

Chapitre 5 : Les réseaux sémantiques

1- Introduction :

Les réseaux sémantiques ont été développés par Quillian (1968). Le but était de proposer un modèle de la mémoire associative humaine. Ils permettent de représenter graphiquement les connaissances constituant ainsi une alternative aux modèles logiques.

Le principe général de ce modèle consiste à représenter les connaissances sous forme d'un graphe composé de nœuds qui représentent les concepts reliés par des arcs matérialisant les relations entre les concepts.

Définition 1 :

Un réseau sémantique est un graphe composé:

- d'un ensemble de nœuds étiquetés représentant généralement des objets,
- d'un ensemble de liens orientés et étiquetés entre les nœuds représentant les relations entre des objets,
- d'un ensemble d'opérateurs d'exploitation de ce graphe constituant ainsi le mécanisme de raisonnement.

Une liaison entre deux nœuds étiquetés A et B reliés par un arc étiqueté par R signifie que les deux entités A et B ont la propriété d'être en relation par R.



Cette représentation est équivalente à une représentation en logique du premier ordre : $R(A,B)$ tels que R est un prédicat binaire et (A, B) sont les termes du prédicats.

2- Utilisation des réseaux sémantiques :

2-1 Représentation d'une organisation hiérarchique :

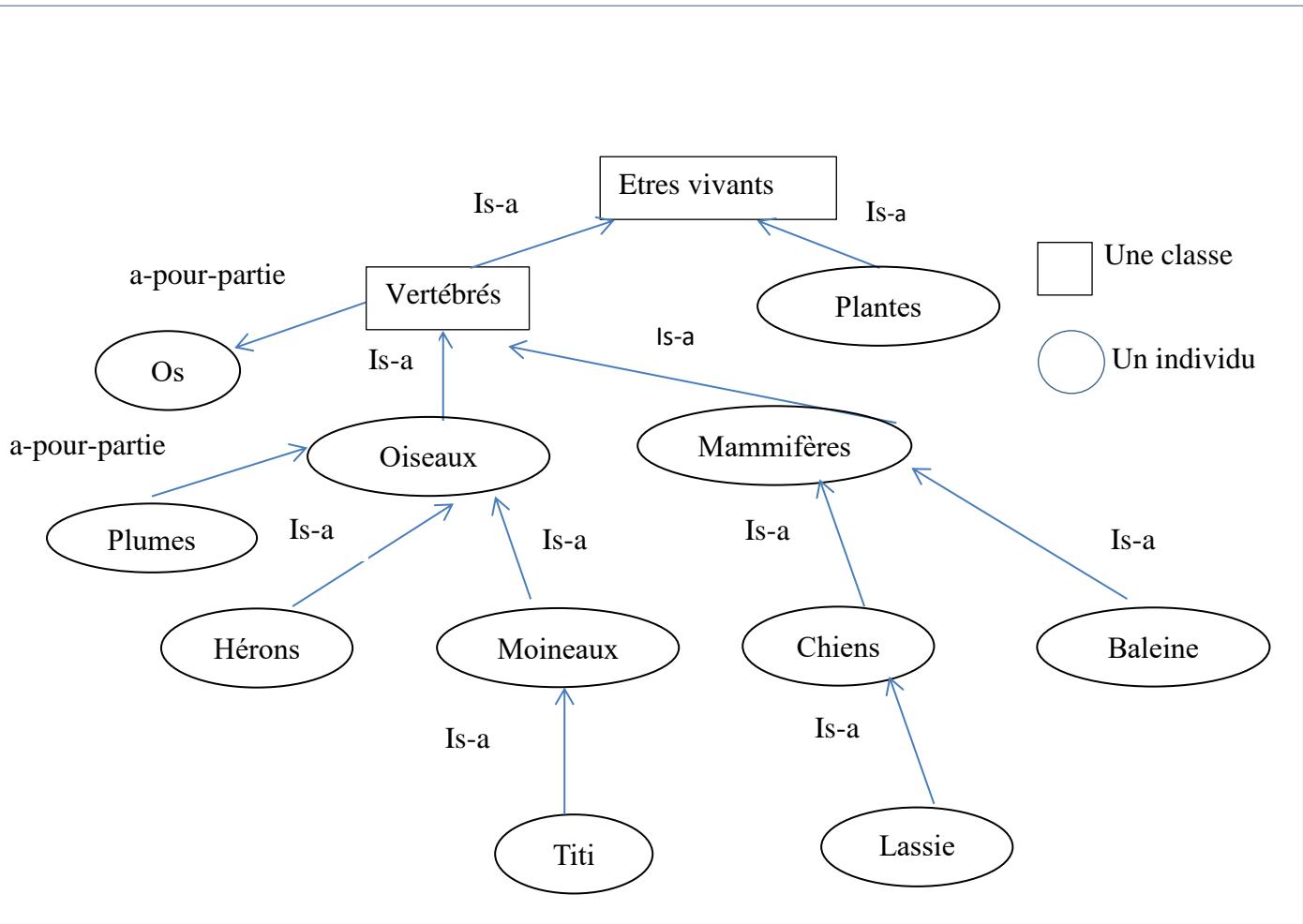
La plupart des réseaux sémantiques font intervenir une organisation hiérarchique entre classe d'objets :

Exemple1 :

Soient les connaissances suivantes :

- Les vertébrés et les plantes sont des êtres vivants
- Les vertébrés ont pour partie des os
- Les oiseaux et les mammifères sont des vertébrés
- Les oiseaux ont pour partie des plumes
- Les moineaux et les hérons sont des oiseaux
- Titi est un moineau
- Les chiens et les baleines sont des mammifères
- Lassie est un chien

Ces connaissances sont représentées par le réseau sémantique suivant :



2-2 Les réseaux sémantiques et le langage naturel :

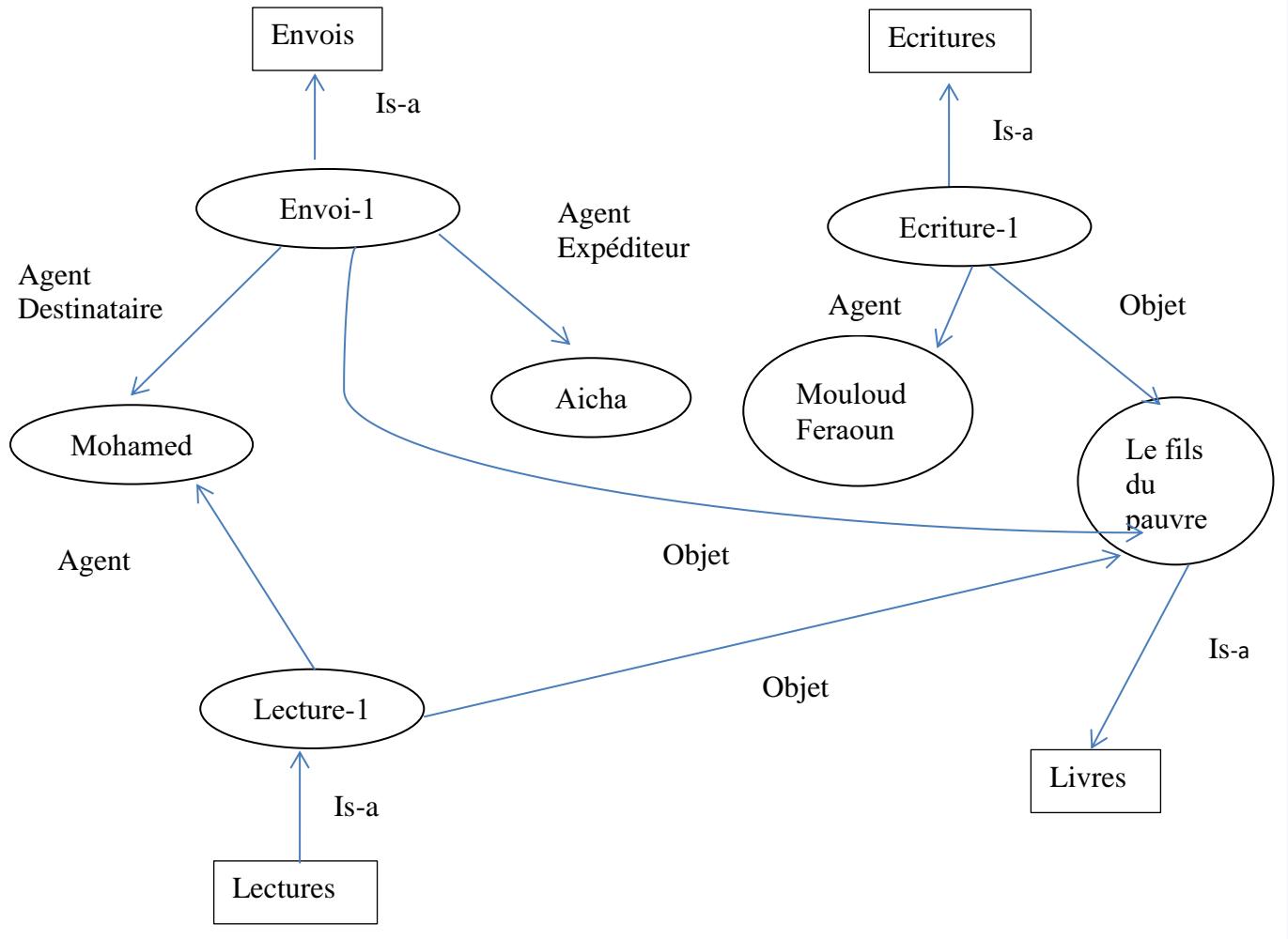
Les réseaux sémantiques sont très utilisés dans les systèmes de compréhension du langage naturel afin de représenter les connaissances traduisant des associations d'idées entre concepts ou des concepts d'action centrés autour d'un verbe d'action.

Exemple 2 :

Soient les phrases suivantes qui font intervenir trois verbes d'action

- Mouloud Feraoun a écrit le livre « Le fils du pauvre »
- Aicha envoie ce livre à Mohamed
- Mohamed le lit.

Ces connaissances sont représentées par le réseau sémantique suivant :

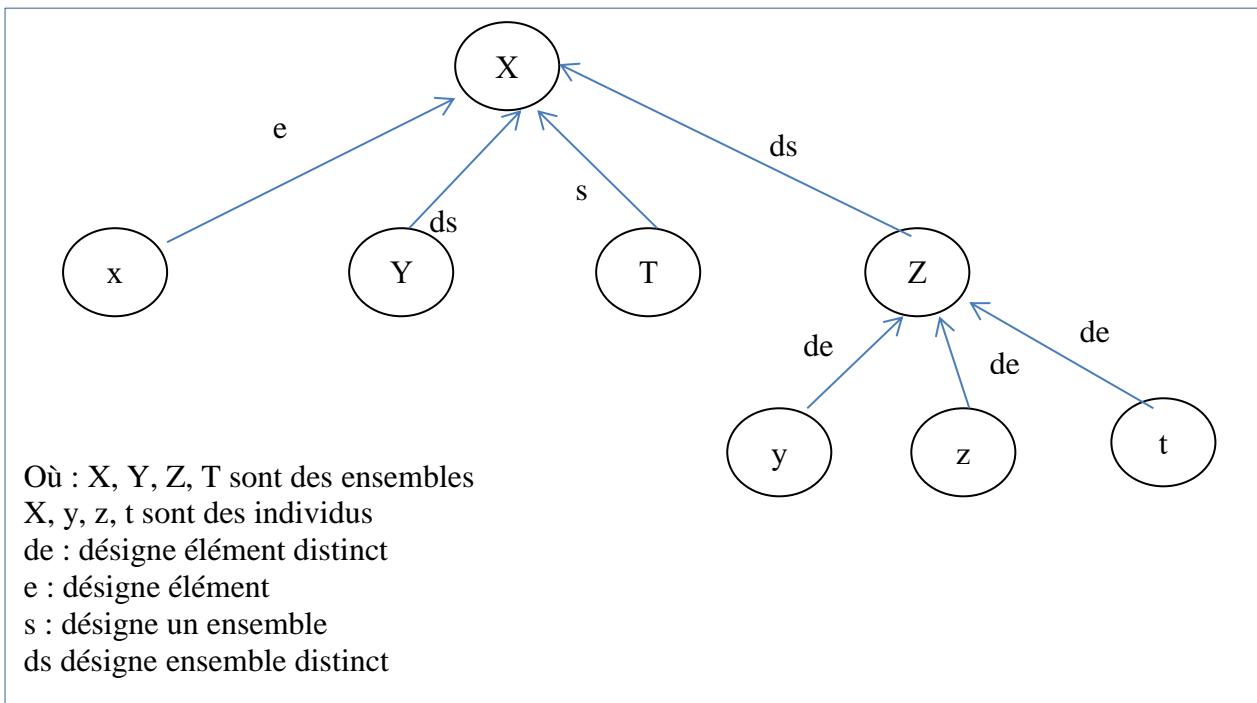


Remarque1 :

Il est conseillé de différencier les concepts individus (tel que ecriture_1) des concepts classes (tel que Ecritures).

Dans certains types de réseaux sémantiques, il n'y a pas de typage de nœuds mais certaines relations sont prédéfinies telles que l'appartenance et l'inclusion :

Exemple 3 :



Ce réseau représente les relations ensemblistes suivantes :

$$x \in X ; t \in Z ; y \in Z ; z \in Z$$

$$y \neq z ; y \neq t ; z \neq t$$

$$Y \cap Z = \emptyset$$

$$Y \subseteq X ; Z \subseteq X$$

3- Les réseaux sémantiques et la logique des prédictats :

Une relation étiquetée par **R** entre deux nœuds étiquetés **A** et **B** correspond à une formule de la logique du premier ordre **R(A,B)** tels que R est un prédictat binaire et A,B sont les termes du prédictat R.



La représentation de l'appartenance d'un individu à une classe requiert une relation spéciale « sorte-de » (kind-of). En logique des prédictats, cette appartenance se traduit par un prédictat unaire **B(A)** signifiant que l'individu **A** est « une sorte » de **B**.

Si A et B sont deux classes, l'objet de la classe B joue le rôle de lien R du type « est-un » (is-a).

Cette représentation signifie « pour tout objet de la classe A, il existe un objet de la classe B qui joue le rôle de R. En logique des prédictats, cette relation se traduit par :

$$(\forall X) (A(X) \supset ((\exists Y) B(Y) \wedge R(X,Y)))$$

Cette traduction logique suppose que l'on sait différencier les nœuds représentant les classes de ceux dénotant les individus.

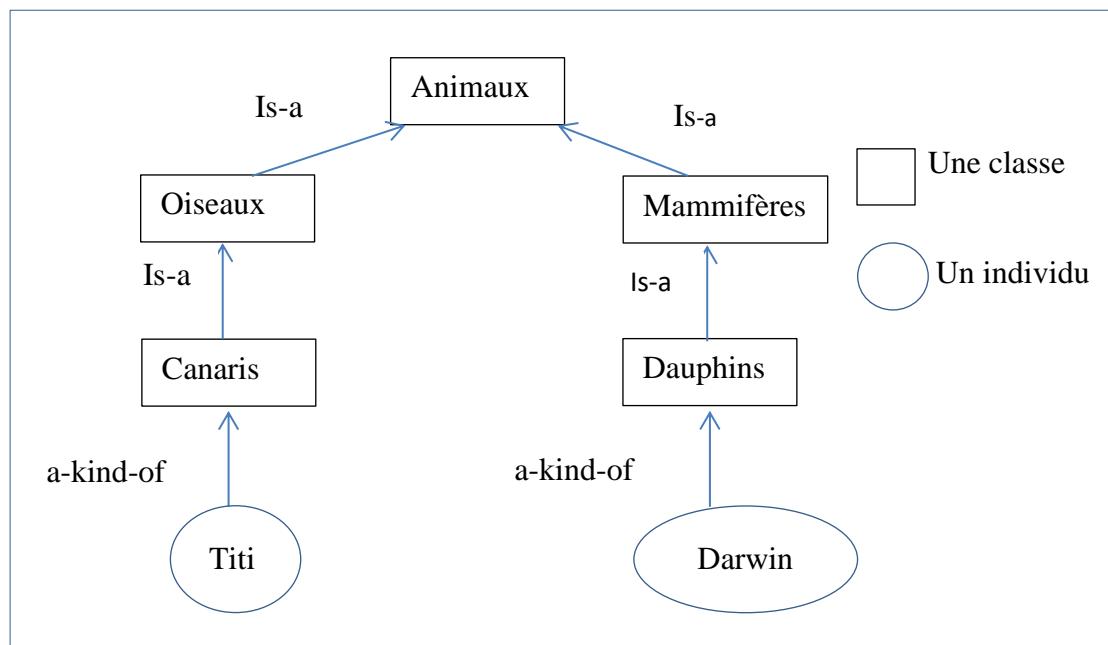
Sur le plan logique, un réseau sémantique correspond à une conjonction de formules logiques associées à chacun des arcs.

Exemple 4 :

Soient les connaissances suivantes :

- Titi est une sorte de Canaris
- Les canaris sont des oiseaux
- Les oiseaux sont des animaux
- Darwin est une sorte de dauphin
- Les dauphins sont de mammifères
- Les mammifères sont des animaux

Le réseau associé à ces connaissances taxinomiques est le suivant :



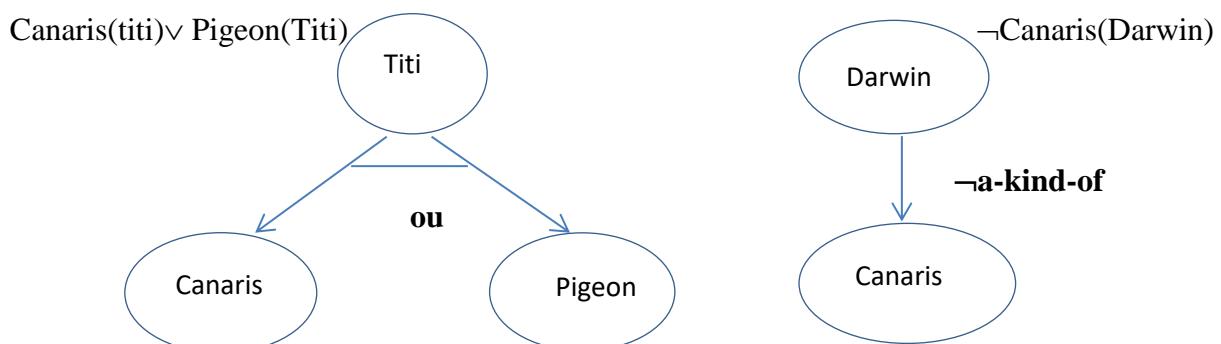
En logique des prédictats, ces connaissances sont représentées par les conjonctions de formules du premier ordre suivantes :

$\text{Canari}(\text{Titi}) \wedge \text{is-a}(\text{Canaris}, \text{oiseaux}) \wedge \text{is-a}(\text{Oiseaux}, \text{Animaux}) \wedge \text{Dauphin}(\text{Darwin}) \wedge \text{is-a}(\text{Dauphins}, \text{Mammifères}) \wedge \text{is-a}(\text{Mammifères}, \text{Animaux})$.

Pour exprimer toutes les phrases en logique des prédictats, le formalisme des réseaux sémantiques doit être complété par les nœuds « ou », les arcs « non », et une construction correspondant au quantificateur universel \forall (voir les réseaux sémantiques partitionnés).

Exemple 5 :

Soit à exprimer que Titi est soit un canari soit un pigeon et que Darwin n'est pas un canari :



4- Les réseaux sémantiques partitionnés

Dans les réseaux sémantiques partitionnés, il est possible de regrouper un ensemble formé de nœuds et d'arcs en une seule partition permettant ainsi de le traiter comme un nœud.

Les réseaux sémantiques partitionnés sont considérés comme une extension des réseaux sémantiques classiques afin de pouvoir représenter le connecteur universel de la logique des prédictats, les modalités,...

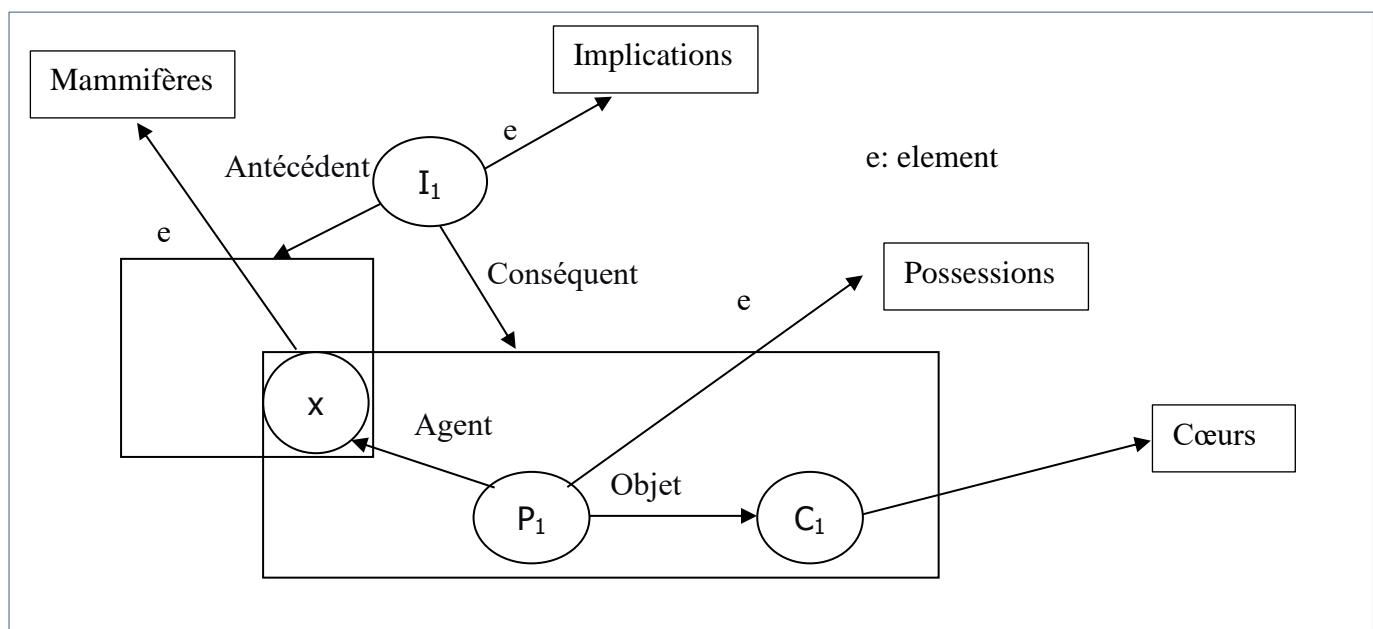
4-1 Représentation du connecteur universel

Exemple 6 :

Soit l'énoncé « Tous les mammifères ont un cœur ». En logique des prédictats, cet énoncé est exprimé par la formule suivante :

$$(\forall X) (\text{Mammifère}(X) \supset ((\exists Y) \text{Cœur}(Y) \wedge \text{Possède}(X, Y)))$$

Cet énoncé est aussi représenté par le réseau sémantique partitionné suivant :



Le quantificateur existentiel \exists n'est pas représenté : tout nœud représente l'existence de l'objet correspondant dans la partition où il apparaît

Le quantificateur universel \forall est matérialisé par la variable quantifiée par ce quantificateur. Cette variable X se trouve dans l'intersection d'un rectangle antécédent et d'un rectangle conséquent de l'implication.

Pour la partie conséquent, l'éclatement du prédicat de possession signifie que pour tout X , si X est un mammifère, alors il existe une instance P_1 de la classe Possessions, dont l'agent est X et l'objet un individu C_1 dont on affirme l'existence tel que C_1 appartient à la classe Cœurs.

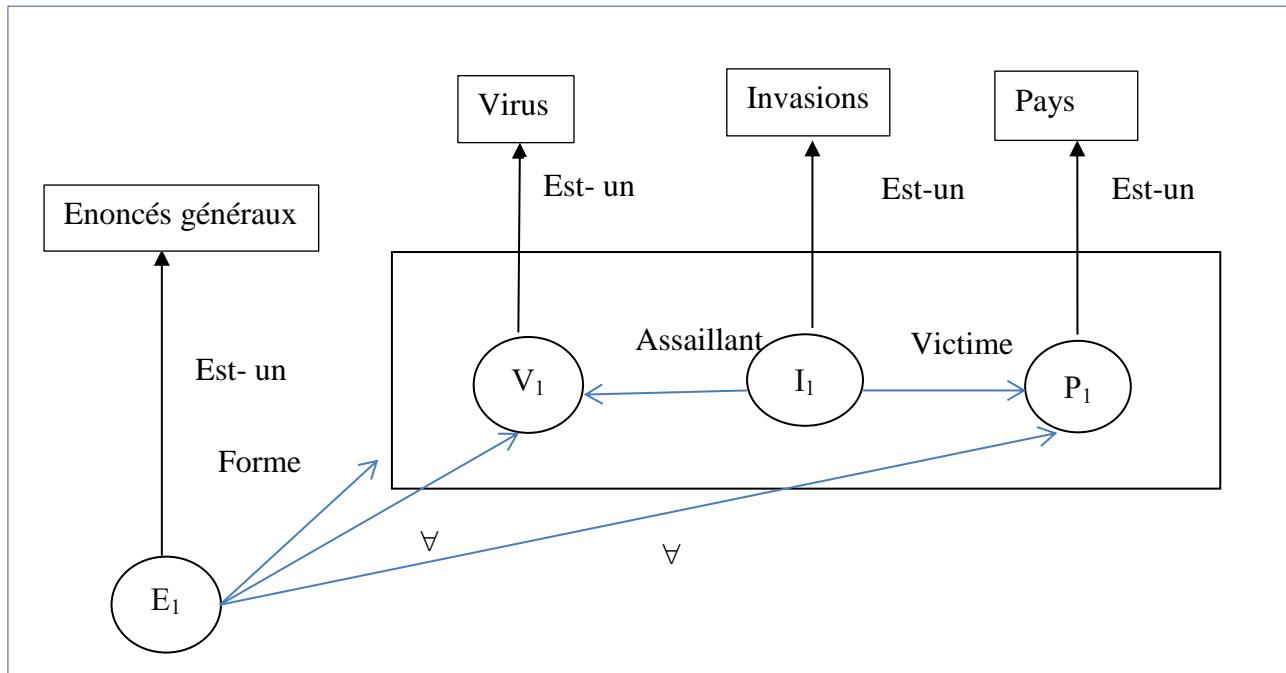
Exemple 7 :

Soit l'énoncé suivant :

Tous les virus ont envahi tous les pays

En logique des prédictats, cet énoncé est représenté comme suit :

$$(\forall X) (\text{Virus}(X) \supset ((\forall Y) (\text{Pays}(Y) \wedge \text{a-envahi}(X, Y))))$$



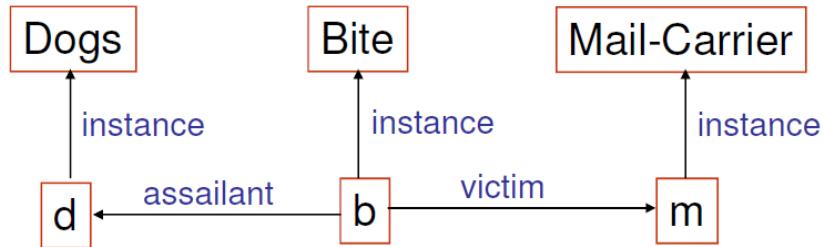
Les variables X et Y sont quantifiées universellement.

Exemple 8 :

Semantic Nets

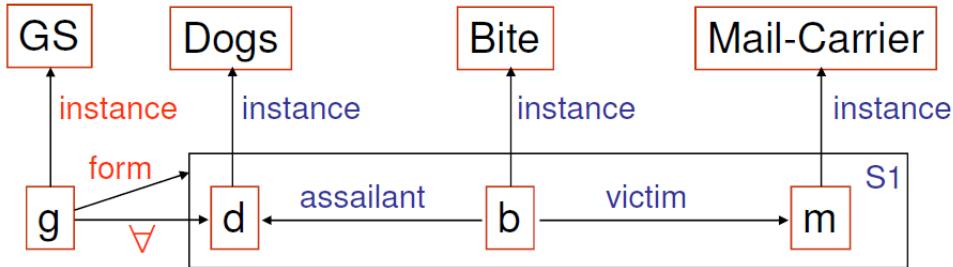
□ Partitioned Semantic Nets

“The dog bit the mail-carrier”

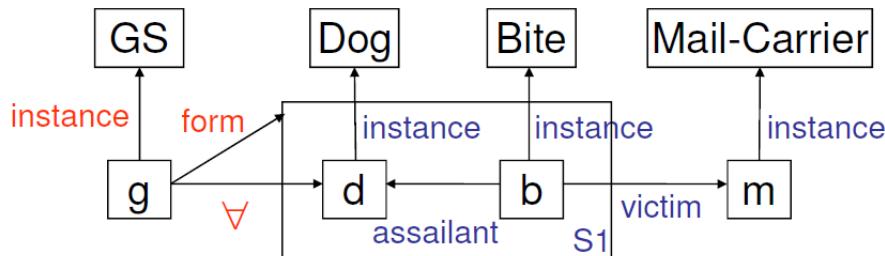


Semantic Nets

“Every dog has bitten a mail-carrier”

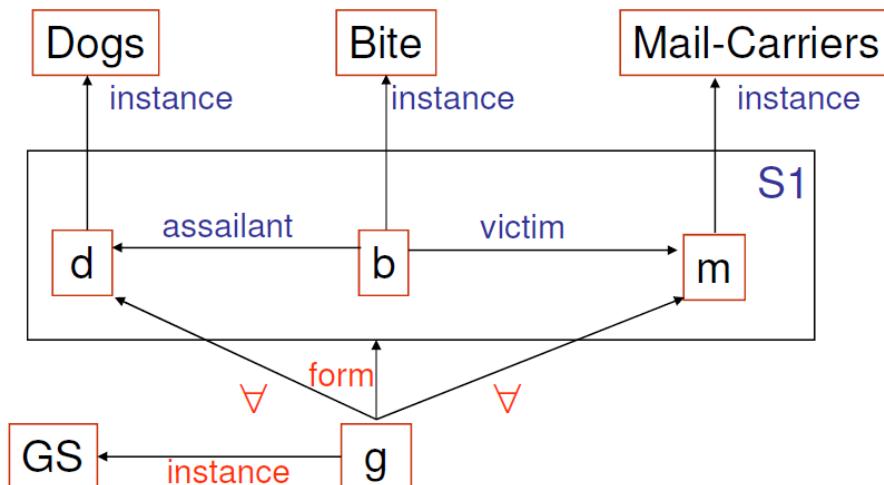


“Every dog has bitten the mail-carrier in town”



Semantic Nets

“Every dog has bitten every mail-carrier”



As we expand the range of problem-solving tasks

=> the representation becomes more complex

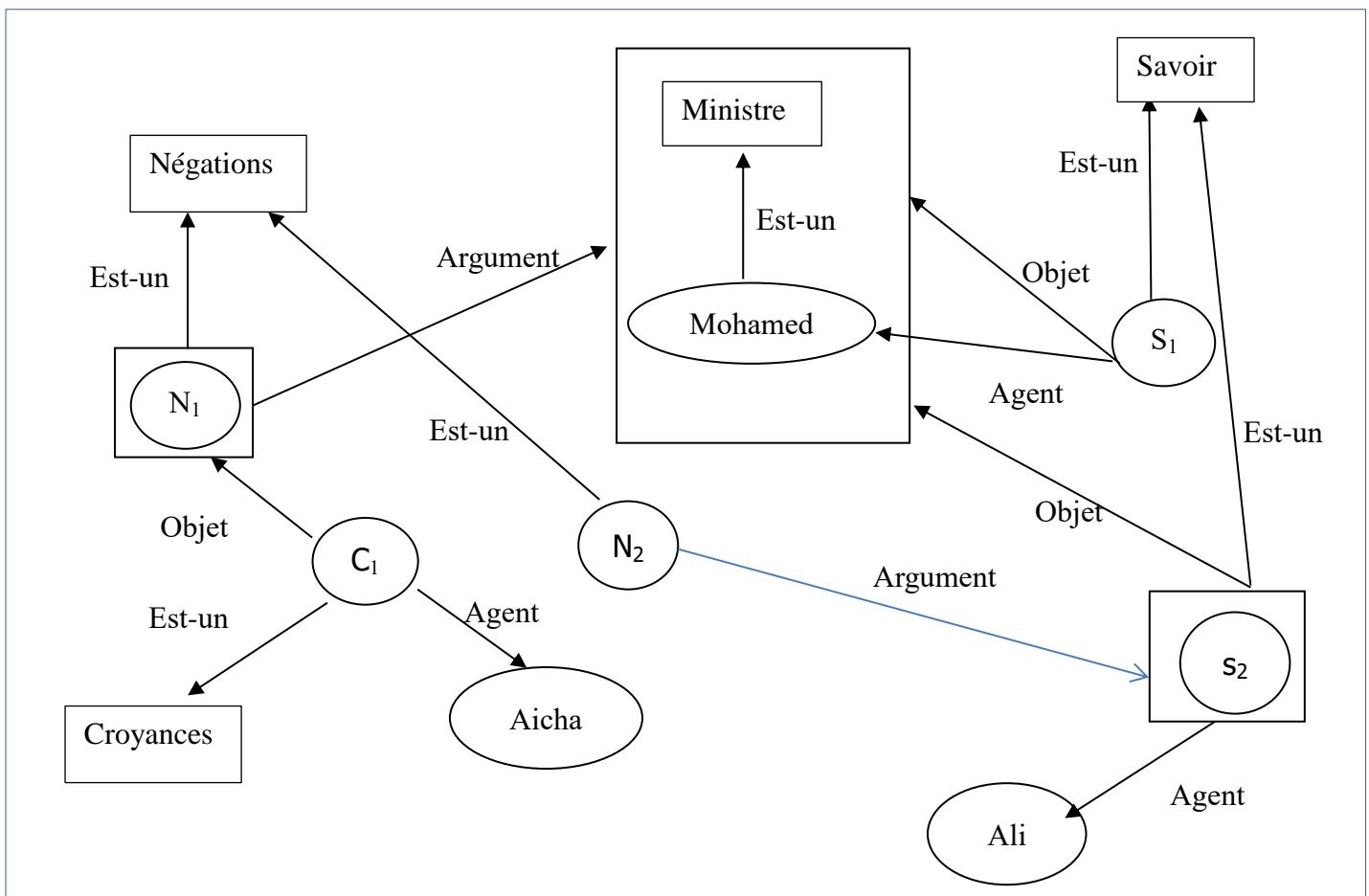
4-2 Représentation des modalités

Un des objectifs du partitionnement consiste à représenter les modalités. Une modalité est tout ce qui est susceptible d'étiqueter un contenu propositionnel.

Exemple 9 : (Modalités et réseaux sémantiques)

Soient les énoncés suivants :

- Mohamed est ministre
- Mohamed **sait** qu'il est ministre
- Aicha **croit** que Mohamed n'est pas Ministre
- Ali **ne sait pas** si Mohamed est Ministre



- S_1 est une instance de Savoir dont l'agent est Mohamed, et l'objet concerne sa propre appartenance à la classe Ministre
- C_1 est une instance de Croire, dont l'objet est l'existence d'une négation N_1 , niant le fait que Mohamed soit ministre.
- N_2 nie le fait qu'Ali le sache (exprimé par S_2).

Remarque :

Il y a une différence entre les deux instances de Négation N_1 et N_2 : N_2 porte sur la négation de la modalité Savoir. N_1 constitue la négation de l'objet de C_1 .

Exemple 10 : (Logique modale et réseaux sémantiques partitionnés)

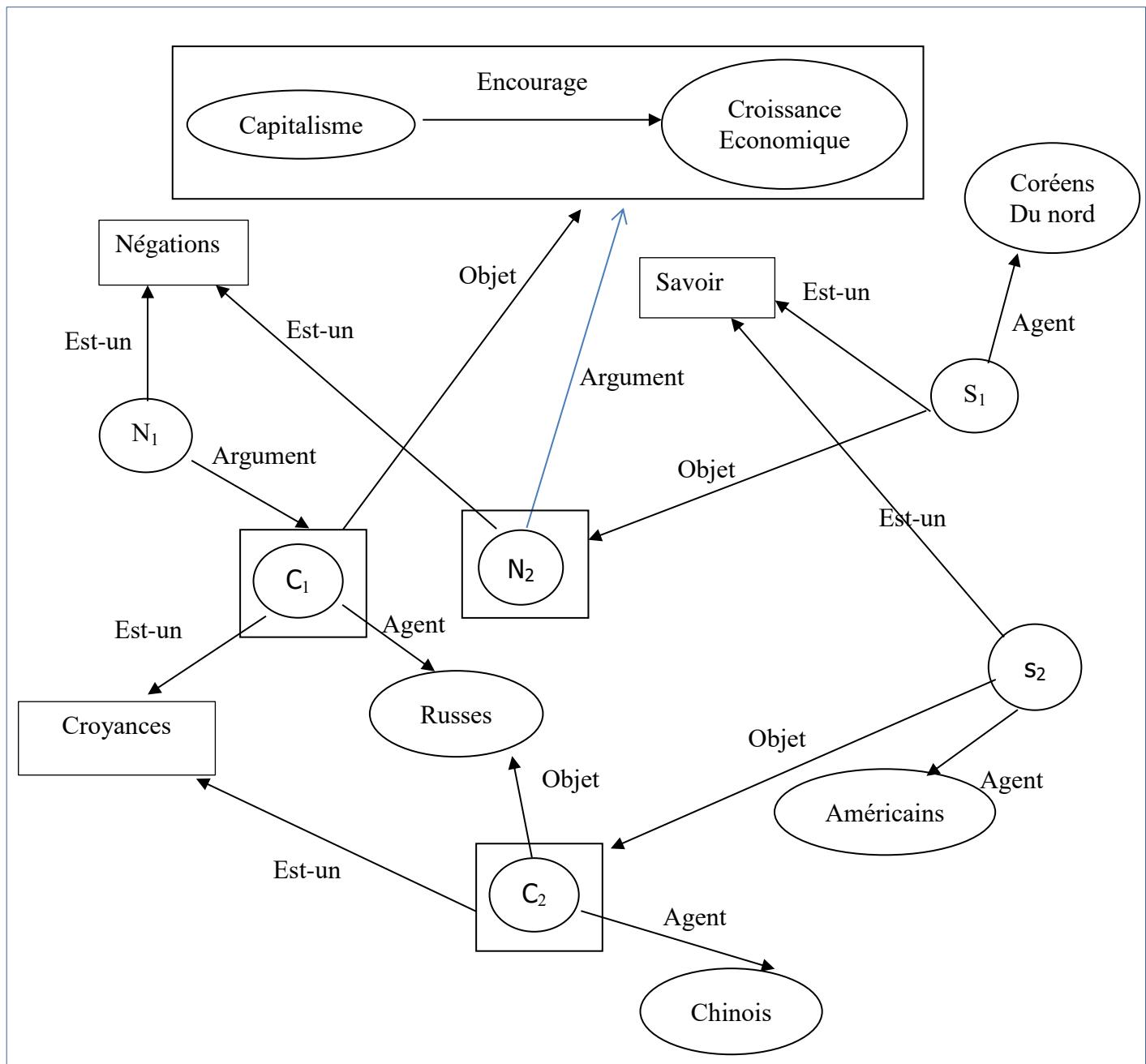
Soient les connaissances modales suivantes :

- a- Le capitalisme encourage la croissance économique
- b- Les russes **ne croient pas** que le capitalisme encourage la croissance économique
- c- Les coréens du nord **savent** que le capitalisme n'encourage pas la croissance économique
- d- Les américains **savent** que les chinois **croient** les russes

▲ Représentation en logique modale d'ordre 1 :

- a- Encourage (Capitalisme, croissance-économique) : Prédicat à deux termes
- b- $\neg \text{Croire}_{\text{Russes}} (\text{Encourage} (\text{Capitalisme}, \text{croissance-économique}))$: Négation de la modalité doxastique
- c- Savoir $_{\text{coréens-nord}} (\neg (\text{Encourage} (\text{Capitalisme}, \text{croissance-économique})))$: Négation de l'objet de la modalité épistémique
- d- Savoir $_{\text{Américains}} (\text{Croire}_{\text{Chinois}} (\text{Russes}))$: Emboîtement de modalités

▲ Réseau sémantique partitionné



Remarques:

- L'instance C_1 de la classe Croyance est considérée comme une partition car elle constitue avec ses paramètres (son agent et son objet) l'argument de l'instance N_1 de la classe des Négations.
- L'instance C_2 de la classe Croyance est considérée comme une partition car elle constitue avec ses paramètres (son agent et son objet) l'objet de l'instance S_1 de la classe du Savoir.
- L'instance N_2 de la classe des Négation est considérée comme partition car elle est l'objet de l'instance S_1 de la classe Savoir.

5- Le raisonnement dans les réseaux sémantiques

L'attrait principal des réseaux sémantiques réside dans leur lisibilité. Les techniques de raisonnement pour les réseaux sémantiques reposent sur le principe d'inférence par propagation en imitant ainsi le processus de propagation de l'influx nerveux.

En faisant le parallèle avec le domaine de la neurophysiologie, nous pourrions concevoir des mécanismes inférentiels réalisables sur des machines massivement parallèles où un processus correspond à chaque nœud du réseau donc à chaque concept et l'inférence s'effectuera par propagation d'information d'un nœud à un autre.

Il existe plusieurs techniques de raisonnement relatives aux réseaux sémantiques.

5-1 L'inférence

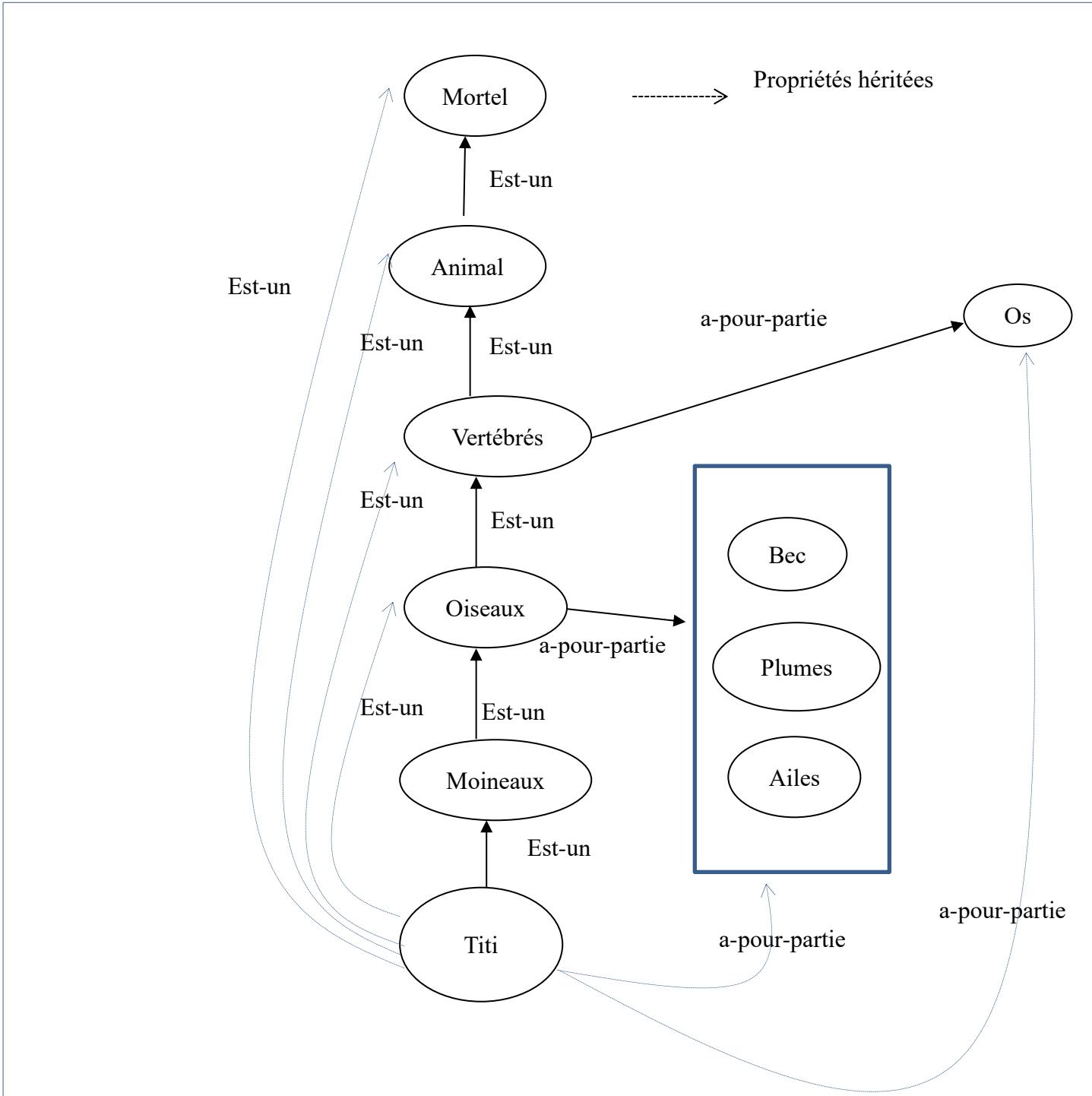
Dans le cas des réseaux sémantiques, l'inférence s'effectue par le biais du mécanisme de l'héritage des propriétés par transitivité.

Exemple 11 :

Soient les connaissances suivantes :

- Les animaux sont mortels
- Les vertébrés sont des animaux qui ont pour partie des os
- Les oiseaux sont des vertébrés qui ont pour partie des plumes, des ailes et un bec
- Les moineaux sont des oiseaux
- Titi est un moineau

Ces connaissances sont représentées par le réseau sémantique suivant :



5-2 La Propagation de marqueurs :

L'idée de cette technique vient du fait que toutes les unités du réseau (les nœuds et les arcs) possèdent une mémoire locale très limitée et une capacité à répondre à quelques ordres simples émanant d'un organe central.

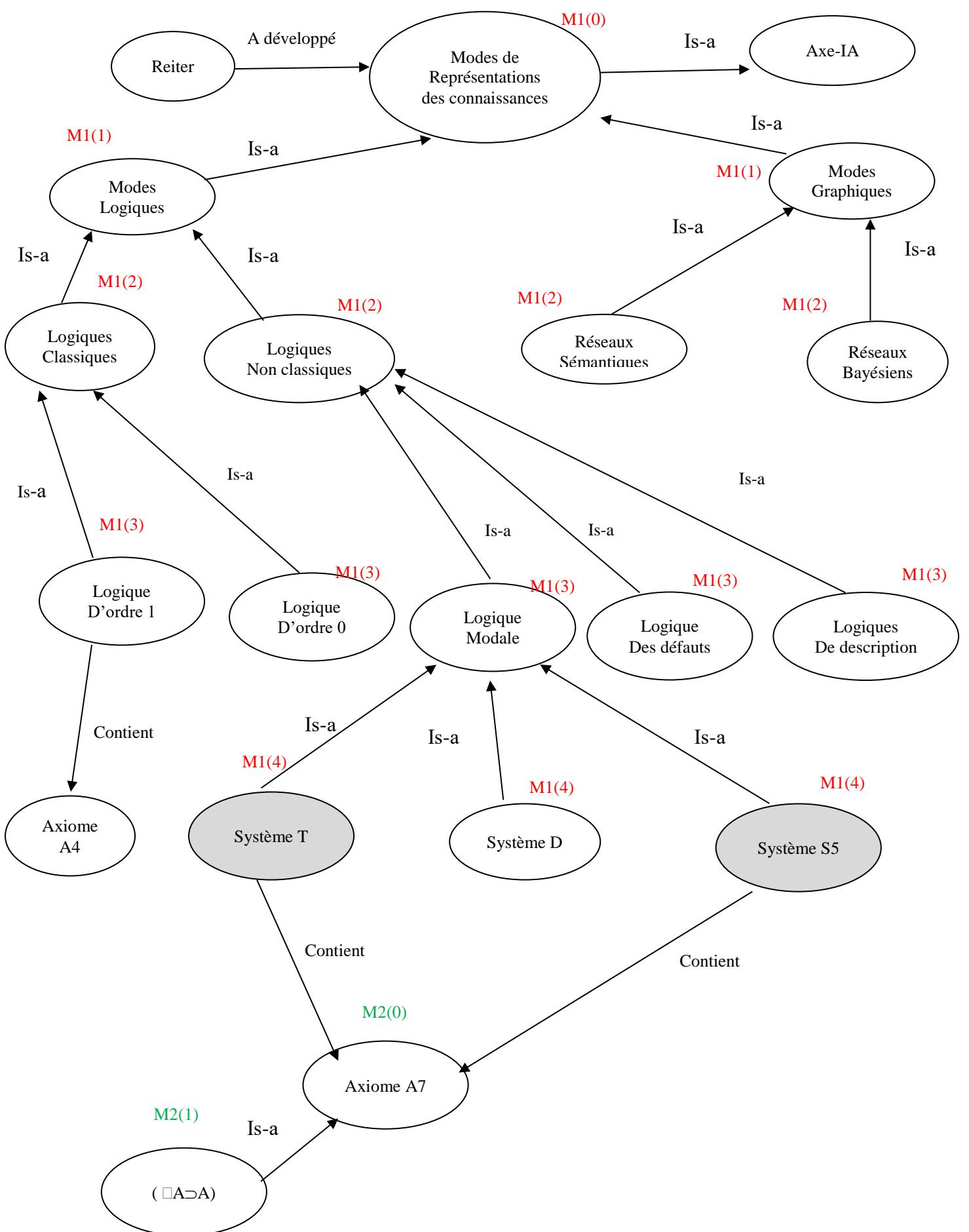
La technique de propagation d'activation des marqueurs (Fahlman 79) a pour objectif d'inférer une relation entre deux nœuds M1 et M2 en se basant sur les relations existantes entre ces nœuds et les autres nœuds du réseau.

Exemple 12 :

Soient les connaissances du monde des relatives au domaine de la représentation des connaissances et du raisonnement.

- a. Les modes de représentation des connaissances est un axe de l'IA.
- b. Le mode de représentation de connaissances est composé de mode logique et de mode graphique.
- c. Reiter a développé les modes de représentations des connaissances.
- d. Les réseaux sémantiques et les réseaux Bayésiens sont des modes de représentation des connaissances graphiques.
- e. Les logiques classiques et les logiques non classiques sont des modes logiques.
- f. La logique des propositions et la logique des prédictats sont des logiques classiques.
- g. Les logiques de description, la logique modale et la logique des défauts sont des logiques non classiques.
- h. La logique des prédictats contient l'axiome A4.
- i. le système T, le système D et le système S5 sont des logiques modales.
- j. le système S5 et le système T contiennent l'axiome A7.
- k. Le système KD45 ne contient pas l'axiome A7.
- l. La formule ($\Box a \supset a$) est un axiome A7

Ces connaissances sont représentées par le réseau sémantique suivant :



Soit à répondre à la question : Quels sont les modes de représentation des connaissances qui contiennent l'axiome A7.

Le principe de la propagation se déroule en trois étapes :

- Les nœuds concernés par la question à savoir « modes de représentation des connaissances » et « axiome A7 » sont marqués respectivement par M1 et M2.
- Les marqueurs M1 et M2 seront propagés le long des arcs « est-un » dans le sens inverse des arcs.
- A chaque étape, il faudra vérifier s'il existe un arc étiqueté par « contient » qui relie deux nœuds marqués par respectivement par M1 et M2. Si la réponse est positive alors cela signifie qu'une réponse a été trouvée

Remarques:

- Si la question consiste à chercher une seule réponse, alors dès qu'une solution est trouvée, le processus s'arrête. Par contre s'il s'agit de trouver toutes les réponses alors le processus doit continuer à travers tout le réseau. La réponse à la question revient ainsi à trouver l'ensemble des couples de nœuds marqués par M1 et M2 et qui sont reliés par la relation contient.
- Dans le cas général, l'activation commence par deux nœuds ou plus et se poursuit aux voisins des nœuds ces nœuds de départ et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une intersection des activations est trouvée.

5-3 Les exceptions

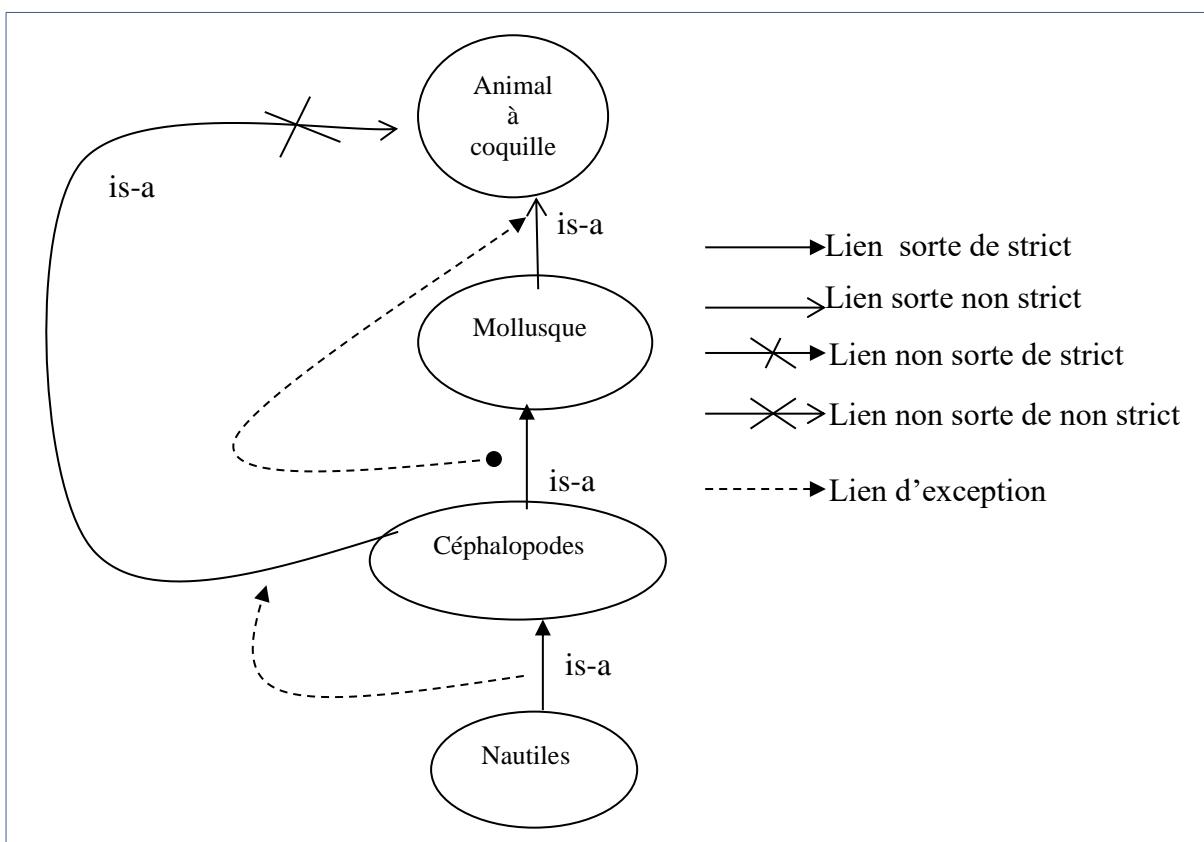
Les réseaux sémantiques permettent de représenter des exceptions.

Exemple 13:

Soient les connaissances zoologiques suivantes :

Les nautilles sont des céphalopodes; les céphalopodes sont des mollusques ; les mollusques ont généralement une coquille ; les céphalopodes généralement n'en ont pas ; les nautilles en ont une.

Afin de représenter les exceptions, il est nécessaire de considérer différents types de liens.

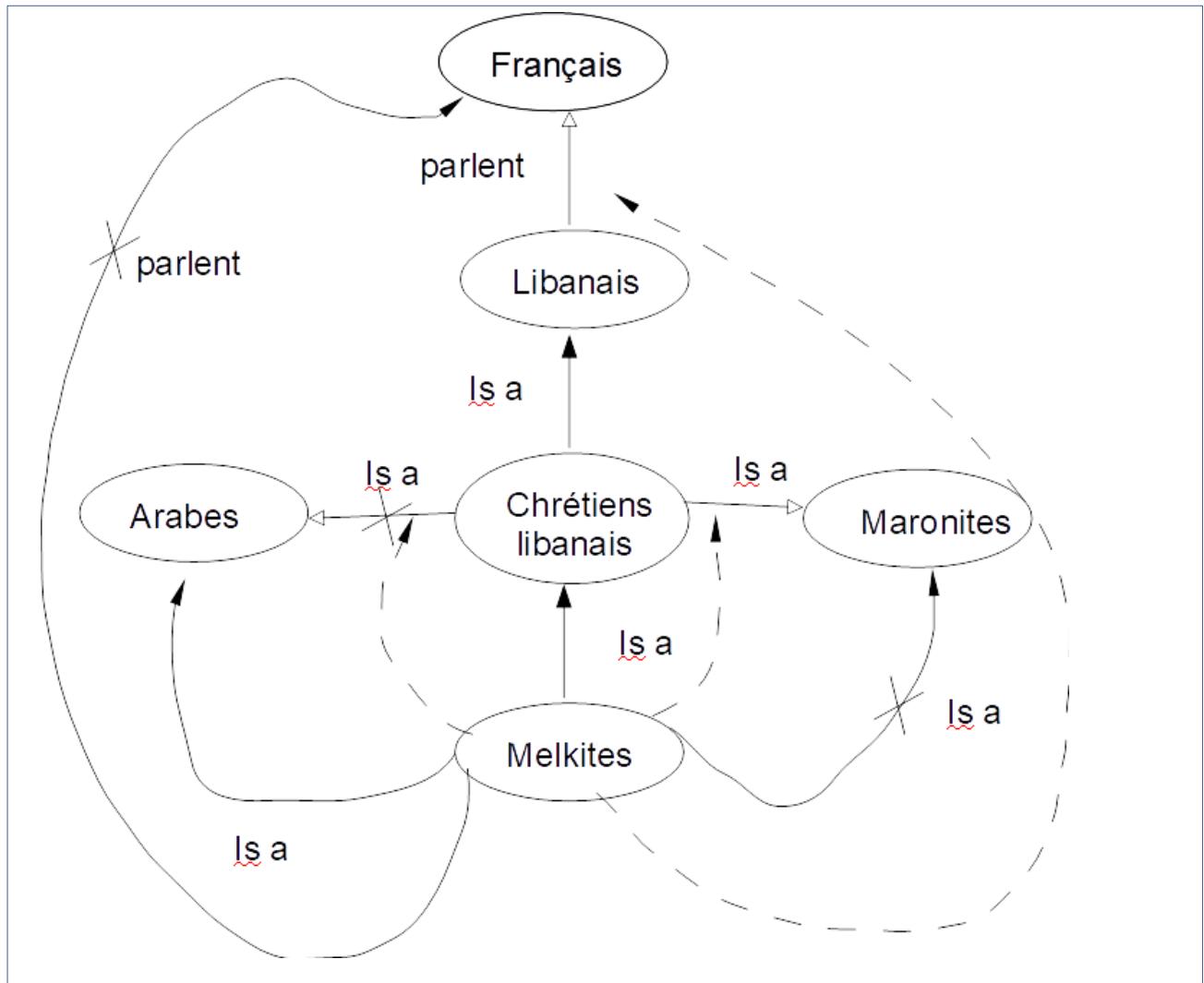


Exemple 14 :

Considérons les connaissances suivantes :

- Les chrétiens libanais sont des libanais.
- En général, les chrétiens libanais sont des Maronites.
- Les Melkites sont des chrétiens libanais qui ne sont pas Maronites.
- En général, les chrétiens libanais ne sont pas des Arabes.
- Les Melkites sont des Arabes.
- En général, les libanais parlent le Français.
- Les Melkites ne parlent pas le Français.

Ces connaissances sont représentées par le réseau sémantique suivant :

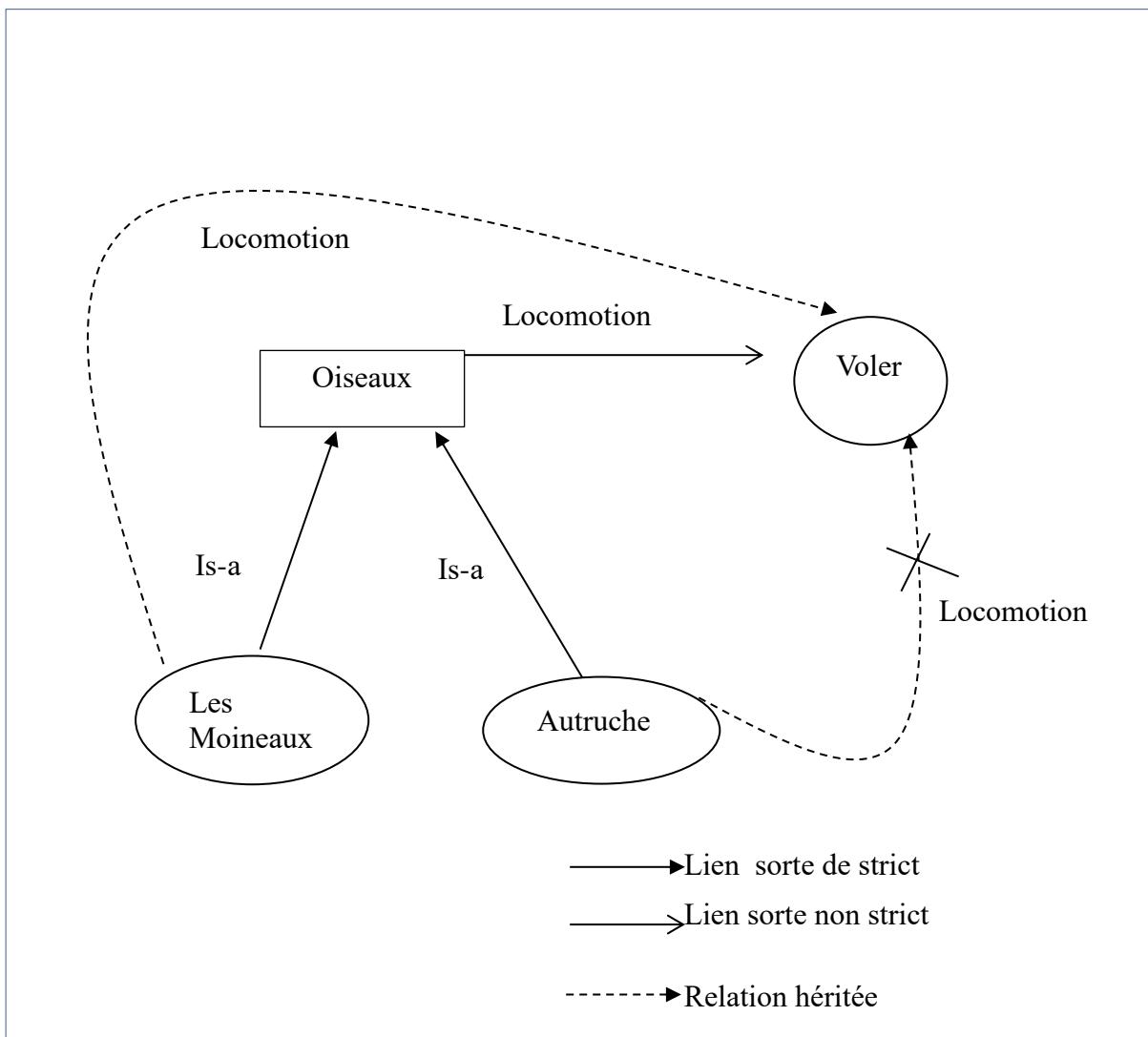


- Lien sorte de strict
- Lien sorte non strict
- ✗→ Lien non sorte de strict
- ✗→ Lien non sorte de non strict
- -----→ Lien d'exception

Néanmoins, l'existence de différents liens rend complexe le processus de propagation. Il est à noter qu'il y a toujours un compromis à faire entre l'expressivité du mode de représentation des connaissances et les mécanismes de raisonnement.

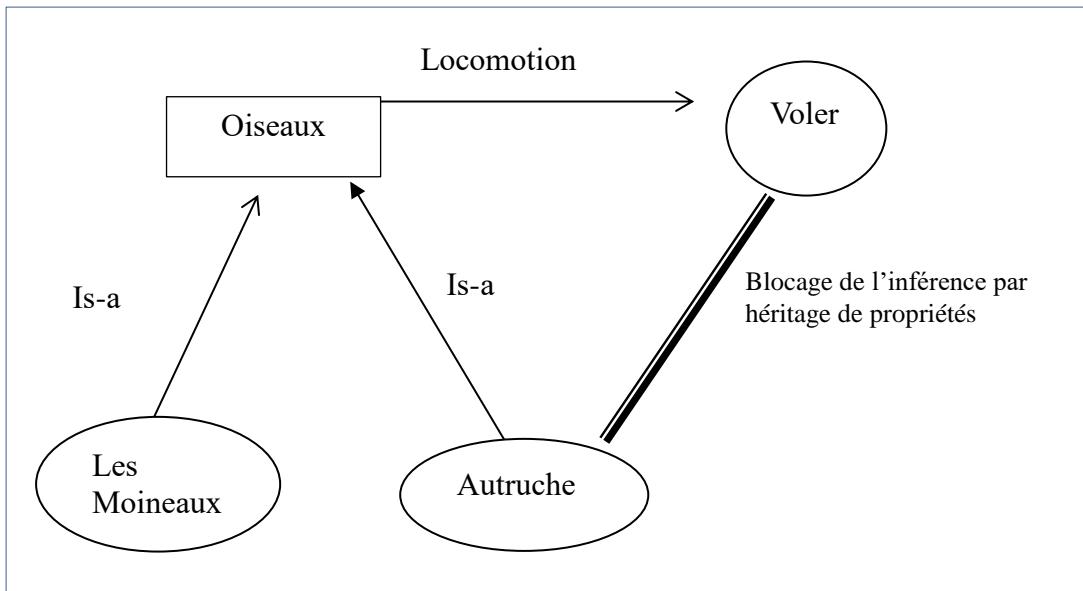
Afin d'illustrer les difficultés de propagation qui émanent de ce type de réseau, considérons l'exemple suivant :

- Généralement les oiseaux volent
- Les moineaux et les autruches sont des oiseaux
- Les moineaux volent
- Les autruches ne volent pas



L'énoncé « les oiseaux volent » est valable pour la plupart des spécimens mais des exceptions existent tels que les cas des autruches. Une manière de traiter ce problème consiste à considérer que certains arcs, comme le lien « locomotion », représentent des propriétés typiques et non absolues donc elles peuvent être annulées.

Il est ainsi nécessaire d'ajouter des liens qui bloquent les inférences sur les arcs annulables en cas d'exception.



6- Conclusion :

Les réseaux sémantiques sont très utilisés dans les systèmes de compréhension du langage naturel pour représenter par exemple des associations d'idées entre concepts d'actions relatifs à un verbe d'action. Ils sont aussi bien adaptés pour représenter des connaissances hiérarchiques, des organisations du lexique. Ils sont également exploités dans le domaine de la Recherche d'information et dans le domaine du E-learning.

Néanmoins, les mécanismes de raisonnement sont certes efficaces mais ils ne sont pas assez rigoureux et ils manquent de terminologie standard et de sémantiques formelles comme celles associées aux modèles logiques.

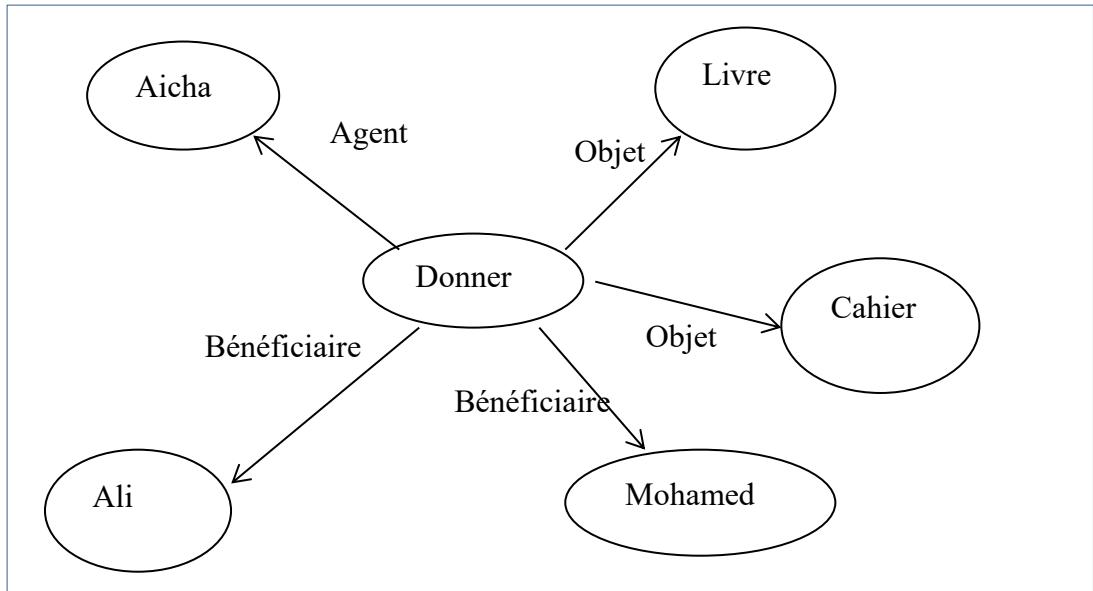
Afin de palier à cette limite, ils sont souvent associés à d'autres modes logiques tels que les logiques de description pour constituer ainsi un mode de représentation hybride. KL-ONE [Brachman & Schmolze 1985] est un système hybride qui intègre les réseaux sémantiques et la logique de description.

De plus, les réseaux sémantiques n'offrent pas d'outils pour fournir des explications lors du processus de raisonnement.

D'autres inconvénients sont à citer dans le cas des réseaux sémantiques :

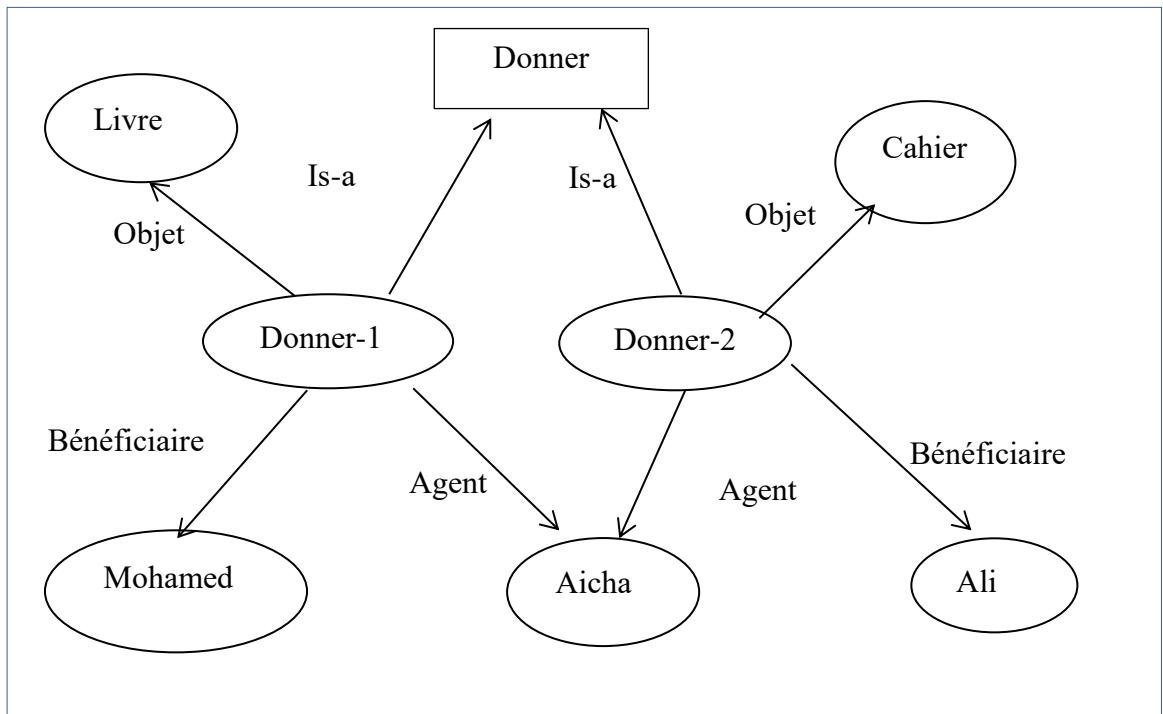
- Les réseaux sémantiques ne peuvent pas représenter explicitement des relations non binaires.

Soit la phrase « Aicha donne un livre à Mohamed et un cahier à Ali » dans laquelle, l'action « donner » a un agent, deux bénéficiaires et deux objets. Elle peut être représentée comme suit :



Néanmoins, cette représentation est confuse car il n'est pas possible de déceler à qui Aicha donne et quoi.

Afin de résoudre le problème, il est possible de créer plusieurs instances de l'action « donner ».



Cette représentation est complexe.

- L'application excessive de la propagation des marqueurs peut entraîner des inférences erronées.
- Les réseaux sémantiques partitionnés permettent de traiter les quantificateurs mais ils sont difficiles à manipuler.
- Les réseaux sémantiques sont moins expressifs que la logique des prédictats
- Dans le cas d'un réseau sémantique de taille importante, ayant une structure complexe, il est difficile de pouvoir interpréter les connaissances. De plus, la densité du graphe (entraîne de nombreux arcs et de nœuds) entraîne l'explosion combinatoire.