

Examen ING3-GEE EILCO - Intelligence Artificielle

Janvier 2023

Nom :

Prénom :

Total: 27 points

Durée: 2h

Instructions générales: L'examen comprend 2 parties (Chacune de ces parties reprenant différentes sous-questions). Vous êtes libres de rédiger vos réponses sur des pages supplémentaires en veillant toutefois à bien indiquer le numéro de chaque question. Une fois l'examen terminé, Assurez vous de bien écrire votre nom (de façon lisible) sur chacune des pages. Répondez à un maximum de questions, en commençant par les questions qui vous semblent les plus abordables.

Partie 1 (Apprentissage et renforcement – 12pts)

1. [5pts] Indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses

Vrai / Faux Dans le cadre de l'apprentissage d'un modèle linéaire, on considère la fonction de coût quadratique suivante

$$\ell(\boldsymbol{\beta}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(t^{(i)} - \left(\beta_0 + \beta_1 x_1^{(i)} + \beta_2 x_2^{(i)} \right) \right)^2$$

Le gradient de cette fonction de coût par rapport au vecteur de regression $\boldsymbol{\beta}$ est donné par

$$\text{grad}_{\boldsymbol{\beta}} \ell = -\frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \left(t^{(i)} - \left(\beta_0 + \beta_1 x_1^{(i)} + \beta_2 x_2^{(i)} \right) \right) \tilde{\boldsymbol{x}}, \quad \text{où } \tilde{\boldsymbol{x}} = (1, \boldsymbol{x})$$

Vrai / Faux Dans le cadre de la classification linéaire, l'utilisation de la fonction sigmoïde permet de réduire la sensibilité du modèle aux points abhéments

Vrai / Faux Dans le cadre de l'apprentissage du modèle de régression logistique, la fonction d'entropie binaire croisée correspond au logarithme de la fonction de vraisemblance

Vrai / Faux L'apprentissage (sans erreur) d'un ensemble de données de type 'OU exclusif' ('XOR') peut être réalisé à l'aide d'un unique neurone

Vrai / Faux L'équation de backpropagation dans un réseau de neurones dont les poids

de la couche ℓ sont donnés par $w_{ij}^{(\ell)}$ peut s'écrire $\delta_i^{(\ell-1)} = \sum_{j=1}^{N_\ell} \delta_j^{(\ell)} w_{ji}^{(\ell)} \sigma'(a_i^{\ell-1})$

Vrai / Faux L'équation de backpropagation dans un réseau de neurones dont les poids

de la couche ℓ sont donnés par $w_{ij}^{(\ell)}$ peut s'écrire $\delta_i^{(\ell-1)} = \sum_{j=1}^{N_\ell} \delta_j^{(\ell)} w_{ji}^{(\ell)} \sigma'(a_j^{\ell-1})$

Vrai / Faux Dans le cadre de l'apprentissage d'un modèle linéaire à l'aide de la fonction de coût correspondant à la somme des carrés des résidus, les itérés de gradient peuvent s'écrire $\boldsymbol{\beta} \leftarrow \boldsymbol{\beta} + \eta \text{grad } \ell(\boldsymbol{\beta}), \quad \eta > 0$

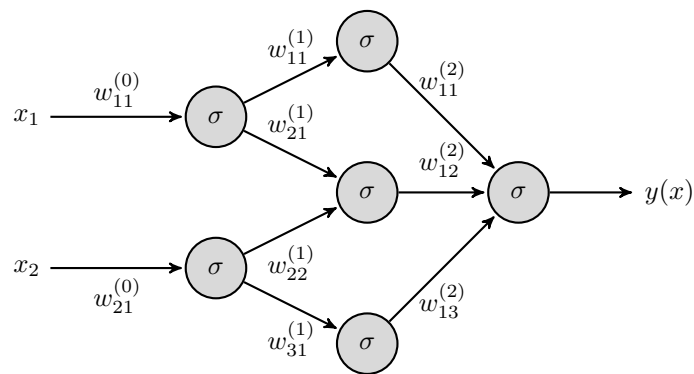


Figure 1: Réseau de neurones utilisé pour la question 1.2

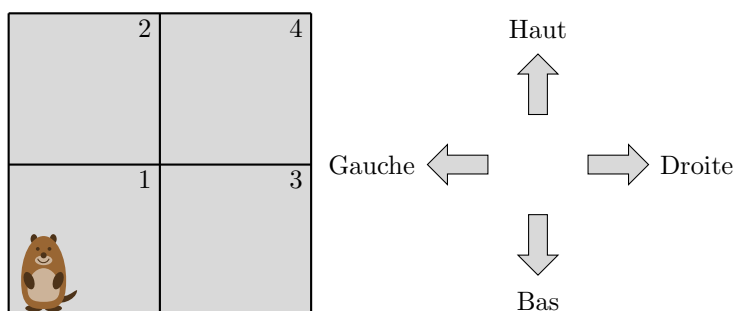


Figure 2: Environnement associé à la question 1.3.

2. [3pts] On considère le réseau de neurones représenté à la figure 1. On supposera que toutes les fonctions d'activation (indiquées par la lettre ' σ ' sur le diagramme) sont données par la fonction sigmoïde. Bien qu'ils ne soient pas explicitement indiqués, on supposera également que chaque neurone est muni d'un biais, i.e. la sortie de chaque neurone s'écrira donc $\sigma\left(\sum_j w_{ij}^{(\ell)} z_j^{(\ell-1)} + w_{i0}^{(\ell)}\right)$

(a) [1pt] Représenter la fonction sigmoïde

(b) [2pts] Donner l'expression détaillée de la fonction $y(\mathbf{x})$ correspondant à la sortie du réseau

3. [4pts] On considère l'environnement représenté à la figure 2. L'agent (représenté en bas à gauche) a pour objectif d'atteindre la case située en haut à droite. On souhaite implémenter un apprentissage de type Q. L'agent est muni des 4 mouvements suivants: Haut, Bas, Droite, Gauche. Un mouvement dirigé vers un mur n'a aucun effet sur la position de l'agent. Tout état (à l'exception de la case n°4 située dans le coin supérieur droit), est pénalisé par un coût égal à -1 . La case supérieure droite est associée à une récompense de $+10$. Dans le cadre de cet environnement, et pour un apprentissage de type Q:

(a) [1pt] Expliquer la différence entre exploration et exploitation.

(b) [1pt] Donner les dimensions de la table Q (nombre de lignes et nombre de colonnes).

(c) [2pts] On considère une mise à jour de la table Q par différence temporelle,

$$Q[s, a] \leftarrow Q[s, a] + \eta \left(R[s] + \gamma \max_{a'} Q[s', a'] - Q[s, a] \right)$$

On supposera que la table est initialisée à zéro et mise à jour après chaque itération au moyen des coefficients $\eta = 1, \gamma = .1$. Si l'on suppose que l'agent se déplace suivant la séquence de mouvements Gauche-Droite-Haut-Droite (correspondant à la séquence d'états $1 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$). Quel est, à l'issue de cette séquence, l'état de la table Q? (Détaillez votre réponse)

Partie 2 (Raisonnement logique et algorithmes de recherche – 15pts)

1. [5pts] Indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses

- Vrai / Faux Contrairement aux méthodes de type BFS et DFS, il n'existe pas de garantie que la méthode de type Hill-climbing visitera l'ensemble des sommets au moins une fois
- Vrai / Faux L'algorithme de recherche en largeur (BFS) peut être implémenté efficacement au moyen d'une structure de type file d'attente (First In First Out)
- Vrai / Faux L'algorithme de recherche en profondeur (DFS) peut être implémenté efficacement au moyen d'une structure de type file d'attente (First In First Out)
- Vrai / Faux L'algorithme de recherche A^* estime la longueur du chemin entre le point de départ et le point d'arrivée, et passant par le sommet courant, en se basant sur une heuristique
- Vrai / Faux L'algorithme Best First est incomplet (i.e. ne renvoie pas toujours la solution optimale)
- Vrai / Faux En logique propositionnelle, pour deux propositions vraies A et C , la proposition $A \vee B \Rightarrow C$ est toujours vraie
- Vrai / Faux Une clause de Horn est une disjonction contenant au plus un littéral positif

2. [3pts] On considère l'arbre représenté à la figure 3.

- (a) [1pt] Expliquer la différence entre algorithme de recherche informé et algorithme de recherche non informé
- (b) [1pt] Donner l'ordre des sommets visités par un algorithme de type BFS (Breadth First)
- (c) [1pt] Donner l'ordre des sommets visités par un algorithme de type DFS (Depth First).

3. [7pts] On souhaite étudier le mécanisme d'inférence en logique propositionnelle.

- (a) [1pt] En se basant sur les trois propositions A, B et C , énoncer la règle de résolution en logique propositionnelle.
- (b) [2pts] Expliquer comment cette règle peut être utilisée afin d'implémenter un algorithme d'inférence.
- (c) [2pts] On considère un agent muni d'une base de connaissance constituée des propositions (vraies) suivantes:

- $\neg A \vee D \vee C$
- $\neg D \vee E$
- $\neg C$
- $A \vee C$

En se basant sur la réponse au point précédent (et en détaillant chaque étape), expliquer comment l'agent peut déterminer si la proposition E est vraie ou non (et donner la valeur de cette proposition).

- (d) [2pts] On suppose à présent que la base de connaissance de l'agent est remplacée par les disjonctions (vraies) suivantes:

- A, B
- $\neg A \vee \neg B \vee C$
- $\neg C \vee \neg B \vee E$
- $\neg E \vee \neg C \vee F$

Quelle est la particularité de ces disjonctions? Expliquer comment l'algorithme de résolution peut être simplifié dans le cas de cette seconde base de connaissance et donner une représentation sous forme d'arbre du mécanisme de chaînage avant (Forward chaining).

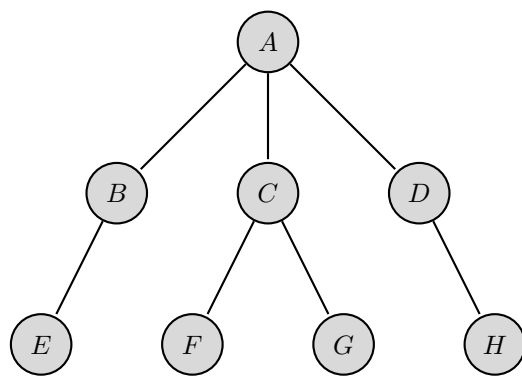


Figure 3: Arbre utilisé pour la question 2.2