

Chapitre 3

Les Réseaux Sémantiques et Graphes Conceptuels

Limitations de la représentation logique par rapport à l'expression des humains

L'utilisation de la logique pour formaliser le raisonnement humain qui s'exprime en utilisant un langage donné pose certains problèmes.

Exemple1 : si X est un oiseau alors X est capable de voler.

En calcul de prédicat:

$(\text{oiseau}(X) \rightarrow \text{peutvoler}(X))$ qui est logiquement équivalent à
 $(\neg\text{peutvoler}(X)) \rightarrow \neg\text{oiseau}(X)$

A partir de cela, supposons que X est le chat Félix, Félix ne peut pas voler et Félix n'est pas un oiseau ; donc la valeur de vérité de la deuxième formule est vraie. Par conséquent, on en déduit que le fait que Félix est un chat qui ne peut pas voler constitue une modèle pour l'hypothèse : *tous les oiseaux volent ! !*

Exemple 2 : le calcul des prédicats 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.

Introduction

L'utilisation des graphes en représentation des connaissances pour l'IA vient de l'idée de représenter graphiquement des concepts et leurs liens.

Le premier outil proposé est le réseau sémantique introduit en 1968 par Quillian. Son modèle de réseau avait pour ambition de constituer un modèle de la mémoire humaine. Par ailleurs, les graphes sont souvent utilisés pour abstraire les informations pertinentes et se concentrer seulement sur la topologie d'un problème : le graphe constitue un espace du problème.

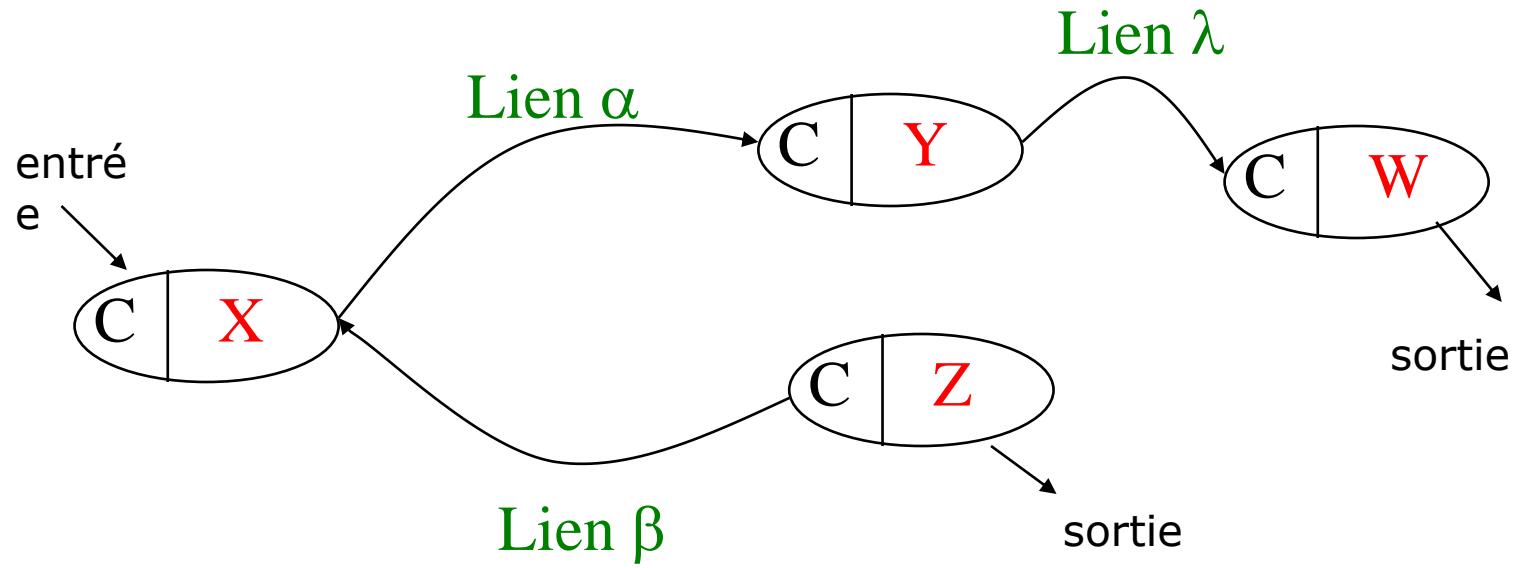
Introduction

En 1969, Collins et Quillian ont modélisé le stockage et le traitement de l'information chez l'humain avec un réseau sémantique.

L'organisation de ce réseau a été inspirée des expériences psychologiques menées sur les humains.

Ils ont mis en place plusieurs types d'associations :

- les associations décrivant les caractéristiques ou les propriétés de l'objet ou du concept.
Ces associations sont libellées avec : *est* , *a*
- les associations décrivant les actions que peut entamer l'objet.
Ces associations sont libellées avec : *peut*,..
- Les associations décrivant l'héritage libellées par *est un*.
- Les associations décrivant les exceptions libellées par *n'est pas*, *n'a pas* , *ne peut pas*..



Définition de Concept

- Un concept est une représentation générale et abstraite de la réalité d'un objet, d'une situation ou d'un phénomène; Un concept est souvent une idée générale (le concept de fruit rassemble tous les fruits existants,
- Un nom propre peut être considéré, selon certaines théories philosophiques, comme exprimant le concept d'un individu.
- Un concept est une représentation mentale stable et stockée en mémoire à long terme, d'une entité ou d'un ensemble d'entités regroupées sur la base d'une certaine similarité (concrète ou abstraite).

Les objets appartenant au même concept constituent une catégorie.

Exemple de Concept :

Catégorie : viande (boeuf, veau, mouton...) ;
légumes (chou, carottes, haricots...).

1. Définition du réseau sémantique :

Un réseau sémantique est un graphe orienté et étiqueté.

Réseau = conjonction de formules logiques associées à chacun des arcs

A ————— R ————— B un prédicat binaire $R(A,B)$

- Au niveau lexical, un réseau sémantique comprend:
 - * des nœuds → un nœud représente un objet ou un concept primitif,
 - * des liens orientés ou arcs → un arc représente une relation entre deux objets
 - * des étiquettes d'arcs → les arcs sont étiquetés en fonction des relations qu'ils représentent.

- Au niveau structurel
 - * 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).
- L'interprétation sémantique du réseau dépendra de chaque application concernée.
- Au niveau procédural, des mécanismes de construction, de lecture, d'écriture et d'effacement de réseaux ou parties de réseaux sont établis.

les NŒUDS

- **atomiques** : entités élémentaires (valeurs, individus,...)
- **complexes** : entités complexes (propositions, phrases,...)

ils doivent être **typés** : concept, individu, action, proposition, etc...

les LIENS

- **structuraux**: indépendants de la sémantique du domaine,
- **spécifiques**: dépendants de la sémantique du domaine,

Rq

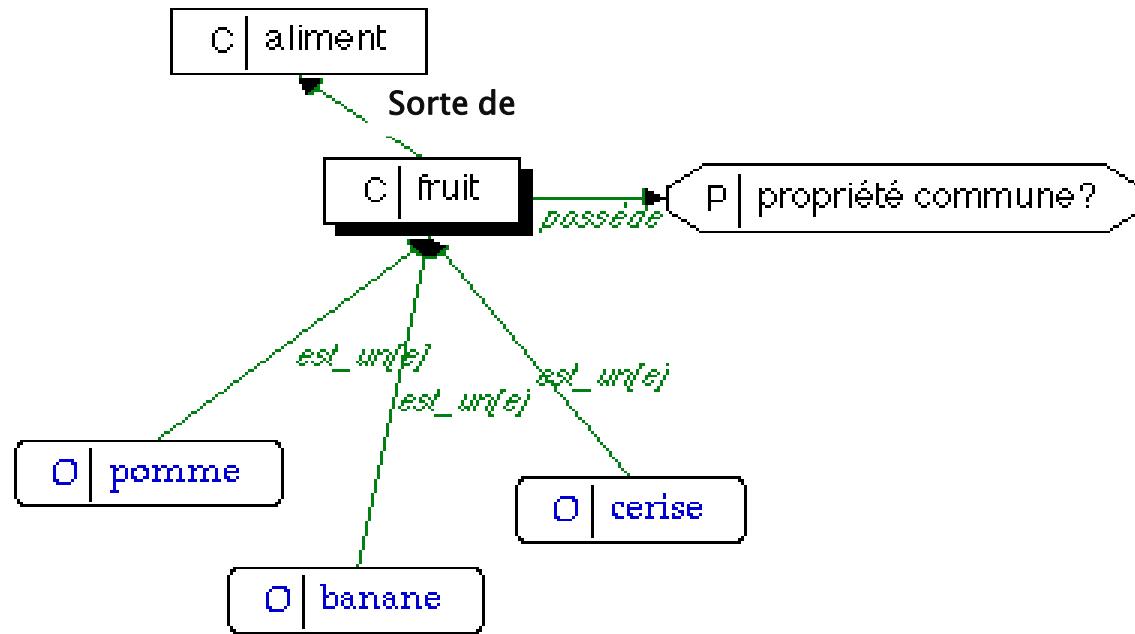
il faut essayer d'augmenter la proportion des liens structuraux par rapport aux liens spécifiques

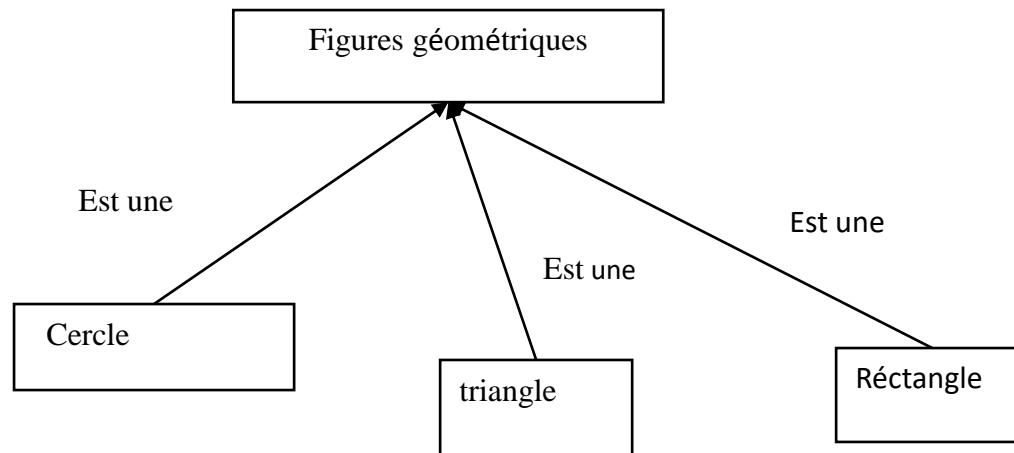
Exemple de Noeuds concepts
"les canaris / sont des / oiseaux"

Les réseaux sémantiques utilisent généralement deux relations concernant des objets de l'un des types individu ou classe :

- ✓ **est_un** : relation entre un individu et classe exprimant l'**appartenance** (instance)
- ✓ **sorte_de** : relation entre deux classes exprimant l'**inclusion**.

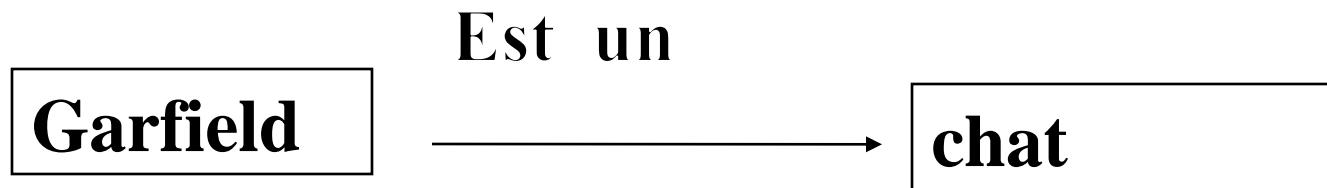
Exemple d'un réseau sémantique





Exemples :

Garfield est un chat. - *Les chats sont des félins.*



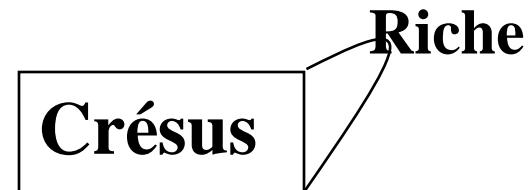
Autre exemple

Les carnivores mangent de la viande. (équivalent à tout individu de la classe carnivore a la propriété de se nourrir de viande).

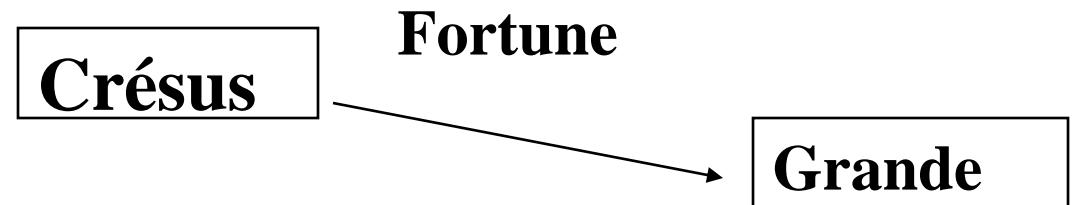


Une proposition atomique exprimant un prédicat d'arité 1 est représentée par un graphe comprenant un nœud auquel est attachée une boucle :

Crésus est riche.



Soit l'équivalent binaire



Attributs

- **attribut = 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 **nœud-attribut**:

on peut le rendre plus structurel en créant un nœud-attribut:

Oiseau		couleur
Canari	<i>attribution de propriété</i>	jaune

Un attribut peut être une classe **sémantique** de nœuds dont les instances sont des **propriétés**, un **attribut** peut lui-même être **caractérisé** :

couleur	<i>domaine</i>	{jaune, vert, rouge, bleu}
---------	----------------	----------------------------

Remarque

- **représentation graphique:**
facilite la lecture, ne correspond généralement pas au formalisme d'implémentation,
- **représentation non-graphique:**
(alice, manger, pomme)

D'autres liens peuvent être exprimés dans un réseau sémantique tel que

Hiérarchie

Particularisation

équivalence

Partie

Succession

Fonction

Construction du réseau sémantique

Le réseau sémantique peut transformer un discours en une suite de propositions atomiques.

Exemple :

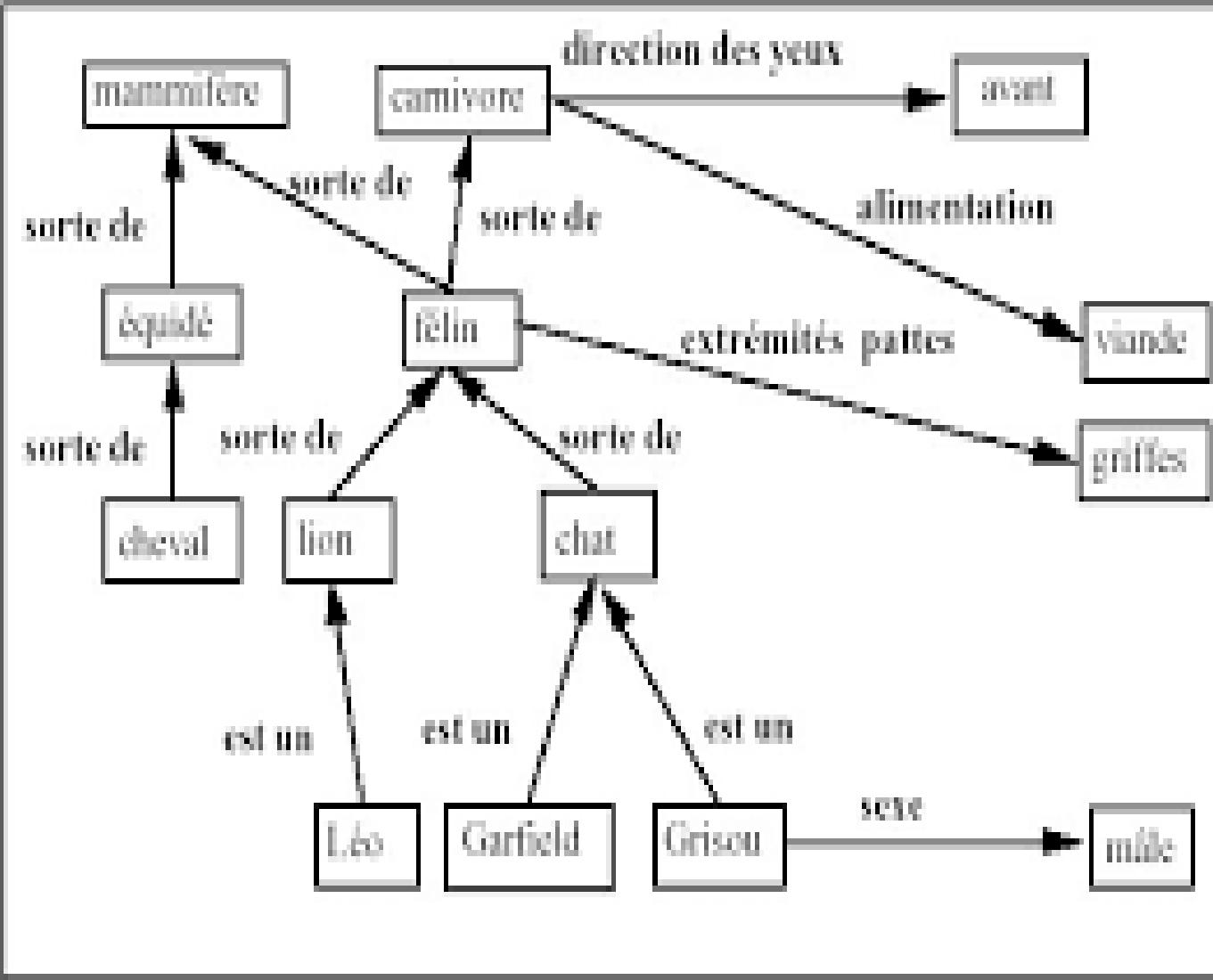
Un félin est un carnivore. Un carnivore est un animal qui a les yeux dirigés vers l'avant et qui mange de la viande. Les pattes d'un félin ont des griffes à leurs extrémités. Un félin est un mammifère. Grisou et Garfield sont des chats. Grisou est un chat mâle. Léo est un lion. Les chats et les lions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

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.

Propositions atomiques :

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	sexе	mâle
Léo	est_un	lion
Chat	sorte_de	félin
lion	sorte_de	félin
Cheval	sorte_de	équidé
équidé	sorte_de	mammifère



Énoncé conditionnel

Soit une proposition composée de la forme :

Si p1 et p2 et ... pn alors q

où les p_i et q sont des propositions atomiques.

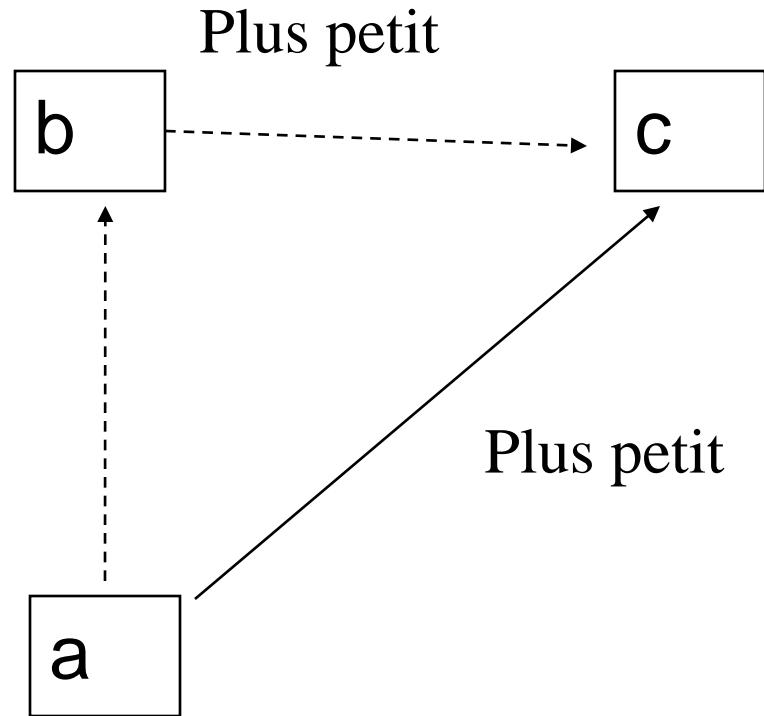
Chacune des propositions p_i est un **antécédent** → **propositions de queue.**

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).

Exemple

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



Exemple

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

Remarque :

- On n'affirme pas dans ce réseau que les félin 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 félin ont les yeux dirigés vers l'avant.
- Ce réseau peut donc être utilisé comme outil pour faire de la déduction.

Réseau auxiliaire

Le réseau correspondant à une proposition conditionnelle
→ **réseau auxiliaire.**

Les réseaux auxiliaires sont utilisés comme outils de transformation des réseaux sémantiques afin d'établir des faits nouveaux
→ 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.

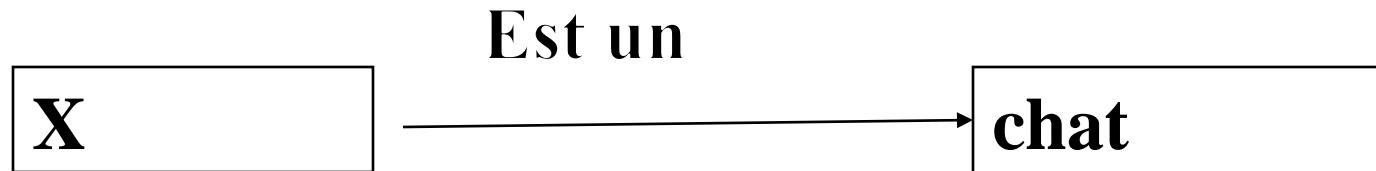
Exemple

Utilisation de variables

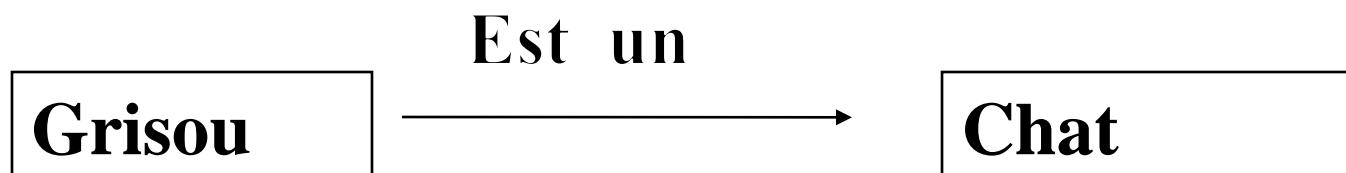
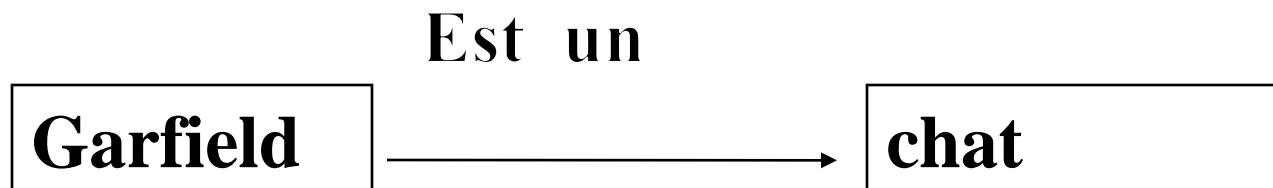
Une **variable** est un symbole susceptible d'être remplacé par une valeur constante appartenant à l'ensemble des objets. Les variables ne sont pas utilisées pour représenter des prédictats.

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**. On utilisera, pour représenter les variables, les lettres de la fin de l'alphabet : ..., W, X, Y, Z.

Par exemple, le réseau général suivant :



Pourrait Représenter les deux réseaux suivant



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

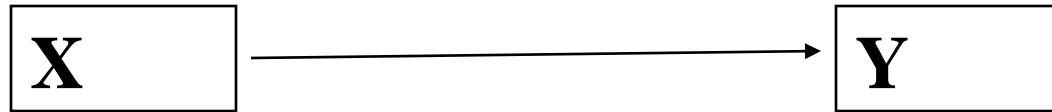
On dit que la variable **x s'instancie** (ou encore est **valuée**) avec une constante (Grisou ou Garfield dans l'exemple précédent).

On dit aussi que le réseau général est un **patron** et que les réseaux spécialisés correspondants sont ses **instances**.

Exemple :

Soit le monde des animaux, tel que décrit dans l'exemple le réseau suivant :

Sorte_de



peut s'instancier de six façons :

x = chat et y = félin

x = lion et y = félin

x = cheval et y = équidé

x = félin et y = carnivore

x = félin et y = mammifère

x = équidé et y = mammifère

Remarques :

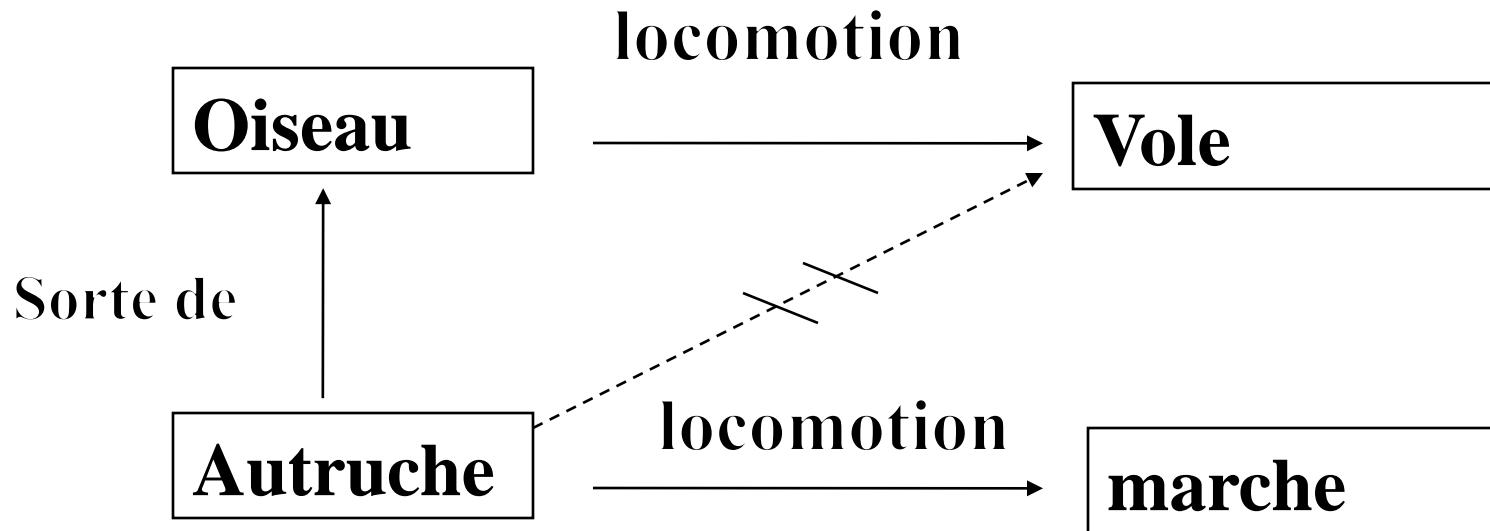
- Un arc ayant ses deux nœuds identifiés par des variables peut s'instancier en un arc ayant un seul nœud identifié par une variable. Par exemple :
- Un arc ayant ses deux nœuds identifiés par des variables différentes peut s'instancier en un arc ayant ses deux nœuds identifiés par des constantes différentes ou égales ou par la même variable. Par exemple, l'arc suivant :
- Par opposition, un arc ayant ses deux nœuds identifiés par la même variable ne peut s'instancier qu'en un arc ayant ses deux nœuds identifiés par la même variable ou la même constante. Par exemple, l'arc suivant :

Héritage et propriété collective

Les relations **est_un** et **sorte_de** illustrent la notion d'**héritage** d'une propriété entre des objets spécifiés et des objets appartenant à une certaine classe.

Cependant, il est important de noter que la propriété dont il est question doit être une propriété attachée aux objets et non une propriété attachée à la classe elle-même.

exemple, dans le réseau suivant :

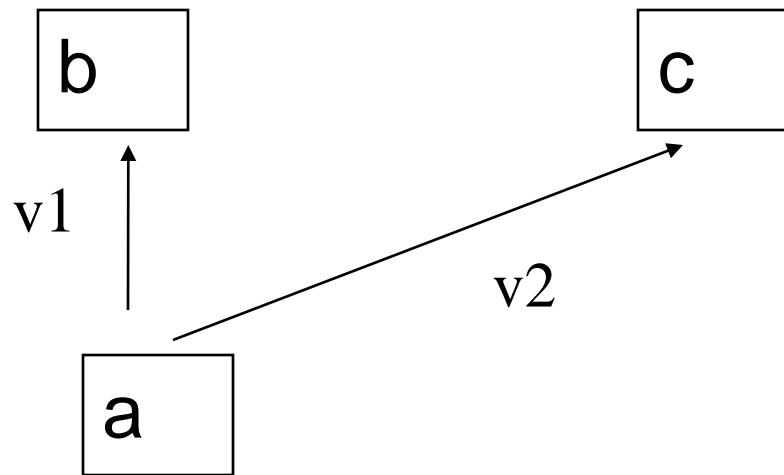


la plupart des oiseaux volent, mais il existe des exceptions.

La classe autruche n'hérite pas de la propriété voler de sa superclasse oiseau

Représentation de relations alternatives

Pour affirmer qu'un objet **a** est en relation **v1** avec un objet **b**
et en relation **v2** avec un objet **c**
on ajoute au réseau les arcs :



On peut exprimer le fait qu'un objet **a** est en relation **v1** avec un objet **b** ou en relation **v2** avec un objet **c** en produisant deux copies du réseau et en augmentant chaque copie de l'une des deux relations

Exemple, les connaissances de l'énoncé :

Bali est un éléphant et Cami est un chameau.

Il y a deux variétés d'éléphants : africains et indiens

peuvent être représentées au moyen des réseaux alternatifs suivants :

Comment lire un réseau sémantique ?

- choisir un mot ou une expression qui vous attire.
- parcourir les liens qui partent de cette expression vers d'autres expressions
- former des phrases ou des énoncés avec les expressions et les liens.
- explorer tous les liens et les expressions dans l'ordre qui vous plaira

Limites des réseaux sémantiques

- 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.

LES GRAPHES CONCEPTUELS

Ce mode de représentation des connaissances a été défini par Sowa (1984) pour traduire la logique sous forme graphique.

L'idée de base consiste à représenter les connaissances par les nœuds et des arcs dans un graphe.

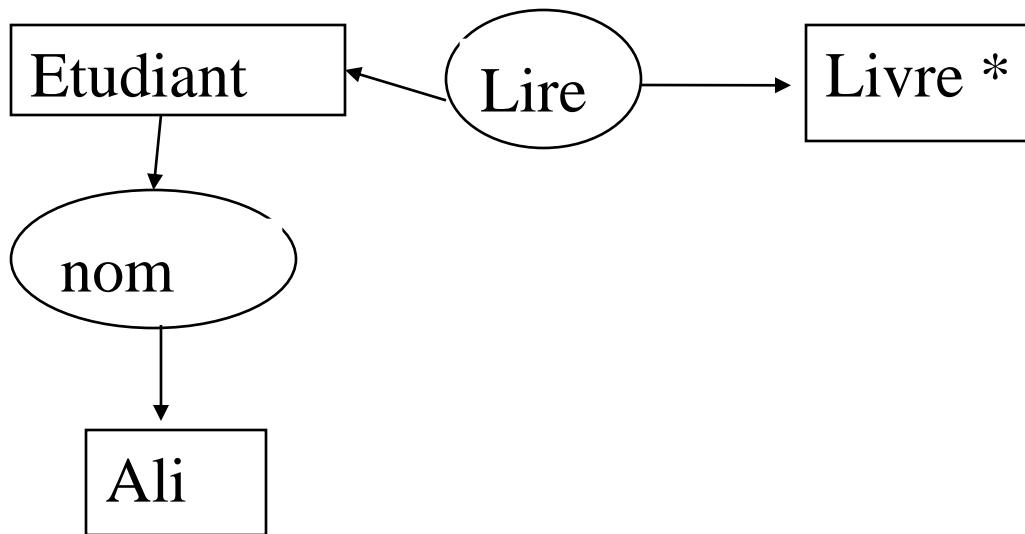
Il y a 2 types de nœuds :

- nœud conceptuel : un rectangle représente une entité ;
- nœud relationnel : une ellipse représente une propriété ou une relation ;
- Les flèches relient toujours deux nœuds de type différent.
On peut les noter sous forme graphique ou textuelle (dite aussi forme linéaire).

Exemple

Ali lit un livre.

Représentation graphique :



Omar ← Agent ← Manger → Objet → Pomme

Définition

Un **graphe conceptuel** est un graphe biparti connexe orienté.

Les deux types de nœuds sont les concepts et les relations.

Un arc relie toujours 2 nœuds de type différent.

Un **concept** est identifié par son type.

- L'identificateur de ce type est inscrit dans le concept.
- Un type peut être concret ou abstrait.
- Un concept est dit concret si on peut s'en former une image mentale (un chien, une maison, une université, etc.)
- Un concept est dit abstrait (la beauté, la réussite, la peur, etc.).

Tous les types sont structurés par une hiérarchie.

Soit E l'ensemble des types de concepts :

$$E \neq \emptyset$$

E est un ordre partiel (\subseteq)

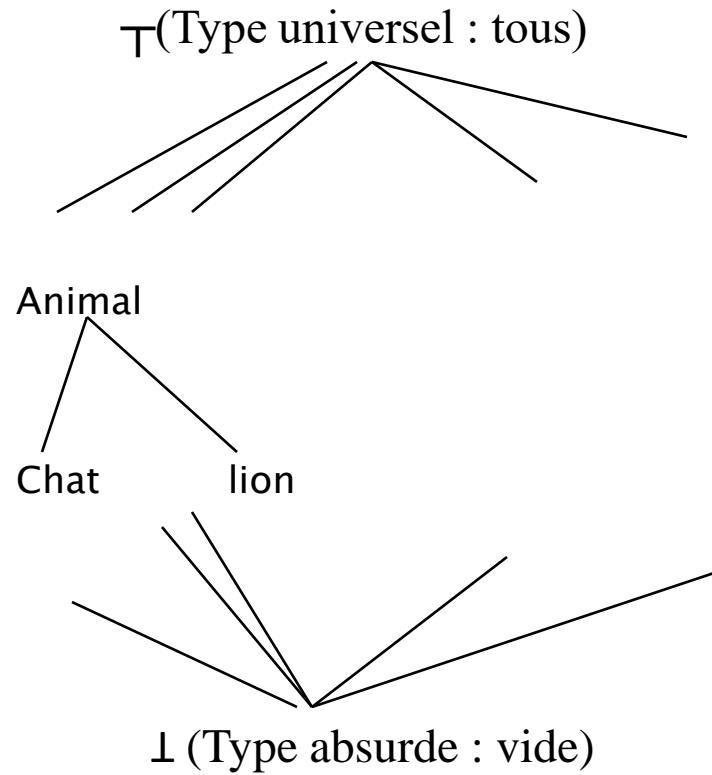
Toute partie finie de E possède une borne inférieure dans E et une borne supérieure dans E .

En d'autres termes, il existe un plus petit élément et un plus grand élément.

Tous les types existant dans notre monde sont donc présents dans E (d'après les catégories d'Aristote).

\top (Type universel : tous)

\perp (Type absurde : vide)



Un référent ou marqueur est utilisé pour caractériser un concept

Syntaxe:

Nom du concept : référent

Il existe plusieurs référents, on peut citer

<i>Référent</i>	<i>Représentation</i>	<i>Interprétation</i>
Universel	LIVRE : \forall	tous les livres
Générique	LIVRE : *	un livre
	LIVRE	(ce référent est implicite)
particulier	LIVRE : #45	le livre dont code 45
singulier	LIVRE : ‘Les misérables’	un livre intitulé ‘Les misérables’
ensemble générique	LIVRE : {*}	des livres
ensemble particulier	LIVRE : {#45, #89}	les livres dont le code est 45 et 89
ensemble singulier	LIVRE : {‘Les misérables’, ‘Les trois mousquetaires’}	un livre intitulé ‘Les Misérables’ et un autre ‘Les trois mousquetaires’

Mesure générique	température @ 20	température de 20 degrés
Cardinalité de l'ensemble	Livre { *} @2	deux livres

Les quatre opérations définies pour les graphes conceptuels

Copie :

À partir d'un graphe G, on peut construire un nouveau graphe G', copie de G.

Restriction :

Dans un graphe, on peut remplacer un concept par l'instance de ce concept.

- [TYPE : *] devient alors [TYPE : #n]
Exemple, remplacer CHAT par « Grisou » (le nom du chat).

- [TYPE1 : marqueur] devient alors [TYPE2 : marqueur]
si $TYPE2 \subseteq TYPE1$.
Exemple, remplacer FÉLIN par CHAT.

Jointure ou somme :

On peut joindre deux graphes conceptuels qui possèdent un concept identique. Ainsi, si le concept C1 dans le graphe G1 est identique au concept C2 dans le graphe G2, on peut construire un nouveau graphe G à partir de G2 en y remplaçant C2 par C1 et en ajoutant tout le sous graphe de G1, issu de C1.

Simplification : Si on a deux relations de même type avec les mêmes arguments, alors on peut supprimer un des deux nœuds relationnels et tous les arcs qui sont connectés.

