M1Info/BIA/TP1/2007
TP3/4 PROLOG
(PROgrammation LOGique)
Compte-Rendu à rendre avant le TP5

Avertissement : Ce TP est noté. Vous devez rendre un CR correspondant au plan proposé avant la séance du 10 décembre accompagné des sources (le tout sous format électronique : PDF pour le CR et texte pour les sources commentés). Le TP suivant (sur 2 séances TP5-TP6 aussi) sera également noté.
Objectif du TP : 1) Illustrer le cours sur la résolution de problème (se munir du cours est utile) 2) Pratiquer Prolog pour réaliser un « moteur » de résolution de problèmes.
Organisation du travail : Les questions 1 et 2 doivent être traitées lors de la première séance. Préparez les questions 3 et 4 à la maison. Tout doit être terminé à la fin de la seconde séance.

1 *Etudiez le code suivant (trouvé sur le Web, marche selon son auteur…)* [4 points]

```
/* Ecrit par Nicolas Zinovieff (p6mip138) */

/* representation:
        1 est une rive, 0 l'autre, et on parle des differents protagonistes dans cet ordre: moi, chou,
chevre, loup, chacun pouvant etre sur une rive (0) ou l'autre(1)
*/

/* etats impossibles */
impossible(etatcourant(PasCa,Ca,Ca,PasCa)) :- PasCa \= Ca.
impossible(etatcourant(PasCa,PasCa,Ca,Ca)) :- PasCa \= Ca.
/* transbahuter le chou */
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(0,0,Chevre,Loup)) :- Chou = 1, Moi = 1,
not(impossible(etatcourant(0,0,Chevre,Loup))).
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(1,1,Chevre,Loup)) :- Chou = 0, Moi = 0,
not(impossible(etatcourant(1,1,Chevre,Loup))).
/* transbahuter la chevre */
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(0,Chou,0,Loup)) :- Chevre = 1, Moi = 1,
not(impossible(etatcourant(0,Chou,0,Loup))).
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(1,Chou,1,Loup)) :- Chevre = 0, Moi = 0,
not(impossible(etatcourant(1,Chou,1,Loup))).
/* transbahuter le loup */
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(0,Chou,Chevre,0)) :- Loup = 1, Moi = 1,
not(impossible(etatcourant(0,Chou,Chevre,0))).
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(1,Chou,Chevre,1)) :- Loup = 0, Moi = 0,
not(impossible(etatcourant(1,Chou,Chevre,1))).
/* transbahuter le moi tout seul */
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(0,Chou,Chevre,Loup)) :- Moi = 1,
not(impossible(etatcourant(0,Chou,Chevre,Loup))).
etatsuivant(etatcourant(Moi,Chou,Chevre,Loup),etatcourant(1,Chou,Chevre,Loup)) :- Moi = 0,
not(impossible(etatcourant(1,Chou,Chevre,Loup))).

/* recherche avec accumulateur */
possible_riviere(X, X, CList, CList).
possible_riviere(X, Y, CList, List) :-
        etatsuivant(X, Z),
        not(member(Z, CList)),
```

```
        possible_riviere(Z, Y, [Z | CList], List).

chemin_riviere(X, Y, FoundPath) :- possible_riviere(X, Y, [X], FoundPath).

/* recherche en largeur */
recherche_largeur(X,Y,C) :- cherche(Y,[[X]],C).

cherche(Y,[[Y|Chs]|_],[Y|Chs]) :- !. /* la solution est la bonne mais inversee */
cherche(Y,[[S|Chs]|AutresChemins],Sol) :- findall([Suc,S|Chs],etatsuivant(S,Suc),NewChemins),

        append(AutresChemins,NewChemins,Chemins),

        cherche(Y,Chemins,Sol).

but_riviere :- chemin_riviere(etatcourant(0,0,0,0),etatcourant(1,1,1,1), Liste),reverse(Liste,R),write(R).
```

1.1 Modélisation du problème : Indiquez l'état initial, l'état objectif, les opérateurs avec leurs contraintes et dessinez le premier niveau d'exploration de l'espace des états (les états fils de l'état initial)[2 points]

1.2 Commentez le programme, rendez-le le plus lisible possible (renommez éventuellement les prédicats et les variables)et exécutez le ? [2 points] Rendre le programme commenté et corrigé si possible (mettre un commentaire expliquant l'erreur constatée et votre solution)

2 En vous inspirant du code précédent (celui que vous aurez amélioré !), écrivez un programme Prolog qui résout le problème suivant avec un exemple d'exécution [6 points]:

- j'ai deux cruches : une cruche de 8 litres et une cruche de 5 litres, je souhaite avoir exactement 4 litres. La fontaine coule indéfiniment.
- Commencer par poser le problème sous la même forme que ci-dessus (état initial, état but, opérateurs et leurs conditions de mise en œuvre).

2.1 Modélisation : Donner état initial, but, opérateurs et premier niveau de l'arbre d'exploration [1 point]

2.2 Réalisation : Donnez le code commenté avec un exemple d'exécution(test à présenter en séance)[5 points]

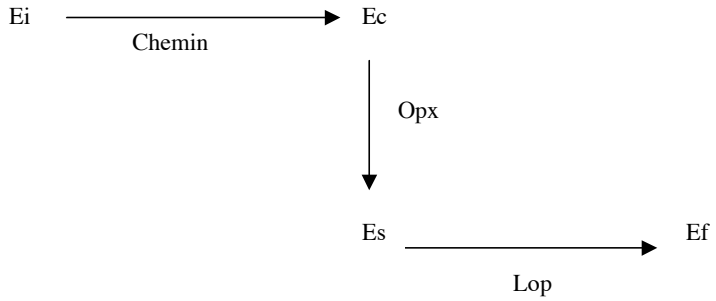
3 Comparer l'approche codée avec l'approche suivante

On considère des problèmes du type recherche d'un chemin entre un état initial Ei et un état final Ef, avec des opérateurs de transition pour passer d'un état à un autre. Par développement

des nœuds au fil de la recherche, un graphe orienté est explicité : les sommets sont associés aux états du problème et les arêtes sont étiquetées par les opérateurs. Le graphe (arbre) obtenu s'appelle graphe (arbre) de recherche ou graphe OU.

On se propose d'écrire un programme de recherche général -en profondeur d'abord-, que l'on appliquera par la suite à un problème concret.
Pour un problème, l'état initial est connu par le fait `initial(Ei)`. L'état final est connu par le fait `final(Ef)`. Les opérateurs sont connus par le prédicat `ope(Ec,Opx,Es)`, Ec désignant l'état courant, Opx un opérateur de transition et Es l'état de sortie, atteint par application de Opx.

• On atteint l'état Ec à partir de Ei en passant par une **liste d'états** mémorisés dans la liste Chemin.
• L'application de l'opérateur Opx à l'état courant Ec fait passer à un état Es.
• Lop est la **liste des opérateurs** qu'il faut appliquer depuis Es pour atteindre Ef.



Définir le prédicat de recherche en profondeur `rechPf` :

```
rechPf(Ec,Ef,.,.) :- ope(Ec,Opx,Es),. . .,rechPf(Es,Ef,. . .).
```

Liste des états depuis Ei

Liste des opérateurs jusqu'à Ef

Une solution est ci-dessous.

%Recherche en profondeur simple et "brutale". Sans oublier de ne pas passer 2 fois par le mÍme Èat.

```
rechPf(Ef,Ef, Letats, []) :- !,print(Letats).

rechPf(Ec, Ef, Letats, [Opx|Lop]) :- opF(Ec, Opx, Esuivant),
                                     not( member(Esuivant,Letats)),
                                     rechPf(Esuivant, Ef, [Esuivant|Letats] , Lop).
```

Définir le prédicat `resoudre(S)` *qui donne la liste S des opérateurs à appliquer pour passer de l'état initial à l'état final.*

%Resolution gÈnÈrale
resoudre(S) :- initial(Ei), final(Ef), rechPf(Ei, Ef, [Ei], S).

On va maintenant appliquer le prédicat `rechPf` au problème suivant, en définissant pour chacun d'entre eux l'état initial, l'état final et les opérateurs.

Le problème des flèches

Définition du problème

Six flèches sont dans la position de la figure 1. On souhaite les positionner comme dans la figure 2.

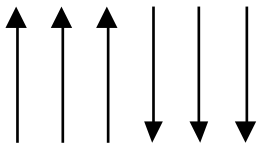


Figure 1

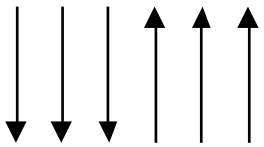


Figure 2

On symbolise ces deux états par « hhhbbb » et « bbbhhh » avec "h" pour "flèche haute" et "b" pour "flèche basse".
On définit quatre opérateurs de transition :

- R1 : retournement de deux flèches hautes adjacentes (« hh » devient « bb »)
- R2 : retournement d'une flèche haute et d'une flèche basse adjacentes (« hb » devient « bh »)
- R3 : retournement d'une flèche basse et d'une flèche haute adjacentes (« bh » devient « hb »)
- R4 : retournement de deux flèches basses adjacentes (« bb » devient « hh »)

Modéliser le problème

- Définir un prédicat `rempl(S1,S2,L1,L2)` qui est satisfait si le remplacement de la sous-liste S1 par S2 dans la liste L1 donne L2

%Remplacement d'une sous-liste par une autre dans une liste quelconque.

remp(S1, S2, L1, L2) :- append(Tmp1, LSuffixe, L1), append(LPrefixe, S1, Tmp1),

append(LPrefixe, S2, Tmp2), append(Tmp2, LSuffixe, L2).

- Définir les prédicats `initial`, `final` et `ope` pour le problème des flèches et utiliser le prédicat `resoudre` pour trouver des solutions au problème.

%Probleme des fleches

initial([h,h,h,b,b,b]).
final([b,b,b,h,h,h]).

opF(L1, r1, L2) :- remp([h,h], [b,b], L1, L2).

```
opF( L1, r2, L2) :- remp([h,b], [b,h], L1, L2).
opF( L1, r3, L2) :- remp([b,h], [h,b], L1, L2).
opF( L1, r4, L2) :- remp([b,b], [h,h], L1, L2).
```

3.1 Expliquer en quoi cette approche est similaire avec les codes étudiés et réalisés aux questions 1) et 2) et en quoi elle diffère. Quelle est la méthode la plus générale ? Pourquoi ? [1 point]

3.2 Quelle heuristique proposez-vous pour éviter d'explorer toutes les possibilités [2 points] Illustrer sur le schéma de l'arbre d'états.

3.3 Proposer une modification du programme des flèches qui permet de tenir compte de l'heuristique. [2 points]

4 Proposer un code prolog sur ce modèle pour l'un des problèmes « chou, chèvre, loup » ou « les cruches ».

4.1 Codage sans heuristique [5 points]

4.2 Proposez une heuristique et le code correspondant [bonus 5 points]