

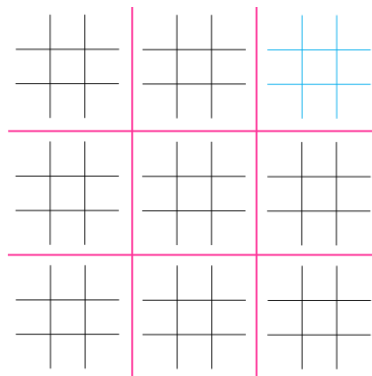
MORPIONCEPTION

De la théorie des jeux à l'implémentation d'une stratégie optimisée : l'exemple d'un jeu de Morpion complexifié

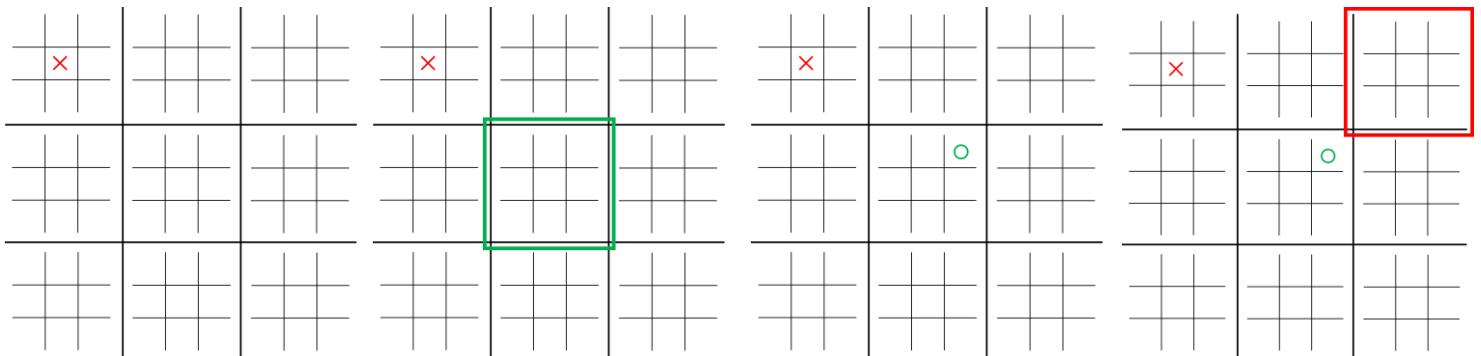
Clémentine Laurens, année scolaire 2015 – 2016

I. Morpionception : définition et règles du jeu

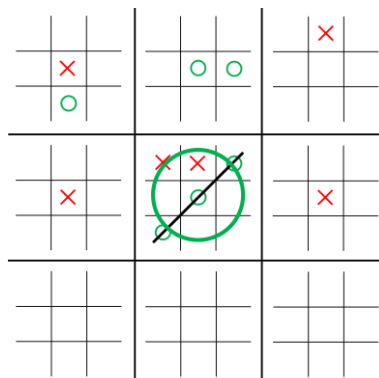
Grille de Morpionception : la grille rose est la **grille de rang 1**, et la grille bleue l'une des neuf grilles de rang 0.



Succession possible de coups au début d'une partie de Morpionception :



Gain de la case centrale du morpion de rang 1 par le joueur jouant avec les ronds :



II. Premiers résultats issus de la théorie des jeux

Théorème 1 (Zermelo) :

Soit T un ensemble d'issues possibles d'un jeu fini à deux joueurs à information complète. Alors de deux choses l'une :

- Soit le joueur I possède une stratégie qui lui permet d'assurer une issue dans T .
- Soit le joueur II possède une stratégie qui lui permet d'assurer une issue dans $\sim T$, le complémentaire de T dans l'ensemble des issues possibles.

Corollaire 1 :

Dans le jeu de Morpionception, un des deux joueurs possède une stratégie permettant d'obtenir, dans le pire des cas selon ses critères, un nul.

Théorème 2 (Zermelo, appliqué au Morpionception) :

Si chacun des deux joueurs joue de manière parfaitement rationnelle, une partie de Morpionception aura toujours sur la même issue.

III. Première étude informatique : algorithme du MinMax « naïf »

III.1 – Programmation d'un MinMax « naïf »

Algorithme de Zermelo « renversé » → Exploration récursive des différentes branches de l'arbre modélisant le jeu de Morpionception

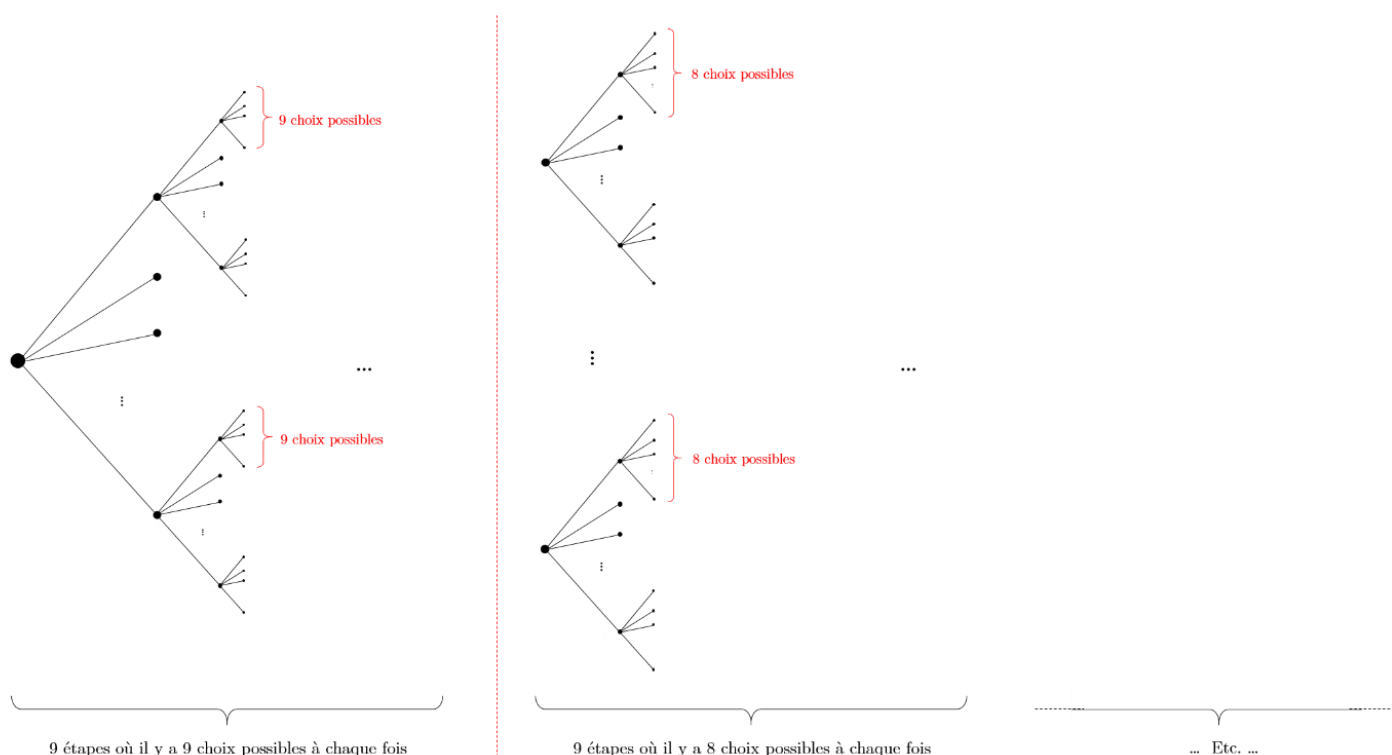
Caractère **fini** du jeu → Assure la terminaison de l'algorithme.

En pratique : programme récursif, qui exploite le caractère **strictement compétitif** du jeu.

↳ Attribution d'une « valeur » à chacune des trois issues possibles :

- Match nul → 0
- Victoire du joueur jouant avec les croix → +1
- Victoire du joueur jouant avec les ronds → -1

III.2 – Remarques de complexité

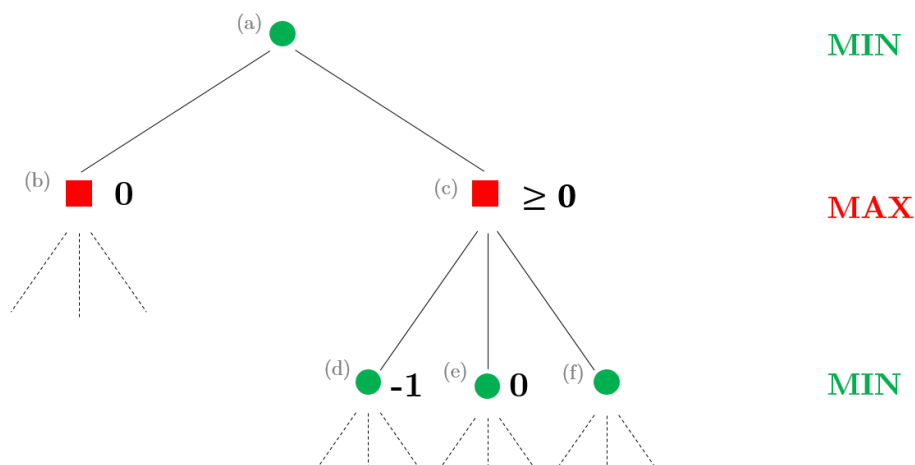


Nombre de chemins menant de la racine aux feuilles (i.e. nombre de parties possibles) :

$$n = \prod_{k=1}^9 k^9 = (9!)^9 \approx 10^{50}$$

IV. « A la recherche du temps perdu » : optimisation et compromis

IV.1 – Elagage Alpha-Beta

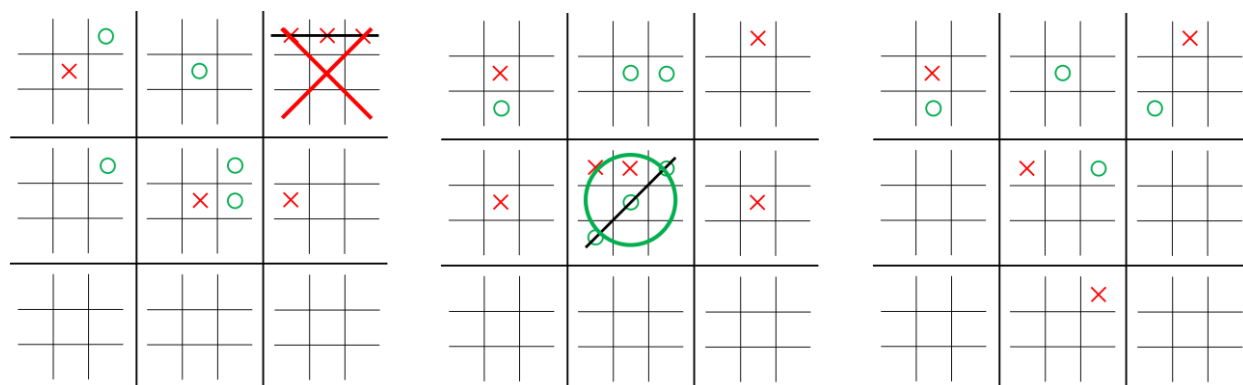


IV.2 – L’heuristique : un compromis entre durée d’exécution et exactitude des résultats

Très grand nombre de branches de l’arbre du jeu de Morpionception → Impossible d’étudier en un temps raisonnable un si grand nombre de parties différentes.

↳ Solution : « Elaguer » l’arbre, afin de restreindre le nombre de donnée à traiter.

Evaluation de l’avantage donné par une situation aux joueurs respectifs :



Nécessité de définir des critères d’évaluations : HEURISTIQUE.

Avantage : Diminution considérable du nombre de parties à étudier.

Inconvénient : Le résultat final obtenu n'est plus qu'une estimation, fortement dépendante de la finesse de l'heuristique définie.

IV.3 – Optimisation par procédé de « memoization »

Utilisation répétée des mêmes fonctions, avec les mêmes arguments en entrée → Calcul à plusieurs reprises des mêmes valeurs renvoyées par la fonction → Perte de temps !

↪ Solution : Mémoriser les résultats déjà obtenus, afin de diminuer le temps d'exécution lors des appels suivants (temps d'exécution en $O(1)$ dès le second appel, pour une même entrée).

Avantage : Exploitation des nombreux cycles de l'arbre du jeu de Morpionception.

Inconvénient : Besoins en mémoire très importants.

V. Seconde étude informatique : algorithme du MinMax optimisé

Combinaison des différents procédés d'optimisation.

« Expérimentation » avec les coefficients d'heuristique suivants :

```
profondeur = 5  
jeu_de_coeffs = (3, 8, 4, 13, 6, 4, 20)  
Delta = 150  
valeur_stop_exploration = 300
```

Résultat : problème de complexité persistant → Nécessité d'un nouveau travail d'optimisation.

VI. Conclusions et perspectives

VI.1 – Améliorations et alternatives possibles

- Exploitation des transpositions du jeu.
- Optimisation des coefficients de l'heuristique.
- Optimisation de la profondeur d'exploration
- Utilisation d'un hachage de Zobrist à la place du procédé de memoization.

VI.2 – Perspectives

- Programmation d'une IA capable de jouer contre un joueur humain.
- Etude de la propagation des erreurs de stratégie.
- « Morpionception-ception » :

## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##
## ## ##	## ## ##	## ## ##