

Intelligence artificielle : Applications (GM FA)

Examen de la session principale

Durée : 2 heures. **Documents autorisés :** Aucun. Les exercices sont indépendants. Le barème est donné à titre indicatif.

1 Jeux (5 points)

On considère l'arbre d'un jeu à deux joueurs défini comme suit :

- La racine correspond au joueur Max.
- Chaque noeud de l'arbre a exactement deux fils.
- Les feuilles sont étiquetées par les valeurs suivantes de gauche à droite : 2, 3, 5, 9, 0, 1, 7, 5.

Travail demandé :

1. Construire l'arbre.
2. Expliquer la signification des valeurs des feuilles et la manière dont elles ont pu être obtenues.
3. Quelle technique de parcours dans un arbre est appliquée dans l'algorithme MiniMax.
4. Appliquer l'algorithme MiniMax puis donner la signification de la valeur de la racine.
5. Rappeler le principe et l'intérêt de l'élagage alpha-bêta. Rappeler en particulier la signification des deux paramètres α et β ainsi que leurs valeurs initiales.
6. Appliquer l'algorithme Minimax avec élagage alpha-bêta.
7. Expliquer comment on peut mesurer l'amélioration apportée par l'élagage alpha-bêta et appliquer cette méthode à notre problème.

2 Apprentissage par renforcement (4 points)

On considère un agent qui se déplace dans une grille ayant 8 colonnes et 5 lignes. On désigne les colonnes par les lettres majuscules A à H , de gauche à droite, et les lignes par les chiffres 1 à 5, de haut en bas (donc, par exemple, la case la plus en haut la plus à gauche est la case $A1$). On suppose qu'il y a 4 actions possibles que l'on note de manière évidente $\rightarrow$, $\leftarrow$, $\uparrow$, $\downarrow$. On suppose que les actions qui conduisent à la case $F3$ entraînent une récompense de 10, et que toutes les autres actions entraînent une récompense de -1 . On suppose enfin que si dans ses déplacements l'agent arrive à la case $F3$ il s'arrête. On note γ le facteur d'actualisation.

On considère la **stratégie** π_1 représentée par la table 1.

1. Calculez en fonction de γ le gain à long terme de l'agent lorsqu'il part de chacune des cases $A1$, $A5$, $H1$, et $H5$, et qu'il applique la stratégie π_1 .
2. Donnez un argument **intuitif** qui indique que cette stratégie n'est pas optimale.

TABLE 1 – Stratégie π_1 .

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
3	↓	↓	↓	↓	↓	●	↓	↓
4	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓
5	→	→	→	→	→	↑	←	←

3. Comment peut-on modifier cette stratégie de manière à la rendre optimale. On appelle π_2 la nouvelle stratégie.
4. Quel algorithme aurait permis de trouver la stratégie π_2 .
5. Décrivez brièvement le principe de cet algorithme : son objectif, ce qu'il calcule, et la manière dont il le calcule.

3 Deep learning (8 points)

dans cet exercice nous souhaitons construire et analyser un réseau de neurones convolutif permettant de **classer** des images à niveau de gris. Nous noterons *nbClasses* le nombre de classes du problème.

1. Rappelez les différents types de couches que nous devons utiliser dans ce type de réseau.
2. Rappelez en la justifiant la définition de la couche de sortie (type et hyperparamètres).
3. Donnez pour chaque type de couches du réseau ses hyperparamètres et la formule permettant de calculer son nombre de paramètres.
4. Expliquez brièvement (5 phrases maxi) la manière dont les paramètres du réseau sont calculés.

En préparant l'entraînement du réseau, nous devons choisir, entre autres, un **optimiseur** et une **fonction de perte**.

5. Expliquez précisément le rôle de la fonction de perte. Quelle fonction de perte utiliseriez-vous ici ? Pourquoi ?
6. L'optimiseur prend un paramètre appelé **taux d'apprentissage** (learning rate). Quel est le rôle de ce paramètre ?

Pour entraîner le réseau, nous devons choisir, en plus de l'ensemble d'apprentissage, un nombre d'*epochs* et un *batch size*.

7. Rappelez (très) brièvement le rôle de chacun de ces paramètres.

Une fois que le réseau est entraîné, nous allons le tester.

8. Quelle est la métrique que vous utiliseriez pour tester la performance de votre réseau ? Expliquez la façon dont on la calcule.
9. En plus de l'évaluation globale de la question précédente, nous souhaitons tester la performance du réseau dans la reconnaissance de chaque classe. Proposez deux façons d'évaluer cette performance.

Pour mieux analyser la performance de notre réseau, nous calculons son erreur sur l'ensemble de test ET l'ensemble d'apprentissage pour plusieurs valeurs du nombre d'epochs. Le résultat est résumé par la figure 1.

10. Quel est le problème mis en évidence par la figure 1 ? Comment peut-on le régler ?

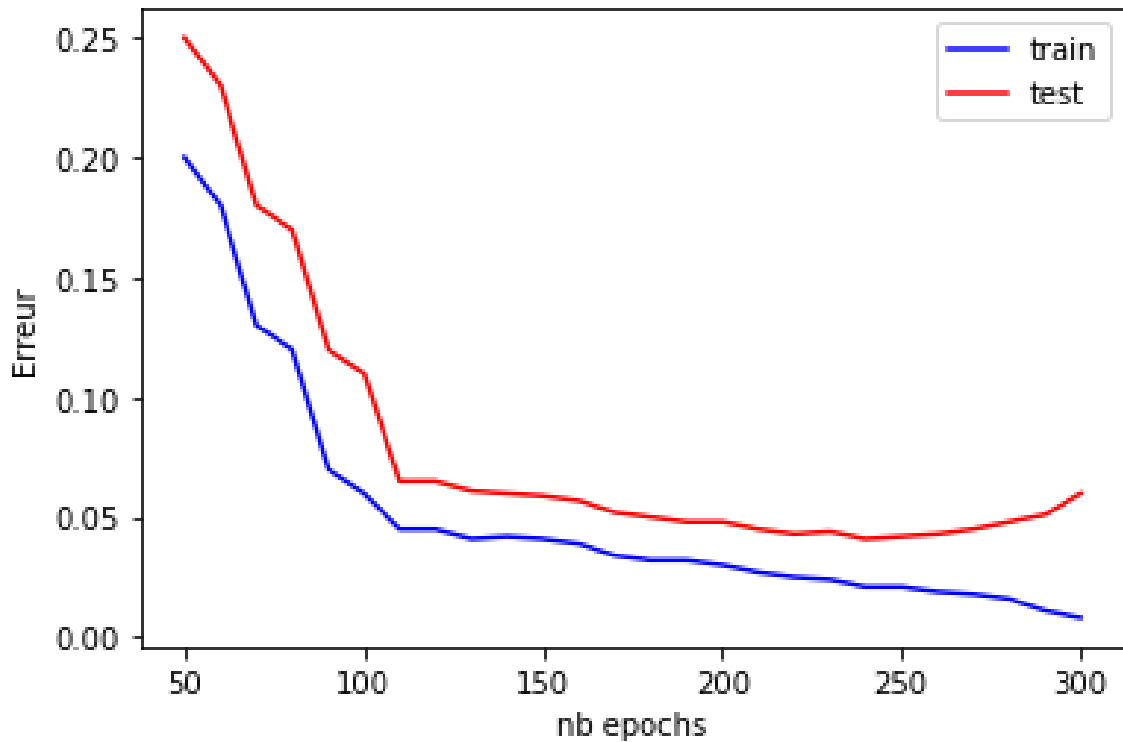


FIGURE 1 – Erreur en fonction du nombre d'epochs

4 Optimisation-Recuit simulé (4 points)

1. En prenant comme exemple le recuit simulé, rappelez la définition et l'utilité d'une métaheuristique.
2. Rappelez la signification des termes suivants dans le vocabulaire du recuit simulé : énergie, température, refroidissement, perturbation/voisinage. (Soyez précis et concis dans vos réponses)
3. Quelle est l'utilité d'avoir de l'exploitation ET de l'exploration dans le recuit simulé ?
4. À quoi sert le critère de Metropolis dans le recuit simulé ?
5. Quelles conséquences a le choix des valeurs des températures initiale et minimale dans le recuit simulé ?