



Faculté des sciences exactes et appliquées  
Département informatique  
3ème année Licence Informatique

## Représentation des connaissances

El Abbassia Deba

28 mai 2019

# Définitions

- **Information, donnée** = codage
  - ▶ 7398f627a71420bd76523
- **Connaissance** = signification. Ce qui est connu ; ce que l'on sait pour l'avoir appris.
  - ▶ rapport d'un sujet à un objet
  - ▶ # de donnée et information. Nouvelles connaissances peuvent être créées depuis des connaissances à l'aide de raisonnements.
- **Raisonnement**
  - ▶ Penser de manière cohérente et logique.
  - ▶ Inférence logique
  - ▶ Le processus de création de connaissances implicites depuis des connaissances explicites.

# Représentation des connaissances ? (1)

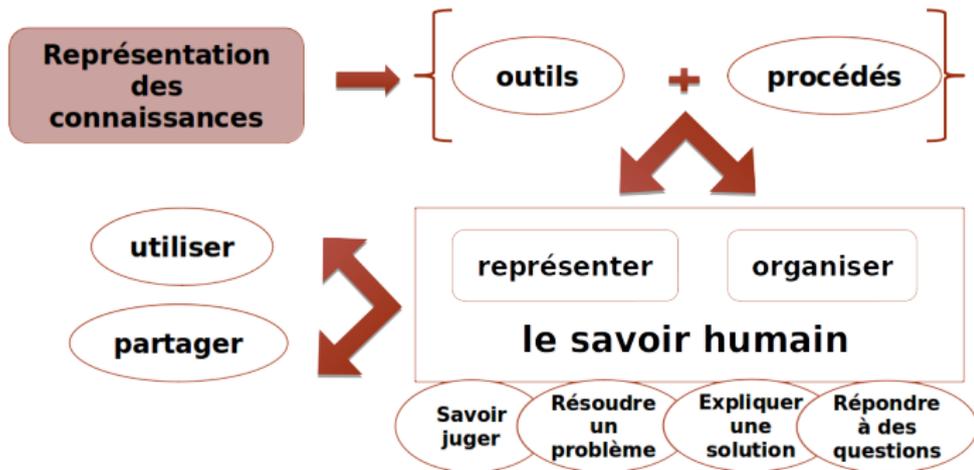
- Représenter des connaissances :
  - ▶ trouver des structures permettant d'énoncer, de coder, de mémoriser, de modifier, de valider, de manipuler des connaissances sur ordinateur
  - ▶ quoi représenter ? : faits et objets du domaine, définitions, concepts, relations, méta-connaissances, heuristiques, stratégies, algorithmes, événements, actions ...
  - ▶ difficultés : représenter l'implicite, l'incertain, l'imprécis, les exceptions, l'incomplet, le point de vue, l'évolution dans le temps, le temps, ...

## Représentation des connaissances ? (2)

- Définition Wikipédia (FR) : ensemble d'outils et de technologies destinés à représenter et organiser le savoir humain pour l'utiliser et le partager
- Sciences cognitives : comment les humains stockent et traitent l'information
- IA : stocker les connaissances de sorte que des programmes peuvent les traiter

**Représentation** = Approximation

**Représentation** : structure de symboles pour décrire un modèle du monde dans le contexte d'une tâche particulière



# Formalisme de représentation

- Le formalisme doit avoir les caractéristiques de :
  - ▶ richesse
  - ▶ rigueur
  - ▶ souplesse
  - ▶ efficacité permettant les traitements.
- Objectifs du formalisme de représentation :
  - ▶ **Modèles** formels de représentation des connaissances
  - ▶ Traiter des informations au niveau sémantique
  - ▶ Simuler le raisonnement humain par le biais de mécanismes d'inférence

# Modèles de représentation des connaissances

- Sources d'inspiration :
  - ▶ psychologie cognitive (raisonnement humain)
  - ▶ informatique (structures de données)
  - ▶ logique (sciences du raisonnement)

# Modèles de représentation des connaissances

- Sources d'inspiration :
  - ▶ psychologie cognitive (raisonnement humain)
  - ▶ informatique (structures de données)
  - ▶ logique (sciences du raisonnement)
- Beaucoup de **modèles** dont :
  - ▶ tout ce qui est "procédural"
  - ▶ les réseaux sémantiques
  - ▶ les frames (cadres sémantiques)
  - ▶ la logique
  - ▶ les règles de production, Graphes conceptuels, ...

# Réseaux Sémantiques

- Réseau sémantique : Graphe orienté
- Noeuds
  - ▶ Entités spécifiques : objets, individus, ...
  - ▶ Classes d'entités : concepts
- Arcs = relations (généralement binaires)
  - ▶ Relations sémantiques
  - ▶ Relations particulières : est-un (is-a), sorte-de (kind-of), partie-de (part-of), ...

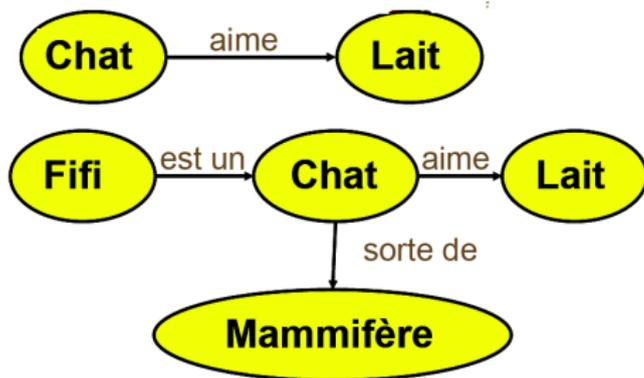
## Intérêt des réseaux sémantiques

- Représentation graphique directement interprétable par l'humain
  - ▶ Idée de base :
    - modéliser le mécanisme d'association d'idées
    - Facilité de traduction du langage naturel vers ce formalisme
    - utiliser les classifications
    - Inférences possibles
- Formalisme directement exploitable par une machine

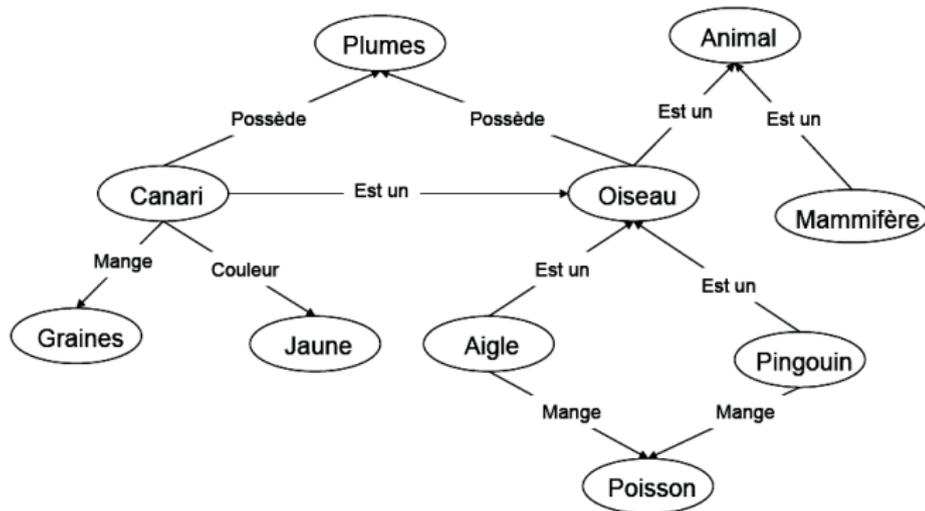
# Structure des réseaux sémantiques



# Exemples

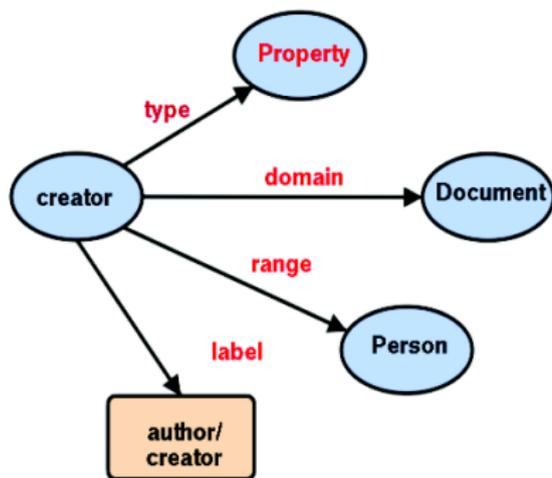


# Relations



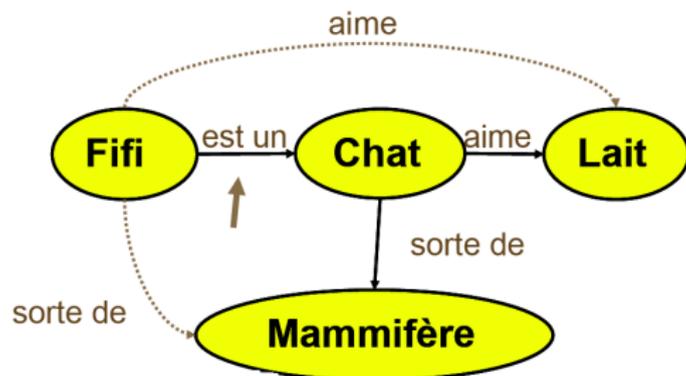
- Est un
- Possède
- Couleur
- Mange

## Autre exemple - web sémantique



# Inférence

- Inférences : arcs 'est un' ou 'sorte de'
- Un noeud hérite des propriétés de ses pères sauf s'il y a contradiction



## Notions : ambiguïté, synonyme

Les réseaux sémantiques ont pour origine le langage humain.

**Ambiguïté** : Quand un mot est ambigu, ses utilisations correspondent à des sens différents :

## Notions : ambiguïté, synonyme

Les réseaux sémantiques ont pour origine le langage humain.

**Ambiguïté** : Quand un mot est ambigu, ses utilisations correspondent à des sens différents :

- Vienne est la capitale de l'Autriche
- La Vienne se jette dans la Loire
- Il faut absolument qu'il vienne

## Notions : ambiguïté, synonyme

Les réseaux sémantiques ont pour origine le langage humain.

**Ambiguïté** : Quand un mot est ambigu, ses utilisations correspondent à des sens différents :

- Vienne est la capitale de l'Autriche
- La Vienne se jette dans la Loire
- Il faut absolument qu'il vienne

**Synonyme** : Possibilité de remplacer un mot par un autre dans au moins un contexte sans "trop" changer le sens

## Notions : ambiguïté, synonyme

Les réseaux sémantiques ont pour origine le langage humain.

**Ambiguïté** : Quand un mot est ambigu, ses utilisations correspondent à des sens différents :

- Vienne est la capitale de l'Autriche
- La Vienne se jette dans la Loire
- Il faut absolument qu'il vienne

**Synonyme** : Possibilité de remplacer un mot par un autre dans au moins un contexte sans "trop" changer le sens

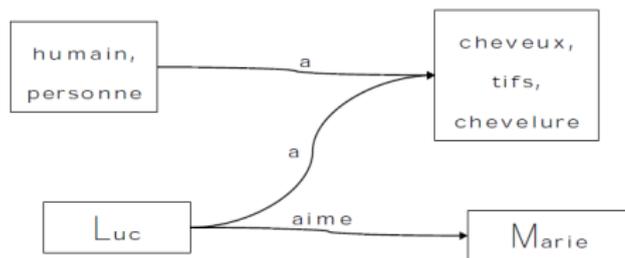
- C'est un gros avion = C'est un grand avion
- Ahmed est trop gros # Ahmed est trop grand

# Représentation : ambiguïté, synonyme

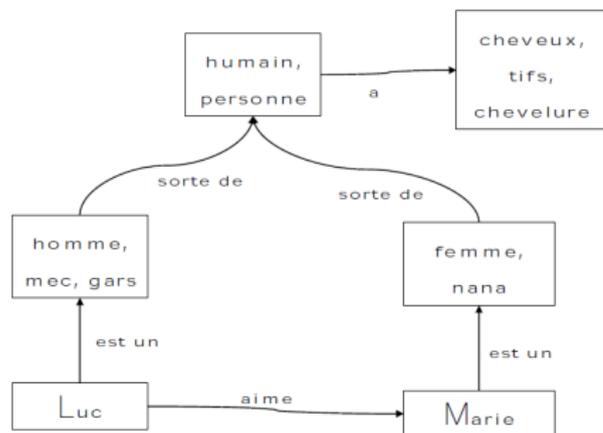
- Noeuds

- ▶ Les concepts : plusieurs noeuds différents pour un mot ambigu,
- ▶ un seul noeud pour plusieurs synonymes

- Exemples



- Instances : Individus uniques
- Classes : La plupart des concepts peuvent correspondre à plusieurs individus
- Relation instance/classe
- X est une sorte de Y (Relation Appartenance)
- X est une partie de Y (Relation d'inclusion)
- Classification ==> Héritage de propriétés



## Quelques remarques

- 1 L'élément fonctionnel de base d'un réseau sémantique est composé de 2 noeuds relié par un arc étiqueté. Il est appelé Fait.
- 2 Un noeud peut être transformé en prédicat.  
Exemple : Possède(oiseau, Ailes)
- 3 Certaines relations sont particulièrement intéressantes :
  - ▶ Relation "element-de" : exprime l'appartenance d'un objet à une classe ( $\in$ )
  - ▶ Relation "sous-ensemble-de" : exprime l'inclusion d'un concept dans un autre concept ( $\subseteq$ )

- Les réseaux sémantiques sont bien adaptés à la représentation de classifications. Les liens sont alors limités exclusivement aux relations hiérarchiques du type "isa" et "ako".
- Les représentations en réseaux sémantiques ne sont utilisables qu'à la condition de disposer de procédures pour les manipuler pour faire l'inférence.

# Frames

# Présentation

- Développé par M.Minsky ( 1975).
- Idée de base : accéder à une connaissance progressivement, par fragments d'informations
- C'est une méthode, un modèle de représentation

## Définition

- Un frame est défini par son nom et la liste de ses attributs (slots).
- Chaque attribut est lui-même décrit par un ensemble de facettes et leurs valeurs.
- (schéma  
(attribut-1 (facette-1 valeur-1)...(facette-n valeur-n))  
...  
(attribut-k (facette-1k valeur-1k)... ) )

## Classe et instance

- Un frame décrit une famille d'objets ou classe représenté par un schéma de classe.
- Un objet particulier de cette classe est décrit lui-même par un schéma, dit schéma d'instance, qui diffère du schéma de classe par la valeur donnée aux attributs.
- Une instance peut-être complète ou partielle. Elle hérite du schéma de sa classe à l'aide de la liaison "est\_un" (isa).

## Définition d'une facette

- L'ensemble des facettes d'un attribut décrit les diverses connaissances ou points de vues sur cet attribut :
  - ▶ Sa nature
  - ▶ Sa valeur
  - ▶ Sa valeur par défaut
  - ▶ Des moyens d'obtenir sa valeur.
- Les valeurs sont elle-mêmes des frames ou des références à des frames.

## Facettes -type

- Facettes -type
  - ▶ Les facettes "liste-de" et "doit-être" permettent de définir le type des valeurs des attributs.
  - ▶ Type simple : entier, réel, booléen et chaîne.
  - ▶ Type défini par un frame : référence à une instance de ce frame ou d'un frame plus spécifique.
- Facette -valeur
  - ▶ Les facettes qui décrivent un moyen d'obtenir la valeur d'un attribut sont :
    - "valeur" : précise la valeur de l'attribut
    - "si-besoin" : permet d'associer des méthodes de calcul des valeurs (attachement procédural).
    - "défaut" : permet d'associer une valeur par défaut qui sera retenue en cas d'absence d'autres informations sur la valeur de l'attribut.

## Exemples

- (Personne  
(nom (doit-être chaîne))  
(âge (doit-être entier) (si-besoin (compter-années date-jour  
datenaissance))  
(a-pour-père (doit-être Personne))  
(grand-père-de (liste-de personne))  
(date-naissance (doit-être Date)) )
- (Planète  
(atmosphère (doit-être booléen)  
(défaut faux)) )

## Exemples - instances

- (personne#1  
  (est-un (valeur Personne))  
  (nom (valeur "Arthur"))  
  (a-pour-père (valeur personne#10))  
  (date-naissance (valeur date#2)) )
- (date#2  
  (est-un (valeur Date))  
  (jour (valeur 14))  
  (mois (valeur "juillet"))  
  (année (valeur 1950)) )

# Logiques classiques

## Pourquoi s'intéresser à la logique ?

- Un moyen de description :
  - ▶ des objets ;
  - ▶ et de leurs propriétés.
- Un moyen de faire des raisonnements : peut-on mécaniser le raisonnement ?
- Domaines d'application :
  - ▶ Mathématiques.
  - ▶ Informatique :
    - Intelligence artificielle, ...
    - vérification, preuve assistée, conception sûre, ...
    - programmation,
    - spécification, bases de données, ...
    - ...

# Système logique

En général, on décrit une logique par les éléments suivants :

- **syntaxe** :
  
- **sémantique** :
  
- **système de déduction** :

# Système logique

En général, on décrit une logique par les éléments suivants :

- **syntaxe** :
  - ▶ qu'est-ce qu'une formule ?
  - ▶ comment s'écrit-elle ?
- **sémantique** :
- **système de déduction** :

# Système logique

En général, on décrit une logique par les éléments suivants :

- **syntaxe** :
  - ▶ qu'est-ce qu'une formule ?
  - ▶ comment s'écrit-elle ?
- **sémantique** :
  - ▶ quel est le sens donné à chaque formule ?
- **système de déduction** :

# Système logique

En général, on décrit une logique par les éléments suivants :

- **syntaxe** :
  - ▶ qu'est-ce qu'une formule ?
  - ▶ comment s'écrit-elle ?
- **sémantique** :
  - ▶ quel est le sens donné à chaque formule ?
- **système de déduction** :
  - ▶ une méthode de preuve pour déterminer si une formule est **vraie**.

## Logique propositionnelle

## Concepts généraux

- La logique propositionnelle étudie les propriétés des connecteurs logiques tels que  $\wedge$  et  $\vee$ , qui relient des propositions.  
On travaille sur des ensembles d'énoncés qui expriment des propositions.

## Concepts généraux

- La logique propositionnelle étudie les propriétés des connecteurs logiques tels que  $\wedge$  et  $\vee$ , qui relient des propositions.  
On travaille sur des ensembles d'énoncés qui expriment des propositions.
- **Exemple** : "Amine est un étudiant sérieux" exprime la proposition que Amine a les propriétés d'être étudiant et sérieux. Cette proposition peut être vraie ou fausse.

# Représentation & Raisonnement

- Comment représenter ?
  - ▶ On se donne : Un ensemble d'énoncés élémentaires (ou atomiques) représentés par des lettres. Chaque énoncé a pour nous une valeur, vrai ou faux, mais jamais les 2.
  - ▶ Ensuite : On forme des énoncés plus complexes en utilisant les connecteurs logiques. Et on cherche la valeur de ces nouveaux énoncés.
- Méthodes de preuve :
  - ▶ les plus simples sont les tables de vérités, qui nous sont familières.
  - ▶ Il existe d'autres mécanismes plus efficaces, et extensibles à d'autres logiques.

## Exemple : Représentation syntaxique

### Exemple

- s'il fait beau et que l'on est pas samedi alors je fais du vélo
- si je fais du vélo alors c'est le printemps

## Exemple : Représentation syntaxique

### Exemple

- s'il fait beau et que l'on est pas samedi alors je fais du vélo
- si je fais du vélo alors c'est le printemps

Ce problème peut être modélisé sous la forme suivante :

## Exemple : Représentation syntaxique

### Exemple

- s'il fait beau et que l'on est pas samedi alors je fais du vélo
- si je fais du vélo alors c'est le printemps

Ce problème peut être modélisé sous la forme suivante :

- variable propositionnelle  $b$  = il fait beau
- variable propositionnelle  $s$  = on est samedi
- variable propositionnelle  $f$  = je fais du vélo
- variable propositionnelle  $p$  = c'est le printemps

## Exemple : Représentation syntaxique

### Exemple

- s'il fait beau et que l'on est pas samedi alors je fais du vélo
- si je fais du vélo alors c'est le printemps

Ce problème peut être modélisé sous la forme suivante :

- variable propositionnelle  $b$  = il fait beau
- variable propositionnelle  $s$  = on est samedi
- variable propositionnelle  $f$  = je fais du vélo
- variable propositionnelle  $p$  = c'est le printemps
- $((b \wedge (\neg s)) \rightarrow f)$
- $(f \rightarrow p)$

## Logique des prédicats

# Logique des prédicats

La logique des propositions ne permet pas de parler d'individus :

## Logique des prédicats

La logique des propositions ne permet pas de parler d'individus :

- Par exemple, la proposition "Amine est sérieux" est considérée dans sa globalité.

## Logique des prédicats

La logique des propositions ne permet pas de parler d'individus :

- Par exemple, la proposition "Amine est sérieux" est considérée dans sa globalité.
- Mais la plupart de nos connaissances portent sur des individus, sur des classes d'individus, sur des relations entre individus.

## Logique des prédicats

La logique des propositions ne permet pas de parler d'individus :

- Par exemple, la proposition "Amine est sérieux" est considérée dans sa globalité.
- Mais la plupart de nos connaissances portent sur des individus, sur des classes d'individus, sur des relations entre individus.

## Logique des prédicats

La logique des propositions ne permet pas de parler d'individus :

- Par exemple, la proposition "Amine est sérieux" est considérée dans sa globalité.
- Mais la plupart de nos connaissances portent sur des individus, sur des classes d'individus, sur des relations entre individus.

⇒ on utilise la **logique des prédicats**.

## Éléments de syntaxe

- un ensemble de variables  $x, y, \dots$ ,
- un ensemble de constantes  $a, b, \dots$ ,
- les éléments  $V$  et  $F$ ,
- un ensemble de fonctions  $f, g, \dots$ , ayant chacun une arité,
- un ensemble de prédicats  $P, Q, \dots$ , ayant chacun une arité,
- des connecteurs : la négation  $\neg$ , et des connecteurs binaires :  
 $\wedge, \vee, \dots$
- les quantificateurs  $\forall$  et  $\exists$ .

- Par exemple,  $\neg((\forall x)(\exists y)P(x, f(y), a))$ , est une formule du premier ordre.
- $(\forall x)$  : quantification universelle ("pour tout x" ),
- $(\exists x)$  : quantification existentielle (" il existe un x tel que" )
- Si P est un prédicat d'arité n,  $P(X_1, X_2, \dots, X_n)$  est une formule atomique.

## Modélisation en Logique des prédicats

- La modélisation en logique des prédicats permet de modéliser le monde en termes d'objets, de relations entre objets, de propriétés des objets et de faits ou règles concernant ces relations et propriétés.

## Modélisation en Logique des prédicats

- La modélisation en logique des prédicats permet de modéliser le monde en termes d'objets, de relations entre objets, de propriétés des objets et de faits ou règles concernant ces relations et propriétés.
- Dans les formules logiques utilisées en modélisation :

## Modélisation en Logique des prédicats

- La modélisation en logique des prédicats permet de modéliser le monde en termes d'objets, de relations entre objets, de propriétés des objets et de faits ou règles concernant ces relations et propriétés.
- Dans les formules logiques utilisées en modélisation :
  - ▶ les constantes, variables et (résultats de) fonctions représentent des objets de la partie du monde ou du système modélisé

## Modélisation en Logique des prédicats

- La modélisation en logique des prédicats permet de modéliser le monde en termes d'objets, de relations entre objets, de propriétés des objets et de faits ou règles concernant ces relations et propriétés.
- Dans les formules logiques utilisées en modélisation :
  - ▶ les constantes, variables et (résultats de) fonctions représentent des objets de la partie du monde ou du système modélisé
  - ▶ les symboles de prédicats représentent les relations entre objets ou, pour les prédicat unaires, le fait qu'un objet possède une propriété

## Modélisation en Logique des prédicats

- La modélisation en logique des prédicats permet de modéliser le monde en termes d'objets, de relations entre objets, de propriétés des objets et de faits ou règles concernant ces relations et propriétés.
- Dans les formules logiques utilisées en modélisation :
  - ▶ les constantes, variables et (résultats de) fonctions représentent des objets de la partie du monde ou du système modélisé
  - ▶ les symboles de prédicats représentent les relations entre objets ou, pour les prédicat unaires, le fait qu'un objet possède une propriété
  - ▶ les formules fermées représentent des faits particuliers (formules sans quantificateurs) ou et règles générales (formules quantifiées)

## Exemple de modélisation

On veut modéliser les relations entre personnes (connaissances, amitié, ...), le fait qu'une personne a envoyé un message à une autre personne, et les règles générales sur ces relations. On utilise le vocabulaire de prédicats

- prédicats : personne (unaire), message (ternaire), connaît (binaire),
- constantes : marie, jean, xavier (représentent des personnes), m1, m2, m3, ... (les messages)
- soient les faits suivants :
  - ▶ Marie est une personne
  - ▶ le message m3 a été envoyé par Marie à Xavier
  - ▶ Xavier connaît Charlotte

## Exemple de modélisation

- $f1 = \text{personne}(\text{marie})$ .
- $f2 = \text{message}(\text{m3}, \text{marie}, \text{xavier})$
- $f3 = \text{connait}(\text{xavier}, \text{charlotte})$ .
- La représentation des règles générales de ce domaine passe par l'écriture de formules quantifiées.
- L'expéditeur et le destinataire d'un message sont forcément des personnes et elles doivent se connaître :  
 $f4 = \forall x \forall y \forall z (\text{message}(x, y, z) \implies \text{personne}(y) \wedge \text{personne}(z) \wedge \text{connait}(y, z))$ .
- Pour être dans le réseau il faut connaître au moins une personne  
 $f5 = \forall x (\text{personne}(x) \implies \exists y \text{connait}(x, y))$ .

## Représentation des connaissances : conclusion

En général, 3 niveaux :

- Niveau connaissance (knowledge level)
  - ▶ niveau le plus abstrait : celui dans lequel nous nous exprimons, nous pensons, ...
- Niveau logique (logical level)
  - ▶ niveau auquel seront codées formellement les connaissances
- Niveau d'implémentation (implementation level)
  - ▶ niveau le plus bas = codage physique des connaissances

cf «knowledge level hypothesis» [Newell, 1982]