TER


# (mise en forme première page ?Tête et pied de page ?)

Cambresy Florian
Chalaud Jean-Christophe
Le Denmat Mickael

(date)MM YYYY

# Table des matières

# 1 Développement d'une méthode de recherche arborescence pour un jeu à deux joueurs: application au jeu 7 Wonder-Duel

## 1.1 Sujet

Il s'agira tout d'abord pour les étudiants de se familiariser avec les méthodes de recherche arborescente appliquées aux jeux, en particulier la méthode alpha-bêta.

Dans un second temps, il conviendra d'implémenter une telle méthode pour le jeu intitulé 7wonders - Duel. Ce jeu est décrit sur de nombreux sites, certains proposent même une petite vidéo tutorielle expliquant les règles de ce jeu. Il est à noter que l'encadrant offrira ce jeu aux étudiants qui choisiront ce sujet.

Pour que le programme "joue bien", il conviendra en particulier de réfléchir à des fonctions d'évaluation pertinentes des positions de jeu.

## 1.2 Description du travail attendu

L'objectif du projet est d'implémenter une méthode alpha-bêta pour faire en sorte que notre algorithme puisse jouer, en proposant des coups pertinents et dignes d'intérêts. Nous expliquerons bien evidement qu'est ce que nous considérons comme étant un coup digne d'intérêt et sur quels critères ce base notre algorithme.

Afin d'apporter une solution à ce sujet, nous découperons le projet en trois parties.

La première sera une partie descriptive concernant les notions contenues dans la méthode alpha-bêta pour le programme joue correctement en insistant sur les points qui devront être étudiés afin d'appliquer la méthode à notre exemple précis. Ensuite, nous expliquerons les règles du jeu et évoquerons le déroulement d'une partie. Nous développerons sur le système de victoire et, afin de faire une transition sur la partie qui suivra, nous débattrons concernant la force des "positions" au cours d'une partie.

La deuxième partie montrera le chemin de pensée que nous avons eu afin d'arriver à une ou des solutions pour appliquer la méthode alpha-beta sur notre jeu. Plus particulièrement nous décrirons la fonction d'évaluation que nous avons trouvé afin que l'algorithme suggère des coups pertinents.

Enfin la dernière sera une présentation des solutions techniques que nous avons mis en place.

## 1.3 Description du jeu : 7 wonders-Duel

7 Wonder est un jeu de plateau sorti dans les années 2010, créé Antoine Bauza et publié par Repos Production en Belgique. Le nombre de joueur est entre 3 et 7. On y joue une ancienne civilisation avec ses conflits milaitaires mais aussi ses activites commerciales. Il est connu et très apprécié par la communauté ayant remporté plus de 30 prix et souvent cité comme l'un

des jeux de société les plus influents de la dernière décennie[**wiki_7_wonder**]. Le jeu choisit afin d'appliquer l'algorithme min-max est une variante de celui-ci, le 7 wonders - Duel.

### 1.3.1 7 wonders - Duel

Le jeu 7 wonders - Duel est comme son nom l'indique un 7 wonders mais à deux joueur. Un jeu sortie en 2015 par la même société. A DVP ?

### 1.3.2 Règles du jeu

Le jeu se présente comme suit dans le livret des règles[**regle_7_wonder_duel**].


Il est constitué de:

- 1 plateau de jeu. IMAGE ?
- 66 cartes Âge. IMAGE ?
  - 23 cartes pour l'Âge I.
  - 23 cartes pour l'Âge II.
  - 20 cartes pour l'Âge III.
- 7 cartes Guilde.
- 12 cartes Merveille, avec un nom, un coût en ressource et un effet (un bonus). IMAGE ?

- 4 jetons Militaire, donnant une certaine somme de monnaie. IMAGE ?
- 10 jetons Progrès. IMAGE ?
- 1 Pion Conflit, indiquant quel joueur a l'avantage militaire. IMAGE ?
- 31 pièces de monnaie IMAGE ?
  - 14 de valeur 1.
  - 10 de valeur 3.
  - 7 de valeur 6.
- 1 carnet de scores.

Les cartes Âge et Guilde sont des bâtiments. Elles peuvent avoir un coût (monnetaire) afin d'être utilisée, qui est placé en haut à gauche. Elles peuvent donner des effets, placé en haut au centre. Les effets sont multiple comme par exemple une production de matière, une réduction de coût de construction d'un bâtiment ou d'une merveille, ainsi que d'autres. Enfin elles ont aussi un nom, placé en bas. Les cartes ont des couleurs différentes indiquant à quel type de bâtiment elles appartiennent.

- Les Cartes marrons sont des bâtiments de matière première.
- Les Cartes grises sont des bâtiments de produit manufacturé.
- Les cartes bleues sont des bâtiments civils, elles donnent des points de victoire.
- Les cartes vertes sont des bâtiments scientifiques, elles donnent aussi des points de victoire et
- Un symbole scientifique. Lorsqu'un joueur a deux symboles scientifique identique il peut prendre un jeton Progres.
- Les cartes oranges sont des bâtiments commerciaux, elles ont des objectifs multiples comme donner des pièces au joueur, produire des ressources, modifier les règles de commerce.
- Les cartes rouges sont des bâtiments militaires, elles augmentent la puissance.
- Les cartes violettes sont des bâtiment de Guilde, elles donnent des points de victoire en fonction de certains critères.

De plus le joueur peut acheter des ressources à la "banque" via le commerce comme par exemple si le joueur souhaite construire un bâtiment mais ne dispose pas de toutes les ressouces. Pour acheter cette ressource il faut prendre en compte les ressources produite par le joueur adverse (carte marron et grise) y ajouter 2 et remettre la somme dans la banque puis construire le bâtiment. Concernant les bâtiments, certains octroient un symbole de chaînage (en blanc en haut de la carte). Si le joueur souhaite construire un bâtiment et si il possède une carte donnant le symbole de chaînage il peut alors le construire gratuitement, dans le cas contraire il doit payer son coût en ressources et/ou monnetaire.

Une fois la présentation faite, nous allons pouvoir parler de la préparation du jeu avant de débuter une partie. La préparation du plateau de se fait ainsi:

1. Placez le plateau entre les deux joueurs.
2. Placez le pion Conflit sur la case neutre au milieu du plateau.
3. Placez les quatres jetons Militaire sur leurs emplacements.
4. Mélangez les jetons Progrès et placez-en cinqs au hasard sur la plateau.
5. Chaque joueur prend 7 pièce à la banque.

Puis vient la selection des Merveilles, pour cela il faut désigner le premier joueur et mélanger les Merveilles, ensuite:

- Disposez 4 Merveilles aléatoires entre les joueurs.
- Le premier joueur choisit une Merveille.
- Le deuxième joueur en choisit deux.
- Le premier joueur prend la dernière.
- Disposez les quatres autres Merveilles.
- Le deuxième joueur choisit une Merveille.
- Le premier joueur en choisit deux.
- Le deuxime joueur prend la dernière.

Pour construire une Merveille, le joueur doit mettre une carte face cachée sous la Merveille (peut importe la carte, elle sert juste a indiquer que la Merveille est construite) et doit payer le coût de la construction. Il y a un maximum de 7 Merveilles construitent par partie, le joueur dont la dernière Merveille n'est pas construite doit la remettre dans la boite.

Enfin il faut placer les cartes d'Âge dans une structure particulière en fonction de l'âge. Les cartes face cachées sont retournées lorsque les cartes visibles posées dessus sont enlevées par

les joueurs. Les joueurs peuvent choisir aussi de défausser une carte en échange de 2 pièces et d'un bonus d'une pièce pour chaque carte jaune qu'il possède.

Il y a deux manières de gagner, la première est la victoire militaire, l'un des joueur aura avancé le pion Conflit dans la case capitale de son adversaire. La deuxième étant la victoire par suprémactie scientifique, l'un des joueur réunit 6 symboles scientifiques différents. Si aucun des joueur n'a gagner à la fin de l'Âge III, il faut alors faire la sommes des points de victoire acquis durant la partie, celui qui en possde le plus l'emporte.

# 2 Rappels généraux

## 2.1 Théorie des jeux

Dans le monde des mathématiques il y a un domaine qui s'intéresse aux interactions stratégiques qui existent entre plusieurs agents. Ces interactions peuvent se faire dans un jeu, dans les sciences sociales, politiques ainsi que dans d'autres exemples. Ce domaine est la théorie des jeux[**wiki_theorie_jeux**]. Il faut noter que ici le mot "jeu" a un sens plus large qu'un jeu de société ou autre.

Dans ce projet nous porterons attention uniquement aux interactions entre deux joueurs dans un jeu de société à travers un exemple que nous développerons par la suite.

## 2.2 Catégories de jeux

Afin de connaître quelle approche doit être utilisée pour étudier les stratégies qui existent au sein d'un jeu, la théorie repartie les jeux en différentes catégories[**wiki_typo_theorie_jeux**].

1. Coopératifs ou non.
2. Somme nulle ou non.
3. Simultanés ou séquentiels.
4. Information complète ou non.
5. Mémoire parfaite ou non.
6. Determiné.
7. Finis.
8. Répétés.

(1) Un jeu coopératif permet d'analyser la formation de coalitions afin d'améliorer le gain potentiel.
(2) Un jeu à somme nulle (ou jeu strictement compétitif) est un jeu dont les gains de certains joueurs sont les pertes des autres afin d'avoir la somme des gains et des pertes nulle, comme dans les échecs, dans le poker ou dans d'autres. A l'inverse dans un jeu à somme non nulle, tous les joueurs peuvent perdre, ou gagner, voir même certains peuvent gagner un gain moins (réciproquement plus) important que la perte totale d'autres joueurs.
(3) Un jeu est dit "simultané" si les joueurs jouent en même temps, dans le cas contraire c'est un jeu séquentiel.
(4) Un jeu peut être à "information complète", c'est-à-dire que chaque joueur connait l'ensemble des informations qui influent leur prise de décision.
(5) Un jeu peut être aussi à "mémoire parfaite", dans ce cas chaque joueur peut se rappeler des coups qui ont été joués soit en les notant a part, soit ils sont visibles au cours de la partie (par exemple les cartes qu'a choisie le joueur sont à coté de ce dernier, face visible).
(6) Un jeu "déterminé" est un jeu particulier à somme nulle sans intervention du hasard.

## 2.3 Représentation d'un jeu

Maintenant que nous savons comment définir un jeu, nous allons étudier comment représenter ce dernier et les interactions entre les joueurs. Il existe globalement trois représentations[**wiki_representatio**
, la forme extensive et la forme normale, qui sont utilisées pour les jeux non coopératifs et la forme caractéristique pour les jeux coopératifs.

### 2.3.1 forme extensive

La forme extensive est la représentation sous forme d'arbre de décision où les noeuds d'une même hauteur sont les choix possibles (qui ne sont pas en dehors des règles prévues par le jeu) d'un joueur. Plus précisément chaque noeud est une situation produite au cours d'une partie (pas nécessairement le début de la partie) et les fils de ce noeud sont les coups que peut faire le joueur suivant. Par exemple dans les échecs, la racine sera l'état du plateau de jeu à la fin du tour d'un joueur (la position des pions de chaque joueur) et les fils de cette racine seront les déplacements des pions de l'adversaire. Dans cet exemple, ainsi que dans tous les joueurs à deux joueurs, les hauteurs paires sont les coups du joueur A tandis que les hauteurs impaires sont les coups du joueur B. De plus, les feuilles de cet arbre sont des noeuds indiquant la fin de la partie, soit il y a victoire d'un des deux joueurs, soit plus aucun coup n'est possible. C'est la forme que nous allons utiliser durant tout ce projet, c'est pour cela que nous passerons rapidement sur les autres formes.

### 2.3.2 forme normale

La forme normale (ou stratégique) est définie par:

- L'ensemble des joueurs (de taille fini).
- L'ensemble des stratégies possibles pour chacun des joueurs (fini ou infini).
- Les préférences de chacun des joueurs, soit un sous-ensemble de stratégies parmi l'ensemble des
- combinaisons stratégiques possibles soit via une fonction d'utilité ou un fonction de gain.

A CREUSER ?

### 2.3.3 forme caractéristique

La forme caractéristique est utilisée, comme dit précédememnt, pour les jeux coopératifs. Elle est représentée sous forme d'un graphe G=(N,v) avec N l'ensemble des joueurs et v la fonction caractéristique. Cette dernière associe à chaque sous-ensemble de joueurs (noté S) qui forme une coalition, la valeur v(S), la gain obtenu par la coalition. A CREUSER ?

## 2.4 Recherche arborescente et intelligence artificielle

La recherche arborescente est une recherche qui se base sur la forme extensive afin d'utiliser l'arbre de décision[**cours_arbre_decision**]. Cette recherche s'appuie aussi sur une fonction d'évaluation, qui associe à toutes situations du jeu une valeur indiquant si elle est favorable à une victoire. Bien évidemment plus cette valeur est grande plus la probabilité de victoire est grande. Cette fonction ne s'applique qu'aux feuilles de l'arbre de décision, ces feuille peuvent être la fin de la partie ou un état de la partie dans lequel nous évaluons le rapport de force entre les deux joueurs afin de déterminer qui est en meilleur posture pour gagner. Ainsi l'objectif de cette recherche est de choisir la suite de noeud à prendre (donc de coups à faire) afin d'arriver à la valeur d'évaluation maximale.

## 2.5 Méthode alpha-bêta

### 2.5.1 Méthode min-max

Avant d'évoquer la méthode alpha-bêta, nous allons expliquer comment fonctionne la méthode min-max, la méthode alpha-bêta en est une amélioration. La méthode min-max est un algorithme utilisé dans la théorie des jeux, plus précisément dans les jeux à deux joueurs, à somme nulle et à information complète[**min_max**].

L'objectif de cette dernière est de minimiser la perte dans le pire cas pour un joueur est de maximiser la perte pour l'adversaire, d'où son nom "min-max". Pour cela l'algorithme va simuler tous les coups possibles et leur donner une valeur, représentant combien ce coup est intéressant ou non. La simulation de tous les coups possibles passe par la construction de l'arbre de décision et le calcul de la valeur des feuilles est l'application d'une fonction d'évaluation.

Nous obtenons donc un arbre avec des valeurs aux feuilles uniquement. Ensuite, nous allons devoir faire "remonter" la valeur du jeu des feuilles jusqu'à la racine et choisir parmi tous les coups celle qui a la valeur la moins basse. Pour calculer cette valeur nous allons passer par une approche récursive comme suit[**minimax_alog**]:

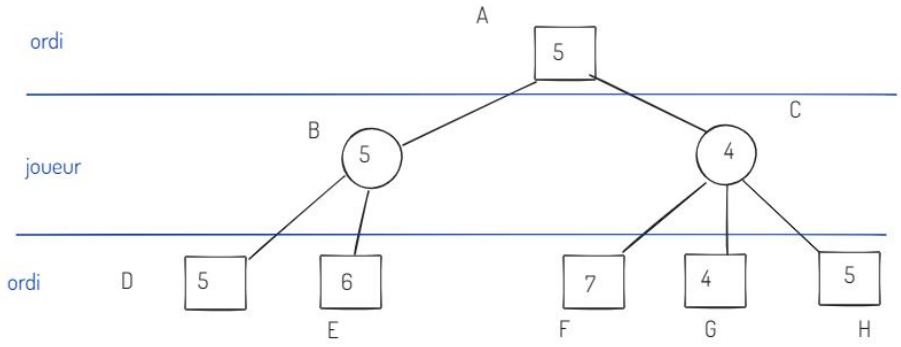
- minmax(p) = f(p) si p est un feuille de l'arbre où f est la fonction d'évaluation.
- minmax(p) = max(minmax($O_1$), ..., minmax($O_n$)) si p est un noeud de l'ordinateur avec les fils $O_1$, ..., $O_n$.
- minmax(p) = min(minmax($O_1$), ..., minmax($O_n$)) si p est un noeud du joueur avec les fils $O_1$, ..., $O_n$.

Le soucis de cette méthode est le nombre de cas à étudier. En effet comme la simulation produit un arbre que nous devons parcourir en entier afin de choisir le meilleur coup à jouer nous devons faire un parcours de cet arbre. Cependant comme cela passe soit par un algorithme récursif, qui doit simuler un nombre important de coups et de réponses ce qui fait augmenter la profondeur de l'arbre. En plus de faire augementer le nombre d'appel récursif cela surcharge le tas d'appel. Soit, dans l'autre cas, nous pouvons passer par un algorithme itératif avec une file ou une pile. Or si le nombre de réponses possibles à un coup du joueur devient trop important cela nous oblige à utiliser beaucoup de mémoire. Enfin, même si nous prévoyons le fait que le programme utilise beaucoup de mémoire, nous ne voulons pas que le programme continue de calculer une suite de coups qui est moins avantageuse une suite qu'il à déjà calculé. Cela serai contre-productif. Ainsi c'est pour répondre à toutes ces problématiques que l'élagage alpha-bêta a été conçu.

### 2.5.2 Amélioration alpha-bêta

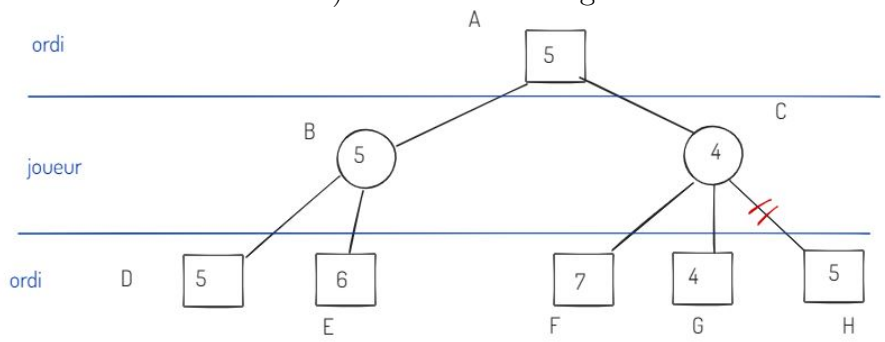
L'élagage alpha-bêta est comme son nom l'indique une méthode qui vise à "supprimer" les branches de l'arbre qui ne sont pas utile, qui ne change rien au résultat final. Pour élager les branches, nous disposons de deux types de coupures, la coupure alpha et la coupure bêta, d'où le nom de la méthode[**elagage_alpha_beta**] Cette méthode s'applique uniquement sur des arbres au moins de profondeur trois (la racine ayant un profondeur de un). Une fois que la méthode min-max à construit l'arbre et appliqué la fonction d'évaluation aux feuilles, nous allons ajouter les coupures lors de la "remonter" des valeurs à la racine.

### 2.5.3 Coupure Alpha




A FAIRE PROPRE

Prenons l'exemple ci-dessus pour expliquer la coupure alpha, elle se place du point de vue du joueur. Une fois que la valeur du noeud B à été initialisé avec le minimum de ces fils (D, F) cette valeur va nous servir de borne pour faire nos coupures. Regardons les fils du frère de B, c'est à dire F, G (supposons que la valeur de H ne soit encore connue) afin d'initialiser la valeur de C. Nous devons prendre la valeur minimale entre F et G (ici F=4) mais nous constatons que cette valeur est plus petite que notre borne (B=5), ainsi explorer le noeud H ne sert a rien car peut importe la valeur qu'il aura (plus petite ou plus grande que F) il ne sera pas utiliser pour initialiser la valeur de A pusique A=max(B,C). Nous pouvons donc élaguer H (et tous les autres fils de C s'ils existent) comme sur l'image ci-dessous.




A FAIRE PROPRE

### 2.5.4 Coupure Bêta

La coupure bêta est similaire mais se base du point de vue de l'ordinateur, on élague donc les feuilles plus grande que la borne[**wiki_7_wonder**].

# 3 Travail effectué

## 3.1 La fonction d'évaluation

## 3.2 Implémentation

## 3.3 Interface

## 3.4 Résultat obtenue

# 4 Conclusion

## 4.1 Objectif(s) atteint/ non atteint

## 4.2 Suggestion d'amélioration(s)

## 4.3 Difficultée(s) rencontrée(s)

# 5 Annexe

## 5.1 Code