

TITRE DU COURS: Intelligence artificielle : Introduction

SIGLE: IFT3335

PROFESSEUR: Jian-Yun Nie

EXAMEN: Intra

DATE: 24 février 2021

LIEU: en ligne

HEURES: 12:30-15:00

Directive pédagogique :

- La documentation est permise. Cependant, il est interdit de copier du texte d'un autre (e.g. sur le web).
 - Répondez dans un fichier de traitement de texte (Word, etc.) ou sur papier ensuite scanné. Remettez votre fichier électronique sur Studium avant la fermeture (à 15:00).
-

Question 1. (20%)

- Au début du cours, nous avons mentionné certains aspects désirés dans les comportements intelligents d'un agent, tels que posséder des connaissances, savoir utiliser les connaissances pour traiter des problèmes rencontrés, pouvoir apprendre et s'adapter, etc. Considérez la classe d'algorithmes de recherche dans l'espace d'états, à quels aspects d'intelligence pouvez-vous associer ces algorithmes de recherche ? Expliquez brièvement.
- Les algorithmes de recherche dans l'espace d'états peuvent traiter certains problèmes d'IA, mais pas tous. Quelles sont les caractéristiques typiques des problèmes (caractéristiques de l'environnement) que ces algorithmes sont aptes à traiter ? Expliquez brièvement vos raisons.
- Dans des expériences avec des pieuvres, on a remarqué que les pieuvres ont certaine intelligence pour trouver un chemin dans un labyrinthe. On peut lire cette phrase dans un article de Science Québec, intitulé « L'intelligence de la pieuvre »¹: « *Plusieurs études ont démontré que, placées dans un labyrinthe dressé dans un aquarium, elles trouveront rapidement la sortie. Leur intelligence dépasserait de loin celle des homards et des crabes, et se comparerait à celle des corbeaux.* » Cette intelligence n'est évidemment pas comparable à l'intelligence humaine. Si un humain réussit la même expérience, on se gardera de dire que c'est une manifestation de son intelligence. Cette observation montre que nous avons un jugement très subjectif sur la notion d'intelligence. Expliquez pourquoi le test de Turing permet un jugement plus objectif. En quoi ce jugement plus objectif est utile ?

Question 2. (30%)

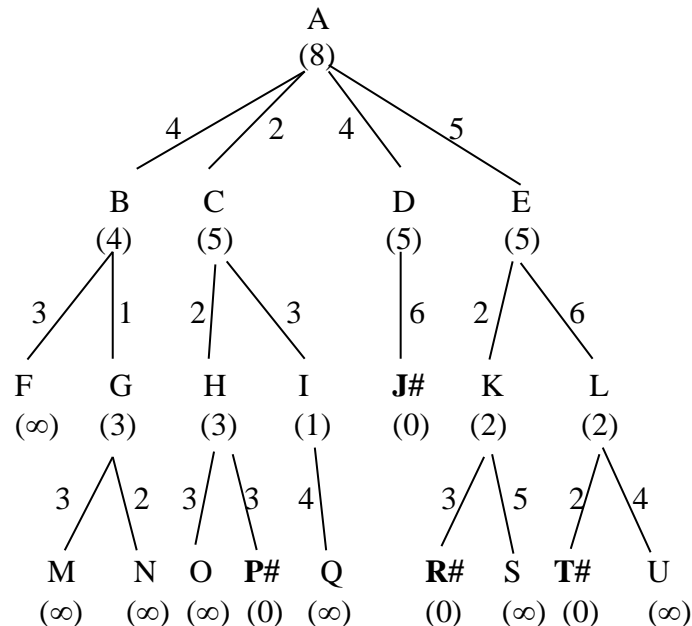
On veut utiliser différents algorithmes pour explorer l'espace de d'états illustré dans la figure suivante. Dans cette figure, le nombre indiqué entre parenthèses correspond à l'estimation h pour le nœud, et le nombre marqué sur un arc est le coût d'une étape. L'état initial correspond au nœud **A**, et il y a 4 nœuds buts dans l'arbre : **J**, **P**, **R** et **T** (marqué par #). Quand $h=\infty$, cela signifie que le nœud n'a pas de successeur.

Considérez les algorithmes :

- Profondeur d'abord
- Coût-uniforme
- Hill-climbing
- Algorithme A

¹ <https://www.quebecscience.qc.ca/sciences/lintelligence-de-la-pieuvre/>

Pour chaque algorithme, il faut indiquer l'ordre dans lequel les nœuds sont explorés (avec *expand*). Par exemple, pour l'algorithme largeur d'abord, les nœuds suivants seront explorés : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J#, et s'arrête quand un but est exploré.



- Montrez l'ordre d'exploration de nœuds en utilisant chaque algorithme demandé.
- En examinant la fonction h dans la figure, est-ce que vous pouvez dire si l'heuristique h est admissible ou non ? Est-ce que l'heuristique est consistante (ou monotone) ? Expliquez.

Question 3. (20%)

- Pour le jeu de Tic-Tac-Toe, supposons que les joueurs min (O) et max (X) utilisent la même heuristique pour évaluer une configuration de jeu s . Par exemple,

$$f(s) = 3 * (\text{\#lignes avec 2 X}) + (\text{\#lignes avec 1 X}) - 3 * (\text{\#lignes avec 2 O}) - (\text{\#lignes avec 1 O})$$

Pour la configuration suivante, on aura $f(s) = 3 * 1 + 3 - 3 * 0 - 0 = 6$. (Note : Le calcul n'est pas important. C'est juste une illustration)

X	O	
	X	

Supposons que le joueur max (X) peut développer l'arbre à une profondeur de 4 plis, et le joueur min (O) peut développer seulement à la profondeur de 3. Expliquez intuitivement pourquoi le joueur max a l'avantage sur le joueur min, et a une plus grande chance de gagner.

- Quel lien pouvez-vous faire entre ce que vous avez observé dans la sous-question 1, et l'algorithme alpha-beta ?
- Dans l'exploration avec la recherche arborescente Monte Carlo, on détermine la valeur d'un nœud selon une fonction UCB1 définie comme suit :

$$\bar{x}_j + \sqrt{\frac{2 \ln n}{n_j}}$$

où \bar{X}_j est le gain en moyenne du nœud j , n_j est le nombre de fois que le nœud j a été visité, et n est le nombre total d'explorations qu'on a faites avec l'arbre. Cette fonction suit le principe d'exploitation-exploration, qui privilège le nœud qui a montré un gain moyen élevé (exploitation), et qui n'a pas été beaucoup exploré (exploration). À chaque étape, on choisit à explorer le nœud dont la valeur UCB1 est la plus élevée. Pour un nœud feuille non visité encore, son exploration consiste à jouer de façon aléatoire jusqu'au bout pour estimer sa chance de gagner. Après un certain nombre de simulations, on choisit, pour le nœud racine, l'action qui donne la meilleure chance de gagner.

En comparant cette stratégie de choisir une action avec la stratégie de minimax et alpha-beta, quels avantages pouvez-vous voir ? Expliquez dans votre propre langage.

4. Quand on (un humain) joue un jeu, on ne va pas développer toutes les branches systématiquement à la même profondeur. On développe les branches à des profondeurs différentes selon leur potentiel. Est-ce que cette exploration à des profondeurs différentes est utilisée dans minimax, alpha-beta et recherche arborescente Monte Carlo ? Expliquez votre réponse.

Question 4. (20%)

Supposons que nous avons une base de connaissance KB comme suit :

$$KB = \{ A, A \Rightarrow B, (A \wedge C) \Rightarrow D, \neg D \}$$

On veut essayer de prouver $\alpha = \neg C$.

Utilisez les méthodes suivantes pour faire la preuve :

1. Utilisez la table de vérité. Dans cette preuve, aussi expliquez ce qui constitue le modèle de la KB et de la conclusion
2. Utilisez les règles d'inférences (n'importe lesquelles)
3. Utilisez la règle de résolution, dans une preuve par réfutation

Note : Vous ne devez pas juste expliquer intuitivement par des mots comment la preuve est faite. Il faut que la preuve soit formelle.

Question 5. (10%)

La légende dit que Galilée laissa tomber, simultanément du haut de la Tour de Pise, deux boules de poids différents, afin de montrer que dans une chute ces corps arrivent simultanément, indépendamment de leur masse.

Connaissant la logique, il serait possible de le prouver par réfutation sans faire de l'expérience. La preuve sera construite comme suit : Supposons (hypothèse) qu'un objet plus lourd (appelé A) tombait plus vite qu'un objet plus léger (B). Alors, si on attachait ces deux objets ensemble (AB), l'ensemble tomberait plus vite que chacun d'eux. Or, on observe que l'ensemble et chacun des objets attachés tombent à la même vitesse. Donc, l'hypothèse est réfutée. Ainsi, on peut conclure qu'un objet plus lourd ne tombe pas plus vite qu'un objet plus léger.

Formulez cette preuve en langage logique, et montrer la preuve d'une façon rigoureuse.