

---

**Intelligence artificielle**

18 mai 2020

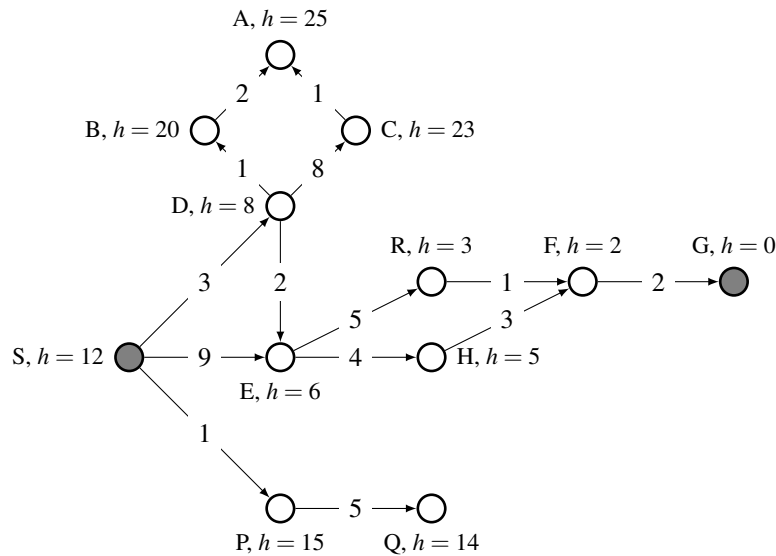
Devoir en distanciel à rendre avant le 19/05 – 8h

Le devoir doit être **personnel**

Le barème est donné à titre indicatif et peut être modifié

---

**Exercice 1 (6 points)** – Considérez l'espace de recherche **orienté** suivant. L'état initial est l'état S, l'état final est G. 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. On supposera que l'on ne passera pas deux fois par le même nœud sur le même chemin (la même branche de l'arbre de recherche). Donnez l'arbre de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.
2. Appliquez la recherche en **profondeur d'abord**. Vous utiliserez l'ordre alphabétique pour classer les nœuds dans votre arbre si nécessaire. On supposera que l'on ne passera pas deux fois par le même nœud sur le même chemin (la même branche de l'arbre de recherche). Donnez l'arbre 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. On supposera que l'on ne passera pas deux fois par le même nœud sur le même chemin (la même branche de l'arbre de recherche). Donnez 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  $f$ . Donnez l'arbre de recherche ainsi que la suite des nœuds développés.
5. Définissez ce qu'est une **heuristique admissible**. Proposez une autre heuristique admissible pour chacun des nœuds de cet espace de recherche

**Exercice 2 (5 points)** – Soient les formules en logique du 1er ordre suivantes :

1.  $\forall x \text{ enfant}(x) \Rightarrow \text{aime}(x, \text{PereNoel})$
2.  $\forall x \text{ aime}(x, \text{PereNoel}) \Rightarrow \forall y (\text{renne}(y) \Rightarrow \text{aime}(x, y))$
3.  $\text{renne}(\text{Rudolphe}) \wedge \text{nez\_rouge}(\text{Rudolphe})$
4.  $\forall x \text{ nez\_rouge}(x) \Rightarrow (\text{bizarre}(x) \vee \text{clown}(x))$
5.  $\neg \exists x (\text{renne}(x) \wedge \text{clown}(x))$
6.  $\forall x \text{ bizarre}(x) \Rightarrow \neg \text{aime}(\text{Scrooge}, x)$

**Vocabulaire:**

**Prédicats :**  $\text{enfant}(x)$  :  $x$  est un enfant ;  $\text{aime}(x, y)$  :  $x$  aime  $y$  ;  $\text{renne}(x)$  :  $x$  est un renne ;  $\text{nez\_rouge}(x)$  :  $x$  a le nez rouge ;  $\text{bizarre}(x)$  :  $x$  est bizarre ;  $\text{clown}(x)$  :  $x$  est un clown

**Constantes :** PereNoel ; Rudolphe ; Scrooge

1. Traduisez ces phrases en français, en utilisant le vocabulaire donné
2. Utilisez la résolution pour prouver que **Scrooge n'est pas un enfant**.

**Exercice 3 (3 points)** – Soit la carte, composée de 9 pays, suivante :

A		B	
C			D
E	F	G	
H		I	

On considère le *problème de coloriage* consistant à associer une couleur à chaque pays de façon à ce que deux régions adjacentes soient de couleurs différentes. Trois couleurs sont disponibles : **Rouge**, **Jaune** et **Vert**. Notez que les pays ne se touchent pas en diagonale :  $C$  ne touche pas  $G$  par exemple.

1. Dessinez le graphe de contraintes correspondant à ce problème
2. Trouvez un coloriage à 3 couleurs de ce graphe en utilisant l'heuristique MRV et l'heuristique du degré. Si plusieurs choix s'offrent à vous, vous appliquerez les couleurs en respectant l'ordre  $\{R, J, V\}$ , et vous choisirez les pays par ordre alphabétique.  
A chaque étape, vous justifierez votre choix en indiquant quelle heuristique vous avez appliquée.

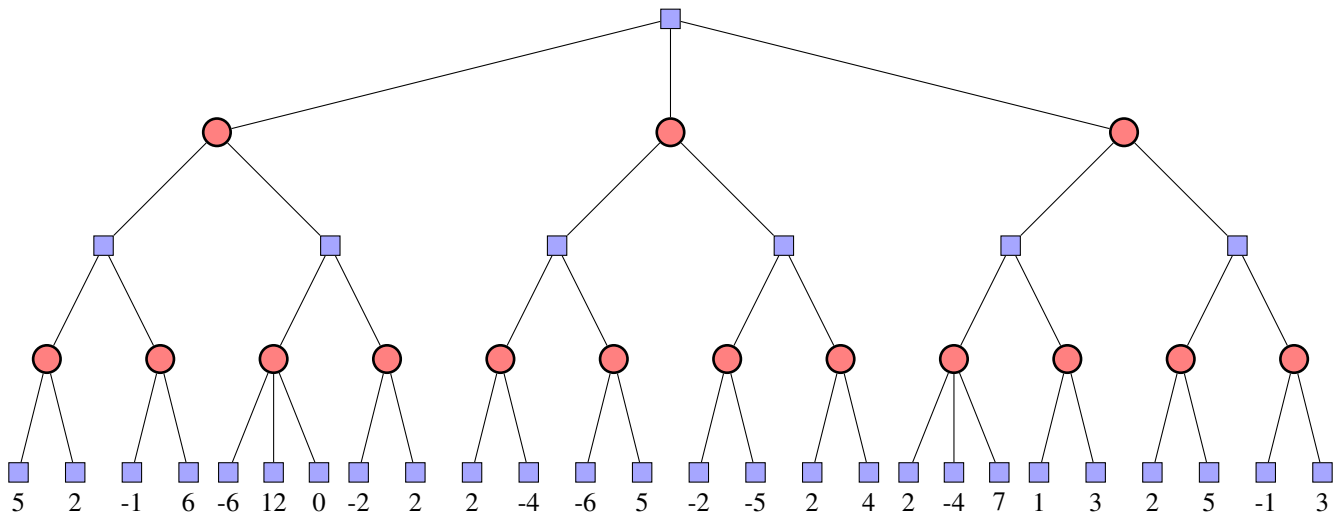
#### Exercice 4 (4 points) – Logique du premier ordre

Traduire en logique des prédicats les phrases suivantes. N'oubliez pas de préciser le vocabulaire utilisé.

1. Quelqu'un aime tout le monde
2. Marie aime tout le monde, sauf Georges
3. Tout le monde aime Marie
4. Au moins deux personnes aiment Marie
5. Tous ceux que Marie aime aiment quelqu'un qui est heureux
6. Personne ne parle
7. Quelqu'un parle et marche

#### Exercice 5 (2 points) – Considérez l'arbre de jeu suivant.

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  $-x$ . Les carrés représentent des nœuds MAX, et les ronds des nœuds MIN:



1. Appliquez l'algorithme  $\alpha$ - $\beta$  sur cet arbre de jeu, en indiquant sur chaque nœud quelles sont les utilités remontées. Quelles branches seront coupées?
2. Quelle est l'utilité obtenue par le joueur MIN?