



---

# Hex-Ta(c)tique

## Projet de programmation 2

---

### Auteurs

AL AYOUBI Ibrahim  
BIGEY Raphaël  
BONETTI Timothée  
LEJEUNE Ivan

### Encadrant

DA-SILVA Sébastien

12 mai 2024

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Présentation du sujet</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Technologies utilisées</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Développements Logiciel : Conception, Modélisation, Implémentation</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Moteur de jeux combinatoires abstrait</b>	<b>5</b>
4.1	la Recherche arborescente Monte-Carlo . . . . .	5
4.2	algorithme MinMax . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Analyse des résultats</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Gestion du Projet</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Bilan et Conclusions</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>Annexes</b>	<b>10</b>
9.1	Annexe I : Cahier des charges . . . . .	10

# 1 Présentation du sujet

Les jeux de société ont toujours été un moyen de divertissement populaire, mais au-delà de leur aspect récréatif, ils constituent également des domaines d'étude intéressants pour les chercheurs en informatique, en mathématiques et en intelligence artificielle. Dans ce contexte, et dans le cadre de notre projet de programmation de L3 Informatique, nous avons choisi de nous intéresser à la théorie des jeux combinatoires. Nous avons ainsi mis en œuvre les jeux de stratégie combinatoire abstrait du Hex et de l'Awalé, reconnaissant ainsi leur valeur non seulement comme des défis ludiques, mais aussi comme des sujets de recherche passionnants pour explorer les interactions stratégiques et algorithmiques entre les joueurs.

Avant de poursuivre notre discussion sur notre motivation à étudier ces jeux, il est pertinent de clarifier ce que l'on entend par «jeux de stratégie combinatoire abstrait». Ce sont des jeux (généralement de société) tel que :

- opposant généralement deux joueurs ou deux équipes (ou bien un joueur humain seul contre un ordinateur « intelligent »)
- dans lequel les joueurs ou équipes jouent à tour de rôle.
- dont tous les éléments sont connus (jeu à information complète).
- où le hasard n'intervient pas pendant le déroulement du jeu.

En d'autres termes, dans les jeux de stratégie combinatoire, la victoire dépend entièrement des actions des joueurs et de leur capacité à anticiper et contrer les mouvements de l'adversaire.

L'étude de ces jeux nous motive à mieux comprendre les algorithmes de recherche et d'optimisation, et de nous familiariser avec les techniques de programmation avancée. A l'avenir, ces résultats pourront être utilisés dans un cadre plus général pour la résolution de problèmes plus complexes, par exemple pour les échecs ou le go.

Il existe plusieurs approches possibles pour la résolution de jeux de stratégie combinatoire. Parmi les approches les plus courantes, on trouve les algorithmes de recherche en profondeur, les algorithmes de recherche de chemin, les algorithmes de recherche de meilleure réponse, les algorithmes de Monte-Carlo, les algorithmes de renforcement, etc. Pour ce projet, nous avons choisi d'implémenter deux algorithmes en particulier pour la résolution des jeux de hex et d'Awalé : l'algorithme Minimax avec élagage alpha-bêta pour le jeu de hex, et l'algorithme de Dijkstra pour le jeu de l'Awalé.

Les principaux avantages de ces algorithmes sont les suivants :

- L'algorithme Minimax avec élagage alpha-bêta est un algorithme de recherche qui permet de trouver la meilleure stratégie pour un joueur dans un jeu à deux joueurs. Cet algorithme est très efficace pour les jeux de stratégie combinatoire comme le hex, car il permet de réduire le nombre de nœuds explorés lors de la recherche de la meilleure stratégie.
- L'algorithme de Dijkstra est un algorithme de recherche de chemin qui permet de trouver le chemin le plus court entre deux nœuds dans un graphe. Cet algorithme est très efficace pour le jeu de l'Awalé, car il permet de trouver la meilleure stratégie pour un joueur en minimisant le nombre de graines capturées par l'adversaire.

Le cahier des charges détaillé est disponible en annexe. A RAJOUTER : Le cahier des charges détaillé

## 2 Technologies utilisées

Pour la réalisation de ce projet, nous avons utilisé les langages de programmation suivants :

- Python pour l'implémentation des algorithmes de résolution des jeux et la logique du jeu,
- HTML, CSS et JavaScript pour l'implémentation de l'interface graphique des jeux,
- UML pour la modélisation des classes et des cas d'utilisation,
- Git pour la gestion du code source et le suivi des versions,
- Visual Studio Code pour l'écriture du code et le débogage,
- GitHub pour l'hébergement du code source et la collaboration,
- LaTeX pour la rédaction du rapport,
- Draw.io pour la création des diagrammes UML

Nous avons choisi Python pour l'implémentation des algorithmes de résolution des jeux et la logique du jeu, car c'est un langage de programmation très populaire et très puissant, qui offre de nombreuses bibliothèques et modules pour le développement d'applications complexes. Python est également un langage de programmation très simple et très lisible, ce qui facilite la compréhension du code et la collaboration entre les membres de l'équipe.

Nous avons choisi HTML, CSS et JavaScript pour l'implémentation de l'interface graphique des jeux, car ce sont des langages de programmation efficaces et simples à comprendre, qui permettent de créer des interfaces graphiques interactives et ergonomiques. HTML est un langage de balisage qui permet de structurer les pages web, CSS est un langage de style qui permet de mettre en forme les pages web, et JavaScript est un langage de programmation qui permet de rendre les pages web interactives.

Nous avons choisi UML pour la modélisation des classes et des cas d'utilisation, car c'est un langage de modélisation très complet, qui permet de représenter de façon claire et précise la structure et le comportement des systèmes informatiques.

Nous avons choisi Git et GitHub pour la gestion du code source et le suivi des versions, car ce sont des outils très puissants avec lesquels nous sommes très familiers.

LaTeX a été choisi pour la rédaction du rapport, car c'est un langage de composition de documents très puissant et très flexible, qui permet de créer des documents de grande qualité typographique. Etant donné que nous avons déjà utilisé LaTeX pour d'autres projets, nous avons préféré continuer à l'utiliser pour ce projet.

Draw.io a été choisi pour la création des diagrammes UML, car c'est un outil très simple et qui répond parfaitement à nos besoins. Il permet de créer des diagrammes UML de façon très intuitive, et de les exporter dans différents formats.

### **3 Développements Logiciel : Conception, Modélisation, Implé- mentation**

## 4 Moteur de jeux combinatoires abstrait

Implementer un algorithme pour jouer aux jeux contre l'ordinateur est l'un des objectifs principaux du projet Hex-Ta(c)tique mais alors une problématique apparaît : Quels sont les algorithmes qui permettent à un ordinateur de jouer à un jeu combinatoire abstrait quels sont leurs points forts et leurs inconvénients dans cette section nous allons présenter 2 algorithmes principaux que sont : la Recherche arborescente Monte-Carlo (Monte carlo Three Search) et le l'algorithme du min-max avec élagage alpha beta :

### 4.1 la Recherche arborescente Monte-Carlo

**presentation** la recherche arborescente Monte Carlo ou Monte Carlo tree search (MCTS) est un algorithme de recherche heuristique Il est principalement utilisé dans le cadre de mis en place d'intelligence artificielle pour des jeux tels que les jeux combinatoires comme le go mais pas uniquement en effet il est aussi utilisé pour les moteurs de jeux des echecs comme le moteur Alpha Zero l'un des leaders en therme d'intelligence de jeux aux echecs. Cet algorithme peut meme etre implementé dans des jeux ou le hasard apparait par exemple au poker.

**MCTS - fonctionnement succinct** Monte Carlo Three Seach ou MCTS est un algorithme qui explore l'arbre des possibles. La racine est la configuration initiale du jeu. Chaque nœud est une configuration et ses enfants sont les configurations suivantes. MCTS conserve en mémoire un arbre qui correspond aux nœuds déjà explorés de l'arbre des possibles. Une feuille de cet arbre est soit une configuration finale (donc un des joueur a gagné) soit soit un nœud dont aucun enfant n'a encore été exploré. Dans chaque nœud, on stocke deux nombres : le nombre de simulations gagnantes, et le nombre total de simulations. A chaque iteration MCTS va chercher la feuille la plus prometteuse, comprendre la suite de coups qui possède la meilleure heuristique et ensuite depuis cette feuille creer grace aux regles du jeu une nouvelle feuille au hasard dans le but d'atteindre une configuration finale. Dans le cas ou on trouve une configuration gagnante pour un joueur on va incrementer le nombre de simulations gagnantes pour les noeuds correspondant au joueur dans les parents de la feuille que l'on vient de cree. L'algorithme repete cette operation un certain nombre de fois avant de choisir un coup ie : choisir le coup qui a le plus de simulations gagnantes et le moins de simulations totales.

### 4.2 algorithme MinMax

**presentation** L'algorithme MinMax comme MCTS est un algorithme décisionnel mais celui ci s'applique sur des jeux a somme nulle : c'est a dire un jeu où la somme des gains et des pertes de tous les joueurs est égale à 0. Cela signifie donc que le gain de l'un constitue obligatoirement une perte pour l'autre. L'algorithme va utiliser cette propriété dans sa recherche pour le meilleur coup possible. En effet il amène l'ordinateur à passer en revue toutes les possibilités pour un nombre limité de coups et à leur assigner une valeur qui prend en compte les bénéfices pour le joueur et pour son adversaire. Le meilleur choix est alors celui qui minimise les pertes du joueur tout en supposant que l'adversaire cherche au contraire à les maximiser (d'où le nom MinMax)

**MinMax - fonctionnement succinct** Comme le MCTS le MinMax va explorer l'arbre des possibles. L'algo va explorer toutes les possibilités et mettre une valeur positive ou negative a chaque feuille de l'arbre qui sont des nœuds terminaux ou nœuds à la profondeur de recherche maximale Positive si la position favorise le joueur que joue l'ordinateur (le joueur maximisant) negative dans le cas contraire. Les nœuds non feuilles héritent de leur valeur grace a leurs enfants. Ainsi, les nœuds conduisant à un résultat favorable, comme une victoire, pour le joueur maximisant ont des scores plus élevés que les nœuds plus favorables pour le joueur minimisant. Les valeurs heuristiques pour les nœuds feuilles terminaux (fin du jeu) sont des scores correspondant à la victoire, à la défaite ou à l'égalité pour le joueur maximisant. Pour les nœuds feuilles non terminaux à la profondeur maximale de recherche, une fonction d'évaluation estime une valeur heuristique pour le nœud. La qualité de cette estimation et la profondeur de recherche déterminent la qualité et la précision du résultat final de minimax.

## 5 Analyse des résultats

## 6 Gestion du Projet



## 7 Bilan et Conclusions

## 8 Bibliographie

## 9 Annexes

### 9.1 Annexe I : Cahier des charges

#### Objectifs du projet :

Pour répondre aux attentes de notre projet, nous avons décidé de développer une application web sur laquelle nous pourrions jouer au jeu du Hex et de l'Awalé.

Pour chaque jeu nous devons implémenter les règles officielles afin d'assurer une cohérence entre tous les joueurs. De plus, nous voulons fournir une interface graphique agréable pour l'utilisateur. Cela comprend donc une page d'accueil intuitive ainsi que des plateaux de jeu faciles d'utilisation.

#### Description des jeux :

- Hex :

Le Hex est un jeu de stratégie à deux joueurs. Il se compose d'un plateau, de pions bleus et de pions rouges. Le plateau du jeu de Hex est composé de cases hexagonales formant un losange. La taille du plateau peut varier, mais est généralement de  $11 \times 11$ . Deux côtés opposés du losange sont bleus, les deux autres sont rouges.

Le joueur bleu commence. Les joueurs jouent chacun à leur tour. A chaque tour, un joueur place un pion de sa couleur sur une case libre du plateau. Le premier joueur qui réussit à relier ses deux bords par un chemin de pions contigus de sa couleur a gagné. Il ne peut y avoir qu'un pion par case. Les pions posés le sont définitivement, ils ne peuvent être ni retirés, ni déplacés.

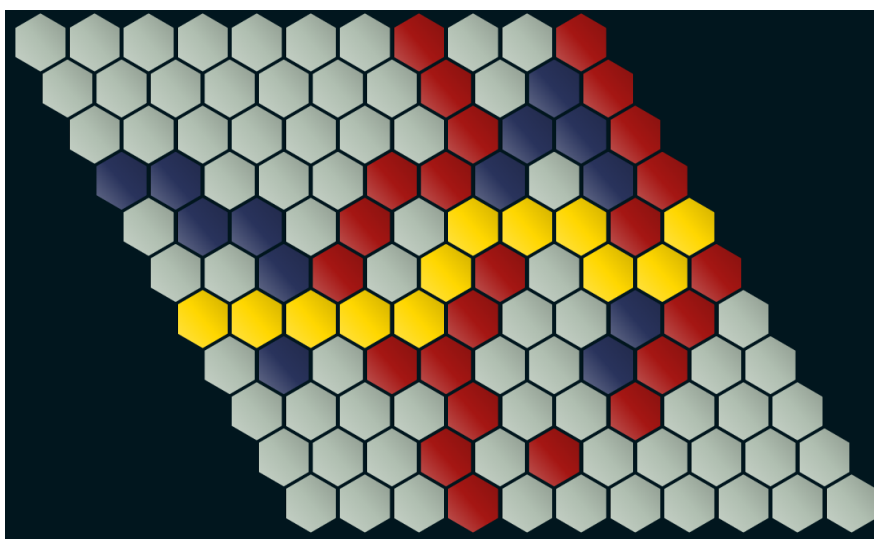


FIGURE 1 – Ici bleu a gagné, en reliant ses deux bords.

- Awalé :

L'Awalé est un jeu de stratégie à deux joueurs. Il se compose d'un plateau et de graines. Au début de la partie, 4 graines se situent dans chaque cases du plateau. Les joueurs jouent à tour de rôle. A chaque tour, le joueur prend toutes les graines d'un des trous de son camp puis il les égrène une par une dans toutes les cases qui suivent sur sa rangée puis sur celle de son adversaire suivant le sens de rotation (une graine dans chaque trou après celui où il a récupéré les graines).

Le joueur « capture » des graines lorsque la dernière case où il pose une graine est une case du camp adverse et si contient 2 ou 3 graines en comptant la nouvelle (elle contenait 1 ou 2 graines avant). Le joueur prend alors les graines de cette case (2 ou 3), puis il prend également les graines

de la case précédente si celle-ci répond aux mêmes conditions : être une case du camp adverse et contenir 2 ou 3 graines. Il continue ainsi à prendre les graines des cases antérieures tant que celles-ci répondent aux conditions.

La première façon qu'une s'achève est lorsqu'un joueur n'a plus de graines dans son camp alors que c'est à lui de jouer et que son adversaire n'est plus en mesure de lui en apporter une selon la règle de « l'obligation de nourrir l'adversaire ». Dans ce cas, son adversaire gagne toutes les graines restantes. C'est la fin par famine.

La deuxième façon qu'une partie s'achève est lorsqu'il reste trop peu de graines pour qu'aucune prise ne soit désormais possible (en pratique 2 ou 3). Chaque joueur récupère la ou les graines restantes de son camp. C'est la fin par indétermination.

### **Fonctionnalités de l'application :**

- Possibilité de jouer en joueur contre joueur sur les deux jeux.
- Possibilité de jouer en joueur contre IA avec la couleur de notre choix sur les deux jeux.
- Possibilité d'observer une partie entre deux IA sur les deux jeux.
- Possibilité d'annuler son dernier coup sur les deux jeux.
- Choisir la taille du plateau du Hex.
- Divers boutons pour naviguer à travers l'application.
- Possibilité de réinitialiser le plateau des deux jeux lorsqu'on le souhaite.

### **Interface utilisateur :**

L'application s'ouvrira sur une page d'accueil sur laquelle nous pourrons choisir le jeu auquel nous souhaitons jouer. Pour chaque jeu nous pourrons trouver une page home nous permettant de sélectionner le mode de jeu que nous voulons choisir. Nous retrouverons alors pour les deux jeux les modes joueur contre joueur, joueur contre IA et IA contre IA.

De nombreux boutons de couleur bleus seront mis en place afin de naviguer entre toutes les pages de l'application. D'autres boutons plus petit seront disponibles. Ils permettront pendant les diverses parties de réinitialiser le plateau de jeu, ou de défaire notre dernier coup dans les modes de jeu joueur contre joueur et joueur contre IA.