

08 OCTOBRE 2021 PAR BINAIRE

Une IA bien de chez nous raffle la mise



Tristan Cazenave

*Mon IA est meilleure que la tienne ! Sérieusement, comment fait-on pour vérifier ? On organise des tournois multi-jeux entre elles. Le dernier a vu une victoire, on va dire écrasante, époustouflante, d'une équipe française. Pourquoi, bouder sa joie ? La recherche française a réalisée là une brillante démonstration. Et au-delà de la simple victoire, c'est un coup de projecteur sur la thèse de [Quentin Cohen-Solal](#) et son travail avec [Tristan Cazenave](#). Laissons-leur la parole. **Serge Abiteboul et Thierry Viéville***



Quentin Cohen-Solal



De fin août à mi septembre 2021 se tenaient les 24èmes Computer Olympiad, une compétition mondiale multi-jeux pour intelligences artificielles. Durant cet événement, de nombreux tournois sont organisés, chacun portant sur un jeu de réflexion spécifique, comme le jeu de Dames. La particularité de cette compétition est qu'il s'agit d'intelligences artificielles qui s'affrontent.

Il y a eu cette année 23 tournois et 69 équipes participantes de tous horizons. Les résultats sont disponibles sur le site de l'[International Computer Games Association](#).

Quentin Cohen-Solal et Tristan Cazenave, chercheurs français affiliés au LAMSADE, Université Paris-Dauphine, PSL, CNRS ont participé à plusieurs de ces tournois en faisant concourir leur intelligence artificielle novatrice. Elle a gagné, lors de cette dernière édition des Computer Olympiad, 11 médailles d'or, aux jeux suivants : Surakarta, Hex 11, Hex 13, Hex 19, Havannah 8, Havannah 10, Othello, Amazons, Breakthrough, Dames canadiennes, Dames brésiliennes. C'est la première fois qu'une même équipe, et en particulier qu'une même intelligence artificielle, remporte autant de médailles d'or la même année, dépassant le double du record précédent de médailles d'or.

Cette intelligence artificielle, créée par Quentin Cohen-Solal [1], et étudiée plus finement ensuite avec l'aide de Tristan Cazenave [2], son encadrant postdoctoral dans le cadre de l'institut PRAIRIE, est la deuxième intelligence artificielle ayant la capacité d'apprendre par elle-même sans aide humaine. La première intelligence artificielle dotée de cette capacité est Alpha Zero [3], créée par des chercheurs de Google. Chacune de ces deux types d'intelligences artificielles apprend à bien jouer à un jeu en jouant contre elle-même, sans rien savoir a priori, à part les règles du jeu. Après chaque partie, ces intelligences artificielles apprennent de leurs succès et de leurs erreurs pour s'améliorer.

Cette nouvelle intelligence artificielle, nommons là Athéna sans bien entendu chercher à la personnifier. Athéna se distingue sur de nombreux aspects par rapport à Alpha Zero. D'une part, Alpha Zero cherche à maximiser la moyenne des différentes issues possibles de la partie, tout en minimisant le regret de ne pas anticiper suffisamment certaines stratégies de jeu prometteuses. Cette seconde intelligence artificielle considère les meilleures actions et non les actions meilleures en moyenne, et analyse toujours en premier les stratégies les plus intéressantes.

Pour guider sa recherche stratégique, Alpha Zero utilise un réseau de neurones artificiels, qui agit comme une intuition. Pour chaque état de jeu analysé, le réseau de neurones calcule sa valeur (i.e. une estimation d'à quel point cet état peut mener à la victoire) ainsi qu'une probabilité, pour chaque action, que cette action soit la meilleure dans cet état. Cette nouvelle approche utilise également un réseau de neurones pour guider sa recherche en calculant une valeur pour les états du jeu. Cependant, les probabilités que chaque action soit la meilleure ne sont ni utilisées ni calculées. Pour apprendre des parties effectuées, Alpha Zero met à jour son réseau de neurones, en considérant que la valeur d'un état est le résultat de fin de partie et que la probabilité qu'une action soit la meilleure est, grosso modo, la proportion du nombre de fois que cette action a été considérée plus intéressante durant la recherche. Ainsi, s'il se retrouve à nouveau dans cet état (ou un état analogue), il aura mémorisé les informations capitales de sa recherche précédente. C'est ce procédé qui lui permet de s'améliorer de partie en partie. Au fur et à mesure, il va affiner ses probabilités de jouer la meilleure action et avoir une meilleure estimation du résultat de fin de partie. Avec Athéna, la valeur d'un état n'est pas mise à jour par le résultat de fin de partie de la partie qui vient de se terminer : elle est mise à jour par le résultat de fin de partie de cet état *estimé* d'après les connaissances acquises lors des parties précédentes et de la recherche effectuée durant cette nouvelle partie. Cette information est a priori plus informative que le simple résultat de fin de partie de la dernière partie et permet de capitaliser les connaissances d'une partie à l'autre.

En outre, avec cette nouvelle approche, l'état actuel de la recherche de la meilleure stratégie est intégralement mémorisé. Au contraire, Alpha Zero n'apprend que le résumé de cette recherche. Il y a donc une perte d'information avec cette première approche. Cette différence est importante, car pour bien apprendre, il faut beaucoup de données. Ainsi, avec cette nouvelle approche, beaucoup plus de données sont générées pour le même nombre de parties. Mais ce n'est pas aussi simple car s'il y a trop de données incorrectes, cela peut pénaliser fortement l'apprentissage.

Il reste à souligner une dernière différence avec Alpha Zero : elle concerne la recherche stratégique durant l'apprentissage. Avec Athéna, chaque stratégie est complètement analysée, anticipée jusqu'à la fin de la partie, alors qu'avec Alpha Zero, l'analyse d'une stratégie s'arrête dès qu'il pense

qu'elle n'est plus intéressante (il n'analyse que les premières actions d'une stratégie). Cette nouvelle façon de faire, bien que plus coûteuse, permet d'obtenir des données concrètes pour l'apprentissage.

Notons pour finir qu'Alpha Zero requiert généralement un super-calculateur équipé d'une centaine de cartes graphiques et d'une centaine de processeurs pour donner de bons résultats. Athéna, à titre de comparaison, n'a besoin que d'un ordinateur équipé d'une seule carte graphique et d'un nombre normal de processeurs.

Il s'avère que pour de nombreux jeux, cette nouvelle approche est bien plus performante à matériel équivalent. Elle est également très compétitive même si Alpha Zero utilise un super-calculateur [2].

Au-delà des applications évidentes dans le domaine des jeux de sociétés et des jeux vidéos (aide à la conception, personnages non joueurs plus intelligents), de nombreuses autres applications sont possibles. Cette intelligence artificielle peut théoriquement résoudre de manière optimale tout problème où le hasard n'intervient pas, où aucune information n'est cachée et où les personnes impliquées interagissent à tour de rôle. On devrait notamment s'attendre à des applications concernant le routage internet [4], les tournées de véhicules [5] et la conception de molécules d'ARN [6], puisque sur ces problèmes, des algorithmes de jeu ont déjà montré leur utilité. Des travaux sont évidemment en cours pour dépasser ses limites. Un prototype est en phase de test concernant la gestion du hasard.

Quentin Cohen-Solal ([publications](#)) et **Tristan Cazenave** ([home page](#), [publications](#)).



[1] Cohen-Solal, Q. (2020). Learning to Play Two-Player Perfect-Information Games without Knowledge. arXiv preprint

[2] Cohen-Solal, Q., Cazenave, T. (2020). Minimax Strikes Back. arXiv preprint

[3] Silver, D., Hubert, T., et al. (2018). A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. Science.

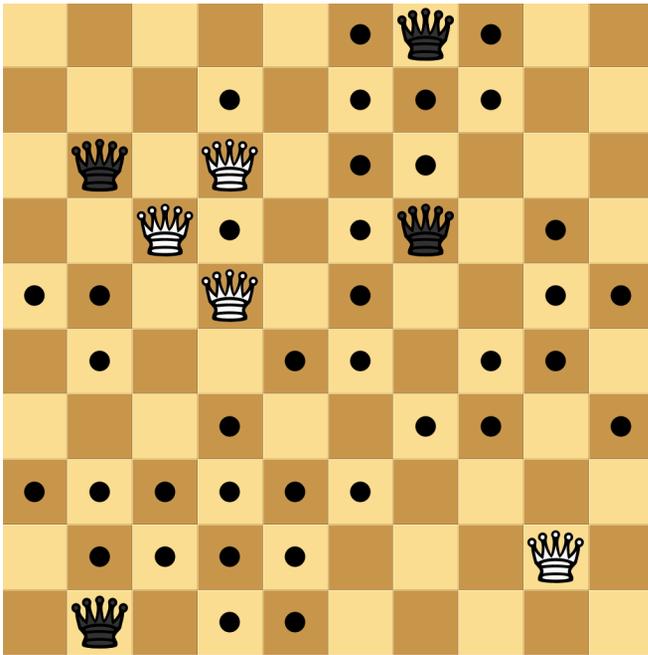
[4] <https://www.lamsade.dauphine.fr/~cazenave/papers/Congestion.pdf>

[5] <https://www.lamsade.dauphine.fr/~cazenave/papers/PolicyAdaptationForVehicleRouting.pdf>

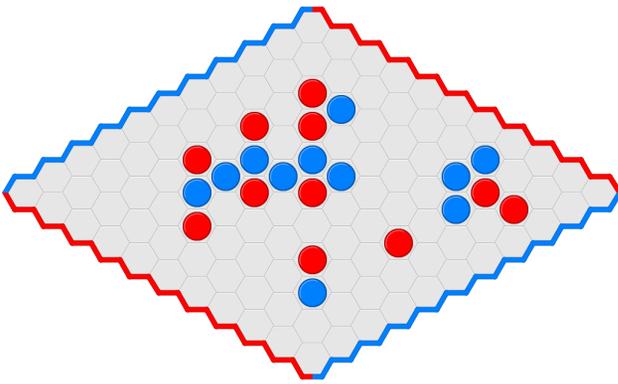
[6] <https://www.lamsade.dauphine.fr/~cazenave/papers/MonteCarloInverseFolding.pdf>

Quelques images de la compétition :

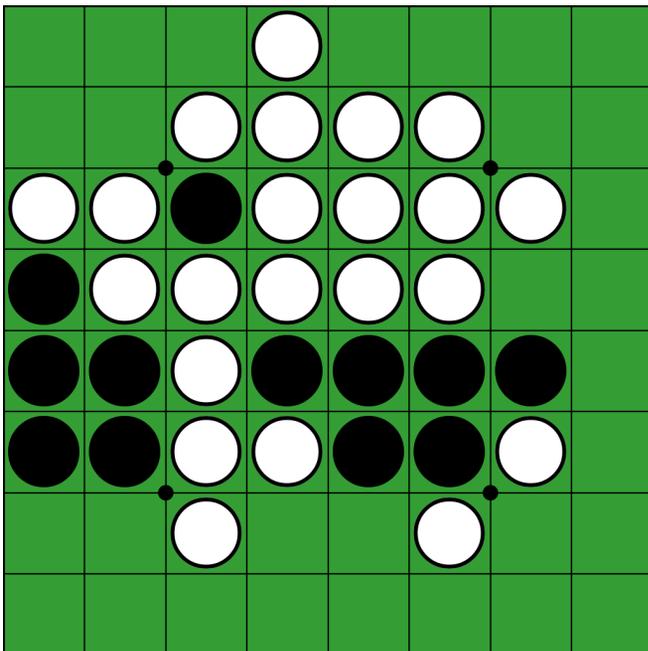
Amazons : Le premier joueur qui ne peut plus jouer perd. A son tour, un joueur déplace une de ses dames, puis pose un jeton sur le plateau de façon à ce qu'il soit aligné avec la dame qui vient de se déplacer et qu'il n'y ait aucune pièce située



entre elles. Les dames et les jetons bloquent le déplacement.

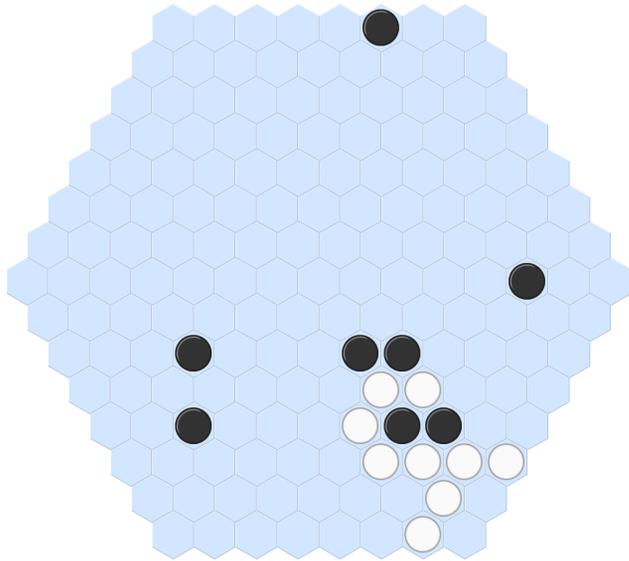
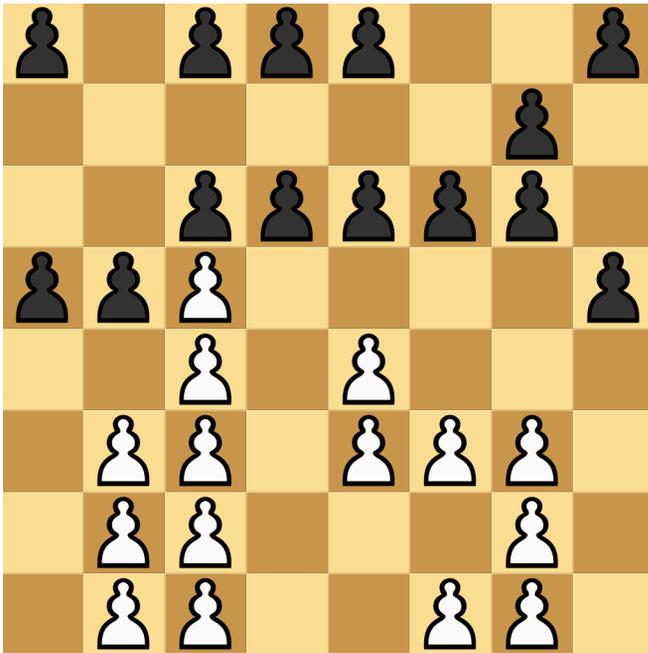


Hex : Le premier joueur à relier les bords du plateau de sa couleur avec un chemin de pièces contiguës de sa couleur.



Othello : A son tour, un joueur pose une pièce sur le plateau qui permet d'encercler un alignement de pièces adverses. Les pièces adverses encerclées sont alors remplacées par des pièces de sa couleur. Le joueur qui a le plus de pièces de sa couleur à la fin de la partie gagne.

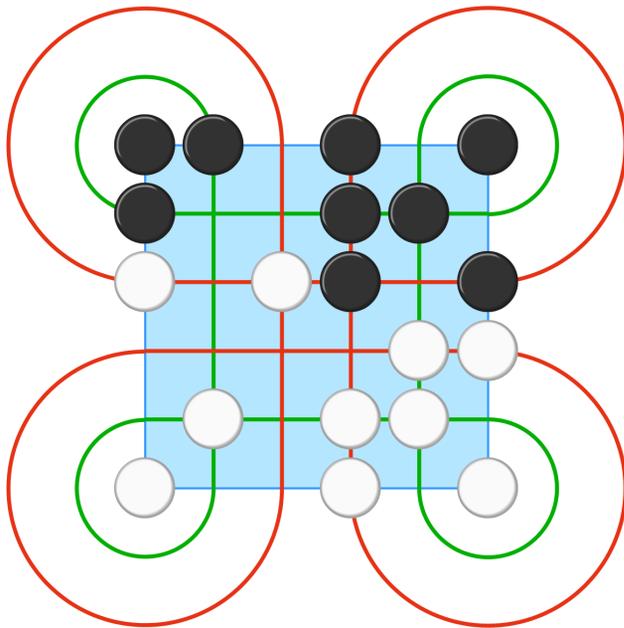
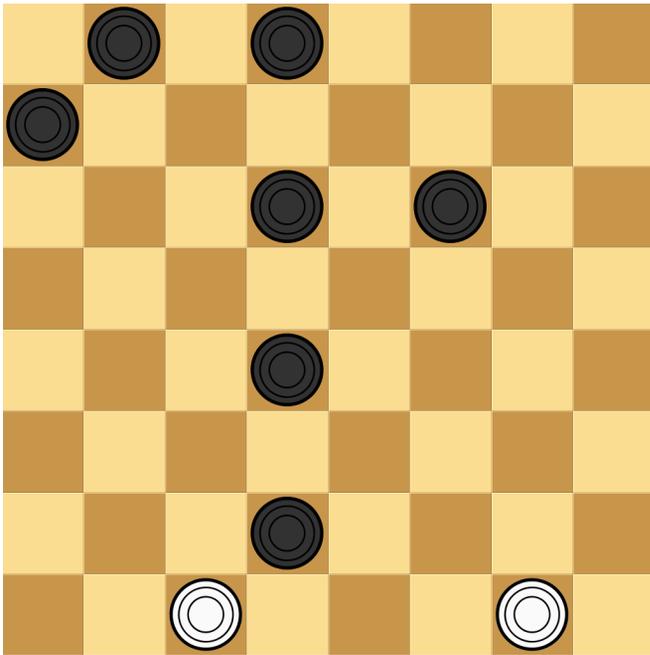
Breakthrough : Le premier joueur qui arrive à faire atteindre l'autre bout du plateau à un de ses pions gagne.



Havannah : Le premier joueur qui arrive à relier trois des six bords du plateau ou deux des six coins du plateau ou à dessiner une boucle avec ses pièces gagne.



Dames : Le premier joueur à avoir pris toutes les pièces adverses gagne. Un pion avance en diagonal et peut sauter par-dessus les pièces adverses, ce qui les élimine. Un pion qui atteint le bord de l'adversaire devient une dame qui peut se déplacer d'autant de cases qu'elle veut.



Surakarta : Le premier joueur à avoir pris toutes les pièces adverses gagne. Un pion se déplace en diagonal ou orthogonalement. Il prend un pion adverse en atterrissant sur lui, s'il y a un chemin libre permettant de l'atteindre passant au moins une fois par une des boucles du plateau.



Contenus sponsorisés par [Outbrain](#) |

PUBLICITÉ PATRICKSPORT

Le pistolet anti-courbature à ne pas rater

PUBLICITÉ OPEL

Pure audace du nouvel Opel Mokka aux Portes
Ouvertes Opel

PUBLICITÉ TOYOTA YARIS CROSS

La Nouvelle Toyota Yaris Cross Hybride est à partir de
209€/mois !

PUBLICITÉ LES GIRANDIERES

Découvrez cette résidence seniors de haut-standing
près de Antibes

PUBLICITÉ LEXUS

Configurez NX 300h, le SUV hybride qui se recharge
tout seul !

PUBLICITÉ VINCI IMMOBILIER

Premier achat : découvrez notre choix de résidences
neuves près de Antibes



Like 0

Tweeter

Share

Les rubriques du Monde.fr

+

Les services du Monde

+

Sur le web

+

Les sites du Groupe

+

Partenaires Le Monde

+

Suivez-nous

Recevez nos newsletters

Index actualités [2021](#) [2020](#) [2019](#) [2018](#) [2017](#)

© Le Monde.fr | [CGV](#) | [Fréquentation certifiée par l'OJD](#) | [Données personnelles](#) | [Mentions légales](#) | [Qui sommes-nous ?](#) | [Charte groupe](#) | [Publicité](#) | [Aide \(FAQ\)](#)

Journal d'information en ligne, Le Monde.fr offre à ses visiteurs un panorama complet de l'actualité. Découvrez chaque jour toute l'info en direct (de la politique à l'économie en passant par le sport et la météo) sur Le Monde.fr, le site de news leader de la presse française en li

