

IA et Contraintes : Devoir Escampe

Partie 1 : Analyse des caractéristiques du jeu

Nous décidons que pour capturer une licorne, il faut s'arrêter sur sa case, et ne pas juste la traverser. A voir pour harmoniser cette règle avec toute la classe.

1. Comment modéliser un état du jeu (plateau et pièces restantes) ? Préciser les avantages/inconvénients de votre représentation.

On choisit de représenter le plateau par un tableau 2D de 6×6 entiers. Chaque case encode à la fois le type de liseré (1, 2 ou 3, donné par la carte fixe de la figure 4) et l'occupation de la case : une valeur nulle pour vide, ou un identifiant de pièce (licorne blanche, paladin blanc, licorne noire, paladin noir). En pratique on utilise un tableau `int[6][6]` avec un encodage sur quelques bits, ou deux tableaux séparés.

Par exemple `boardPieces[3][4] = 4` // Type Paladin noir (exemple)

```
const Board[][] = {{1, 2, 1, 2, 3, 1}, ...
```

En plus du tableau, l'état mémorisé : le joueur dont c'est le tour, le liseré de la case d'arrivée du dernier coup (qui contraint les pièces jouables au tour suivant), et un booléen indiquant si la phase de placement est terminée.

`int lastPlayedTile = 2` -> initialisé à -1

Avantages : accès en $O(1)$ à n'importe quelle case, copie rapide de l'état pour l'arbre de recherche, structure simple à sérialiser.

Inconvénients : la contrainte de liseré doit être maintenue explicitement en dehors du tableau ; l'encodage doit être soigné pour ne pas mélanger type de case et occupation.

2. Comment déterminer si une configuration correspond à une fin de partie ?

Une configuration peut être considérée comme une fin de partie si : Il ne reste qu'une licorne sur le terrain. Il n'existe pas d'autre condition de fin (pas de match nul). Cette vérification est en $O(1)$ si on maintient les positions des licornes dans des champs dédiés de l'état.

3. Essayez d'identifier les paramètres source de difficultés dans ce jeu. Quel est le facteur de branchement maximal de ce jeu pour chaque action ?

Les principales sources de difficulté :

- La contrainte de liseré : le joueur ne peut jouer que les pièces situées sur des cases du même type que la case d'arrivée adverse. Cela rend la mobilité variable et parfois très réduite.
- La dépendance entre les tours : la case d'arrivée choisie influence directement les options adverses au tour suivant, créant une dynamique stratégique forte.
- L'asymétrie des liserés : le plateau n'est pas uniforme ; certaines zones concentrent des liserés triples (grande mobilité) ou simples (mobilité réduite).
- Une pièce peut être bloquée si elle ne peut pas bouger selon les règles du plateau

Pour le facteur de branchement maximal : sur un liseré triple, chaque pièce atteint jusqu'à ~20 destinations distinctes (22 en théorie, 19 en pratique avec les limites du plateau). Avec 6 pièces, le maximum théorique est de l'ordre de ~120.

4. Existe-t-il dans ce jeu des coups imparables, permettant la victoire à coup sûr d'un des joueurs ?

L'énoncé illustre lui-même une configuration quasi-forcée (figure 6) : le paladin blanc en C2 peut prendre la licorne noire en C1 via D2/D1, à condition que l'adversaire impose un liseré double. Si Noir atteint D4 (liseré double), Blanc est contraint de jouer depuis une case double et peut exécuter la prise.

De façon générale, il n'existe pas de coup « imparable » universel garanti dès le départ : la contrainte de liseré peut toujours bloquer l'exécution d'une menace. En revanche, certaines configurations créent un *Zugzwang partiel* où l'adversaire ne peut éviter d'imposer le bon liseré. Identifier et construire de tels pièges est un axe stratégique clé.

5. Quels sont les critères que vous envisagez de prendre en compte pour concevoir des heuristiques d'estimation de configuration de jeu (donner au moins 3 critères) ?

On retient au minimum les cinq critères suivants :

- Distance à la licorne adverse : distance de Manhattan entre chaque paladin et la licorne ennemie.
- Mobilité différentielle : différence entre le nombre de coups disponibles pour chaque joueur. Un joueur très contraint est en mauvaise posture.
- Contrôle du liseré imposé : évaluer si le liseré qu'on impose à l'adversaire lui donne accès à des pièces dangereuses ou le paralyse.
- Protection de la licorne : nombre de paladins amis à portée de sa propre licorne, et distance des paladins adverses à celle-ci.
- Avancée sur le plateau : les pièces avancées vers le camp adverse ont un impact offensif potentiellement plus élevé.

6. Est-il souhaitable pour ce jeu d'adopter une stratégie particulière en début, milieu ou fin de partie ?

Début (placement) : le placement est irréversible et crucial. On répartit les paladins sur les trois types de liserés pour maximiser la mobilité quelle que soit la contrainte imposée, et on protège la licorne derrière des paladins.

Milieu de partie : phase de manœuvre pour construire des menaces sur la licorne adverse tout en contrôlant le liseré imposé. On cherche à créer des situations de Zugzwang partiel.

Fin de partie : quand un paladin est à portée de capture, on passe en mode tactique et on concentre le budget de calcul sur la détection de séquences de prise forcée.

7. Donnez un majorant du nombre de coups dans une partie. Détaillez les techniques que vous comptez mettre en œuvre pour respecter une contrainte de temps imposée sur la durée totale d'une partie.

Les pièces ne disparaissent pas avant la prise finale. En bornant à 120 coups par tour et une partie de quelques dizaines de tours, une borne raisonnable est de l'ordre de 400 à 600 demi-coups par partie.

Pour respecter la contrainte de temps (300/900 secondes par joueur (cf partie 3 de l'énoncé), on prévoit

- Approfondissement itératif (iterative deepening) : recherche à profondeur croissante ; on retourne le meilleur coup trouvé si le temps restant devient critique.
- Élagage alpha-bêta : réduit le nombre de nœuds explorés sans perte de qualité.
- Budget par coup : $\text{temps_restant} / (\text{estimation coups restants})$, avec une marge de sécurité.