Le Mans Université

Représenter les connaissances :

Modèles, Moteurs d'Inférences, Logiques et Prolog

Valérie Renault

13 septembre 2021

Plan

Les réseaux sémantiques

Les Systèmes à Base de Règles de Production (SBRP)

Les logiques

Le langage Prolog

Objectifs

Comprendre comment une machine peut "raisonner"...

- Comprendre comment "coder" les connaissances dans une machine ;
- Comprendre l'architecture de type d'un Système à Base de Connaissances (SBC) ;
- Savoir identifier ce qui relève du moteur de raisonnement/moteur d'inférence, de la base de connaissances qu'il manipule, les règles reproduisant le mécanisme de réflexion, et des faits relatifs à un problème donné.
- Connaître les différentes logiques permettant de représenter des connaissances ;

Réseaux sémantiques

Définition :

Les réseaux sémantiques sont basés sur le sens des choses et ont été développés comme des modèles descriptifs de la façon dont le cerveau humain fait des associations entre les objets et les concepts.

- le concept : le lien qu'un objet a avec les autres ;
- l'objet n'existe que par ses relations avec les autres ;

Définition :

- Réseau sémantique : un graphe orienté et étiqueté ;
- Réseau sémantique = des noeuds + des arcs ;
- Noeud : symbolise un objet, un concept ou un événement que l'on veut représenter ;
- Arc : relie deux noeuds et détermine les relations qui existent entre eux ;

Réseaux sémantiques

Les types de liens :

- ISA : lien d'instanciation ("is-a" : "est-un")
  MonVelo ISA Velo
- AKO : lien de généralisation conceptuelle ("is-a-kind-of" : "est-une-sorte-de")
  Velo AKO MoyenDeTransport
- APO : lien de la partie au tout ("is-a-part-of" : "est-une-partie-de)
  Roue APO Velo
- ATO : lien d'attribut (is a attribute of) couleur, ...
- Liens particuliers,...

Réseaux sémantiques

Exercice :

Représentez les phrases suivantes dans un réseau sémantique – les phrases sont liées les unes aux autres :

- Grosminet est un chat gris.
- Les chats mangent certains oiseaux, comme les canaris, mais ne mangent pas les autruches.
- Le canari Titi mange des graines.
- Shark est un requin, il est gris, comme tous ses congénères.
- A la différence des requins, les dauphins sont des mammifères et non des poissons.
- Certains animaux ont des pattes, tandis que d'autres ont des nageoires.
- La plupart des oiseaux volent.

Qu'est-ce qu'un système expert ?

Définition :

Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans une domaine précis.

IA symbolique : application d'heuristiques (pas d'algorithmes exacts disponibles)

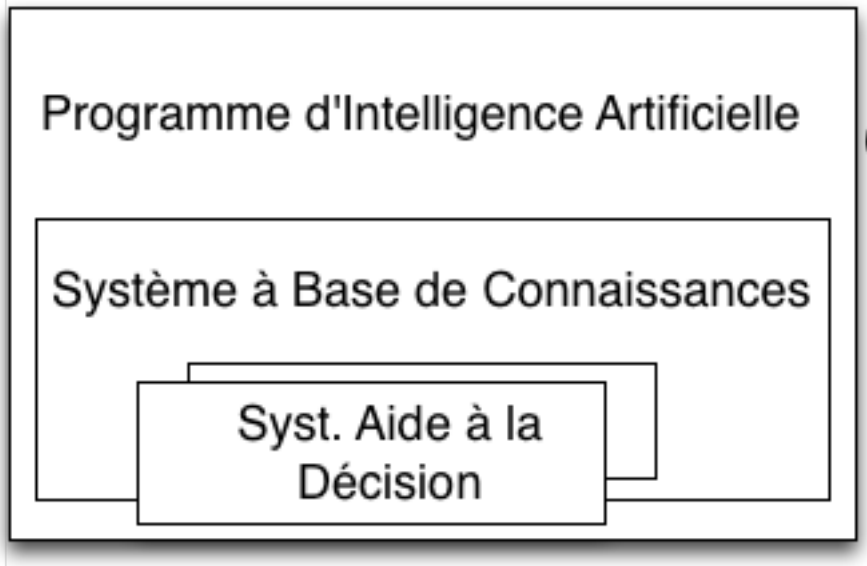
SBC : connaissances explicites (programmation déclarative) + séparation des connaissances du reste du système

SE : applique les connaissances d'un expert à un problème réel

Qu'est-ce qu'un système expert ?

Définition :

Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans une domaine précis.



IA symbolique : application d'heuristiques (pas d'algorithmes exacts disponibles)

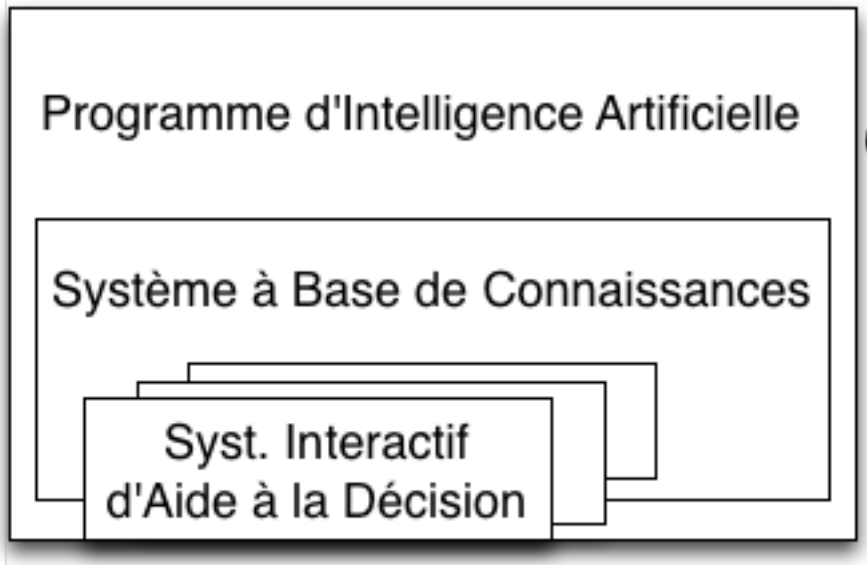
SBC : connaissances explicites (programmation déclarative) + séparation des connaissances du reste du système

SE : applique les connaissances d'un expert à un problème réel

Qu'est-ce qu'un système expert ?

Définition :

Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans une domaine précis.



IA symbolique : application d'heuristiques (pas d'algorithmes exacts disponibles)

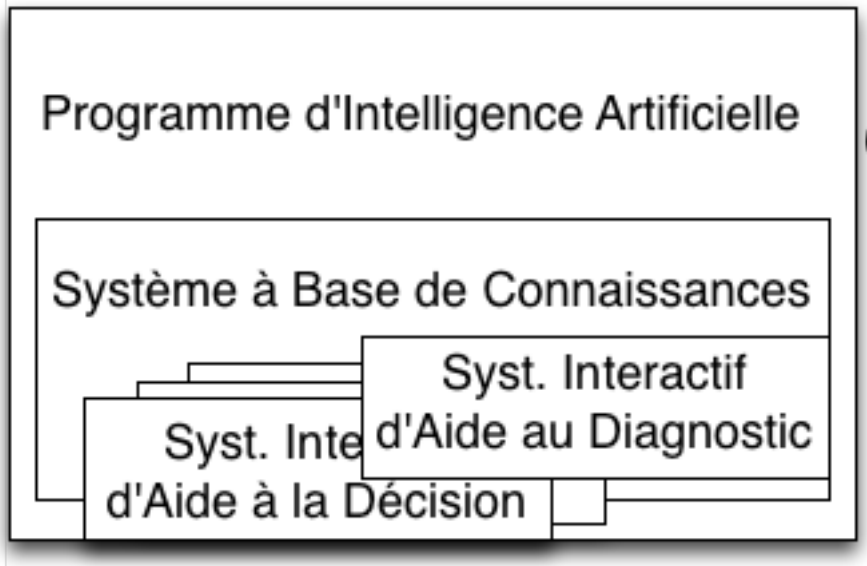
SBC : connaissances explicites (programmation déclarative) + séparation des connaissances du reste du système

SE : applique les connaissances d'un expert à un problème réel

Qu'est-ce qu'un système expert ?

Définition :

Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans une domaine précis.



IA symbolique : application d'heuristiques (pas d'algorithmes exacts disponibles)

SBC : connaissances explicites (programmation déclarative) + séparation des connaissances du reste du système

SE : applique les connaissances d'un expert à un problème réel

Domaines d'applications

- Aide au diagnostic médical (Mycin, diagnostic du diabète) ;
- Aide à la réparation de voitures et d'ordinateurs ;
- Systèmes de diagnostics de panne (centrales nucléaires) ;
- Systèmes de planification ;
- Assurances : systèmes capables d'analyser automatiquement des constats d'assurances ;
- Banques : régulations d'échanges boursiers ;
- ...

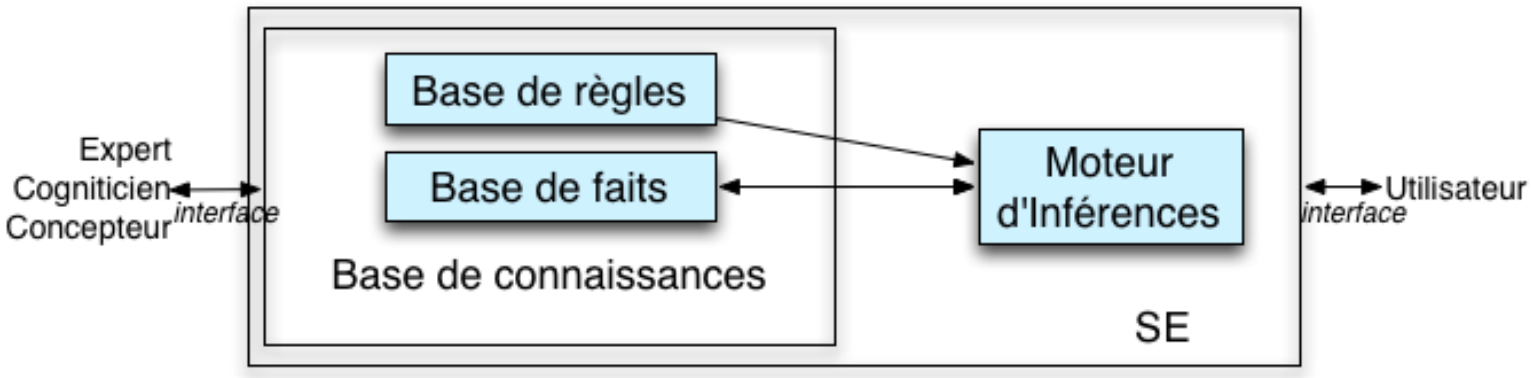
==> tous les problèmes d'aide à la décision

Système Expert

Remarque :

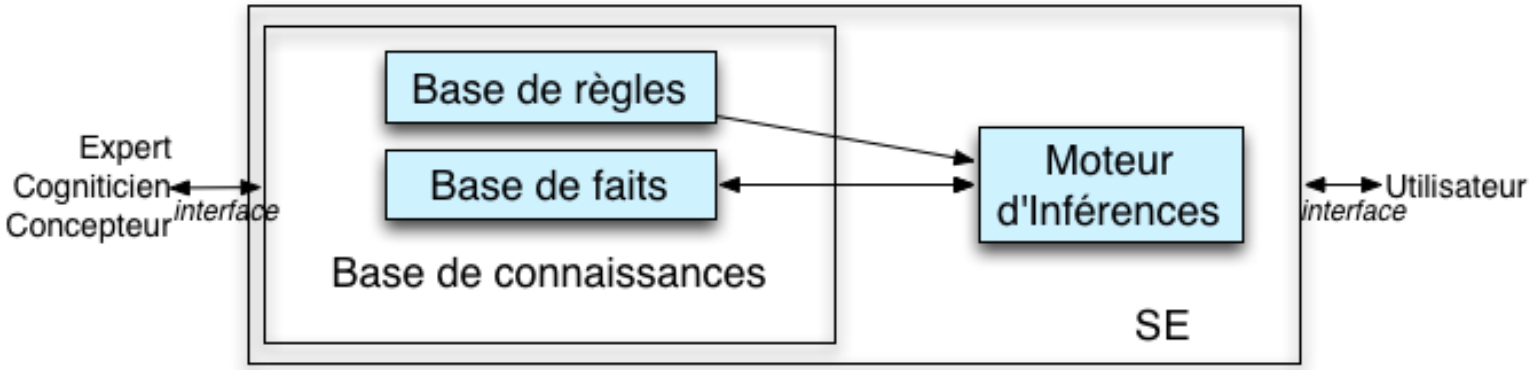
Un système expert n'apportera jamais une réponse dont la logique n'a pas été prévue en amont lors de la programmation... ce qui ne veut pas dire qu'un système expert ne soit pas capable de produire une réponse surprenante ou inédite à partir de ces mécanismes.

Architecture générale



- Base de règles : connaissances 'permanentes' du domaine, fournies par l'expert ;
- Base de faits : une expertise donnée (mémoire de travail) = les données initiales d'un problème à traiter ;
- Moteur d'inférences : mécanisme de 'raisonnement' du système ;

Architecture générale



Moteurs disponibles :

- CLIPS : `http://clipsrules.sourceforge.net`
- JESS : `http://www.jessrules.com`
- PROLOG : `http://www.swi-prolog.org`

La base de connaissances

Définition

La base de connaissances est définie à partir du domaine ciblé, elle rassemble toutes les connaissances utilisées par un expert du domaine en question pour résoudre les questions qui lui sont posées.

- Description des objets ou concepts et leurs relations ;
- Recensement des cas particuliers et des exceptions ;
- Stratégies de résolution ;
- Conflits d'application, etc.

La base de connaissances : les faits

Les faits : énoncés de base, utilisés pour décrire des situations de problème et les informations déduites.

<attribut><valeur>

Boutons FAUX ; température 38

<attribut> <objet> <valeur>

couleur voiture verte

<attribut> <objet> <valeur> <coef de vraisemb.>

(MYCIN) identité organisme1 E-Coli 0,6

<objet> <relation> <valeur>

X1 valeur 10 ; X1 rang 5 ;

<prédicats> <arguments>

rouge(voiture1)

La base de connaissances : les faits

Valeur des faits :

- Connue : Valeur attribuée ;
- Inconnue : Pas de valeur attribuée - Aucune question sur le sujet ;
- Indéterminée : Aucune valeur attribuée et impossible d'établir une valeur ;
- Déductible : Peut être déduite de la BF et de BR ;
- 'Demandable' : Peut faire l'objet d'une question à l'utilisateur ;
- Affichable : Doit être signalée à l'utilisateur ;

Exemple de faits

Jean et Alain sont deux personnages dont l'humeur est régie par ce principe général assez réaliste :
« Jean et Alain sont de bonne humeur s'ils ont de l'argent et s'ils sont en vacances au soleil, ou bien s'ils réussissent à la fois dans le travail et dans leurs familles respectives ».
Par ailleurs, on sait que :

- Jean et Alain ont tout deux de l'argent. Jean et Alain réussissent dans leur travail.
- Jean part en vacances en août et Alain en juillet. Il y a du soleil prévu en août mais on est en juillet.
- Alain réussit dans sa famille.

Question : qui est heureux ?

Quels sont les faits ?

attribut ? objet ? valeur ? argument ? déductible ?

La base de connaissances : les règles

Ces connaissances sont utilisées par le système expert au moyen de règles reproduisant le mécanisme de réflexion de l'expert.

Ces règles ne doivent pas être complexes en elles-mêmes, mais au contraire le plus simple possible : il s'agit de décomposer le raisonnement global en un nombre maximum de sous-raisonnements logiques, qui serviront de «briques» pour reconstituer une multitude de raisonnements globalement complexes.

La base de connaissances : les règles

Une règle : un couple ayant une "partie gauche" et une "partie droite"

si <…> et … et <…>	alors <…>et … et <…>
condition	conclusion
prémisse	conséquence
antécédent	action
détermine l'applicabilité de la règle	*décrit l'action à accomplir si la règle s'applique*

La base de connaissances : les règles

Différents formalismes pour les <prémisses>

NON(<attribut boolean>)

NON(Boutons FAUX) ; NON (Acheter-un-billet VRAI) ;

INCONNU <attribut>

INCONNU(distanceA-B)

<attribut> <objet> <comparateur> <valeur>

prix voiture < 30 000

<attribut> <variable> <comparateur> <valeur>

prix X <200 avec X un objet quelconque

...

La base de connaissances : les règles

Différents formalismes pour les <conclusions>

<attribut booléen>
NON <attribut booléen>
<attribut> $\Leftarrow$ <valeur>
<attribut> <objet> $\Leftarrow$ <valeur>
<action>
<predicat> <argument>

Exemples de règles

"Jean et Alain sont de bonne humeur s'ils ont de l'argent et s'ils sont en vacances au soleil."

- R1 : est_de_bonne_humeur(X) si a_de_l_argent(X) et est_en_vacances(X) et il_y_a_du_soleil.
- R2 : ...
- R3 : a_de_l_argent(jean).

Exercice

Quelles sont les faits et les règles permettant de formaliser l'ensemble du problème suivant ?

Jean et Alain sont deux personnages dont l'humeur est régie par ce principe général assez réaliste :
« Jean et Alain sont de bonne humeur s'ils ont de l'argent et s'ils sont en vacances au soleil, ou bien s'ils réussissent à la fois dans le travail et dans leurs familles respectives ».
Par ailleurs, on sait que :

- Jean et Alain ont tout deux de l'argent. Jean et Alain réussissent dans leur travail.
- Jean part en vacances en août et Alain en juillet. Il y a du soleil prévu en août mais on est en juillet.
- Alain réussit dans sa famille.

Question : qui est heureux ?

Exercice [Correction]

- R1 : est_de_bonne_humeur(X) si a_de_l_argent(X) et est_en_vacances(X) et il_y_a_du_soleil.
- R2 : est_de_bonne_humeur(X) si reussit_dans_le_travail(X) et reussit_dans_sa_famille(X).
- R3 (fait) : a_de_l_argent(jean).
- R4 (fait) : a_de_l_argent(alain).
- R5 : est_en_vacances(jean) si on_est_en(aout).
- R6 : est_en_vacances(alain) si on_est_en(juillet).
- R7 (fait) : on_est_en(juillet).
- R8 : il_y_a_du_soleil si on_est_en(aout).
- R9 (fait) : reussit_dans_le_travail(jean).
- R10 (fait) : reussit_dans_le_travail(alain).
- R11 (fait) : reussit_dans_sa_famille(alain).

Logique formelle, définitions

Un langague

- Une syntaxe : ensemble de symboles et de règles ;
- Une sémantique : donne un sens aux symboles et aux formules ;

Proposition : unité d'information élémentaire

- Une proposition peut être vraie ou fausse, mais elle est toujours correcte syntaxiquement et sémantiquement ;
- Un merle est noir. Une pie est rouge.

Les logiques...

Règles sans variable :

- Ordre 0 - logique des propositions
- Ordre 0+ - logique des propositions étendue
- Ordre 1/2

Règles avec variables :

- Logique des prédicats du 1er ordre
- Ordre > 1

"Les" logiques :

- La logique floue : Rajout de ’nuances’ : la vitesse du vent sera *un peu* élevée ;
- Logique monotone : Ajout de faits uniquement ;
- Logique non monotone : Ajout, modification, retrait ;
- ...

Logique des propositions (ordre 0)

Les symboles sont des booléens :

Propositions :

"possède_appartement", "crise_financiere"
"immobilier_valeur_refuge", "être_riche"

Règles :

SI "crise_financiere" ALORS "immobilier_valeur_refuge"

Faits initiaux :

"crise_financiere"

Logique des propositions étendues (ordre 0+)

Introduction d'attributs numériques et de comparateurs

Attributs (type)

possède(énuméré), crise_financière(boolean), valeur_refuge(énuméré)

Règles

Si (crise_financière = oui) Alors (valeur_refuge = immobilier)

Condition terminale

situation_financière

Logique des prédicats du 1er ordre

Introduction de variables : ?var

Prédicats (fonctions logiques) :

possède(?individu, ?chose), crise_financiere(),
situation_financiere(?individu, ?situation)

Règles :

SI crise_financiere ALORS valeur_refuge(immobilier) ;
SI valeur_refuge(immobilier) & possede(?I, appartement)
ALORS situation_financiere(?I, riche)

Faits initiaux :

crise_financiere() ; possède(Jean, appartement)

Condition terminale :

situation_financiere(?I, ?S)

Exercice

Formalisez les énoncés suivants en logique des prédicats d'ordre 0 en minimisant les faits initiaux

les phrases sont liées les unes aux autres :

- Si la distance est inférieure à 2 km alors aller à pied.
- Si la distance est comprise entre 2km et 300 km alors aller en train.
- Si la distance est supérieure à 300km alors prendre l'avion.
- Si vous avez le téléphone et que vous devez acheter un billet, alors appeler l'agence de voyage.
- Si vous n'avez pas le téléphone et que vous devez acheter un billet, alors aller à l'agence de voyage.
- Si vous devez prendre l'avion alors acheter un billet.

Exercice

Correction avec logique d'ordre 0

- R1 : Si (distance<2km) Alors (aller_à_pied)
- R2 : Si ((non distance<2km) $\wedge$ distance<300km) Alors (prendre_le_train)
- R3 : Si (non distance<300km) Alors prendre_avion
- R4 : Si (acheter_un_billet $\wedge$ avoir_le_telephone) Alors téléphoner_agence
- R5 : Si (acheter_un_billet $\wedge$ (non avoir_le_telephone)) Alors aller_agence
- R6 : Si (prendre_avion) Alors acheter_un_billet

Besoin de règles avec variables :

Choix de la logique des prédicats du 1er ordre.

Clauses de Horn

Définition

Une clause de Horn possède un et un seul littéral positif.

Exemples :

- femme(victoria)
- homme(edward)
- soeur(X,Y) $\vee$ $\neg$femme(X) $\vee$ $\neg$parents(X, Pere, Mere) $\vee$ $\neg$parents(Y, Pere, Mere)

Forme générale (en écriture Prolog) :
F :-F1, F2, ..., Fn
si F1, F2 et Fn sont vraies alors le tête est aussi vraie.

Equivalence des notations (1/2)

Ecritures logiques	Clauses de Horn	Ecritures Prolog
$A \wedge B \Rightarrow C$	$\neg A \vee \neg B \vee C$	C :-A,B.

Equivalence des notations (2/2)

Ecritures logiques :

homme(X) $\wedge$ parents(X,Mere,Pere) $\wedge$ parents(Y,Mere,Pere) $\Rightarrow$ frere(X,Y)

Clauses de Horn :

frere(X,Y) $\vee$ $\neg$homme(X) $\vee$ $\neg$parents(X,Mere,Pere) $\vee$ $\neg$parents(Y,Mere,Pere)

Ecritures Prolog :

frere(X,Y) :- homme(X), parents(X,Mere,Pere), parents(Y,Mere,Pere).

Exercice

Transformer les règles suivantes en clause de Horn

- R1 : est_de_bonne_humeur(X) si a_de_l_argent(X) et est_en_vacances(X) et il_y_a_du_soleil.
- R2 : est_de_bonne_humeur(X) si reussit_dans_le_travail(X) et reussit_dans_sa_famille(X).
- R3 : a_de_l_argent(jean).
- R4 : a_de_l_argent(alain).
- R5 : est_en_vacances(jean) si on_est_en(aout).
- R6 : est_en_vacances(alain) si on_est_en(juillet).
- R7 : on_est_en(juillet).
- R8 : il_y_a_du_soleil si on_est_en(aout).
- R9 : reussit_dans_le_travail(jean).
- R10 : reussit_dans_le_travail(alain).
- R11 : reussit_dans_sa_famille(alain).

Exercice [Correction]

Version Clauses de Horn

- R1 : est_de_bonne_humeur(X) $\vee \neg$ a_de_l_argent(X) $\vee \neg$ est_en_vacances(X) $\vee \neg$ il_y_a_du_soleil.
- R2 : est_de_bonne_humeur(X) $\vee \neg$ reussit_dans_le_travail(X) $\vee \neg$ reussit_dans_sa_famille(X).
- R3 : a_de_l_argent(jean).
- R4 : a_de_l_argent(alain).
- R5 : est_en_vacances(jean) $\vee \neg$ on_est_en(aout).
- R6 : est_en_vacances(alain) $\vee \neg$ on_est_en(juillet).
- R7 : on_est_en(juillet).
- R8 : il_y_a_du_soleil $\vee \neg$ on_est_en(aout).
- R9 : reussit_dans_le_travail(jean).
- R10 : reussit_dans_le_travail(alain).
- R11 : reussit_dans_sa_famille(alain).

La programmation logique

Les langages qui considèrent le calcul en tant que déduction dans un formalisme logique :

- la programmation logique : PROLOG, la programmation l'emporte sur la logique (elle emploie le is pour l'arithémique) ;
- la programmation logique avec contraintes : accéder à des domaines numériques ;
- la programmation par ensembles réponses (ASP - answer set programming) : la logique non monotone l'emporte sur l'aspect programmation - traiter des incohérences ;

Un programme

```
entree(crudites).
entree(terrine).
entree(melon).
viande(steack).
viande(poulet).
viande(gigot).
poisson(bar).
poisson(saumon). dessert(sorbet).
dessert(creme).
dessert(tarte).


menu_simple(E, P, D) :- entree(E), plat(P), dessert(D).
plat(P) :- viande(P).
plat(P) :- poisson(P).
```

Des requêtes : construction d'un arbre de résolution

```
?- poisson(P),menu_simple(melon,P,D).

?- menu_simple(melon,P,D), poisson(P).
```

Exercice

Formalisation d'énoncés

Nemo est un gentil petit poisson et il vit dans le Pacifique.
Tous les requins aiment les petits poissons.
Si Shark, le requin, a faim alors il mangera les petits poissons.
Aucun poisson clown ne s'éloigne de sa maison.
Quelques poissons clowns aiment le pain.

- Formalisez les énoncés suivants en logique des prédicats du 1er ordre.
- Exprimez, quand c'est possible, les connaissances en Prolog.
- Exprimez, quand c'est possible, les connaissances sous forme de clauses de Horn [Chez vous]