

# Examen d'introduction à l'IA : théorie et algorithmes

16 décembre 2021

2 feuilles de notes manuscrites autorisées.

La clarté et la précision de la rédaction seront prises en compte dans l'évaluation.

Le barème est indicatif.

Aucune question ne pourra être posée durant l'examen.

En cas de doute concernant le sujet,  
vous poursuivrez votre réponse en expliquant vos hypothèses.

Merci de bien indiquer votre numéro de groupe.

Durée : 2h

## Exercice 1 /4 pt

On considère un problème de classification dans lequel nous avons  $n$  variables explicatives et une classe ayant  $m$  valeurs (modalités) possibles.

Pour résoudre ce problème nous créons un réseau de neurones ayant  $nbc$  couches cachées.

On appelle  $nn_i$  le nombre de neurones de la couche cachée  $i$  ( $i = 1, \dots, nbc$ ).

1. Donnez le nombre total de poids et de biais de ce réseau. On veillera à donner les détails du calcul.
2. Expliquez brièvement (3-4 phrases) comment sont calculés ces poids et ces biais.

## Exercice 2

On souhaite déterminer si un patient risque de faire un infarctus en fonction de:

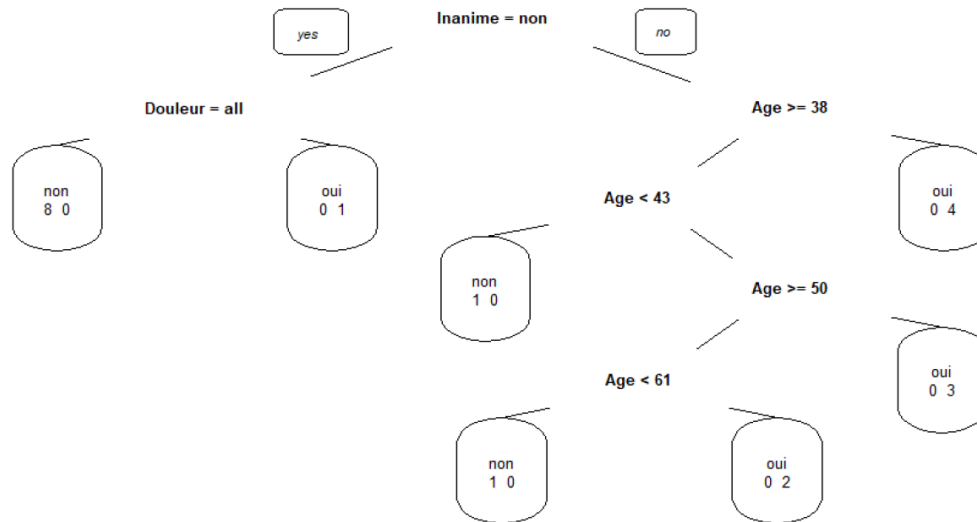
- son age
- S'il est inanimé ou non
- S'il a des douleurs à la poitrine ou ailleurs

On va apprendre deux modèles, arbre de décision et réseau de neurones, sur la base d'apprentissage suivante.

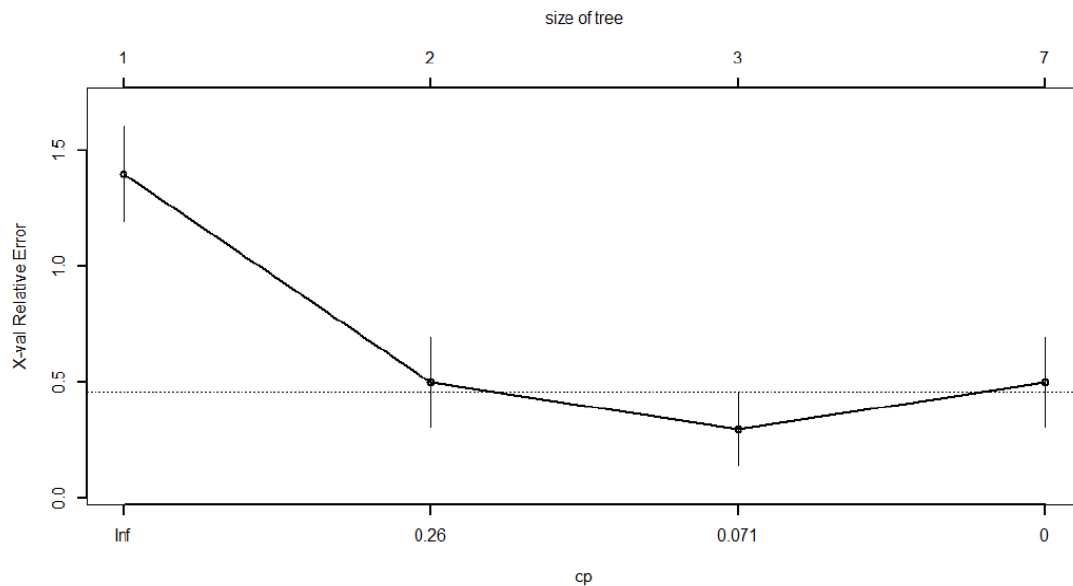
|    | Douleur  | Age | Inanimé | Infarctus |  |    | Douleur  | Age | Inanimé | Infarctus |
|----|----------|-----|---------|-----------|--|----|----------|-----|---------|-----------|
| 1  | ailleurs | 21  | non     | non       |  | 11 | poitrine | 35  | non     | oui       |
| 2  | ailleurs | 25  | non     | non       |  | 12 | ailleurs | 34  | oui     | oui       |
| 3  | ailleurs | 31  | non     | non       |  | 13 | ailleurs | 34  | oui     | oui       |
| 4  | ailleurs | 34  | non     | non       |  | 14 | poitrine | 25  | oui     | oui       |
| 5  | ailleurs | 35  | non     | non       |  | 15 | poitrine | 35  | oui     | oui       |
| 6  | ailleurs | 36  | non     | non       |  | 16 | poitrine | 45  | oui     | oui       |
| 7  | ailleurs | 36  | non     | non       |  | 17 | poitrine | 45  | oui     | oui       |
| 8  | ailleurs | 48  | non     | non       |  | 18 | poitrine | 48  | oui     | oui       |
| 9  | poitrine | 41  | oui     | non       |  | 19 | poitrine | 70  | oui     | oui       |
| 10 | poitrine | 52  | oui     | non       |  | 20 | poitrine | 70  | oui     | oui       |

### Partie 1 : Arbre de décision /4 pt

1. Quelle est l'entropie de la variable cible?
2. On obtient l'arbre complet de la figure ci-dessous. Donnez, au choix, le gain ou l'entropie résiduelle après le 1er split.



3. A partir du graphique de l'erreur en fonction de la complexité de l'arbre, déterminez l'arbre optimal (meilleur élagage). Dessinez-le sans oublier les valeurs des feuilles terminales.

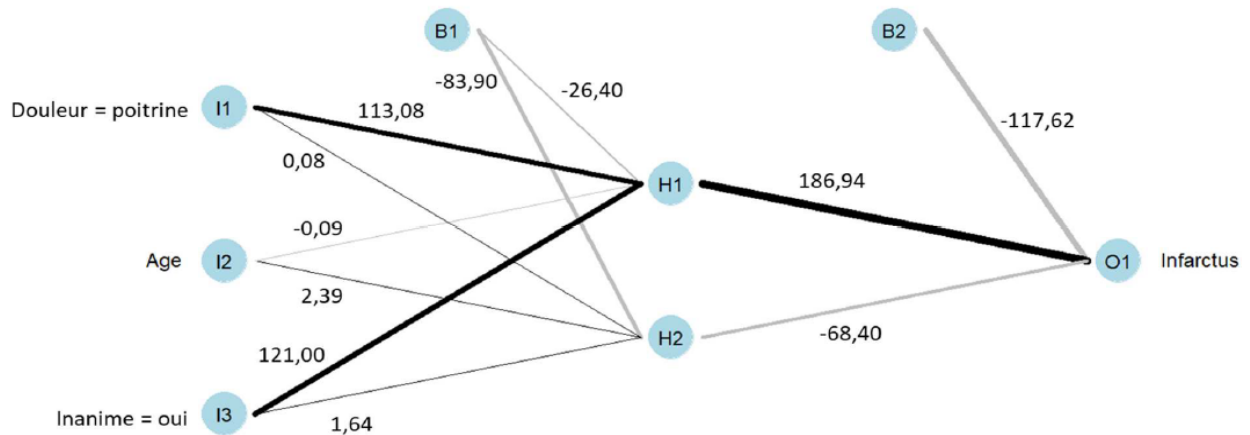


4. Quel est le diagnostic prédit pour un individu de 52 ans, inanimé, ayant une douleur à la poitrine :
- avec l'arbre complet ?
  - avec l'arbre optimal ?
5. Calculer la matrice de confusion et en déduire le taux d'erreur.

## Partie 2 : Réseau de neurones /4 pt

Ci-dessous, le résultat de l'apprentissage d'un réseau à 2 neurones avec comme fonction d'activation la fonction sigmoïde,

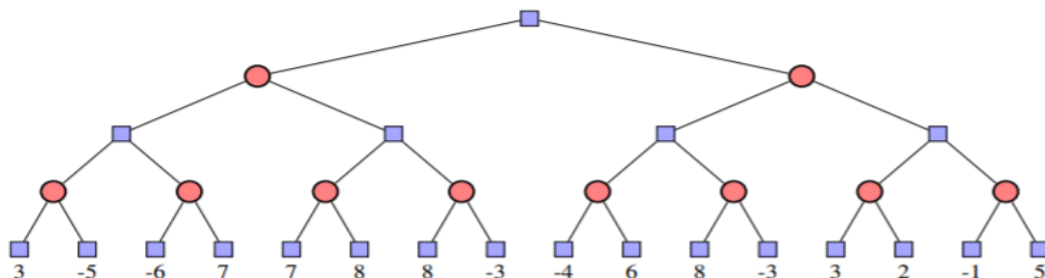
$$f(x) = 1/(1 + \exp(-x))$$



1. Écrire les neurones cachés  $H1$  et  $H2$  en fonction des entrées.
2. À quoi correspond le neurone de sortie. Exprimer le neurone de sortie en fonction des neurones cachés  $H1$  et  $H2$ .
3. Quel est le diagnostic prédit pour un individu de 52 ans, inanimé, sans douleur à la poitrine? Expliquez vos calculs.

## Exercice 3: /4 pt

Soit l'arbre de jeux suivant où la racine correspond au joueur Max.



1. Quelle est la signification des valeurs des feuilles? De quelle(s) manière ont-elles pu être obtenues ?
2. Appliquez l'algorithme Minimax. Quelle est la signification de la valeur de la racine ?
3. Quelle utilisation le joueur Max ferait-il du résultat de l'application de MiniMax ?
4. Appliquez l'algorithme Alpha-beta.

### Exercice 4 /4 pt

Soit la matrice suivante représentant un TSP asymétrique :

|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | $\infty$ | 20       | 30       | 10       | 11       |
| 2 | 15       | $\infty$ | 16       | 4        | 2        |
| 3 | 3        | 5        | $\infty$ | 2        | 4        |
| 4 | 19       | 6        | 18       | $\infty$ | 3        |
| 5 | 16       | 4        | 7        | 16       | $\infty$ |

1. Appliquer l'algorithme de Little pour trouver la solution à ce TSP. Vous devez justifier toutes les branches que vous coupez.
2. Combien de noeuds avez-vous évités de parcourir par rapport à l'algorithme naïf qui teste tous les chemins hamiltoniens ?