

---

## Intelligence Artificielle

4 mai 2017

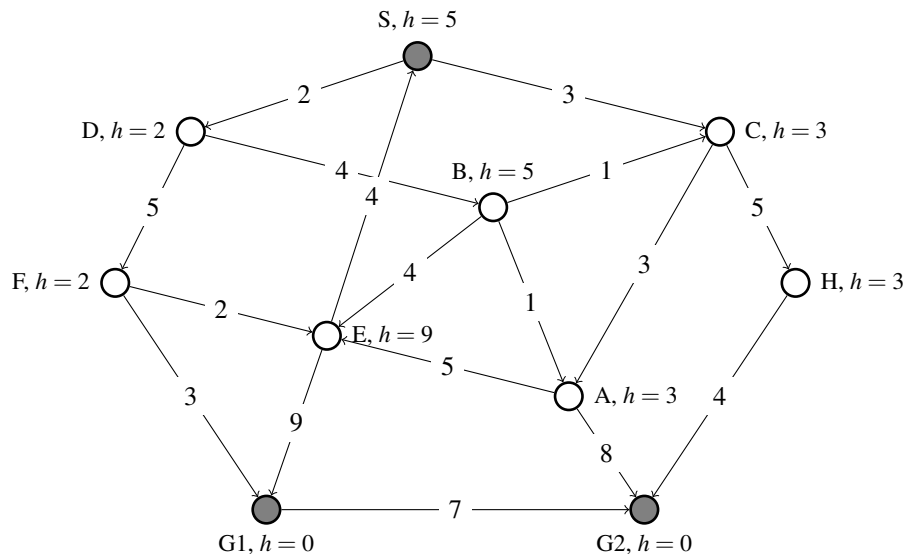
1h30 - Aucun document autorisé

Aucun matériel électronique n'est autorisé - Les téléphones sont formellement interdits

Le barème est donné à titre indicatif et peut être modifié

---

**Exercice 1 (5 points)** – Considérez l'espace de recherche **orienté** suivant. L'état initial est l'état S, les états G1 et G2 satisfont tous deux le test de but. La valeur de l'heuristique  $h$  est indiquée pour chaque nœud, ainsi que le coût du chemin entre chaque état.



1. Appliquez la recherche en **largeur d'abord**. Vous utiliserez l'ordre alphabétique pour classer les nœuds dans votre arbre si nécessaire. Donner l'arbre de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.
2. Appliquez la recherche en **profondeur itérative**. Vous utiliserez l'ordre alphabétique pour classer les nœuds dans votre arbre si nécessaire. Donner les arbres de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.
3. Appliquez la **recherche gloutonne**. Vous utiliserez l'ordre alphabétique pour classer les nœuds dans votre arbre si nécessaire. Donner l'arbre de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.
4. Appliquez l'**algorithme A\***. Vous utiliserez l'ordre alphabétique pour classer les nœuds dans votre arbre si nécessaire. Si un nœud peut apparaître deux fois avec deux valeurs de  $f$  différentes, vous conserverez uniquement celui avec la meilleure (c'est à dire la plus petite) valeur de  $f$ . Donner l'arbre de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.

**Exercice 2 (7 points)** – Soient les formules en logique du 1er ordre suivantes :

1.  $\forall x \text{ oiseau}(x) \Rightarrow (\exists y \text{ arbre}(y) \wedge \text{dort}(x,y))$
2.  $\forall x ((\text{plongeon}(x) \Rightarrow \text{oiseau}(x)) \wedge (\text{plongeon}(x) \Rightarrow \text{aquatique}(x)))$
3.  $\forall x \forall y \text{ arbre}(x) \wedge \text{oiseau}(y) \wedge \text{aquatique}(y) \wedge \text{dort}(y,x) \Rightarrow (\exists z \text{ lac}(z) \wedge \text{a\_cote}(x,z))$
4.  $\forall x \forall y \forall z \text{ dort}(x,y) \wedge \text{lac}(z) \wedge \text{a\_cote}(y,z) \Rightarrow \text{mange\_poisson}(x)$

**Vocabulaire: Prédicats :**  $\text{oiseau}(x)$  :  $x$  est un oiseau ;  $\text{arbre}(x)$  :  $x$  est un arbre ;  $\text{dort}(x,y)$  :  $x$  dort dans  $y$  ;  $\text{plongeon}(x)$  :  $x$  est un plongeon ;  $\text{aquatique}(x)$  :  $x$  est un animal aquatique ;  $\text{lac}(x)$  :  $x$  est un lac ;  $\text{a\_cote}(x,y)$  :  $x$  est à côté de  $y$  ;  $\text{mange\_poisson}(x)$  :  $x$  mange du poisson

1. Traduisez ces phrases en français, en utilisant le vocabulaire donné
2. Utilisez la résolution pour prouver que **tous les plongeurs mangent du poisson**.

**Exercice 3 (5 points)** – Apprentissage automatique

Soit  $f$  la fonction définie de la manière suivante:

$$f(x) = \begin{cases} -x \log(x) - (1-x) \log(1-x) & \text{si } x \in ]0,1[ \\ 0 & \text{si } x = 0 \text{ ou } x = 1 \end{cases}$$

Soient  $SetA$  et  $SetB$  les deux ensembles d'exemples de la table 1. Un exemple possède un identifiant entre 0 et 26, 3 attributs  $a$ ,  $b$ ,  $c$  prenant les valeurs 0, 1 ou 2 et appartient à une classe + ou −.

<i>SetA</i>					<i>SetB</i>				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	classe		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	classe
0	0	0	0	−	1	0	0	1	−
2	0	0	2	+	3	0	1	0	+
6	0	2	0	−	8	0	2	2	−
7	0	2	1	+	11	1	0	2	+
10	1	0	1	−	12	1	1	0	−
15	1	2	0	−	18	2	0	0	−
17	1	2	2	+	19	2	0	1	+
21	2	1	0	−	22	2	1	1	−
24	2	2	0	−	26	2	2	2	−

Table 1: Les ensembles  $SetA$  et  $SetB$

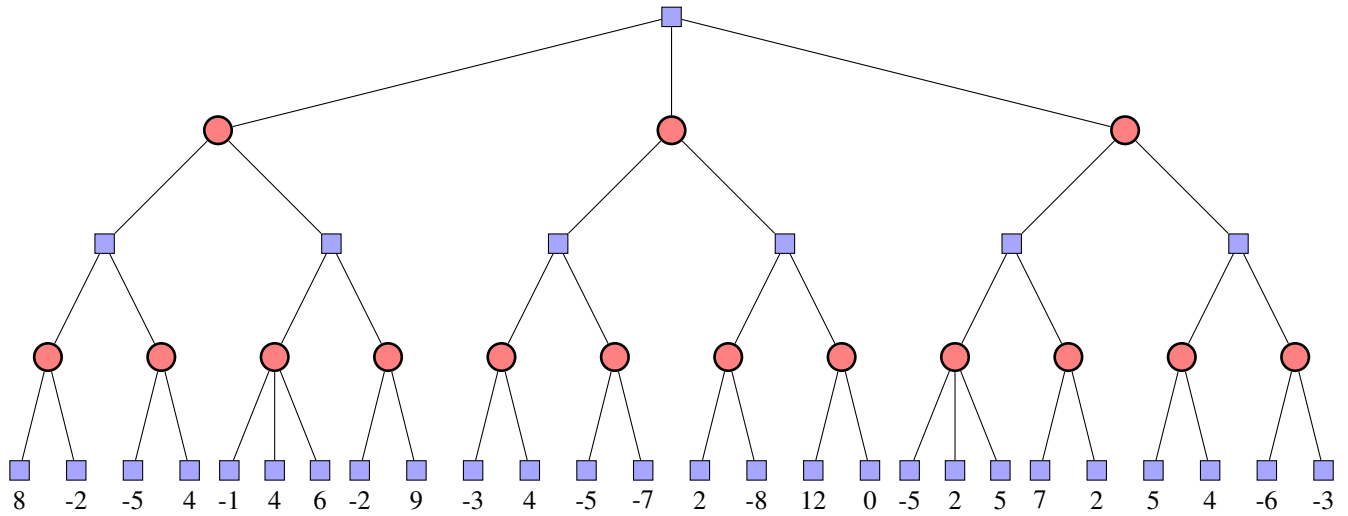
Sur  $SetA$ , on va construire  $TreeA$  avec le principe de minimisation de l'entropie.

1. A quoi sert la fonction  $f$  ? Que représente-t-elle ?
2. Comparer  $E(a)$ ,  $E(b)$  et  $E(c)$  les entropies à priori des attributs  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .  
Le but étant une comparaison, on effectuera le moins de calculs numériques que possible.  
Pour faciliter les calculs éventuels, on pourra utiliser  $\log(2) = 0.7$ ,  $\log(3) = 1.1$ .
3. Construire  $TreeA$ .
4. Tester  $TreeA$  sur l'ensemble  $SetB$ .
5. Conclure.

**Exercice 4 (3 points)** – Considérez les arbres suivants. Les nœuds MAX sont représentés par un carré, les nœuds MIN par un rond. La racine est un nœud MAX, et les valeurs aux feuilles correspondent à l'utilité obtenue par le joueur MAX. Si MAX gagne la valeur  $x$ , le joueur MIN gagnera la valeur  $-x$ .

Vous pouvez répondre aux questions suivantes directement sur le sujet, et rendre cette feuille complétée avec votre copie.

1. Appliquez l'algorithme MINIMAX sur cet arbre de jeu. Quelle est l'utilité obtenue par le joueur MAX?



2. Appliquez l'algorithme  $\alpha$ - $\beta$  sur cet arbre de jeu, en indiquant bien sur chaque nœud quelles sont les utilités remontées. Quelles branches seront coupées?

