

Correction Examen (Session principale)

Filière : GLSI

A.U : 2021-2022

Niveau : Deuxième année

Matière : Fondements de l'intelligence artificielle

Exercice1

Question 1 (5 points):

Donner la suite des configurations selon la méthode hill-climbing de **c** parcourues.

★ **n=1 :**

	actuelle, n=1	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=2																																							
	c=1	c=2 ?	c=3 ?	c=4 ?																																					
Configuration	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1	6	4	7		5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1		4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>7</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1	6	4		7	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>5</td><td></td></tr></table>		2	8	3	1	6	4	7	5	
2	8	3																																							
1	6	4																																							
7		5																																							
2	8	3																																							
1		4																																							
7	6	5																																							
2	8	3																																							
1	6	4																																							
	7	5																																							
2	8	3																																							
1	6	4																																							
7	5																																								
f(c)	1+4=5	<u>2+5=7</u> <input checked="" type="checkbox"/>	2+3=5	2+3=5																																					

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1

★ **n=2 :**

	actuelle, n=2	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=3																																																
	c=2	c=5 ?	c=6 ?	c=7 ?	c=8 ?																																													
Configu ration	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1		4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1	6	4	7		5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1	4		7	6	5	<table><tr><td>2</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2		3	1	8	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3		1	4	7	6	5
	2	8	3																																															
	1		4																																															
7	6	5																																																
2	8	3																																																
1	6	4																																																
7		5																																																
2	8	3																																																
1	4																																																	
7	6	5																																																
2		3																																																
1	8	4																																																
7	6	5																																																
2	8	3																																																
	1	4																																																
7	6	5																																																
f(c)	2+5=7	3+4=7	3+4=7	3+5=8 <input checked="" type="checkbox"/>	3+5=8																																													

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2

★ n=3 :

	actuelle, n=3	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=4																																							
	c=7	c=9 ?	c=10 ?	c=11 ?																																					
Configuration	<table><tr><td>2</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2		3	1	8	4	7	6	5	<table><tr><td></td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		2	3	1	8	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1		4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		2	3		1	8	4	7	6	5
	2		3																																						
	1	8	4																																						
	7	6	5																																						
	2	3																																							
1	8	4																																							
7	6	5																																							
2	8	3																																							
1		4																																							
7	6	5																																							
2	3																																								
1	8	4																																							
7	6	5																																							
f(c)	3+5=8	4+6=10 <input type="checkbox"/>	4+5=9	4+4=8																																					

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→7

★ n=4 :

	actuelle, n=4	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=5																												
	c=9	c=12 ?	c=13 ?																											
Configuration	<table><tr><td></td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		2	3	1	8	4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3		8	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2		3	1	8	4	7	6	5
	2	3																												
1	8	4																												
7	6	5																												
1	2	3																												
	8	4																												
7	6	5																												
2		3																												
1	8	4																												
7	6	5																												
f(c)	4+6=10	5+7=12 <input checked="" type="checkbox"/>	5+5=10																											

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→7→9

★ **n=5 :**

	actuelle, n=5	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=6																																						
	c=12	c=14 ?	c=15 ?	c=16 ?																																				
Configuration	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3		8	4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	8		4	7	6	5	<table><tr><td></td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		2	3	1	8	4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	7	8	4		6	5
	1	2	3																																					
		8	4																																					
	7	6	5																																					
1	2	3																																						
8		4																																						
7	6	5																																						
	2	3																																						
1	8	4																																						
7	6	5																																						
1	2	3																																						
7	8	4																																						
	6	5																																						
f(c)	5+7=12	6+8=14 <input checked="" type="checkbox"/>	6+6=12	6+6=12																																				

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→7→9→12

★ **n=6 :**

	actuelle, n=6	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=7																																																
	c=14	c=17 ?	c=18 ?	c=19 ?	c=20 ?																																													
Configuration	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	8		4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3		8	4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>8</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	8	4		7	6	5	<table><tr><td>1</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>8</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1		3	8	2	4	7	6	5	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>8</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	8	6	4	7		5
	1	2	3																																															
	8		4																																															
	7	6	5																																															
1	2	3																																																
	8	4																																																
7	6	5																																																
1	2	3																																																
8	4																																																	
7	6	5																																																
1		3																																																
8	2	4																																																
7	6	5																																																
1	2	3																																																
8	6	4																																																
7		5																																																
f(c)	6+8=14	7+7=14, No	7+7=14, No	7+7=14, No	7+7=14, No																																													

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→7→9→12→14

Question 2 (1 point): Quelle configuration **c** trouverait la méthode hill-climbing?

Réponse :hill-climbing termine et retourne la configuration c= 14 :

1	2	3
8		4
7	6	5

- ❖ Si la configuration $c=8$ est choisie à l'itération $n=2$, au lieu de la configuration $c=7$

★ $n=3$:

	actuelle, n=3	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=4																																							
	c=8	c=9 ?	c=10 ?	c=11 ?																																					
Configuration	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3		1	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3	1		4	7	6	5	<table><tr><td></td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		8	3	2	1	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>7</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		2	8	3	7	1	4		6	5
	2	8	3																																						
		1	4																																						
	7	6	5																																						
2	8	3																																							
1		4																																							
7	6	5																																							
	8	3																																							
2	1	4																																							
7	6	5																																							
2	8	3																																							
7	1	4																																							
	6	5																																							
f(c)	3+5=8	4+5=9	4+5=9 <input checked="" type="checkbox"/>	4+4=8																																					

→ suite des configurations de c parcourues : $1 \rightarrow 2 \rightarrow 8$

★ $n=4$:

	actuelle, n=4	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=5																												
	c=10	c=12 ?	c=13 ?																											
Configuration	<table><tr><td></td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		8	3	2	1	4	7	6	5	<table><tr><td>2</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	2	8	3		1	4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8		3	2	1	4	7	6	5
	8	3																												
2	1	4																												
7	6	5																												
2	8	3																												
	1	4																												
7	6	5																												
8		3																												
2	1	4																												
7	6	5																												
f(c)	4+5=9	5+5=10	5+5=10 <input checked="" type="checkbox"/>																											

→ suite des configurations de c parcourues : $1 \rightarrow 2 \rightarrow 8 \rightarrow 10$

★ n=5 :

	actuelle, n=5	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=6																																							
	c=13	c=14 ?	c=15 ?	c=16 ?																																					
Configur ation	<table><tr><td>8</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8		3	2	1	4	7	6	5	<table><tr><td></td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		8	3	2	1	4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8	3		2	1	4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>		8	1	3	2		4	7	6	5
	8		3																																						
	2	1	4																																						
	7	6	5																																						
	8	3																																							
2	1	4																																							
7	6	5																																							
8	3																																								
2	1	4																																							
7	6	5																																							
8	1	3																																							
2		4																																							
7	6	5																																							
f(c)	5+5=10	6+5=11	6+4=10	6+5=11 <input checked="" type="checkbox"/>																																					

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→8→10→13

★ n=6 :

	actuelle, n=6	possibles (c'est-à-dire niveau suivant),n=6																																																
	c=16	c=17 ?	c=18 ?	c=19 ?	c=20 ?																																													
Configur ation	<table><tr><td>8</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8	1	3	2		4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8		3	2	1	4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8	1	3		2	4	7	6	5	<table><tr><td>8</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>5</td></tr></table>	8	1	3	2	6	4	7		5	<table><tr><td>8</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	8	1	3	2	4		7	6	5
	8	1	3																																															
	2		4																																															
	7	6	5																																															
8		3																																																
2	1	4																																																
7	6	5																																																
8	1	3																																																
	2	4																																																
7	6	5																																																
8	1	3																																																
2	6	4																																																
7		5																																																
8	1	3																																																
2	4																																																	
7	6	5																																																
f(c)	6+5=11	6+5=11, No	6+5=11, No	6+4=10, No	6+4=10, No																																													

→ suite des configurations de **c** parcourues : 1→2→8→10→13→16

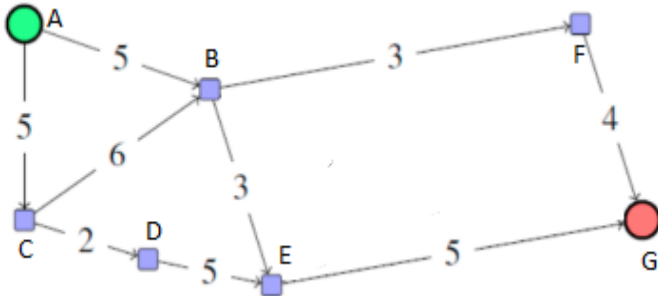
Question 2 (1 point): Quelle configuration **c** trouverait la méthode hill-climbing?

Réponse :hill-climbing termine et retourne la configuration c= 16 :

8	1	3
2		4
7	6	5

Exercice 3 : A* pour la recherche dans un graphe (11 points)

Considérez la carte suivante. L'objectif est de trouver le chemin le plus court de A vers G. On donne également trois heuristiques, h1, h2 et h3.



Noeud	A	B	C	D	E	F	G
h1	10	5	10	10	5	3	0
h2	10	8	11	6	2	5	0
h3	10	6	11	9	2	4	0

Soit la classe Graph suivante :

```
# 1-Définir notre graph
class Graph:
    # Initialiser la classe
    def __init__(self, graph_dict=None, directed=True):
        self.graph_dict = graph_dict or {}
        self.directed = directed
    ...
    def connect(self, A, B, distance=1):
        self.graph_dict.setdefault(A, {})[B] = distance
        if not self.directed:
            self.graph_dict.setdefault(B, {})[A] = distance
    ...
```

Questions :

- Donner les instructions qui permettent :
 - de créer les listes open et closed.(0.5 point)
 → `open = []`
 `closed = []`
 - de créer le nœud de départ et le nœud objectif, sachant que le constructeur `def __init__(self, name:str, parent:str)`, est utilisé pour créer un objet Node. (1 point)
 → `start_node = Node(start, None)`
 `goal_node = Node(end, None)`
 - d'ajouter le nœud de départ à la liste open.(0.5 point)
 → `open.append(start_node)`
 - de créer un objet Graph. (0.5 point)
 → `graph = Graph()`

- de créer les connexions de ce graphe (1.5 point, 3 corrects ← 0.5 point)

→ `graph.connect('A', 'B', 5)`
`graph.connect('A', 'C', 5)`
`graph.connect('C', 'B', 6)`
`graph.connect('C', 'D', 2)`
`graph.connect('B', 'E', 3)`
`graph.connect('B', 'F', 3)`
`graph.connect('D', 'E', 5)`
`graph.connect('F', 'G', 4)`
`graph.connect('E', 'G', 5)`

- de créer les heuristiques de h1 pour chaque node. (1 point)

→ `heuristics = {}`
`heuristics['A'] = 10`
`heuristics['B'] = 5`
`heuristics['C'] = 10`
`heuristics['D'] = 10`
`heuristics['E'] = 5`
`heuristics['F'] = 3`
`heuristics['G'] = 0`

2. Est-ce que h1, h2 et h3 sont admissibles ? Justifier. (2 points)

Noeud	A	B	C	D	E	F	G
h1	10	5	10	10	5	3	0
h2	10	8	11	6	2	5	0
h3	10	6	11	9	2	4	0
h*	12	7	12	10	5	4	0

→ h1 est admissible puisque pour chaque noeud $h1 \leq h^*$.

h2 n'est pas admissible : $h2(B) > h^*(B)$, $h2(F) > h^*(F)$.

h3 est admissible puisque pour chaque noeud $h3 \leq h^*$.

3. Quelles relations de dominance existent entre ces trois heuristiques? (1 point)
- Pour (h2, h1), on ne peut pas parler de domination puisque h2 n'est pas admissible.
- Pour (h2, h3), on ne peut pas parler de domination puisque h2 n'est pas admissible.
- Pour (h1, h3), ni l'un ni l'autre puisque on a $h3(B) > h1(B)$ et $h1(D) > h3(D)$.
4. Appliquer la recherche A* en utilisant h1. Donner la suite des noeuds développés. (3 points)

	Contenu de open à chaque itération (état, f, parent)	Contenu de closed à chaque itération
1	(A , 10, void)	vide
2	(B , 10, A), (C, 15, A)	(A, 10, void)
3	(F , 11, B), (E, 13, B), (C, 15, A)	(A, 10, void), (B, 10, A)
4	(G , 12, F), (E, 13, B), (C, 15, A)	(A, 10, void), (B, 10, A), (F, 11, B)
5	Solution : A → B → F → G	(A, 10, void), (B, 10, A), (F, 11, B), (G, 12, B)

% Fin %