

Stratégies optimales et approches computationnelles dans le jeu « Bataille navale »

Revue de littérature

Introduction

Le jeu de la *Bataille navale* (ou *Battleship*) est un jeu combinatoire à deux joueurs : chacun place une flotte de navires sur une grille, puis tente de deviner les positions adverses en appelant des tirs sur des coordonnées. C'est un jeu à information **imparfaite** : les positions des navires adverses restent cachées, ce qui le rapproche des jeux dits « au brouillard de guerre », tels que *Kriegspiel* aux échecs ou Stratego.

Chaque tir fournit une information partielle (« à l'eau », « touché », « coulé »), ce qui oblige le joueur à mettre à jour en permanence son estimation de l'état réel de la grille.

Malgré des règles simples, la Bataille navale soulève plusieurs difficultés stratégiques et algorithmiques. D'une part, elle peut être vue comme un problème séquentiel dans un espace partiellement observable, pertinent pour les modèles de planification sous incertitude. D'autre part, en théorie des jeux, il s'agit d'un jeu à somme nulle où des stratégies mixtes peuvent intervenir, notamment pour le placement optimal des navires. Cette revue synthétise les contributions majeures sur (i) les modèles théoriques et la complexité, (ii) les heuristiques classiques, (iii) les approches probabilistes et computationnelles, et (iv) les principes d'un bon placement défensif.

Contributions théoriques et modèles formels

Sur le plan théorique, déterminer une stratégie optimale minimisant le nombre de tirs nécessaires constitue un problème difficile. Modéliser la recherche de navires revient à construire un **arbre de décision binaire** où chaque tir correspond à une interrogation (succès ou échec). Trouver l'arbre de profondeur minimale permettant de distinguer toutes les configurations possibles est un problème NP-complet.

Hyafil et Rivest (1976) ont en effet démontré que la construction d'arbres de décision optimaux est NP-complète, ce qui s'applique directement à la stratégie dite « 20 questions » du jeu : une stratégie déterministe optimale n'est donc pas calculable efficacement pour des grilles réalistes.

Heuristiques de recherche et modèles probabilistes

Face à l'intractabilité du problème optimal, de nombreuses heuristiques ont été proposées. Parmi les plus étudiées :

- **Hunt & Target** : stratégie intuitive où l'on alterne une phase de chasse (tirs espacés ou aléatoires) et une phase de ciblage dès qu'un navire est touché. Cette approche nécessite typiquement environ 66 coups en moyenne contre un placement aléatoire.
- **Balayage par motifs (parité)** : tirer sur un motif de cases alternées (damier) garantit qu'aucun navire de longueur ≥ 2 n'est ignoré. Ce motif améliore légèrement l'efficacité (≈ 65 coups).
- **Ciblage systématique** : une fois un navire touché, explorer prioritairement les cases alignées permet de réduire les tirs inutiles et d'accélérer la destruction du navire.

Les travaux plus récents ont introduit des **modèles probabilistes**, notamment des cartes de densité ou des probabilités de placement, qui exploitent toutes les informations observées.

Approches computationnelles et apprentissage

La Bataille navale a également servi de banc d'essai pour des méthodes issues de l'IA moderne :

- **Apprentissage supervisé** : extraction de modèles prédictifs à partir de grandes bases de parties simulées.
- **Apprentissage par renforcement** : un agent apprend à optimiser ses tirs par itérations successives, en maximisant son taux de victoire.
- **Monte Carlo Tree Search (MCTS)** : utilisé pour explorer des scénarios plausibles et gérer l'incertitude.

Ces méthodes permettent d'exploiter efficacement l'information partielle, au prix parfois d'un coût de calcul élevé.

Stratégies défensives et optimisation du placement

La plupart des analyses s'intéressent à l'attaquant, mais l'optimisation du **placement** des navires est tout aussi cruciale. La question centrale est : existe-t-il un placement qui maximise la difficulté de l'adversaire, même si celui-ci utilise une stratégie optimale ?

Des travaux statistiques et computationnels suggèrent que des placements irréguliers, non symétriques, ou imitant des distributions probabilistes non triviales, augmentent sensiblement la difficulté moyenne de détection.

Conclusion

Cette revue a mis en lumière les principaux résultats liés à la Bataille navale. Théoriquement, le problème de recherche optimale relève de la complexité NP-complète, ce qui

justifie l'usage d'approches heuristiques. Sur le plan pratique, les stratégies probabilistes modernes (cartes de densité, méthodes bayésiennes) surpassent largement les heuristiques humaines traditionnelles. Enfin, les approches computationnelles (MCTS, apprentissage) montrent que la modélisation de l'incertitude est essentielle pour obtenir des performances proches des stratégies optimales.

Références

- [1] M. Audinot, F. Bonnet, and S. Viennot. Optimal strategies against a random opponent in battleship. In *19th Game Programming Workshop*, pages 67–74, 2014.
- [2] Nick Berry. Battleship strategy : mathematical analysis of the classic game. Blog DataGenetics, 2011. Disponible sur <http://datagenetics.com/blog/december32011/index.html>.
- [3] C. L. Brown. Battleship probability calculator : Methodology. [Online] Disponible sur <https://cliambrown.com/battleship/methodology.php>, 2015.
- [4] GA-Intelligence. Deep reinforcement learning – how to win at battleship. Blog en ligne, 2019. <https://www.ga-intelligence.com/deep-reinforcement-learning-win-battleship>.
- [5] S. Gelly and Y. Wang. Introduction to monte carlo tree search. In *Synthese*, pages 57–69. 2012.
- [6] C. Houghton. Battle-ship-ai. Project GitHub, 2020. <https://choughton21.github.io/Battle-Ship-AI/>.
- [7] Laurent Hyafil and Ronald L. Rivest. Constructing optimal binary decision trees is np-complete. *Information Processing Letters*, 5(1) :15–17, 1976.
- [8] Chanbin Park. Optimal strategies on attack and defense in the game of battleship. Acton Scholars research report 06-Optimal_Strategies_Battleship-200902, 2020.
- [9] Stuart Russell and Peter Norvig. *Intelligence Artificielle – Une approche moderne*. Pearson Education France, 3 edition, 2010. Section 5.6.1, Jeux partiellement observables.
- [10] J. Sansom et al. Using supervised training to teach a network to play battleship. Medium article, 2021. <https://medium.com/@jayceesansom/using-supervised-training-to-teach-a-network-to-play-battleship-7522f28c52ca>.