



## Introduction à l'intelligence artificielle Théorie et algorithmes

<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	4
<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	5
<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	6
<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	7
<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	8
<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	9

← Veuillez coder votre numéro d'étudiant ci-contre, et écrire votre nom dans la case ci-dessous. Ce numéro se trouve après votre date de naissance sur votre carte d'étudiant. La première colonne code le premier chiffre, ...

NOM
Prénom
.....
.....

**Durée : 2h00**  
 Les documents de cours et vos notes personnelles sont **interdits**.  
 L'usage de la **calculatrice** est **autorisé**.  
 Les questions sont **interdites**.

Veuillez répondre aux questions ci-dessous du mieux que vous pouvez. Les questions ♣ peuvent comporter plusieurs réponses correctes. Les autres questions ne comportent qu'une seule bonne réponse. Penser à rendre avec votre copie, le sujet que vous aurez correctement rempli.

### Jeux

Soit un jeu à 2 joueurs qui se joue sur un échiquier 8 \* 8. Les abscisses sont numérotées de gauche à droite de 0 à 7 et les ordonnées sont numérotées de bas en haut de 0 à 7. Il y sur l'échiquier un unique pion que les joueurs peuvent déplacer chacun à leur tour. Les mouvements autorisés (sous réserve de ne pas sortir de l'échiquier) sont les suivants :

- chaque joueur peut déplacer le pion d'une case ou de deux cases vers la gauche.
- chaque joueur peut déplacer le pion d'une case ou de deux cases vers le bas.

Si le joueur dont c'est le tour n'a pas de mouvement disponible, il a perdu la partie (le jeu respecte la forme normale).



**Question 1** Représenter l'échiquier.

A B C D E

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

**Question 2** Donner la définition du nombre de Grundy (ou nimber) de chaque case.

A B C D E

.....
.....
.....
.....
.....

**Question 3** A quoi correspondent les cases dont le nombre de Grundy est nul ? A quoi correspondent les cases dont le nombre de Grundy n'est pas nul ?

A B C D E

.....
.....
.....



**Question 4** Calculer le nombre de Grundy de chacune des cases. A B C D E

.....

.....

.....

.....

**Question 5** Quel joueur a une stratégie gagnante si la partie commence en (8,6) ? Quelle est cette stratégie ? A B C D E

.....

.....

.....

.....

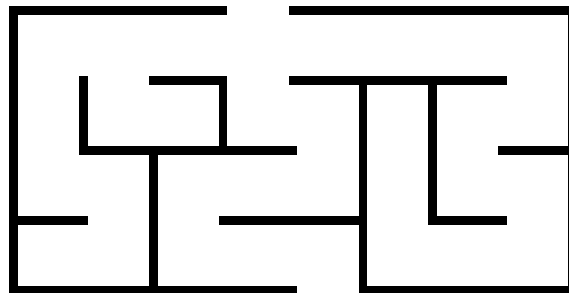


FIGURE 1 – labyrinthe



**Question 6** Veuillez remplir l'ensemble des cases du labyrinthe de la figure 1 visitées par l'algorithme A\* avec comme heuristique la distance de Manhattan. Vous remplirez les cases avec les couples  $(g, h)$  de l'algorithme. Chaque case est désignée en notation matricielle par un couple (numeroLigne,numeroColonne). L'entrée du labyrinthe est en haut en  $(1,4)$  et la sortie est en bas en  $(4,5)$ .

A B C D E

**Question 7** Combien de noeuds a-t-on évité de développer par rapport à l'algorithme de Dijkstra ? Justifier.

A B C D E

.....

.....

.....

**Question 8** Quelle propriété de la distance de Manhattan est pertinente pour ce problème ? Expliquer.

A B C D E

.....

.....

.....

---

## Apprentissage

---

On construit un modèle de prévision dépend d'un hyperparamètre H (ex. les réseaux de neurones dépendent du nombre de neurones, les forêts aléatoires dépendent du nombre d'arbres, ...). On calcule l'erreur d'apprentissage (EA) et l'erreur de prévision (EP) en fonction des valeurs de cet hyperparamètre, donnés par la figure 2.

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EA	201	182	175	172	168	165	163	161	160	159
EP	85	80	78	75	79	81	82	85	90	92

FIGURE 2 – apprentissage



**Question 9** Quelle valeur choisissez-vous pour l'hyperparamètre  $H$  ?

- A  B  C  D  E

.....

.....

.....

.....

**Question 10** Soit  $[0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1]$  les 8 valeurs de la variable cible de la base d'apprentissage. Quelle est l'entropie de cette variable ?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> $5/8 \log(3/8) - 3/8 \log(5/8)$ | <input type="checkbox"/> $5/8 \log(5/8) + 3/8 \log(3/8)$    |
| <input type="checkbox"/> $3/8 \log(5/8) + 5/8 \log(3/8)$ | <input type="checkbox"/> $-(5/8 \log(5/8) + 3/8 \log(3/8))$ |

**Question 11** ♣ Qu'est-ce qui peut provoquer un surajustement ?

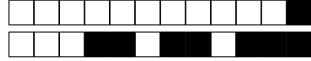
- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Augmenter le nombre d'arbres dans une forêt aléatoire                   | décision   |
| <input type="checkbox"/> Augmenter le nombre de voisins dans la méthode des plus proches voisins | <input type="checkbox"/> Augmenter le nombre de neurones d'un réseau |
| <input type="checkbox"/> Augmenter la profondeur d'un arbre de                                   | <input type="checkbox"/> Aucune de ces réponses n'est correcte.      |

**Question 12** ♣ Quelles méthodes peuvent être sujettes au surajustement ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> plus proches voisins | <input type="checkbox"/> Naïve Bayes                            |
| <input type="checkbox"/> arbres de décision   | <input type="checkbox"/> Aucune de ces réponses n'est correcte. |
| <input type="checkbox"/> réseaux de neurones  |   |

**Question 13** ♣ Pour quelles méthodes est-il indispensable de scaler (normer) les variables explicatives ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Naïve Bayes          | <input type="checkbox"/> arbres de décision                     |
| <input type="checkbox"/> réseaux de neurones  | <input type="checkbox"/> Aucune de ces réponses n'est correcte. |
| <input type="checkbox"/> plus proches voisins |   |



---

## Optimisation

---

Soit le problème du voyageur de commerce de la figure 3

	A	B	C	D	E
A	x	6	8	4	5
B	5	x	7	4	5
C	8	7	x	8	6
D	4	4	8	x	8
E	5	5	6	8	x

FIGURE 3 – voyageur de commerce



**Question 14** Appliquer l'algorithme de Little pour trouver la solution minimale à ce problème.

A B C D E

A large rectangular area with a solid black border, containing 18 horizontal dotted lines for writing the solution.