



UNIVERSITÉ DE PARIS CITÉ

PROJET IA - JEU DE DAMES

Rapport de projet

Élèves :

Sam LELOUEY
Ilan DAUMONT

Professeur :

Elise BONZON

28 avril 2023

Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Présentation générale du projet	2
1.1.1	Contexte	2
1.1.2	Objectifs	2
1.2	Plan du rapport	2
2	Présentation du jeu de Dames	3
2.1	Histoire	3
2.2	Règles du jeu	3
2.3	Pourquoi le jeu de Dames	3
3	Description du jeu	4
3.1	Règles de notre jeu	4
3.2	Interface graphique	4
3.3	Structure des états et fonctions	5
3.3.1	Les pièces	5
3.3.2	Le damier	5
3.3.3	Coups possibles	5
4	Intelligence artificielle	6
4.1	Histoire	6
4.2	Algorithme de recherche	6
4.2.1	Algorithme Minimax	6
4.2.2	Algorithme Minimax avec élagage $\alpha\beta$	6
4.3	Implémentation de l'algorithme	7
4.3.1	Notre algorithme	7
4.3.2	Heuristique	7
4.3.3	Fonction d'évaluation	7
5	Bilan	8
5.1	Réalisations et défis rencontrés	8
5.2	Évaluation des intelligences artificielles	9
5.3	Possibilité d'amélioration et d'extension du projet	10
5.4	Réflexions personnelles sur le projet et les compétences acquises	11
6	Conclusion	12
6.1	Synthèse du rapport	12
6.2	Implications et perspectives futures	12

1 Introduction

1.1 Présentation générale du projet

1.1.1 Contexte

Dans le cadre de notre UE intelligence artificielle, nous avons été amenés à réaliser un projet en binôme visant à développer un jeu opposant un joueur humain à une intelligence artificielle. L'objectif était de sélectionner un jeu présentant un niveau de complexité suffisant pour stimuler les compétences en stratégie et en prise de décision, tout en restant simple à programmer.

1.1.2 Objectifs

Les objectifs principaux de ce projet étaient de concevoir un jeu interactif de stratégie à deux joueurs, permettant à un joueur humain de s'affronter à une IA, et d'offrir la possibilité de choisir entre au moins trois niveaux de difficulté. Ce choix de difficulté permet aux joueurs de tous niveaux de profiter d'une expérience de jeu adaptée et de s'améliorer progressivement. Par ailleurs, le jeu sélectionné devait présenter un niveau de complexité suffisant pour stimuler les compétences en stratégie et en prise de décision, tout en restant simple à programmer.

Dans notre cas, nous avons choisi de développer le jeu de Dames.

1.2 Plan du rapport

Dans ce rapport, nous détaillerons les différentes étapes de la réalisation de notre projet. Nous commencerons par présenter le jeu de dames, son histoire, ses règles et les raisons qui nous ont conduits à choisir ce jeu en particulier. Ensuite, nous décrirons les différents éléments qui composent notre jeu, tels que l'interface graphique, les pièces et le damier.

Après avoir présenté ces éléments, nous nous pencherons sur l'intelligence artificielle qui constitue le cœur de notre projet. Nous présenterons brièvement l'histoire de l'IA dans le domaine des jeux de stratégie, ainsi que l'algorithme que nous avons choisi d'implémenter pour notre programme.

Enfin, nous dresserons un bilan de notre projet, en évaluant les résultats obtenus et en discutant des possibles améliorations et perspectives d'évolution. Nous conclurons notre rapport en résumant les principaux enseignements tirés de cette expérience et en soulignant les compétences acquises au cours de la réalisation de ce projet en binôme.

2 Présentation du jeu de Dames

2.1 Histoire

Le jeu de dames est un jeu de stratégie dont les origines remontent à l'Antiquité. Il est issu des jeux de l'Antiquité égyptienne, comme le jeu d'Alquerque, et a subi de nombreuses évolutions à travers les siècles. La forme actuelle du jeu de dames, jouée sur un damier de 8x8 cases, est apparue en Europe au 12ème siècle. Depuis lors, il s'est répandu dans le monde entier et a donné naissance à plusieurs variantes, comme la version internationale, qui se joue sur un damier de 10x10 cases. Le jeu de dames a toujours été apprécié pour la richesse de ses combinaisons et la profondeur de ses stratégies.

2.2 Règles du jeu

Le jeu de dames se joue sur un damier de 8x8 cases, alternativement claires et foncées. Chaque joueur possède 12 pions, généralement de couleur claire pour l'un et de couleur foncée pour l'autre. Les pions se déplacent en diagonale, d'une case à la fois, vers l'avant uniquement. Lorsqu'un pion atteint la dernière rangée du damier, il devient une « dame », qui peut se déplacer sur plusieurs cases en diagonale, aussi bien en avant qu'en arrière.

Le but du jeu est de capturer tous les pions adverses, ou de les bloquer de manière à ce qu'ils ne puissent plus bouger. Pour capturer un pion adverse, un joueur doit sauter par-dessus ce pion en diagonale, à condition que la case derrière le pion adverse soit vide. Les captures multiples sont possibles, et une dame peut également capturer des pions en se déplaçant en diagonale.

2.3 Pourquoi le jeu de Dames

Nous avons choisi le jeu de dames pour notre projet pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il s'agit d'un jeu de stratégie à deux joueurs et à connaissances parfaites, ce qui en fait un candidat idéal pour l'application de l'intelligence artificielle. De plus, le jeu de dames présente un niveau de complexité intermédiaire, qui le rend suffisamment intéressant pour stimuler les compétences en stratégie et en prise de décision, tout en restant relativement simple à programmer.

3 Description du jeu

Dans cette section, nous décrivons notre jeu, en présentant les règles spécifiques, l'interface graphique et la structure des états et fonctions.

3.1 Règles de notre jeu

Le jeu de dames que nous avons implémenté est basé sur les règles classiques du jeu de dames. Il se joue sur un damier de 10x10 cases avec 20 pions blancs et 20 pions noirs. Les pions se déplacent uniquement en diagonale et peuvent capturer les pions adverses en sautant par-dessus eux. Lorsqu'un pion atteint la dernière rangée du côté opposé, il devient une dame et peut se déplacer et capturer dans toutes les directions diagonales. Le but du jeu est de capturer tous les pions adverses ou de les bloquer de manière à ce qu'ils ne puissent plus bouger.

3.2 Interface graphique

L'interface graphique de notre jeu est basée sur la bibliothèque Pygame. Les cases du damier sont représentées en alternant les couleurs claires et sombres, tandis que les pions sont dessinés sous forme de cercles avec les couleurs correspondant à leur camp. Les dames sont représentées par des cercles jaunes. Lorsqu'un pion est sélectionné, les cases où il peut se déplacer sont mises en évidence avec un contour vert.

3.3 Structure des états et fonctions

3.3.1 Les pièces

Les pièces du jeu sont représentées par la classe `"Piece"`, qui contient les attributs suivants :

- `line` : représente la ligne sur laquelle la pièce est positionnée sur le plateau de jeu.
- `col` : représente la colonne sur laquelle la pièce est positionnée sur le plateau de jeu.
- `x_pos` : représente la position horizontale (x) de la pièce sur l'écran, utilisée pour afficher la pièce dans l'interface graphique.
- `y_pos` : représente la position verticale (y) de la pièce sur l'écran, utilisée pour afficher la pièce dans l'interface graphique.
- `color` : représente la couleur de la pièce au format (R, G, B).
- `is_queen` : indique si la pièce est une dame (True) ou une pièce normale (False).

La classe `"Piece"` est utilisée pour représenter et gérer les pièces individuelles sur le plateau de jeu, en stockant des informations telles que leur position sur le plateau, leur position à l'écran et leur couleur. La méthode `"calculate_position()"` permet de calculer les positions x et y à l'écran en fonction de la ligne et de la colonne sur le plateau et la fonction `"draw()"` de dessiner la pièce sur l'écran.

3.3.2 Le damier

Le damier est représenté par la classe `"Board"`. Les attributs de cette classe incluent :

- `"board"` : la configuration actuelle
- `"white_pieces_left"` : le nombre de pions blancs restants
- `"black_pieces_left"` : le nombre de pions noirs restants
- `"white_queens"` : le nombre de dames blanches
- `"black_queens"` : le nombre de dames noires

Les méthodes principales de cette classe sont :

- `"generate_board()"` : permet de générer la configuration initiale du damier.
- `"move_piece()"` : permet de déplacer une pièce.
- `"get_piece_at()"` : permet de récupérer une pièce à une position donnée.
- `"remove_pieces()"` : permet de retirer les pièces capturées du damier.
- `"get_valid_moves()"` : permet d'obtenir tous les mouvements valides d'une pièce.

3.3.3 Coups possibles

Les coups possibles pour une pièce sont déterminés par la méthode `"get_valid_moves()"` de la classe `"Board"`. Cette méthode utilise les méthodes `"get_diagonal_moves()"` et `"process_current_position()"` pour parcourir les cases diagonales et vérifier si elles sont valides pour un mouvement ou une capture. Les mouvements valides sont stockés dans un dictionnaire avec la position de destination comme clé et les pièces capturées comme valeur.

4 Intelligence artificielle

4.1 Histoire

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de recherche en constante évolution qui vise à créer des machines capables d'apprendre et de raisonner comme des humains. Depuis ses débuts dans les années 1950, l'IA a connu de nombreux progrès et développements, notamment dans les domaines de l'apprentissage automatique, de la recherche d'algorithmes et de la résolution de problèmes complexes.

4.2 Algorithme de recherche

4.2.1 Algorithme Minimax

L'algorithme Minimax est une méthode de recherche utilisée dans les jeux à deux joueurs pour déterminer le meilleur coup à jouer. Il est basé sur le principe que chaque joueur choisira le coup qui maximisera sa propre victoire tout en minimisant celle de son adversaire. L'algorithme explore l'arbre des possibilités de jeu jusqu'à une certaine profondeur, évaluant les positions finales et remontant les valeurs pour sélectionner le meilleur coup.

4.2.2 Algorithme Minimax avec élagage $\alpha\beta$

L'élagage alpha-bêta est une amélioration de l'algorithme Minimax qui permet de réduire le nombre de nœuds explorés dans l'arbre de recherche. L'élagage se base sur les valeurs alpha et bêta, qui représentent respectivement la meilleure option pour le joueur maximisant et la meilleure option pour le joueur minimisant. Lorsqu'une branche de l'arbre ne peut plus influencer les valeurs alpha ou bêta, elle est élaguée, évitant ainsi des calculs inutiles.

4.3 Implémentation de l'algorithme

4.3.1 Notre algorithme

Notre jeu est joué en alternant les tours entre les joueurs blancs et noirs, et les mouvements valides sont calculés à chaque tour. L'algorithme Minimax avec élagage Alpha-Bêta est utilisé pour déterminer le meilleur coup pour chaque joueur.

4.3.2 Heuristique

Dans le code, la fonction d'évaluation utilisée pour attribuer une valeur à chaque position du jeu prend en compte le nombre de pièces restantes pour chaque joueur et le nombre de dames pour chaque joueur. Chaque pièce normale vaut 1 point et chaque dame vaut 5 points. La différence entre les scores des deux joueurs est utilisée comme valeur heuristique.

4.3.3 Fonction d'évaluation

La fonction d'évaluation principale est `"alpha_beta_search"` pour l'algorithme Minimax avec élagage alpha-bêta. Elle prend en entrée la position actuelle du plateau, la profondeur de recherche, les valeurs alpha et bêta, un booléen indiquant si c'est le tour du joueur maximisant, et l'objet `"game"` qui représente la partie en cours. La fonction retourne la valeur d'évaluation de la position et le meilleur coup à jouer.

La fonction `"minimax"` est une variante de la fonction `"alpha_beta_search"` qui retourne l'évaluation négative pour le joueur minimisant et ne retourne pas de coup.

La fonction `"get_all_moves"` génère tous les mouvements possibles pour un joueur à partir d'une position donnée. Elle parcourt le plateau, trouve les pièces du joueur concerné et génère les mouvements valides pour chacune de ces pièces.

5 Bilan

5.1 Réalisations et défis rencontrés

Au cours de notre projet, nous avons travaillé sur plusieurs aspects clés du jeu de dames, notamment la conception graphique, l'implémentation de l'intelligence artificielle et la gestion des défis techniques associés.

Nous avons d'abord créé une interface graphique pour le jeu, avec un plateau de jeu de dames, des pions bien placés au centre des cases et l'affichage des mouvements possibles pour chaque pion. Un enjeu majeur était de concevoir un plateau ergonomique, suffisamment grand pour être utilisé confortablement sur un ordinateur. Nous avons dû réfléchir à la manière de déplacer les pions en relation avec le plateau et ses cases, tout en préservant l'aspect graphique et en préparant l'implémentation de l'intelligence artificielle pour évaluer les coups possibles et choisir le meilleur mouvement.

Le défi le plus technique résidait dans la création de l'intelligence artificielle qui jouerait contre un joueur humain, en utilisant les algorithmes de recherche Minimax et Alpha-Bêta. Cette étape a nécessité une réflexion approfondie sur le choix de l'algorithme d'évaluation pour guider l'IA (bien que cette fonction reste relativement simple pour un jeu de dames) et sur la cohérence des fonctions créées pour optimiser les performances.

Après avoir mis en place les algorithmes avec différents niveaux de profondeur de recherche, nous les avons testés et avons rapidement constaté que, pour une profondeur de recherche de 6, notre algorithme Alpha-Bêta prenait trop de temps. Nous avons donc expérimenté avec différentes profondeurs pour les trois niveaux de difficulté (facile, moyen et difficile) afin d'atteindre un équilibre entre la difficulté attendue et le temps de réaction de l'IA.

5.2 Évaluation des intelligences artificielles

L'évaluation des intelligences artificielles (IAs) intégrées dans notre jeu de dames est cruciale pour déterminer leur efficacité et leur compétitivité face à des joueurs humains. Dans cette section, nous discuterons de la manière dont nous avons évalué les performances des IAs en utilisant les algorithmes Minimax et Alpha-Bêta.

1. **Test des IAs en situation réelle :** Pour évaluer les IAs, nous les avons testées contre des joueurs humains de différents niveaux de compétence (débutant, intermédiaire et avancé). Cela nous a permis de voir comment les IAs réagissent face à des stratégies variées et de mesurer leur capacité à s'adapter à des situations de jeu complexes. Les résultats ont été analysés en termes de victoires, de défaites et de matchs nuls, ainsi qu'en termes de qualité des coups joués.
2. **Comparaison des algorithmes Minimax et Alpha-Bêta :** Nous avons comparé les performances des IAs en utilisant les algorithmes Minimax et Alpha-Bêta pour déterminer lequel offre les meilleures performances en termes de rapidité et de qualité des coups joués. Les tests ont révélé que l'algorithme Alpha-Bêta, en élaguant les branches inutiles de l'arbre de recherche, permet de réaliser des recherches plus profondes en un temps plus court, offrant ainsi un avantage significatif en termes de performance.
3. **Analyse de la performance en fonction de la profondeur de recherche :** Nous avons également évalué l'impact de la profondeur de recherche sur la performance des IAs. Plus la profondeur de recherche est grande, plus l'IA peut anticiper les coups futurs et donc prendre de meilleures décisions. Cependant, augmenter la profondeur de recherche augmente également le temps de calcul. Nos tests ont montré qu'une profondeur de recherche de 6 ou plus entraîne des temps de calcul trop longs pour l'algorithme Alpha-Bêta. Nous avons donc ajusté les niveaux de difficulté (facile, moyen et difficile) en utilisant différentes profondeurs de recherche pour équilibrer les défis offerts aux joueurs humains et le temps de réponse de l'IA.

5.3 Possibilité d'amélioration et d'extension du projet

Il existe plusieurs opportunités pour améliorer et étendre notre projet de jeu de dames, tant au niveau de l'interface utilisateur que de l'aspect algorithmique.

1. Amélioration de l'interface utilisateur :

- Intégrer un menu graphique pour remplacer l'utilisation du terminal, ce qui rendrait le jeu plus convivial et accessible.
- Ajouter une colonne ou un tableau de bord pour afficher le nombre de pions capturés par chaque joueur, afin de suivre les progrès en temps réel.
- Offrir la possibilité d'abandonner la partie pour les joueurs qui souhaitent mettre fin à une partie en cours sans la terminer.

2. Améliorations algorithmiques :

- Repenser la fonction d'évaluation, qui est un élément clé de la réussite de nombreux jeux de dames développés par des entreprises. Une fonction d'évaluation optimisée et plus avancée pourrait améliorer les performances de l'IA et rendre le jeu plus compétitif.
- Intégrer des stratégies de jeu spécifiques, comme accorder un poids plus important aux pions proches de devenir roi ou aux pions capables de capturer un pion adverse sans être eux-mêmes capturés. Cela permettrait à l'IA d'adopter des tactiques de jeu plus nuancées et d'offrir un défi plus stimulant pour les joueurs humains.

5.4 Réflexions personnelles sur le projet et les compétences acquises

Ce projet de développement d'un jeu de dames avec des intelligences artificielles nous a permis de mettre en pratique et d'approfondir nos connaissances dans divers domaines tels que la programmation, l'algorithmique, l'intelligence artificielle et l'interface utilisateur. Tout au long du projet, nous avons été confrontés à des défis stimulants qui ont renforcé notre compréhension de ces sujets et amélioré notre capacité à résoudre des problèmes complexes.

1. **Compétences en programmation :** La réalisation du projet nous a permis de renforcer nos compétences en programmation, notamment en matière de structuration du code, de gestion des erreurs et de débogage. Nous avons appris à concevoir et à mettre en œuvre des solutions efficaces pour répondre aux exigences du projet et aux contraintes de performance.
2. **Connaissance des algorithmes :** Le développement des algorithmes Minimax et Alpha-Bêta pour les IAs nous a donné l'occasion d'étudier en profondeur ces techniques de recherche et d'évaluation des coups dans les jeux à deux joueurs. Nous avons acquis une compréhension approfondie de la manière dont ces algorithmes fonctionnent et de leur impact sur la performance et la qualité des coups joués par les IAs.
3. **Intelligence artificielle :** Ce projet nous a également permis d'explorer le domaine de l'intelligence artificielle et d'en apprendre davantage sur les méthodes et les techniques utilisées pour créer des IAs capables de rivaliser avec des joueurs humains. Nous avons appris à analyser et à évaluer les performances des IAs et à optimiser leur comportement en fonction des résultats obtenus.
4. **Conception d'interfaces utilisateur :** La création de l'interface graphique pour le jeu de dames nous a donné l'opportunité d'apprendre à concevoir et à développer des interfaces utilisateur attrayantes et ergonomiques.

En somme, la réalisation de ce projet nous a offert une expérience d'apprentissage enrichissante et stimulante. Nous avons acquis de précieuses compétences et connaissances qui nous seront utiles dans nos futurs projets et dans notre carrière professionnelle. Cette expérience nous a également permis de prendre conscience de l'importance de la collaboration et de la communication efficace au sein d'une équipe pour réussir un projet complexe.

6 Conclusion

6.1 Synthèse du rapport

Ce rapport a présenté notre projet portant sur l'implémentation des algorithmes d'élagage Alpha-Bêta et Minimax dans un jeu de dames. L'objectif principal de ce projet était de développer un jeu fonctionnel et d'y intégrer une intelligence artificielle capable de rivaliser avec des joueurs humains.

Dans un premier temps, nous avons développé le jeu de dames en mode joueur contre joueur, en nous concentrant sur le déplacement des pions sur le damier et le respect des règles du jeu. Cette étape nous a permis de nous assurer que le jeu fonctionnait correctement et que l'interface utilisateur était ergonomique et conviviale.

Ensuite, nous avons abordé la partie la plus complexe et technique du projet, à savoir l'implémentation des algorithmes Minimax et Alpha-Bêta. Nous avons veillé à ce que notre code corresponde aux concepts et aux méthodes abordés lors des cours d'intelligence artificielle au début du semestre. De plus, nous avons évalué la performance de ces algorithmes en fonction des différentes profondeurs de recherche choisies, afin d'optimiser le comportement de l'IA et de garantir un niveau de difficulté adapté pour les joueurs humains.

6.2 Implications et perspectives futures

Tout au long de ce projet, notre implication a été constante et soutenue. Nous avons travaillé en étroite collaboration, en organisant des réunions hebdomadaires lorsque cela était possible et en nous retrouvant à l'université pour avancer ensemble sur le développement du jeu de dames. L'intérêt porté à ce projet était principalement dû à son aspect algorithmique et à la découverte du domaine de l'intelligence artificielle.

Ce projet nous a permis d'acquérir des compétences précieuses et de mieux comprendre les enjeux liés à l'implémentation d'algorithmes d'élagage et de recherche dans un contexte de jeu. De plus, il nous a donné un aperçu des défis et des opportunités offerts par le domaine de l'intelligence artificielle, qui est un secteur en pleine croissance et de plus en plus sollicité dans de nombreux domaines d'application.

Les perspectives futures pour ce projet incluent notamment l'amélioration de l'interface utilisateur et l'ajout de nouvelles fonctionnalités, telles que la possibilité d'abandonner une partie, un affichage du nombre de pions capturés et un menu plus convivial. De plus, nous pourrions envisager d'approfondir l'étude des algorithmes et de la fonction d'évaluation afin d'améliorer encore les performances et la compétitivité de l'intelligence artificielle.

Enfin, ce projet constitue une base solide pour explorer davantage le domaine de l'IA et étendre nos compétences en matière de programmation, d'algorithmique et de conception d'interfaces utilisateur. Il pourrait également servir de point de départ pour des recherches plus approfondies et la mise en œuvre de techniques d'intelligence artificielle plus avancées dans le cadre de futurs projets ou collaborations.