

Intelligence artificielle, Applications

Examen final

avril-2023

Durée : 2 heures. **Documents autorisés** : 2 feuilles recto-verso.

Exercice I : Questions de cours et de compréhension

1. **Deep learning** : Énumérez les différences les plus importantes entre les réseaux de neurones standards et les réseaux de neurones convolutifs (ConvNet).
2. **Recuit simulé** :
 - (a) Dans le cas d'une décroissance de température géométrique, décrire l'impact de la valeur du paramètre de décroissance (noté α en cours).
 - (b) Expliquer le principe de l'évaluation de la différence de score entre un candidat et son voisin et l'utilisation du critère de Métropolis.
 - (c) Pourquoi l'algorithme du recuit simulé converge-t-il ?

Exercice II : Jeux

Dans cet exercice, nous nous intéressons au jeu du **morpion**. Une ébauche de l'arbre complet de ce jeu (extraite du cours) est rappelé figure 1.

1. Quelle est la profondeur de cet arbre ?
2. Quelle est la profondeur des feuilles les moins profondes ?

À chaque configuration du jeu, nous associons, pour $n \in \{1, 2, 3\}$ les deux indicateurs suivants :

- X_n = le nombre de colonnes, lignes ou diagonales ayant n Xs et aucun O.

- O_n = le nombre de colonnes, lignes ou diagonales ayant n Os et aucun X .

3. Caractériser les états finals à l'aide de ces deux indicateurs.

Au lieu de construire l'arbre entier, nous nous limitons à la profondeur 2 (c'est-à-dire le niveau contenant un X et un O), et on évalue chaque feuille à l'aide de la fonction d'utilité suivante :

$$\text{Eval} = X_1 - O_1.$$

4. Montrez qu'à l'aide des symétries de la grille, on peut regrouper les configurations des niveaux 1 et 2 de l'arbre en, respectivement, 3 et 12 groupes.
5. Évaluez les feuilles puis appliquez l'algorithme **minimax**.

Exercice III : Apprentissage par renforcement

On considère un agent qui se déplace sur le terrain de la figure 2 dans lequel la case verte (en bas à droite) représente un objectif et les 3 cases noires des obstacles.

1. Proposez une **modélisation** (détaillée et argumentée) de ce problème.
2. Qu'est-ce qu'une stratégie ? Donnez un exemple de stratégie dans ce problème.
3. Quand est-ce qu'une stratégie est qualifiée d'optimale ?
4. Pouvez-vous 'deviner' dans ce cas la stratégie optimale ? (vous justifierez, bien entendu, votre réponse)
5. Quel algorithme, et de quelle manière, peut trouver cette stratégie ?

Exercice IV : Deep learning

Dans cet exercice, nous considérons le problème de la reconnaissance des chiens et des chats sur des images. Nous supposons dans un premier temps que les images sont en niveau de gris (comme celles vues en TD) et qu'elles sont de taille 32×32 . Nous créons pour cela un réseau de neurones convolutif (ConvNet) ayant une couche de convolution contenant 32 tableaux de neurones et utilisant des filtres de taille 3×3 , une couche *Maxpooling* et une couche *Flatten*.

1. Calculez le nombre de **paramètres** de la couche de convolution.

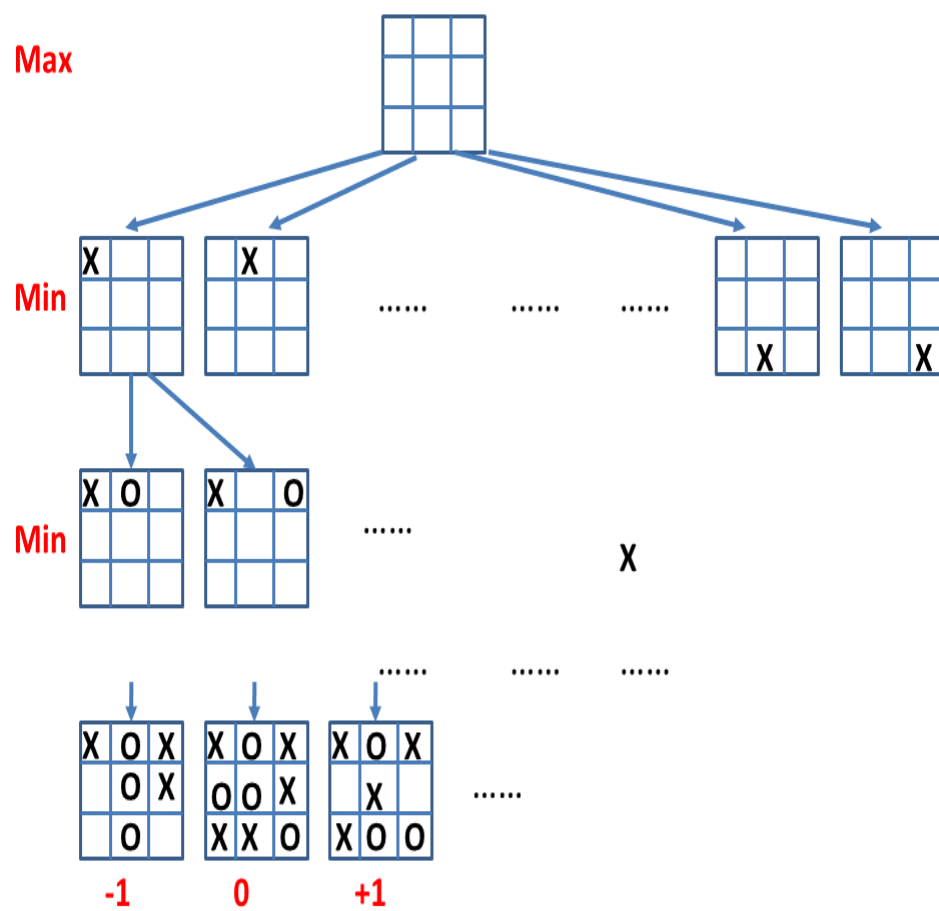


FIGURE 1 –

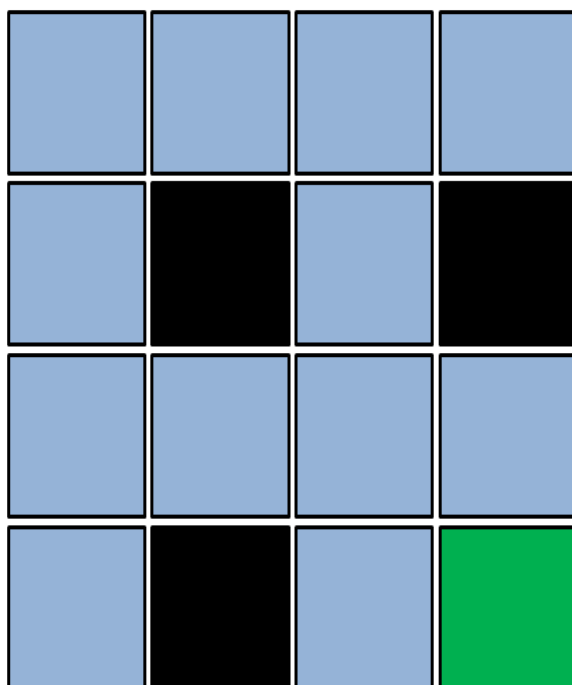


FIGURE 2 –

2. Rappelez le rôle de la couche de *Pooling* et donnez sa taille.
3. Rappelez l'utilité de la couche *Flatten* et donnez sa taille.
4. Quels sont le nombre de neurones, le nombre de paramètres et la fonction d'activation de la couche de sortie dans les cas suivants (vous justifierez, bien entendu, vos réponses) :
 - (a) Chaque image contient obligatoirement soit un chien soit un chat (mais pas les deux).
 - (b) Nous avons un troisième type d'images ne contenant ni un chat ni un chien.
 - (c) Chaque image contient obligatoirement un chien ou un chat (ou les deux).

Supposons maintenant que les images sont en couleurs (*RGB*, ce qui est souvent le cas dans les problèmes réels). Chaque pixel est donc défini par un triplet de réels.

5. Qu'est-ce que cela change dans l'architecture du réseau ?