

# Examen : Introduction à l'Intelligence Artificielle

Session 1 : 3 mai 2018

**Durée estimée :** 3h

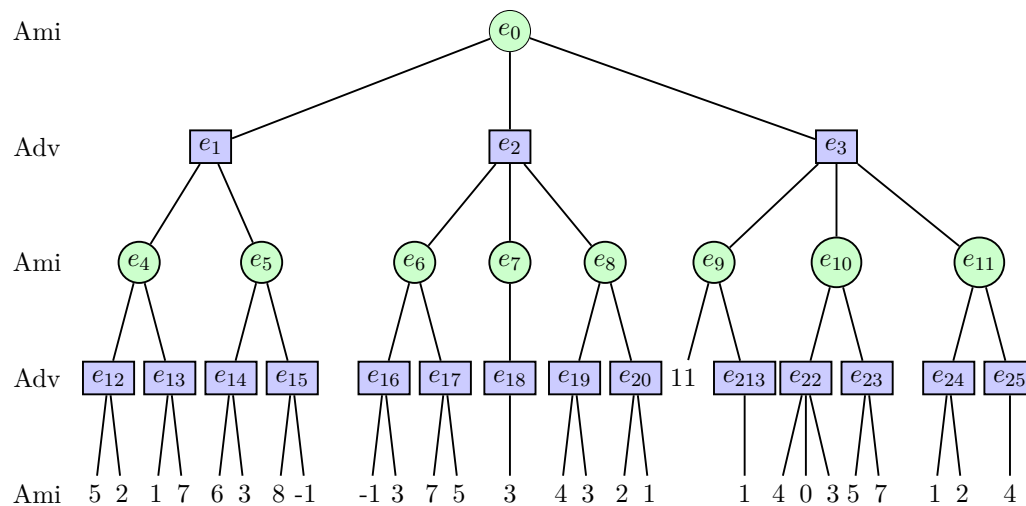
**Documents autorisés :** 4 pages de résumé de cours manuscrites.

- Les exercices sont indépendants. Vous pouvez les traiter dans l'ordre de votre choix.
- Barème (indicatif) : 8+8+4
- Il vous est demandé d'être clair, concis, mais de **justifier vos résultats**.

## I) Algorithmes pour les jeux

### Exercice 1 (Algorithmes pour les jeux)

On considère l'arbre suivant, correspondant à la partie d'un arbre de jeu explorée par un algorithme pour les jeux, et pour lequel les valeurs aux feuilles correspondent à une évaluation heuristique, du point de vue du joueur Ami, des plateaux obtenus à ce stade :

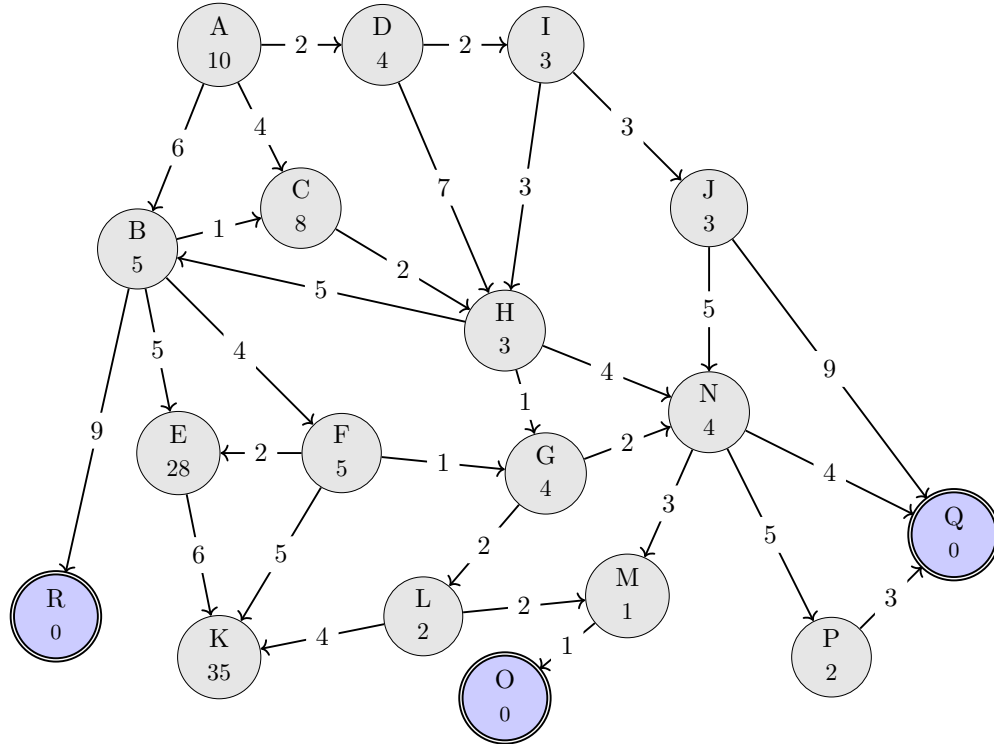


1. Quel est le facteur de branchement de ce jeu ?
2. Combien de noeuds au maximum une exploration de type MiniMax doit-elle garder simultanément en mémoire lors du parcours de cet arbre ?
3. Pourquoi toutes les feuilles de cet arbre ne sont-elles pas à la même hauteur ? Parmi celles-ci, quel plateau correspond au meilleur (resp. au pire) plateau pour le joueur Ami ?
4. Déroulez soigneusement l'algorithme *AlphaBeta* (classique) sur cet arbre de jeu **en ne faisant apparaître que** les noeuds effectivement visités. Bien faire figurer sur votre solution les coupes effectuées, préciser leur nature et l'évolution des valeurs  $\alpha$  et  $\beta$  au cours de la recherche.
5. Au lieu de la recherche précédente, on lance l'algorithme *negEchec- $\alpha\beta$*  avec la fenêtre de taille nulle [3,4]. Décrire l'arbre construit par l'algorithme en n'indiquant que les branches effectivement explorées (attention à la façon d'évaluer les feuilles au niveau de l'adversaire).
6. Comment interpréter la valeur retournée et que convient-il de faire à ce stade pour décider du prochain coup à jouer ?

## II) Résolution de problèmes dans des graphes d'états

### Exercice 2 Recherche heuristique dans les graphes d'états

On considère le graphe d'état ci-dessous, dans lequel chaque état est représenté par une lettre associée à la valeur d'une fonction heuristique  $h$ , où l'état initial est  $A$  sur cet état et où les états terminaux correspondent aux nœuds ayant un double cercle.



Dans la suite, on considèrera qu'à toutes autres caractéristiques égales, les noeuds sont considérés **dans l'ordre lexicographique croissant**. On considèrera le test d'appartenance d'un état au but à une étape de développement.

1. Quel est le chemin renvoyé par l'algorithme de recherche en profondeur d'abord (avec détection de cycles), son coût et le nombre total de noeuds développés ?
2. Quel est le chemin renvoyé par l'algorithme de recherche en largeur d'abord, son coût et le nombre total de noeuds développés ?
3. Quel est le chemin renvoyé par l'algorithme de recherche à profondeur Itérative, son coût et le nombre total de noeuds développés ?
4. Quel est le chemin renvoyé par l'algorithme de recherche du meilleur d'abord ? Détaillez les noeuds sont développés à chaque étape et le coût de la solution produite.
5. Déroulez soigneusement l'algorithme A\* sur l'exemple ci-dessous. Vous ferez apparaître clairement l'ordre dans lequel les noeuds sont développés et à chaque étape, les noeuds apparus ; les mises à jour éventuelles et leurs conséquences sur le déroulement de l'algorithme.
6. La fonction heuristique est-elle minorante (si oui, le prouver, sinon donner un contre exemple) ? Que peut-on en déduire ?

## III) Systèmes à base de connaissances

### Exercice 3 Systèmes Experts

On suppose qu'on utilise un moteur d'inférence du type attributs/valeur et fonctionnant en chaînage mixte,

c'est à dire disposant à la fois :

- d'un chaînage avant propageant tous les faits dès qu'ils sont fournis ou déduits
- d'un chaînage arrière qui limite les questions aux attributs non déductibles, non donnés au départ et qui évalue les conditions des règles dans l'ordre où elles apparaissent.

On suppose de plus que le système gère la négation par l'échec et ce, uniquement en chaînage arrière. Soit la base de règles suivante qui traduit une expertise pour choisir un cadeau en fonction des circonstances.

---

R<sub>1</sub> : **si** grand-ami **alors** faire plaisir.  
R<sub>2</sub> : **si** famille proche **alors** faire plaisir.  
R<sub>3</sub> : **si** sport pratiqué \* **alors** sportif **et** cadeau adapté := cadeau-sport.  
R<sub>4</sub> : **si pas** sportif **et** mélomane **alors** cadeau adapté := cadeau-musique.  
R<sub>5</sub> : **si pas** sportif **et pas** mélomane **et** bon vivant **alors** cadeau adapté := bonne bouteille.  
R<sub>6</sub> : **si** sport pratiqué = golf **alors** idée trouvée **et** cadeau-sport := club de golf  
R<sub>7</sub> : **si** sport pratiqué = tennis **alors** idée trouvée **et** cadeau-sport := billet Roland Garros  
R<sub>8</sub> : **si** sportif **et pas** idée trouvée **et** parisien **et** faire plaisir **alors** cadeau-sport := roller  
R<sub>9</sub> : **si** sportif **et pas** idée trouvée **et pas** faire plaisir **alors** cadeau-sport := basket sans marque  
R<sub>10</sub> : **si** mélomane **et** style = lyrique **alors** cadeau-musique = place Opéra.  
R<sub>11</sub> : **si** mélomane **et** style ≠ lyrique **alors** cadeau-musique = disques.  
R<sub>12</sub> : **si** faire plaisir **et** j'ai les moyens **et** cadeau adapté \* **alors** possible := cadeau adapté.  
R<sub>13</sub> : **si** possible \* **alors** cadeau := possible.  
R<sub>14</sub> : **si** possible ?? **alors** cadeau := chocolat.

---

On rappelle que \* et ?? expriment respectivement que l'attribut a ou n'a pas de valeur dans la base des faits.

1. Donner la liste des attributs non déductibles par règle
2. Donner la liste des attributs auxquels peut s'appliquer la négation par l'échec
3. Simuler le fonctionnement du système en chaînage avant avec propagation (en notant précisément et dans l'ordre, les règles déclenchées ou bloquées après chaque propagation, les déductions etc.) si on lui communique successivement et **dans l'ordre**, les faits suivants :  
[mélomane, style = lyrique, parisien, grand ami, j'ai les moyens]
4. Dans une nouvelle session, on interroge le système sur le but "cadeau". Simuler le parcours en chaînage arrière (dessin des arbres de buts) et répondre aux questions du système en piochant les réponses dans la liste suivante et en répondant par "je ne sais pas " si la réponse ne s'y trouve pas :  
[mélomane, style = lyrique, sport pratiqué = natation, parisien, grand ami, j'ai les moyens]