Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

TD1 Résolution de problème

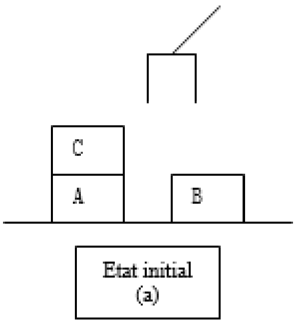
Exercice 1 : problème du missionnaire

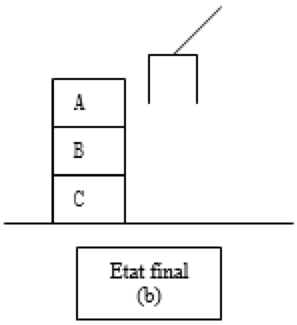
Au bord d'une rivière se trouvent un loup, une chèvre, un chou et un missionnaire, qui veulent traverser avec une barque qui ne peut porter que deux objets au maximum. Le missionnaire ne peut pas laisser le loup tout seul avec la chèvre, ni la chèvre avec le chou. Le loup mangerait la chèvre qui mangerait le chou. Comment ces quatre peuvent-ils traverser la rivière ?

1. Définir les états, l'état initial, le but, les actions et les contraintes.
2. Trouver une solution à ce problème.

Exercice 2 : problème de manipulation de blocs

On dispose de trois cubes A, B et C à manipulateur à programmer. Le but recherché est de passer
de l'état initial (a) à l'état final (B)





Sachant que tous les état du système peuvent être décrits par les prédicats suivants :
LIBRE(X), SUR (X,Y), SURTABLE(X) , TENU(X) et BRASVIDE.

1. Donner les descriptions de l'état initial et de l'état final du système.
2. Sachant qu'on désir représenter le problème par une approche espace d'états, définir la sémantique des opérateurs applicables avec les conditions et les résultats de leurs applications.
3. Donner un chemin représentant une solution de ce problème.

Exercice 3 : Problème des cruches d'eau

On vous donne deux cruches, une de 4 litres et une autre de 3 litres. Aucune des deux cruches n'a de graduations.

On dispose d'une pompe pour remplir les cruches d'eau. Comment pouvez-vous obtenir exactement 2 litres d'eau dans la cruche de 4 litres.

1. Proposer une description d'un état du système (problème).
2. Donner les descriptions de l'état initial et de l'état final du système.
3. Sachant qu'on désire représenter le problème par une approche espace d'états, définir la sémantique des opérateurs applicables avec les conditions et les résultats de leurs applications.
4. Donner un chemin représentant la solution de ce problème.

Exercice 4 : Problème du singe et des bananes

Un singe situé à la position vectorielle « a » dans le plan du sol veut attraper des bananes situées en hauteur et à la position vectorielle « c » ($a \neq c$). Pour y arriver, il utilise une boîte située initialement à la position vectorielle « b » ($b \neq a$, $b \neq c$).

On essaie de résoudre ce problème par une approche espace d'états. Pour cela, on utilise les quatre opérateurs suivants :

(W,0,Y,Z)	aller en U	(U,0,Y,Z)	$U \neq W$
(W,0,W,Z)	pousser en V	(V,0,V,Z)	$V \neq W$
(W,0,W,Z)	grimper	(W,1,W,Z)	
(c,1,c,0)	grimper	(c,1,c,1)	

W, Y, Z, U et V sont des variables alors qu'a, b et c sont des constantes

Le premier terme du quadruplet représente la position du signe, le troisième celle de la boîte. Le deuxième et le quatrième terme prennent les valeurs 0 et 1 suivant que le signe est sur le sol ou sur la boite et les bananes libres ou prises par le signe.

1. Donner l'espace complet des états par application des différents opérateurs.
2. Trouver une solution en utilisant :
   a. Une recherche en profondeur d'abord.
   b. Une recherche en largeur d'abord.
3. On utilise pour la recherche de la solution la méthode de Hill Climbing avec comme heuristique le nombre de paramètres d'états non identiques à l'état but désiré. Donner le parcours effectué.

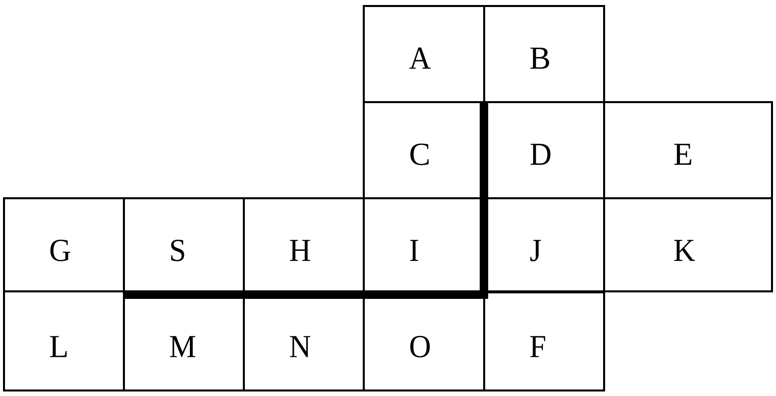
TEK-UP
Ecole Supérieure Privée
Technologie & Ingénierie

Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

TD2 Stratégie de recherche

Exercice 1 :

Considérons le plan suivant où les successeurs de chaque case sont les cases adjacentes dans les directions NORD, SUD, EST et OUEST sauf à la limite du plan ou s'il y a une barrière (ligne en gras). Par exemple Successeurs(J) = {D, K, F}.
Le problème consiste à trouver un chemin de S vers F.

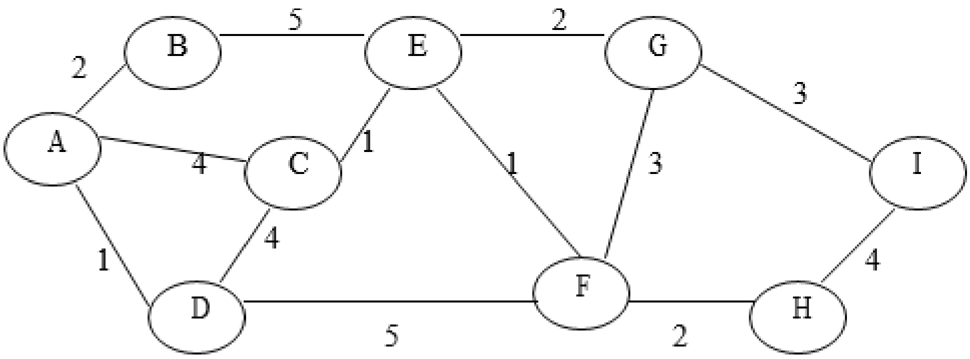


On suppose que la priorité des opérateurs est la suivante : EST, SUD, OUEST et NORD. Donner l'ordre des nœuds développés pour les trois méthodes de recherche suivante :

1. *Recherche en profondeur d'abord*. On suppose qu'on détecte les cycles, c'est-à-dire on ne développe pas un nœud déjà développé avant.
2. *Recherche en largeur d'abord* avec détection des cycles.
3. *Recherche heuristique* : on utilise l'heuristique h(case) = distance de Manhattan de la case avec la case F en supposant qu'il n'y a pas de barrière. La distance de Manhattan = la somme des distances horizontales et distances verticales. Par exemple h(I) = 2 et h(S) = 4.
   Si deux nœuds ont la même valeur, c'est d'abord celui qui est le premier dans l'alphabet qui est développé.

Exercice 2 :

Supposons qu'on veuille trouver un chemin dans un réseau de villes reliées par des routes, tel celui de la figure1. Le chemin commence à la ville source A et se termine à la ville but I.



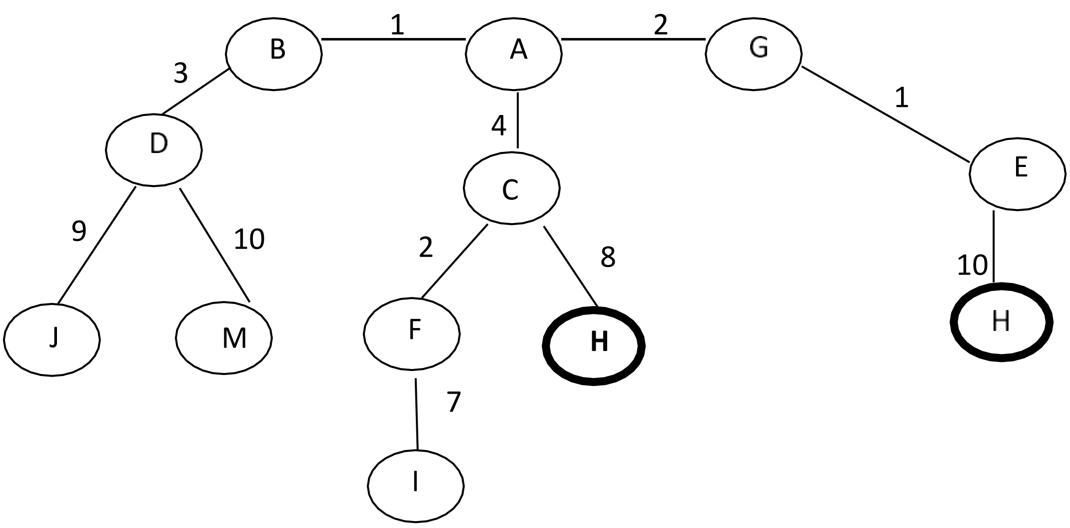
Le coût entre deux villes est indiqué sur les arêtes (exemple : la distance entre la ville A et B est égale à 2).

Les valeurs de la fonction heuristique H sont indiquées dans le tableau suivant :

Nœud u	A	B	C	D	E	F	G	H	I
H(u)	9	6	5	7	4	2	2	2	0

1. Donner brièvement **le principe** de la méthode de Hill Climbing.
2. Donner **le principe** de l'algorithme A*.
3. Pour chacune des méthodes de recherche suivantes, indiquer clairement la liste, dans l'ordre, des nœuds visités et donner le chemin solution.
   a. Recherche en profondeur d'abord.
   b. Recherche en largeur.
   c. Algorithme Hill Climbing.
   d. Algorithme A*.

<u>Exercice 3 :</u>



Nœud u	A	B	C	D	E	F	G	H
H(u)	12	2	10	7	3	5	10	0

Considérons le but H.

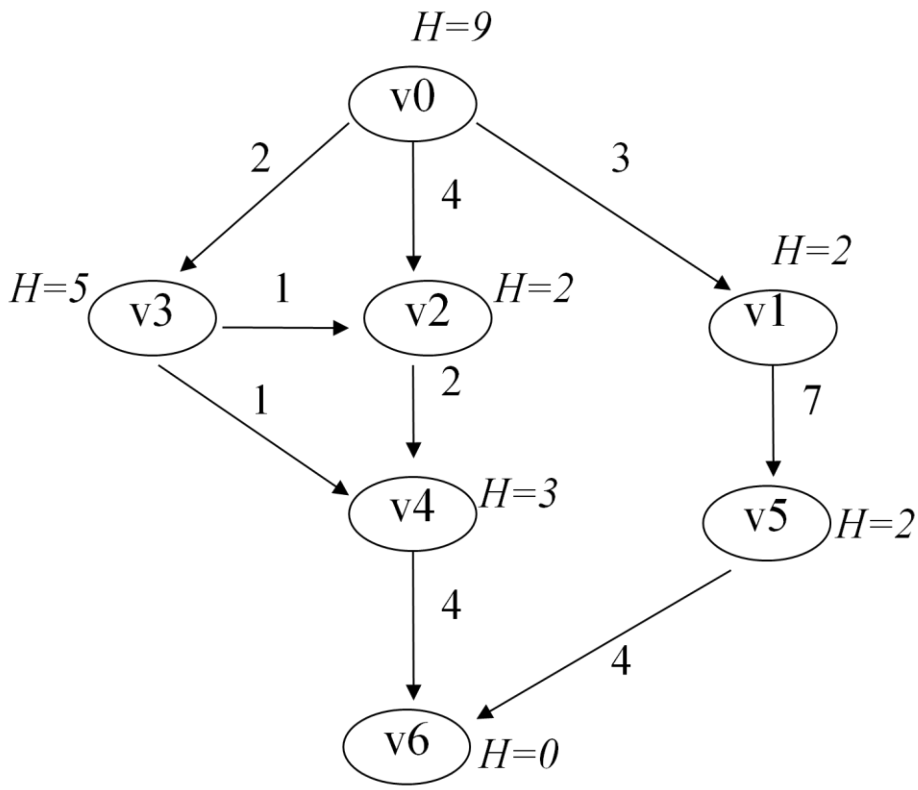
1. Appliquer la stratégie en profondeur
2. Appliquer la stratégie en largeur
3. Appliquer l’algorithme du coût uniforme
4. Appliquer l’algorithme A* pour retrouver le but.

Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

<u>TD5 Révision</u>

EXERCICE 1 :

Dans le graphe suivant, V0 représente la ville de départ. Le nombre au-dessus d'un arc représente le coût de parcours (fonction coût g : coût entre deux nœuds). La valeur de la fonction heuristique h est inscrite à côté du cercle (fonction heuristique h : estimation du chemin qui reste à parcourir).
Exemple: g (V0, V3) = 2 et h(V3) = 5.



1. Indiquez quel est le nœud qui représente le but à atteindre ? commentez votre réponse.
2. Appliquez l'algorithme A* sur cet exemple et donnez la trace d'exécution en indiquant à chaque itération très clairement la liste, dans l'ordre, des nœuds générés et ceux visités (Ensembles OUVERT et FERME).
3.

EXERCICE 2 :

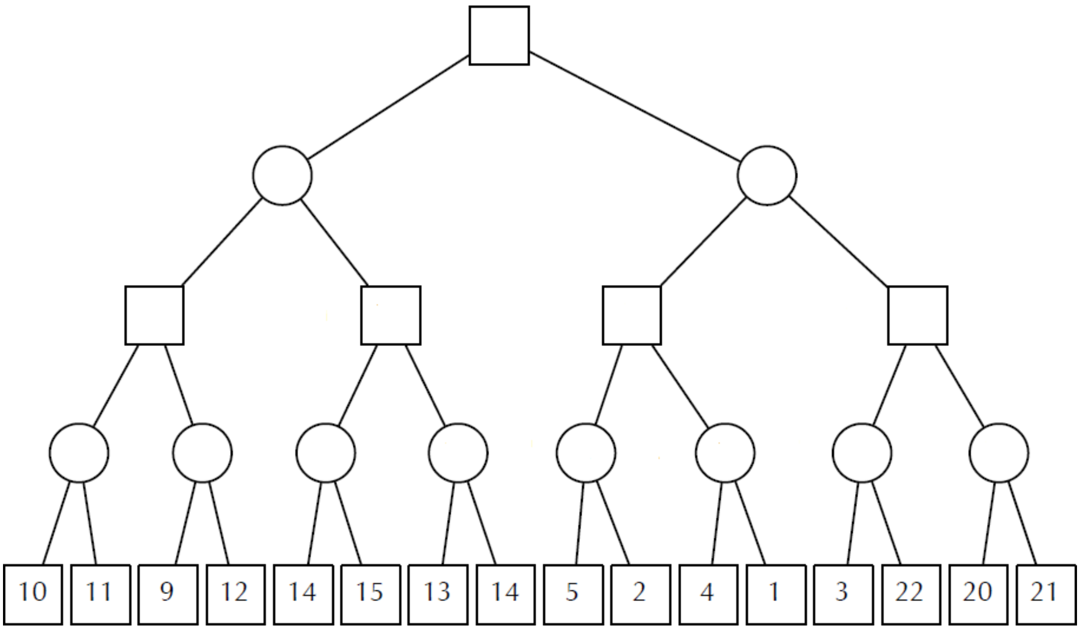
Le taquin est un jeu solitaire en forme de damier. Il est composé de 15 petits carreaux numérotés de1 à 15 qui glissent dans un cadre prévu pour 16. Il consiste à remettre dans l'ordre les 15 carreaux à partir d'une configuration initiale quelconque. Dans la figure ci- dessous nous illustrons une version du jeu avec 8 cases. A gauche une situation de départ quelconque, et à droite la situation but désirée.

2	8	3
1	6	4
7	-	5

1	**2**	**3**
8	**-**	**4**
7	**6**	**5**

1. Proposez un encodage et une stratégie de contrôle à ce problème
2. Résoudre ce problème en utilisant la stratégie du Best First Search

EXERCICE 3 :



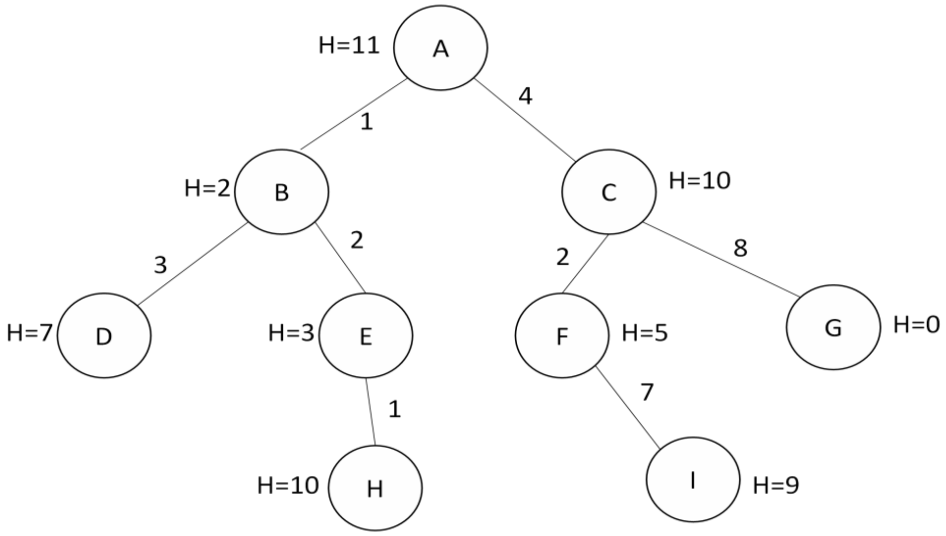
1. Appliquez l’algorithme Min-Max sur cet exemple
2. Appliquez l’algorithme alpha-béta sur cet exemple

TD3 Méthodes de recherche de solutions dans un espace d'états

EXERCICE 1 :

Dans le graphe suivant, l'état A représente l'état de départ. Le nombre au-dessus d'un arc représente le coût de parcours (fonction coût g : coût entre deux nœuds). La valeur de la fonction heuristique h est inscrite à côté du cercle (fonction heuristique h : estimation du chemin qui reste à parcourir).

Exemple : g (A, B) = 1 et h(B) = 2.



1. Indiquez quel est le nœud qui représente le but à atteindre ?

2. Appliquez les algorithmes suivants sur cet exemple et donnez la trace d'exécution en indiquant à chaque itération très clairement la liste, dans l'ordre, des nœuds générés et ceux visités (Ensembles OUVERT et FERME) :

a. Recherche informée du meilleur d'abord (best first Search)

b. Recherche de coût uniforme (Branch and Bound)

c. A*

EXERCICE 2

Dans le graphe suivant, l'état S est l'état de départ et les états G1 et G2 sont les états buts. Le nombre au-dessus d'un arc représente le coût de parcours (coût entre deux nœuds). La valeur de la fonction heuristique h est inscrite à l'intérieur du cercle.

Exemple : g(S, A) = 2 et h(A) = 2.

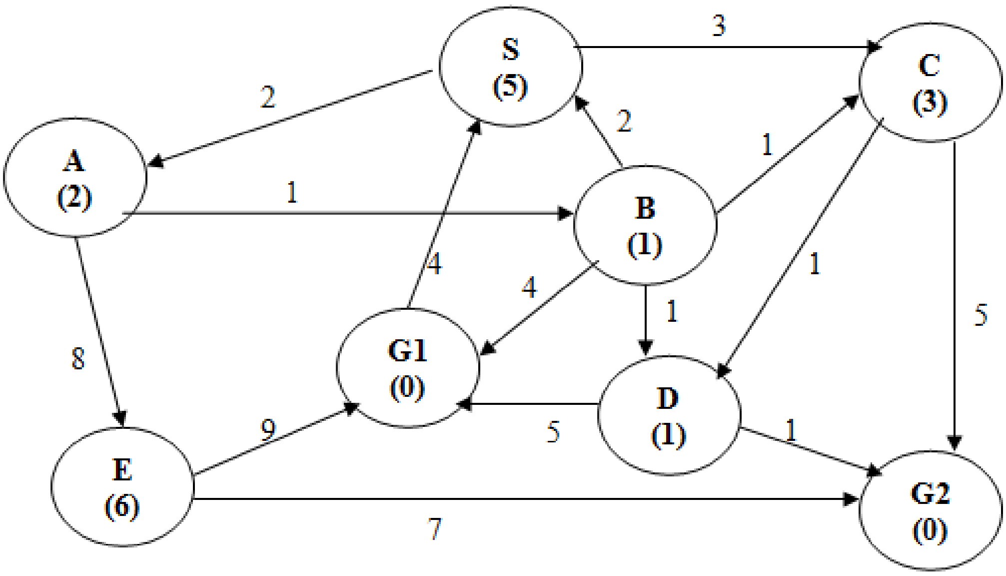
Pour chacune des méthodes de recherche suivantes indiquer clairement la liste, dans l'ordre, des nœuds générés et ceux visités (Ensembles OUVERT et FERME) et indiquer quel est le but atteint. On arrête la recherche dès qu'on a atteint un des buts.

A- Recherche DU MEILLEUR D'ABORD (BEST FIRST SEARCH).

Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

B- Recherche DE COUT UNIFORME (BRANCH AND BOUND)

C- Algorithme A*



Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

TD4 Arbres de jeux

Exercices 1 :

Soit le jeu suivant des 9 allumettes : deux joueurs A et B retirent à tour de rôle trois, deux ou une allumette au choix ; celui qui retire les dernières allumettes perd

Soit la fonction heuristique d'évaluation h(n) suivante :

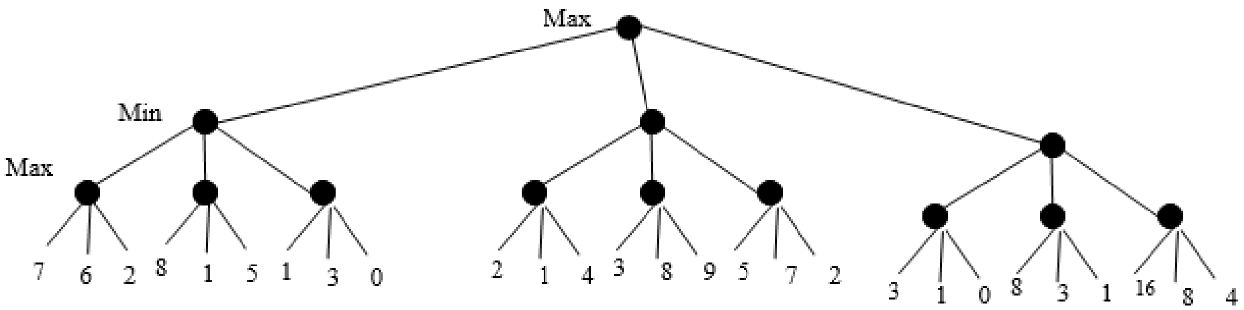
1. h(n)=-n si le nombre d'allumette restant est impaire.
2. h(n)=n si le nombre d'allumettes restant est pair.
3. h(n)=-∞ si le dernier a avoir joué est le premier joueur
4. h(n)=+∞ si le dernier a avoir joué est le deuxième joueur

On considère que la profondeur maximale d'évaluation est limitée à 2.

1. Donner l'arbre de jeu limité à la profondeur 2 reflètent le point de vue du premier joueur A.
2. Donner le meilleur coup pour A avec l'algorithme Min-Max.
3. Sachant que le joueur B utilisent le même principe d'évaluation heuristique donner l'arbre de jeu représentant le point de vue du deuxième joueur après que le premier joueur A ait joué son meilleur coup.
4. Répondre à la question 2 avec l'évaluation $\alpha - \beta$

Exercice 2 :

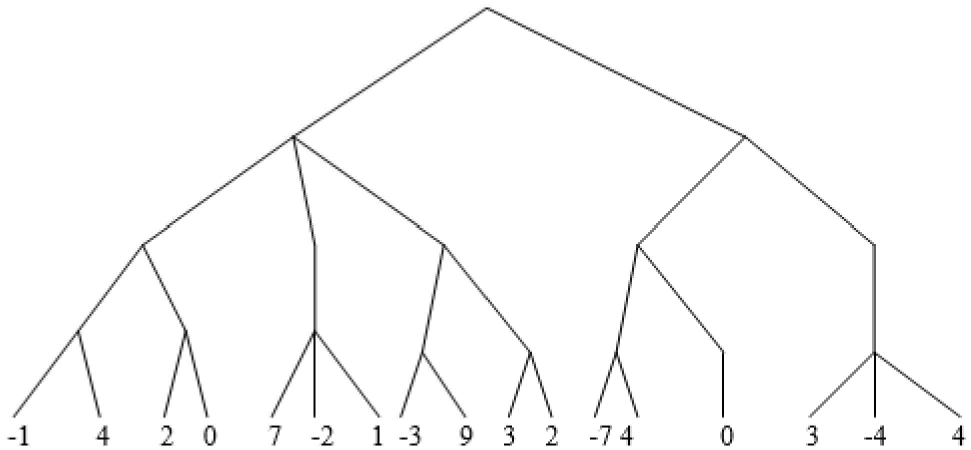
Soit l'arbre de jeu suivant :



a. Appliquer l'algorithme alpha-béta en indiquant clairement les branches supprimés ainsi que les valeurs de α et β.
b. Quel est le meilleur coup pour le joueur maximisant (MAX) ?

Exercice 3 :

Appliquer l'algorithme $\alpha + \beta$ sur l'arbre de jeu suivant en indiquant clairement les branches supprimées et les valeurs de α et de β sachant que le premier niveau est un niveau maximisant.
Remarque : Les valeurs au niveau des feuilles sont les valeurs de la fonction heuristique.



TEK-UP
Ecole Supérieure Privée
Technologie & Ingénierie

Module : Intelligence Artificielle
Enseignante : Hajer TAKTAK

TD6 Systèmes à base de connaissances

Exercice 1 :
Considérez la base des règles et la base des faits suivantes :
R1 : Si (distance.<.2km) Alors (aller à pied)
R2 : Si 2km<distance<= 20km alors aller à vélo
R3 : Si distance.>.20km) Alors (prendre le train)
R4 : Si distance.>.400km et budget-avion Alors (prendre l'avion)
R5 : Si aller en train ou aller en avion alors besoin-billet
R6 : Si universitaire et budget alors ordre mission
R7 : Si ordre-mission et besoin-billet alors billet-prépayé
R8 : Si universitaire et distance<=1000km alors non budget avion
R9 : Si besoin-billet et non ordre mission alors payer-billet
Considérer la base des faits suivante : {universitaire, distance=460, budget).
Que pouvez vous déduire à partir de cette base de connaissances ?

Exercice 2
Considérez la base des règles et la base des faits suivantes :
R1 : si responsabilité et langue-facile et espagnol-parlé alors dynamique
R2 : si langue-facile et anglais-parlé alors adaptabilité
R3 : Si autrichien et dynamique alors adaptabilité
R4 : si responsabilité alors direction
R5 : Si langue-facile alors espagnol-parlé
R6 : Si adaptabilité et direction alors accepté
R7 : Si autrichien alors langue-facile
R8 : Si direction et autrichien alors adaptabilité
Considérer la base des faits suivante : {autrichien et responsabilité).
Que pouvez-vous déduire à partir de cette base de connaissances ?

Exercice 3 :

Soit BF = {B,C} et soit H le fait à établir Soit BR composée des règles :
1.Si B et D et E Alors F
2.Si G et D Alors A
3.Si C et F Alors A
4.Si B Alors X
5.Si D Alors E
6.Si X et A Alors H
7.Si C Alors D
8.Si X et C Alors A
9.Si X et B Alors D

1. Donnez l'algorithme d'un moteur d'inférence tournant en chaînage avant (largeur d'abord).

2. Appliquez cet algorithme avec H comme but à démontrer.

Exercice 4 :

a) si fleur ∧ graine alors phanérogame
b) si phanérogame ∧ graine nue alors sapin
c) si phanérogame ∧ 1-cotylédone alors monocotylédone
d) si phanérogame ∧ 2-cotylédone alors dicotylédone
e) si monocotylédone ∧ rhizome alors muguet
f) si dicotylédone alors anémone
g) si monocotylédone ∧ ¬ rhizome alors lilas
h) si feuille ∧ fleur alors cryptogame
i) si cryptogame ∧ ¬ racine alors mousse
j) si cryptogame ∧ racine alors fougère
k)si ¬ feuille ∧ plante alors thallophyte
l) si thallophyte ∧ chlorophylle alors algue
m) si thallophyte ∧ ¬ chlorophylle alors champignon
n) si ¬ feuille ∧ ¬ fleur ∧ ¬ plante alors colibacille
Déterminer la plante ayant les caractéristiques suivantes : rhizome, fleur, graine, 1-cotylédone

Exercice 5 :
Considérons la base des règles suivante :
R1: L,B,C-> E
R2: E,B,C->F,G,K
R3: H,K-> B,L
R4: C,H-> B,K
R5: C,E,B-> I
R6: I,F-> K,L,A
R7: E,A->D
R8: C-> H,E
Considérons le but {D} et la base des faits {H, B, C}
1) Rappelez le cycle de base d'un moteur d'inférence et donnez le rôle de chaque étape.
2) Résoudre le problème en utilisant le chainage avant (profondeur d'abord, irrévocable et monotone).
3) En considérant {I} comme but et en conservant la même base des faits, résoudre le problème en utilisant l'algorithme d'un moteur d'inférence tournant en chaînage arrière 1.