

**Rappels : Aucun document n'est autorisé.** Le barème n'est donné qu'à titre indicatif. **Ce sujet comporte 4 pages.**

### Exercice 1 *Base de règles CLIPS (7pt)*

La suite de Fibonacci est définie de la façon suivante :

$$\begin{aligned} u_0 &= 1 \\ u_1 &= 1 \\ u_n &= u_{n-1} + u_{n-2} \text{ pour } n \geq 2 \end{aligned}$$

Le but de cet exercice est de programmer une base de règles en langage CLIPS pour calculer les termes de cette suite. Pour cela, on utilise un seul type de faits (**terme ?rang ?valeur**),

**Q. 1.** Donner la base de faits initiale nécessaire pour calculer des termes de la suite de Fibonacci.

**Q. 2.** On considère la règle suivante permettant de calculer  $u_n$  connaissant  $u_{n-1}$  et  $u_{n-2}$ .

```
(defrule R1
  (terme ?n1 ?v1)
  (terme ?n2&=(+ ?n1 1) ?v2)
  =>
  (assert (terme (+ ?n2 1) (+ ?v1 ?v2)))
)
```

Donner l'état de la base de faits après 7 inférences d'un raisonnement en chaînage avant utilisant cette règle et la base de faits initiale.

**Q. 3.** La solution précédente n'est pas très satisfaisante car elle nécessite de fixer une limite aux nombres d'inférences à réaliser pour éviter un bouclage infini. On souhaite maintenant mettre en œuvre une solution dirigée par un but défini comme la valeur du terme. Pour cela, on décide d'utiliser un fait (**but ?rang**) qui est inséré dans la base de faits avant le lancement des inférences et qui permet de calculer les valeurs de  $u_n$  comprises entre 0 et ?rang.

Donner les règles nécessaires à l'implémentation de ce mécanisme.

**Q. 4.** Avec la base de règles obtenue, donner les étapes du raisonnement obtenu pour la base de faits contenant les 2 termes initiaux de la suite de Fibonacci ainsi que le fait (**but 7**).

Construire l'arbre ET/OU correspondant au raisonnement.

### Exercice 2 *Jeu à 2 joueurs (4pt)*

On rappelle que le jeu d'Awélé est un jeu dans lequel 2 joueurs (Sud et Nord) s'affrontent sur un plateau de jeu (on dit aussi tablier) composé de 12 cases (6 cases dans chaque territoire Sud et Nord respectivement) contenant des graines. Le but du jeu pour chaque joueur est de prendre le plus de graines possible, le vainqueur est le premier joueur qui prend au moins 25 graines. En annexe, la Figure 1 donne un arbre de recherche issu du tablier suivant examiné à une profondeur 2.

**NORD – 17 graines gagnées jusque là**

|    |    |    |   |   |   |
|----|----|----|---|---|---|
| 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| 2  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 |
| 1  |    |    | 6 |   | 1 |
| 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 |

**SUD dont c'est le tour de jouer – 17 graines gagnées jusque là**

On décide d'évaluer un tablier  $T$  à l'aide de la fonction d'évaluation suivante (on note  $S$  pour Sud, et  $N$  pour Nord) :

$$f(T) = \begin{cases} +\infty & \text{si } T \text{ est gagné pour S} \\ -\infty & \text{si } T \text{ est gagné pour N} \\ (2P(S) + G_{12}(N)) - (2P(N) + G_{12}(S)) & \text{sinon} \end{cases}$$

où  $P(x)$  est le nombre de graines déjà prises par le camp  $x$ ,  $G_{12}(x)$  est le nombre de cases dans le territoire de  $x$  contenant 1 graine ou 2 graines.

Ainsi, pour la position précédente, on a :  $f(T) = (2 \cdot 17 + 5) - (2 \cdot 17 + 2) = 3$ .

- Q. 1.** Donner l'évaluation de toutes les feuilles de l'arbre de recherche de la figure 1 en les numérotant de 1 à 10 de la gauche vers la droite.
- Q. 2.** Donner en utilisant l'algorithme minimax l'évaluation de la position racine de l'arbre. Quel est le coup à jouer pour Sud ?
- Q. 3.** En considérant que les coups sont examinés dans l'ordre de leurs numéros décroissants (par exemple, le coup c4 est examiné avant le coup c1, etc.), appliquer l'algorithme alpha-béta sur l'arbre en prenant comme valeurs initiales  $\alpha = +4$  et  $\beta = +15$ . Vous donnerez en les expliquant clairement les coupes (et leur type) rencontrées ainsi que les détails complets du parcours. Quelle est alors l'évaluation de la racine ?
- Q. 4.** Combien de feuilles ont-elles été examinées lors des parcours (minimax et alpha-béta) de l'arbre effectués dans les questions précédentes ?
- Q. 5.** Que pensez-vous du choix des valeurs de  $\alpha$  et de  $\beta$  dans la question 3 ?

### Exercice 3 ASP, modélisation (6pts)

On considère l'énigme suivante, qui cherche à attribuer à 4 personnes, Roberta, Thelma, Steve et Peter, leurs métiers respectifs, parmi DRH, gardien, infirmier, notaire, policier, professeur, acteur et boxeur (sans aucune garantie de vraisemblance).

Dans tout l'exercice, les métiers sont donnés au masculin, sans préjuger du sexe de la personne qui les exerce.

Les informations fournies sont les suivantes :

1. chaque personne exerce deux métiers,
2. chaque métier est exercé par une seule des personnes,
3. Roberta n'est pas boxeuse,
4. Peter n'a pas de master,
5. la personne qui est infirmier est un homme,
6. le mari de la personne qui est DRH est notaire,
7. Roberta et le DRH et le policier jouent au golf ensemble tous les trois,
8. les métiers d'infirmier, de policier et de professeur nécessitent d'avoir un diplôme de master.

On précise que Roberta et Thelma sont des femmes, Steve et Peter des hommes.

On considère dans l'exercice les prédicats unaires `personne/1`, `homme/1`, `femme/1`, `metier/1` et `necessite_master/1`. On considère de plus le prédicat binaire `exerce/2`, dont le premier argument est une personne et le second un métier, par exemple `exerce(roberta, notaire)`.

On considère les faits suivants, qui définissent le cadre de base de l'énigme et où la quatrième ligne traduit l'information 8.

`homme(steve;peter).`

`femme(roberta;thelma).`

`metier(drh;gardien;infirmier;notaire;policier;professeur;acteur;boxeur).`

`necessite_master(infirmier;policier;professeur).`

On souhaite traduire toutes les informations disponibles en clingo, selon les questions suivantes.

NB1 chaque information peut éventuellement nécessiter plusieurs lignes en clingo.

NB2 surtout, n'hésitez pas à commenter vos réponses...

1. Traduire en clingo le fait qu'une personne est un homme ou une femme.
2. Traduire en clingo les informations 1 à 7, en indiquant clairement le numéro de l'information représentée à chaque fois.  
Il faut comprendre l'information 4 comme : Peter n'exerce pas un métier nécessitant un master.  
Pour l'information 6, on considère le cas d'un mariage entre un homme (le mari) et une femme.

**Exercice 4** *ASP, résolution (3pts)*

En utilisant la méthode de votre choix, mais en justifiant vos réponses, indiquez le nombre d'answer sets et leurs valeurs pour les programmes suivants :

$$\Pi_1 \left\{ \begin{array}{l} d \leftarrow a, \text{not } b. \\ a \leftarrow \text{not } b. \\ c \leftarrow a, b. \\ b \leftarrow \text{not } c. \\ e \leftarrow \text{not } a, \text{not } c. \\ \leftarrow e, b. \\ c \leftarrow \text{not } b, d. \end{array} \right.$$

$$\Pi_2 \left\{ \begin{array}{l} d \leftarrow a, b. \\ a \leftarrow b. \\ c \leftarrow a, d. \\ b \leftarrow c. \\ \leftarrow e, b. \end{array} \right.$$

$$\Pi_3 \left\{ \begin{array}{l} a \leftarrow \text{not } b, d. \\ b \leftarrow \text{not } c. \\ c \leftarrow \text{not } a, \text{not } e. \\ d \leftarrow \text{not } e. \end{array} \right.$$

# Annexes

## Langage CLIPS (règles de production d'ordre 1)

```

⟨règle⟩          ::= (defrule ⟨nom_de_la_règle⟩
                    [⟨pattern⟩*
                    =>
                    [⟨action⟩* )
⟨pattern⟩        ::= [⟨variable-pattern⟩ ←] (⟨nom-prédicat⟩ [⟨expression⟩]*) |
                    (not (⟨nom-prédicat⟩ [⟨expression⟩]*))
                    (test ⟨pattern-logique⟩)
⟨pattern-logique⟩ ::= (⟨comparateur⟩ ⟨expression⟩ ⟨expression⟩)
⟨comparateur⟩    ::= eq | neq
⟨expression⟩     ::= ⟨variable-fait⟩ | ⟨constante⟩
⟨nom_de_la_règle⟩ ::= ⟨chaîne_alphanumérique⟩
⟨variable-pattern⟩ ::= ?⟨chaîne_alphanumérique⟩
⟨variable-fait⟩   ::= ?⟨chaîne_alphanumérique⟩
⟨action⟩         ::= (assert ⟨fait⟩) |
                    (retract ⟨fait⟩)
⟨fait⟩           ::= ⟨variable-pattern⟩) |
                    (⟨nom-prédicat⟩ [⟨expression⟩]*)
  
```

## Arbre de recherche pour l'awélé

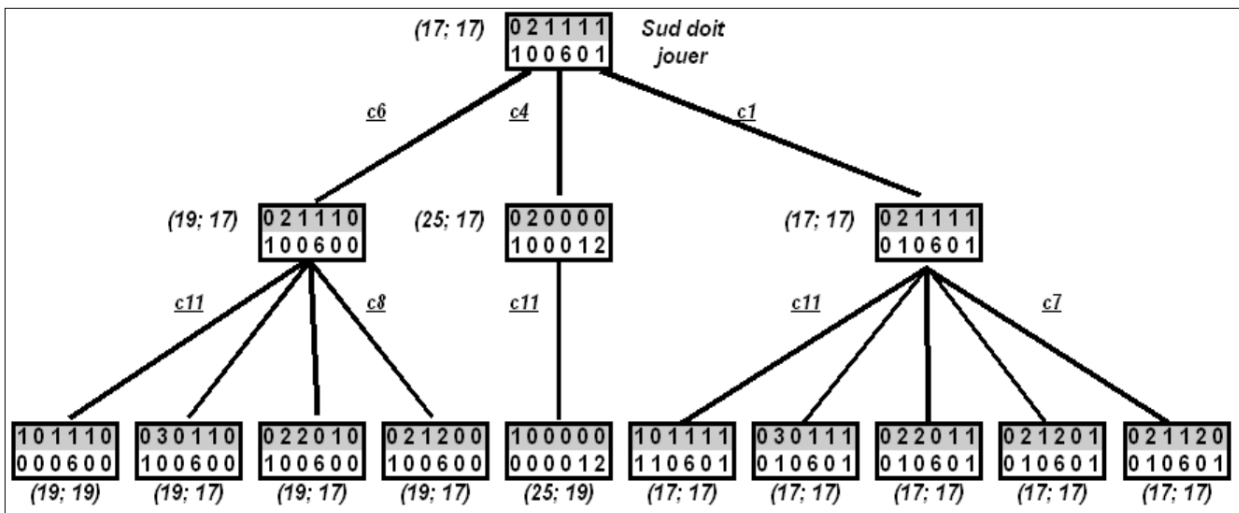


FIGURE 1 – Arbre de recherche. A côté de chaque tablier, se trouve le nombre de graines prises précédemment (de la position initiale du jeu à la position considérée) par chacun des joueurs Sud et Nord : ainsi (19; 17) correspond à 19 graines déjà prises par Sud et 17 graines déjà prises par Nord. Sur certaines branches de l'arbre, le coup permettant d'atteindre la position fille est indiqué.