

Magic: The Gathering comme banc d’essai pour l’intelligence stratégique des systèmes artificiels : le cadre du projet cEDH

Richard Lam
Chercheur indépendant
Janvier 2026

Abstract—Les jeux ont historiquement servi de jalons pour mesurer les progrès de l’intelligence artificielle. Les échecs ont démontré l’efficacité des algorithmes de recherche, le jeu de Go a mis en évidence l’apprentissage par renforcement profond, et le poker a fait progresser le raisonnement sous information cachée. Ces environnements restent toutefois contraints par des règles fixes et une dynamique multi-agents limitée.

Cet article propose Magic: The Gathering compétitif, et plus précisément le format multijoueur Commander connu sous le nom de competitive Elder Dragon Highlander (cEDH), comme candidat à un banc d’essai pour l’évaluation de formes plus générales d’intelligence stratégique. Ce domaine combine information imparfaite, dynamiques stochastiques, interactions symboliques de règles, métas stratégiques évolutifs et compétition multi-agents au sein d’un même environnement.

Nous présentons le projet cEDH, un cadre de simulation déterministe permettant l’expérimentation avec des agents d’IA dans ce domaine. Une comparaison structurelle avec les bancs d’essai existants ainsi qu’une modélisation mathématique de la complexité décisionnelle suggèrent qu’une performance cohérente en cEDH nécessite l’intégration du raisonnement probabiliste, de la manipulation symbolique, de la modélisation des adversaires et de la planification à long horizon. Ces propriétés indiquent que ce domaine peut constituer un terrain d’évaluation pertinent pour les systèmes de prise de décision générale.

Index Terms—Intelligence artificielle, Complexité des jeux, Systèmes multi-agents, Apprentissage par renforcement

I. INTRODUCTION

Les jeux fournissent des environnements contrôlés pour évaluer les systèmes d’intelligence artificielle. Les succès obtenus aux échecs et au Go ont illustré les avancées en recherche et en apprentissage [1], [2], tandis que le poker a introduit le raisonnement sous incertitude [3], [4]. La plupart des jeux servant de bancs d’essai reposent sur des règles fixes, une compétition à deux joueurs et des espaces stratégiques relativement stables.

Les problèmes décisionnels du monde réel impliquent souvent plusieurs agents, de l’incertitude, des interactions symboliques de règles et des environnements changeants. Magic: The Gathering compétitif, en particulier le format Commander multijoueur, présente simultanément ces caractéristiques. Contrairement aux bancs d’essai traditionnels, ce domaine exige que les agents raisonnent à la fois sur des règles structurées et sur des comportements stratégiques émergents. Nous soutenons que cette combinaison en fait un candidat utile

pour l’évaluation de formes plus générales de raisonnement stratégique et de prise de décision adaptative.

II. PROPRIÉTÉS STRUCTURELLES DU DOMAINE

Magic combine plusieurs dimensions de complexité rarement présentes simultanément dans les bancs d’essai actuels en intelligence artificielle.

Information imparfaite : mains cachées, ordre de pioche inconnu et connaissance incomplète des adversaires.

Progression stochastique : les tirages aléatoires imposent une planification sur des distributions de résultats.

Interactions symboliques de règles : des milliers d’effets de cartes interagissent via des couches temporelles et une logique conditionnelle.

Compétition multi-agents : les parties impliquent généralement trois à quatre joueurs, introduisant des dynamiques de coalition et des incitations non à somme nulle.

Espace stratégique évolutif : de nouvelles cartes et archétypes modifient continuellement le jeu optimal.

Ces facteurs produisent un environnement décisionnel plus proche de systèmes stochastiques multi-agents complexes que des jeux de plateau déterministes. En particulier, l’interaction entre règles symboliques et transitions d’état probabilistes crée des problèmes de planification qui ne sont ni purement combinatoires ni purement statistiques, mais nécessitent l’intégration des deux modes de raisonnement.

III. MODÉLISATION MATHÉMATIQUE DE LA COMPLEXITÉ

Soit S l’espace des états et A l’ensemble des actions. Magic multijoueur se modélise naturellement comme un jeu stochastique partiellement observable.

$$|S| \approx \sum_{d \in D} \prod_{i=1}^n |Z_{i,d}| \quad (1)$$

où D représente les configurations de decks et $Z_{i,d}$ les permutations de zones pour le joueur i . Les deux termes étant de grande taille, l’espace d’états effectif croît de manière combinatoire.

$$b = f(|H|, |B|, |M|, |R|) \quad (2)$$

où H désigne la taille de la main, B l’état du champ de bataille, M le mana disponible et R les options réactives. Cela

produit des arbres de recherche irréguliers qui diffèrent des jeux déterministes classiques.

L’horizon de planification attendu varie également de manière dynamique avec la densité des interactions sur le champ de bataille. Dans des états hautement interactifs, les conséquences d’une décision peuvent se propager à travers de multiples capacités déclenchées et réponses, approfondissant effectivement la profondeur de recherche requise pour un jeu optimal.

IV. CONTEXTE DES BANCs D’ESSAI

TABLE I
PROPRIÉTÉS REPRÉSENTATIVES DE BANCs D’ESSAI EN IA

Jeu	Information	Agents	Espace de règles
Échecs	Parfaite	2	Fixe
Go	Parfaite	2	Fixe
Poker	Imparfaite	2–6	Fixe
cEDH	Imparfaite	3–4	Expansif

Les bancs d’essai traditionnels tendent à isoler une seule dimension de la complexité. Magic intègre simultanément plusieurs dimensions, suggérant que la performance dans cet environnement peut mieux refléter une capacité stratégique plus générale.

V. CADRE DU PROJET CEDH

Le projet cEDH met en œuvre un moteur de simulation déterministe permettant des expérimentations reproductibles avec des agents d’IA. Les effets de cartes sont représentés sous une forme structurée, garantissant une exécution cohérente des règles et une journalisation détaillée. Le cadre permet l’auto-jeu à grande échelle, l’évaluation croisée d’agents et l’analyse systématique des comportements décisionnels dans des conditions contrôlées.

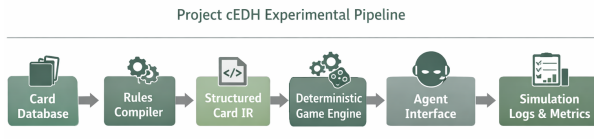


Fig. 1. Pipeline expérimental du projet cEDH. Les définitions de cartes sont compilées en représentations structurées, le moteur déterministe produit des états de jeu reproductibles, et les agents d’IA interagissent via une interface décisionnelle standardisée. Les résultats enregistrés permettent une évaluation et un entraînement à grande échelle.

VI. MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE

L’évaluation se déroule en trois étapes. Des agents heuristiques de référence établissent des performances de base et vérifient la fidélité des règles. Des agents apprenants sont ensuite entraînés par auto-jeu à grande échelle sur des distributions de decks variées, permettant d’observer l’émergence de stratégies et les schémas d’adaptation. L’évaluation finale compare des populations d’agents à des adversaires synthétiques et à des joueurs humains expérimentés à l’aide de métriques telles que le taux de victoire, la stabilité décisionnelle, la diversité stratégique et la robustesse face à des états de jeu variés.

Cette approche progressive permet de mesurer à la fois les performances algorithmiques et les caractéristiques comportementales, facilitant la comparaison entre architectures d’agents ainsi que l’analyse du développement de la compétence stratégique au cours de l’entraînement.

VII. CONCLUSION

Un agent capable de réussir de manière cohérente dans ce domaine doit intégrer le raisonnement probabiliste, l’interprétation symbolique des règles, la modélisation des adversaires et la planification adaptative. Ces exigences dépassent celles des bancs d’essai classiques et se rapprochent des capacités attendues des systèmes de décision plus généraux.

Magic compétitif constitue ainsi un environnement prometteur pour l’évaluation de formes élargies d’intelligence stratégique. En offrant une plateforme expérimentale déterministe tout en conservant une complexité structurelle élevée, le projet cEDH permet l’étude systématique de la prise de décision dans des environnements se rapprochant davantage des interactions stratégiques du monde réel.

REMERCIEMENTS

L’auteur reconnaît l’utilisation de ChatGPT pour l’assistance au formatage et à la rédaction initiale du contenu.

REFERENCES

- [1] M. Campbell, A. Hoane, et F. Hsu, “Deep Blue,” *Artificial Intelligence*, 2002.
- [2] D. Silver et al., “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search,” *Nature*, 2016.
- [3] N. Brown et T. Sandholm, “Superhuman AI for multiplayer poker,” *Science*, 2019.
- [4] M. Moravčík et al., “DeepStack: Expert-level artificial intelligence in heads-up no-limit poker,” *Science*, 2017.
- [5] MIT Technology Review, “Magic: The Gathering and computational complexity,” 2020.