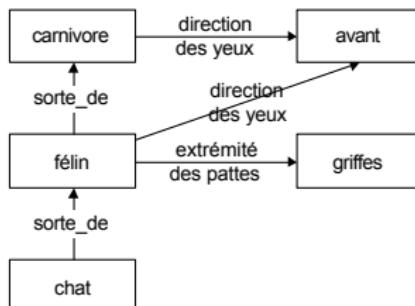


# Les réseaux sémantiques (Réseau auxiliaire)

- Exemple :



Déduction dans R de la relation *felin direction des yeux avant* à l'aide de A :



# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

- Une variable est un symbole susceptible d'être remplacé par une valeur constante appartenant à l'ensemble des objets.
- Les variables ne sont pas utilisées pour représenter des prédictats.
- Utilisée à l'intérieur d'un réseau auxiliaire, la variable donne au nœud concerné, à tout arc incident à ce nœud et à tout le réseau un caractère de généralité.

# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

## Spécialisation

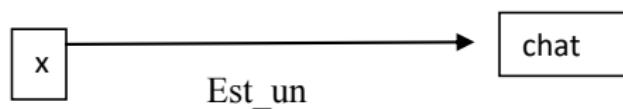
La transformation du réseau général, par substitution d'une constante à la place de la variable, en réseau spécifique s'appelle **spécialisation** ou **instanciation**.

## Généralisation

Inversement, le passage d'un réseau ne contenant pas de variable à un réseau général, par remplacement d'un nœud constant par un nœud variable, s'appelle **généralisation**.

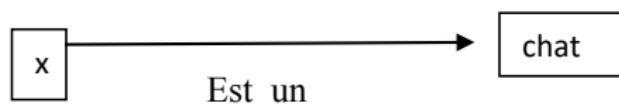
# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

- Exemple 1 :

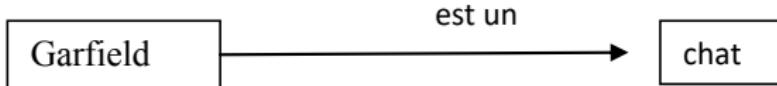
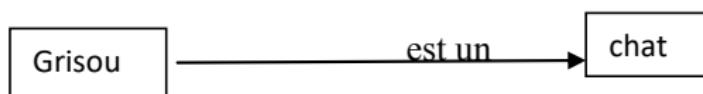


# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

- **Exemple1 :**

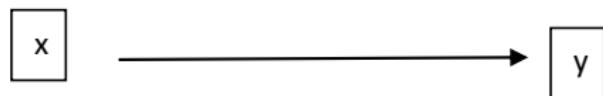


pourrait représenter les deux réseaux (constants) suivants :



# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

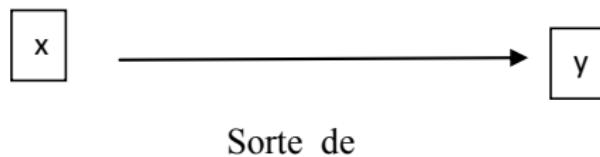
- Exemple 2 :



Sorte\_de

# Les réseaux sémantiques (Utilisation de variables)

- Exemple 2 :



peut s'instancier de six façons :

$x = \text{chat}$  et  $y = \text{félin}$

$x = \text{lion}$  et  $y = \text{félin}$

$x = \text{cheval}$  et  $y = \text{équidé}$

$x = \text{félin}$  et  $y = \text{carnivore}$

$x = \text{félin}$  et  $y = \text{mammifère}$

$x = \text{équidé}$  et  $y = \text{mammifère}$

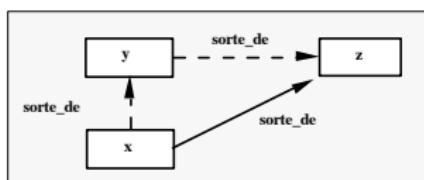
# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

## Définition

Soient un réseau sémantique R et un réseau auxiliaire A représentant une proposition conditionnelle P. Supposons maintenant que chacun des arcs en pointillé dans A (i.e. chacun des antécédents de P) puisse être instancié en un des arcs de R. Appliquer A à R consiste alors à ajouter à R l'arc en trait continu de A (correspondant au conséquent de P). Cette action permet de déduire de nouvelles connaissances dans le monde de R.

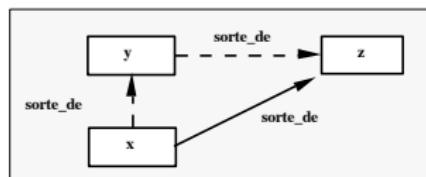
# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- **Exemple 1 :** considérons le réseau auxiliaire suivant :

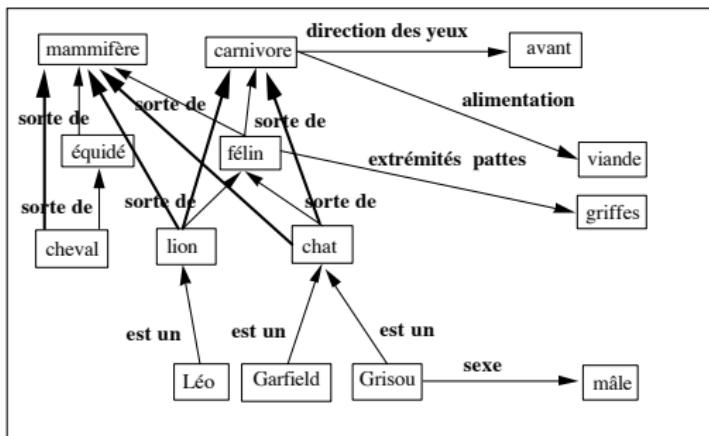


# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- Exemple 1 : considérons le réseau auxiliaire suivant :



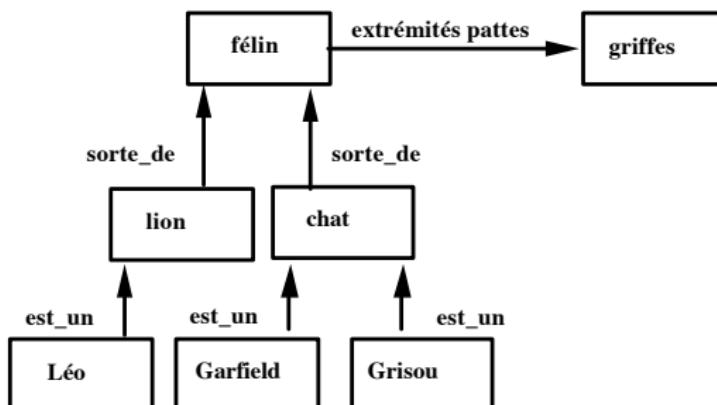
ce réseau auxiliaire permet de déduire les arcs en gras dans le réseau suivant :



# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- **Exemple 2 :** Sur le réseau précédent, pour trouver " Qui est muni de griffes ?" :

1). On commence par repérer dans l'énoncé les mots-clés qui vont permettre de situer, dans le réseau sémantique, la partie ( noeuds et arcs) nécessaires à la résolution du problème. Ici muni et griffes sont significatifs. Ils permettent d'induire le sous-réseau suivant :

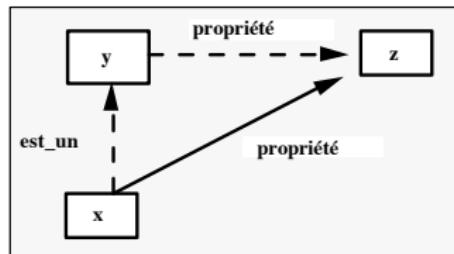


# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- **Exemple 2 :** Sur le réseau précédent, pour trouver " Qui est muni de griffes ?" :

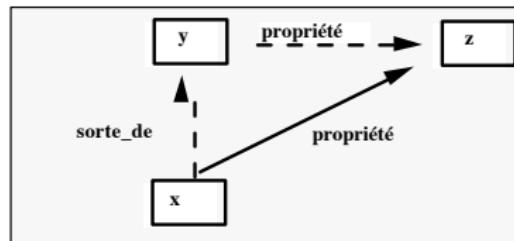
2). Identifier les réseaux auxiliaires qui permettront de résoudre le problème. Ici, les arcs du sous-réseau sont étiquetés par les relations : est\_un, sorte\_de et extrémités pattes. Les deux premières ont des propriétés familières issues de la théorie des ensembles qu'on exprimera au moyen des réseaux auxiliaires suivants :

Réseau A1



Si tous les membres de l'ensemble **y** ont la propriété **z** alors un objet **x** de cet ensemble a cette propriété.

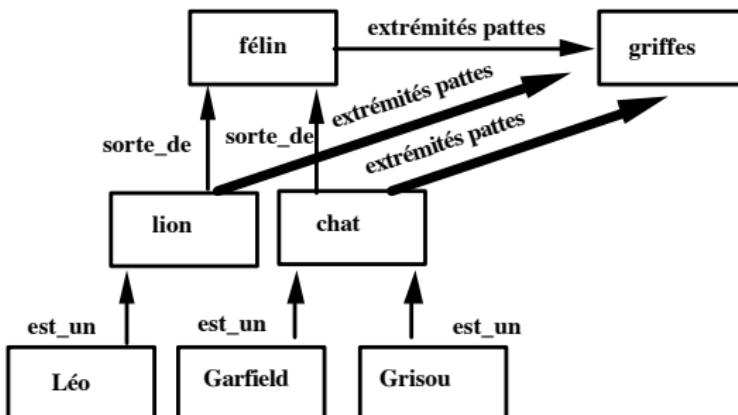
Réseau A2



Si tous les membres de l'ensemble **y** ont la propriété **z** alors tous les membres d'un sous-ensemble **x** de **y** ont cette propriété

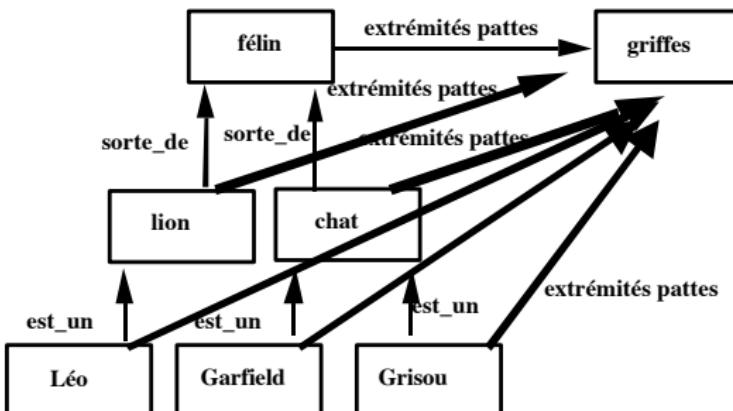
# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- **Exemple 2 :** Sur le réseau précédent, pour trouver " Qui est muni de griffes ?" :
  - 3). En appliquant deux fois A2, on déduit que les lions et les chats sont munis de griffes.



# Les réseaux sémantiques (Déduction par application de réseau auxiliaire)

- **Exemple 2 :** Sur le réseau précédent, pour trouver " Qui est muni de griffes ?" :
  - 4). En appliquant trois fois A1, on obtient la réponse : Léo, Garfield et Grisou sont munis de griffes.



# Les réseaux sémantiques (Limitations)

- Les objets représentables sont primitifs ;
- Les relations représentables sont au plus binaires ;
- Les mécanismes de déduction peuvent être lourds à mettre en œuvre, en raison des difficultés de manipulation de la négation et des alternatives.

**Questions ?**