

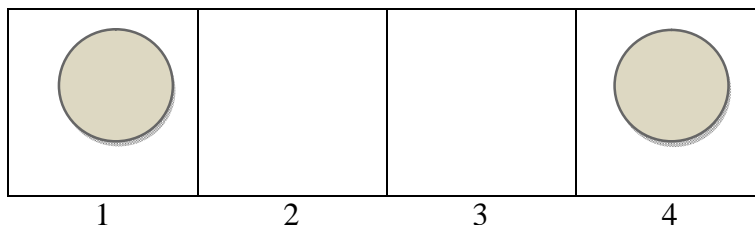
## **INTELLIGENCE ARTIFICIELLE**

<b>TD1</b>	
<b>2<sup>ème</sup> année ING Informatique Groupes A, B, C, D et E</b>	<b>RESOLUTION DE PROBLEMES PAR EXPLORATION</b>

### **Formulation de problèmes**

#### **Devoir Surveillé 2014**

Considérons un jeu simple où deux joueurs A et B se déplacent sur un tableau de 4 cases. La figure suivante montre la configuration initiale de ce jeu.



Le joueur A joue en premier. Les deux joueurs peuvent se déplacer à tour de rôle, chacun peut se déplacer vers une case adjacente à celle qu'il occupe (à gauche ou à droite lorsque c'est possible). Si un espace adjacent est occupé par l'adversaire, le joueur peut sauter par-dessus celui-ci lorsque c'est possible (par exemple si A est en 3 et B est en 2, le joueur A peut se mettre dans la case 1). Le jeu se termine lorsqu'un joueur a atteint l'autre bout du tableau.

1. Donnez une formulation complète pour ce problème.
2. Dessiner le graphe d'états complet de ce jeu.
3. Donner une solution possible à ce jeu.
4. Trouver une fonction heuristique admissible pour ce problème.

#### **Devoir Surveillé 2015**

Six flèches sont dans la position de la figure 1. On souhaite les positionner comme dans la figure 2.

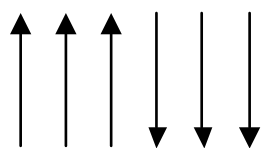


Figure 1

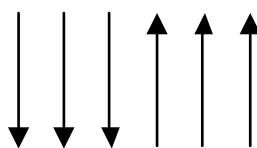


Figure 2

On peut retourner que deux et exactement deux flèches à la fois à condition que ces deux flèches soient adjacentes.

5. Donnez une formulation complète pour ce problème.
6. Quel est le nombre d'états possibles dans ce jeu? Donner le facteur de branchement b.
7. Donner une solution possible à ce jeu. Quel est le coût de cette solution.
8. Trouver une fonction heuristique admissible pour ce problème.

### **Exercice 2 : Exploration non informée (Le problème du loup, de la chèvre et du chou)**

Un berger disposant d'une petite barque se trouve sur la rive gauche d'une rivière avec une chèvre, un chou et un loup. Le problème est le suivant : le berger doit utiliser sa barque pour transporter la chèvre, le loup et le chou sur la rive droite. La barque ne peut transporter que son poids et le poids de l'un de ses biens. Le berger ne peut pas laisser le loup et la chèvre sur la même rive tous seuls ni la chèvre et le chou.

1. Trouver une bonne représentation de ce problème.
2. Appliquer l'exploration en largeur d'abord pour résoudre ce problème.
3. Donner une borne supérieure du coût temporel de l'exploration en largeur développée ci-haut.
4. Appliquer l'exploration en profondeur d'abord pour résoudre le problème :
  - a. En graphe.
  - b. En arbre.
5. Appliquer l'exploration bidirectionnelle :
  - a. En largeur d'abord.
  - b. En profondeur d'abord.

### **Exercice 3 : Exploration informée**

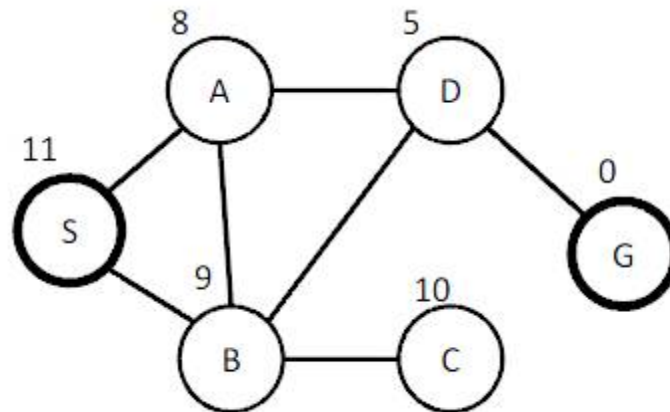
Considérez un monde avec 4 pions (A,B,C,D) non superposables. Ils peuvent être arrangés dans n'importe quel ordre, sauf que A ne peut pas être plus à droite que D. Par exemple, ABCD et CBAD sont deux états possibles du monde, tandis que DCBA et CDAB ne sont pas possibles. Le monde peut être manipulé par une action de la forme  $\text{echange}(x, y)$  qui échange les pions des positions x et y. Par exemple  $\text{echange}(1, 2)$  transforme BCAD en CBAD. Seules les actions  $\text{echange}(1, 2)$ ,  $\text{echange}(2, 3)$  et  $\text{echange}(2, 4)$  sont autorisées. Ils donnent un successeur uniquement si la situation atteinte est possible.

1. Dessinez le graphe d'états du problème.
2. On suppose que l'état de départ est ADBC et l'état que l'on veut atteindre est CBAD. On suppose aussi que chaque action coûte 1. Donnez une heuristique h admissible (mais aussi différente de 0 pour les nœuds non-finaux) pour ce problème. Le principe de l'heuristique devrait être suffisamment général pour être appliqué à des problèmes similaires.
3. Appliquez la recherche gloutonne en graphe avec cette heuristique. Si vous n'avez pas trouvé d'heuristique, utilisez l'heuristique  $h = 0$ . En cas d'égalité entre les nœuds choisissez un nœud au hasard.

4. Appliquez la recherche A\* en graphe avec cette heuristique. Si vous n'avez pas trouvé d'heuristique, utilisez l'heuristique  $h = 0$ . En cas d'égalité entre les nœuds choisissez un nœud au hasard.

**Exercice 4 : Exploration locale**

Soit le graphe d'états suivant :

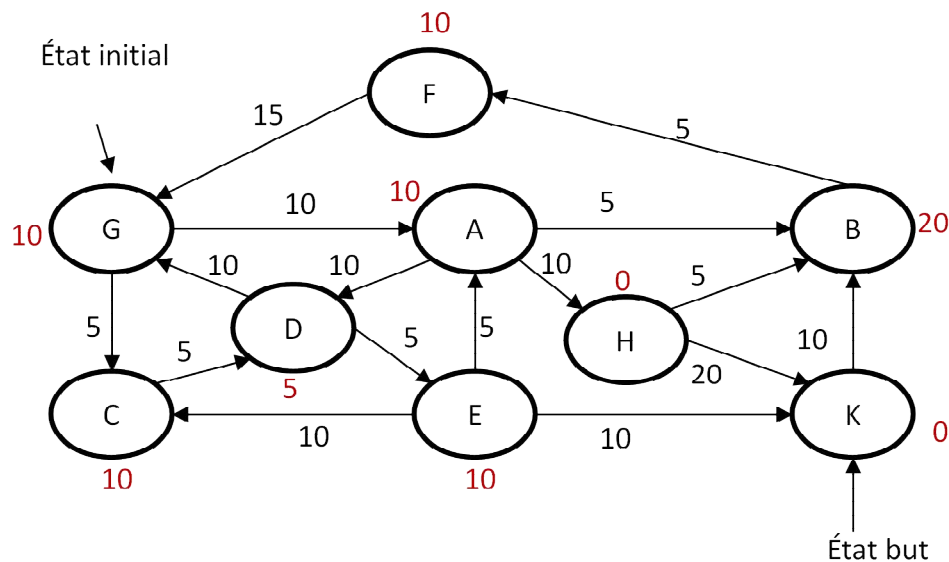


Les chiffres indiquent la distance estimée pour arriver à l'état but. Dessinez l'espace de recherche complet pour l'exploration du graphe d'états, pour aller du nœud S au nœud G en appliquant :

1. Exploration par escalade.
2. Exploration locale en faisceau ( $k=2$ ).
3. Meilleur d'abord.

### Exercice 5

Soit le graphe d'états suivant, avec une heuristique  $h$  du coût estimé jusqu'au but indiqué sur chaque état :



1. Existe-t-il un autre état but ? Expliquez.
2. L'heuristique  $h$  est-elle admissible ? Expliquer.
3. Donner la trace d'exécution des algorithmes :
  - a. Profondeur d'abord.
  - b. Coût uniforme,
  - c. Recherche bidirectionnelle,
  - d. Profondeur limitée ( $l=2$ ),
  - e. Profondeur itérative,
  - f. Meilleur d'abord,
  - g.  $A^*$ ,
  - h.  $IDA^*$ ,
  - i.  $SMA^*$ .
4. Évaluez ces algorithmes en termes d'espace et de temps (tableau comparatif).

### Exercice 6

Considérez un espace de recherche dans lequel l'état initial est 1 et la fonction successeur pour un nœud  $n$  retourne deux états contenant les entiers  $2n$  et  $2n+1$ .

1. L'espace d'états est-il fini ?
2. Dessinez la partie de l'espace de recherche contenant les nœuds de 1 à 15.
3. Supposez que le but soit 11. Donner l'ordre de parcours des nœuds pour les algorithmes :
  - a. largeur d'abord.
  - b. profondeur d'abord.
  - c. profondeur d'abord limitée à 2.
  - d. profondeur itérative