1. Introduction

Le but de cette note est de montrer que la maîtrise d'un très petit fragment de Prolog suffit à résoudre une grande variété de problèmes.
En ce qui concerne les listes, nous supposons connues les notations habituelles.
Liste vide : `[]` ; liste de 4 éléments connus : `[a,b,c,d]` ; liste de 4 éléments inconnus : `[A,B,C,D]`.
Un identificateur désigne une variable s'il commence par une majuscule ou par le caractère de soulignement ; il désigne une constante (numérique ou symbolique) sinon. La notation suivante est essentielle : si `X` = `a` et si `Xs` = `[1,2,3]`, alors `[X|Xs]` = `[a,1,2,3]`. On veillera à ne pas confondre `[A|B]` et `[A,B]` !
En ce qui concerne les nombres, nous supposons connu le prédicat spécial `is`.

2. Trois programmes de base

Nous ne rappelons pas ici la structure générale d'un programme Prolog, mais cette structure est bien illustrée par les trois programmes élémentaires suivants.
Les deux prédicats essentiels pour le traitement des listes sont `append` et `select`. Ils sont d'ailleurs prédéfinis dans la plupart des systèmes Prolog.

```
append([],Xs,Xs).
append([A|Xs],Ys,[A|Zs]) :- append(Xs,Ys,Zs).
select(A,[A|Xs],Xs).
select(A,[B|Xs],[B|Ys]) :- select(A,Xs,Ys).
```

Ces deux prédicats sont réversibles, comme le montre la session suivante.

```
?- append([a,b],[1,2],Xs).
Xs = [a, b, 1, 2].
?- append(Xs,Ys,[1,2]).
Xs = [], Ys = [1, 2] ;
Xs = [1], Ys = [2] ;
Xs = [1, 2], Ys = [] ;
false.
?- select(0,Xs,[1,2]).
Xs = [0, 1, 2] ;
Xs = [1, 0, 2] ;
Xs = [1, 2, 0] ;
false.
?- select(X,[0,1,2],Ys).
X = 0, Ys = [1, 2] ;
X = 1, Ys = [0, 2] ;
X = 2, Ys = [0, 1] ;
false.
```

Le prédicat suivant permet le calcul de la factorielle et illustre l'usage du prédicat `is` :

```
fact(0,1).
fact(N,R) :- N > 0, P is N-1, fact(P,Q), R is N * Q.

?- fact(5,X).
X = 120 .
?- fact(50,Y).
Y = 30414093201713378043612608166064768844377641568960512000000000000
```

3. Les tours de Hanoï

Ce problème classique montre bien la commodité d'emploi de la récursion en Prolog. Rappelons la tactique à utiliser pour déplacer N disques du piquet 1 au piquet 2, en utilisant le piquet 3 comme auxiliaire. Si $N = 1$, la solution est immédiate ; sinon, on procède en trois phases :
- Déplacer $N - 1$ disques du piquet 1 au piquet 3 ;
- Déplacer un disque du piquet 1 au piquet 2 ;
- Déplacer $N - 1$ disques du piquet 3 au piquet 2.

Cela se traduit immédiatement en Prolog :

```
aux(1,2,3). aux(1,3,2). aux(2,1,3). aux(2,3,1). aux(3,1,2). aux(3,2,1).
tour(1,X,Y) :- write(X), write('->'), write(Y), write(' ').
tour(N,X,Y) :- N > 1, M is N-1, aux(X,Y,Z),
               tour(M,X,Z), tour(1,X,Y), tour(M,Z,Y).

?- tour(3,1,2).
1->2 1->3 2->3 1->2 3->1 3->2 1->2
```

4. L'énigme de Harry Potter

Cette énigme célèbre est posée par le professeur Snape dans *Harry Potter and the Philosopher's Stone*. Harry et ses amis Ron et Hermione se trouvent coincés dans un couloir. Un mur de flammes claires les empêche de reculer, un mur de flammes sombres les empêche d'avancer. Une petite table supporte sept fioles de potions, disposées comme dans la photo ci-dessous.

A côté se trouve le poème suivant :

Danger lies before you, while safety lies behind.
Two of us will help you, whichever you would find.
One among us seven will let you move ahead,
Another will transport the drinker back instead.
Two among our number hold only nettle wine,
Three of us are killers, waiting hidden in line.
Choose, unless you wish to stay here forevermore,

To help you in your choice, we give you these clues four :
First, however slyly the poison tries to hide,
You will always find some on nettle wine's left side ;
Second, different are those who stand at either end
But if you would move onward, neither is your friend ;
Third, as you see clearly, all are different size,
Neither dwarf nor giant holds death in their insides ;
Fourth, the second left and the second on the right
Are twins once you taste them, though different at first sight.

Il faut d'abord traduire l'énoncé dans un langage moins poétique mais plus simple. Nous inversons les indices 3 et 4 de sorte que seul le dernier indice utilise la photo. Nous obtenons ceci :

0. Il y a trois fioles de poison, deux fioles de vin d'ortie, une fiole permettant d'avancer et une fiole permettant de reculer.
1. Immédiatement à gauche de chacune des deux fioles de vin se trouve une fiole de poison.
2. Les fioles 1 et 7 ont des contenus différents ; ni l'une ni l'autre n'est la fiole qui permet d'avancer.
3. Les contenus des fioles 2 et 6 sont identiques.
4. Ni la fiole la plus grande (fiole 6) ni la plus petite (fiole 3) ne contient du poison.

Le programme qui suit résout l'énigme. Il n'est pas le plus élégant ni le plus performant mais il est transparent et n'utilise que les notions connues de Prolog.

```
stade(0,L) :- select(b,B,[p,p,p]), select(f,F,B),
              append(X,Y,F), select(w,U,X), append(U,[w|Y],L).
stade(1,L) :- stade(0,L), append(B,[p,w|_],L), append(_,[p,w|_],B).
stade(2,L) :- stade(1,L), L = [X1,_,_,_,_,_,X7], X1 \= X7, X1 \= f, X7 \= f.
stade(3,L) :- stade(2,L), L = [_,X26,_,_,_,X26,_].
stade(4,L) :- stade(3,L), L = [_,_,X3,_,_,X6,_], X3 \= p,  X6 \= p.
```

Au départ il y a 420 manières d'aligner trois fioles de poisons, deux fioles de vin d'ortie, une fiole "forward" et une fiole "backward". Respecter le premier indice ramène ce nombre à 60 ; respecter en outre le deuxième réduit ce nombre à 30 ; le troisième indice ne laisse que 8 possibilités, dont une seule, à savoir `L = [p, w, f, p, p, w, b]`, respecte aussi le quatrième indice.

5. L'énigme de l'explorateur intergalactique

Cette énigme a été résolue à la première séance de cours. Son énoncé est rappelé ici pour permettre aux étudiants de développer leur propre solution.

Les Kolokolos disent toujours la vérité. Les Tarzanophages mentent toujours. Tous répondent par "whamm" ou "galagala". Certains jours, "whamm" veut dire oui et "galagala" veut dire non, d'autres jours c'est le contraire.

Egaré dans la jungle, vous rencontrez un groupe d'indigènes. Un dialogue questions-réponses se tient :

1. Vous demandez à Grocongo : "Whamm est-il affirmatif aujourd'hui ?"
   Réponse : whamm !
2. Vous demandez à Minibola : "Etes-vous tous de la même tribu ?"
   Réponse : whamm !

3. Vous demandez à Biribiri : “Dodo, Enigmo, Sitopri et toi, êtes-vous de la même tribu ?” Réponse : galagala !
4. Vous demandez à Limacela : “Crocro et Minibola sont-ils de la même tribu ?” Réponse : galagala !
5. Vous demandez à Lasercho : “Grocongo et Crocro et toi, êtes-vous de la même tribu ?” Réponse : whamm !
6. Vous demandez à Albarama : “Crocro et Limacela sont-ils de la même tribu que toi ?” Réponse : galagala !
7. Vous demandez à Dada : “Pikaglass et Bonifacio sont-ils de la même tribu ?” Réponse : galagala !
8. Vous demandez à Crocro : “Es-tu de la même tribu que Minibola ?” Réponse : galagala !
9. Vous demandez à Dodo : “Es-tu de la même tribu que Biribiri ?” Réponse : whamm !
10. Vous demandez à Enigmo : “Sitopri, Dada et toi, êtes-vous de la même tribu ?” Réponse : whamm !
11. Vous demandez à Sitopri : “Dodo et Enigmo sont-ils de la même tribu ?” Réponse : whamm !
12. Vous demandez à Gagagogo : “Enigmo, Dodo et toi, êtes-vous de la même tribu ?” Réponse : whamm !

Quelle question avez-vous posée finalement à Bonifacio, question dont la réponse vous a permis de retrouver le chemin de votre base ? (Suggestion : déterminer quel est le mot qui veut dire “oui”, ainsi que la tribu à laquelle appartient chacun des individus cités.)

6. Exercice nouveau

À Sinusville, deux clubs d’échecs (le club Spassky et le club Fischer) font une compétition. Chacun des cinq membres (Alain, Bernard, Claude, Denis et Étienne) du club Spassky affronte une fois chacun des cinq membres (Albert, Bertrand, Christian, Didier et Emmanuel) du club Fischer.
Chaque joueur joue donc cinq parties, et ce à raison d’une partie par jour (lundi, mardi, mercredi, jeudi et vendredi).
On sait que

- Les parties Alain-Bertrand et Claude-Albert se sont tenues le même jour ;
- Les parties Claude-Didier et Denis-Christian se sont tenues le même jour ;
- Les parties Alain-Emmanuel et Denis-Albert se sont tenues le même jour ;
- La partie Etienne-Christian s’est tenue le lundi ;
- La partie Claude-Bertrand ne s’est pas tenue le lundi ;
- La partie Alain-Albert s’est tenue le mardi ;
- La partie Claude-Emmanuel s’est tenue le mercredi ;
- La partie Denis-Didier s’est tenue le jeudi.

On demande de reconstituer le calendrier du tournoi.