

**Examen Final - Automne 2011**

Mercredi 18 Janvier 2012

**MERCI d'utiliser une copie différente pour chaque partie.**

**Coefficient : 40%.**

**Aucun document autorisé.**

**Remarques et conseils :**

- 1) Lisez **attentivement** chaque question avant d'y répondre.
  - 2) Indiquez clairement sur votre copie le numéro de l'exercice avant d'y répondre.
  - 3) Lorsque vous définissez un prédicat, son profil et sa définition formelle doivent être au moins indiqués. Un jeu d'essais est facultatif.
  - 4) Expliquez autant que possible vos choix lors de la définition d'un prédicat ou d'une fonction.
  - 5) Le barème défini ci-après est susceptible d'être modifié.
- 

**Partie I : Questions de cours (3 points)**

**Exercice 1**

1. Quelles sont les étapes qui permettent de passer d'une formule quelconque à une formule sous forme standard ?
2. Donnez l'algorithme du principe de résolution pour vérifier la validité d'une formule sous forme standard.
3. Démontrer à l'aide du principe de résolution la validité ou la contradiction de la formule suivante :

$$\exists x \forall y \neg(S(x) \Leftrightarrow S(y)) \wedge \forall x S(x)$$

**Partie II : Algorithme A\* (7 points)**

**Exercice 2**

Dans un jeu video, un personnage géré par l'IA du jeu doit se déplacer sur un terrain en 3D pour atteindre sa destination. Le terrain est représenté par un quadrillage (fig. 1) constitué de cases qui ralentissent plus ou moins le déplacement du personnage. Par exemple, des montagnes ou des forêts ralentissent le déplacement du personnage (valeur plus élevée), alors que des plaines ou des routes facilitent son déplacement (valeur des cases plus faible). Sur la figure 1, la lettre 'D' (resp. 'A') représente le point de départ (resp. d'arrivée) du personnage ; les cases infranchissables contiennent la lettre 'X'. Les nombres des autres cases indiquent le nombre d'unité de temps nécessaire pour les traverser. Sur la figure 1, le chemin représenté a une durée de :  $2+5+5+3 = 15$  unité de temps. Le personnage ne se déplace qu'horizontalement ou verticalement.

5	4	5	7
1	<b>D</b>	2	5
2	<b>X</b>	<b>X</b>	5
3	6	<b>A</b>	3

Fig. 1. Exemple de terrain 4x4 avec un chemin de valeur 15

Pour résoudre ce problème, on envisage d'utiliser l'algorithme A\*.

- 1) Indiquer pourquoi l'algorithme A\* est approprié pour résoudre ce problème ?
- 2) Donner une représentation possible d'un état du problème et définir un système de production permettant de passer d'un état à un autre.
- 3) Soit  $m$  la moyenne des valeurs connues du tableau, on propose d'utiliser l'heuristique  $h1$  suivante :  $h1(s) = distMan(s,A) * m$

avec  $distMan$ , la distance de Manhattan donnée par :

$$distMan(M,N) = |X_N - X_M| + |Y_N - Y_M|$$

Peut-on utiliser l'heuristique  $h1$  pour le problème posé ? Est-ce que  $h1$  est admissible ? Expliquer pourquoi.

- 4) Utiliser A\* pour résoudre l'instance du problème de la figure 1 avec l'heuristique  $h1$ , en détaillant pour chaque itération les valeurs des fonctions  $g$  et  $h$  ainsi que l'état suivant choisi.
- 5) Proposer une heuristique  $h2$  qui soit admissible et montrer son utilisation avec A\* sur la même instance de problème. Constatez-vous une différence avec  $h1$  ?

### Partie III (10 points)

#### Exercice 3 : Logique des prédicats et Prolog (3 points)

Transformez chacune des relations suivantes en une formule de la logique des prédicats du premier ordre et en une règle Prolog.

1. L'élément X est membre de la liste L.
2. L est la longueur de la liste X.
3. C est l'union ensembliste des deux ensembles A et B.

#### Exercice 4 : Algorithmes MinMax et Alpha-Bêta (7 points)

On désire réaliser un programme permettant de jouer (et si possible de gagner) au jeu de dames sur un damier 6x6 contre un joueur humain.

L'ordinateur joue les blancs, l'humain les noirs.

On considère que la fonction d'évaluation est telle que :

$$\text{eval}(P) = f1(P) + f2(P)$$

où :

- $f1(P)$  représente la balance des pions
- $f2(P)$  représente le critère de mobilité des blancs sur les noirs

Soit la position suivante, où les blancs sont au trait :

Noirs					
●		●		●	
					●
		●		●	
●		●		●	●
	●				●
Blancs					

**Questions :**

1. Donnez une représentation sous forme de liste d'un état pour ce jeu.
2. Construisez l'arbre de recherche construit par l'algorithme MinMax, en précisant l'évaluation pour chaque noeud de l'arbre. Indiquez quel sera le coup finalement joué par les blancs.
3. Construisez l'arbre de recherche construit par l'algorithme Alpha-Bêta et précisez pour chaque noeud ses bornes finales [alpha; bêta]. Indiquez également avec une croix les coups qui sont élagués par l'algorithme. Donnez enfin le coup qui sera joué par les blancs.
4. Quel critère dans la construction de l'arbre de recherche permettrait d'améliorer l'efficacité de l'élagage de Alpha-Bêta ? Si ce critère est appliqué, combien de noeuds dans l'arbre de recherche pourraient alors être élagués ?