

# R

## ENDEZ-VOUS

P.80 Logique & calcul  
 P.86 Art & science  
 P.88 Idées de physique  
 P.92 Chroniques de l'évolution  
 P.96 Science & gastronomie  
 P.98 À picorer

# LE POTENTIEL DANGER DES INTELLIGENCES SURHUMAINES

Entre l'idée de superintelligences menaçantes et celle, plus sympathique, de machines qui ne seraient que notre prolongement, laquelle est la plus vraisemblable?

## L'AUTEUR



**JEAN-PAUL DELAHAYE**  
 professeur émérite  
 à l'université de Lille  
 et chercheur au Centre  
 de recherche en  
 informatique, signal  
 et automatique de Lille  
 (Cristal)



Jean-Paul Delahaye a récemment publié : **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

**U**n exploit étonnant vient d'être réalisé dans le domaine des recherches en intelligence artificielle (IA). Le programme AlphaZero, conçu et programmé par David Silver et son équipe de la société DeepMind, apprend seul, en jouant contre lui-même et en ne connaissant que les règles, à jouer aux échecs, au go ou au shogi (échecs japonais). Il a dépassé le niveau des meilleurs joueurs humains dans ces trois jeux.

L'exploit est un formidable progrès : l'ordinateur Deep Blue, qui a battu en 1997 le champion du monde d'échecs Gary Kasparov, combinait de bons algorithmes et une connaissance experte des ouvertures de jeu, des fins de partie et de l'évaluation des configurations, ces expertises provenant des meilleurs joueurs humains qui avaient en quelque sorte « instruit le programme ».

Avec AlphaZero, plus besoin d'experts humains transmettant un savoir patiemment acquis ; pour ce type de jeux, l'IA travaille seule et obtient mieux que ce à quoi aboutissent des siècles de concentration humaine. Les chercheurs qui ont mis au point AlphaZero précisent : « Nous avons appliqué AlphaZero aux jeux d'échecs, de shogi, ainsi qu'au go, en utilisant le même algorithme et la même architecture réseau pour les trois jeux. Nos résultats démontrent qu'un algorithme polyvalent d'apprentissage par renforcement [l'algorithme favorise les choix qu'il fait quand il gagne] peut apprendre, *tabula rasa*, sans connaissances ni données humaines spécifiques. »

À mesure que l'intelligence artificielle progresse, des questions de plus en plus pressantes sont formulées à son sujet. Certains chercheurs et philosophes qualifiés parfois de technoprophètes nourrissent le débat et proposent des visions du futur, variées et contradictoires. Qu'on s'en réjouisse ou qu'on le craigne, nul ne doute que les machines intelligentes, peut-être mises en réseaux ou fusionnées aux humains, façonneront notre avenir.

Parmi ces penseurs qui tentent de déchiffrer le futur, citons Nick Bostrom, Ray Kurzweil, Ben et Ted Goertzel, Hans Moravec, Francis Heylighen, Hugo de Garis, et Clément Vidal. Tous réfléchissent à ce que pourrait être une intelligence artificielle supérieure et à son attitude face à l'humanité.

## EXCÈS D'HONNEUR ET INDIGNITÉ

Comme souvent quand on comprend mal un sujet, on procède par excès et, selon son tempérament, on voit exclusivement le verre à moitié vide ou le verre à moitié plein. Pour reprendre les mots que Racine met dans la bouche d'un de ses personnages, l'IA ne mérite cependant ni l'excès d'honneur qu'on lui accorde ni l'indignité liée à la crainte qu'elle suscite.

L'étonnement face aux succès obtenus et la prise de conscience des impacts que cela aura ne doivent pas faire perdre le sens de la mesure. L'IA réussit magnifiquement dans de nombreuses tâches spécialisées, mais reste encore démunie pour tout ce qui demande du sens commun, comme la traduction automatique



# 1

## ALPHAZERO APPREND TOUT SEUL

**A**ujourd'hui, les programmes de jeu d'échecs pour téléphones sont plus forts que Deep Blue, la machine qui, en 1997, a battu Gary Kasparov, alors champion du monde. Plus aucun espoir n'existe que des humains puissent reprendre le dessus sur les machines. C'est vrai aussi pour le jeu de go, pour lequel il a fallu toutefois attendre 2015 avant d'avoir des programmes dépassant les meilleurs joueurs.

Les progrès de l'intelligence artificielle concernant ces jeux ne s'arrêtent pas là. Le programme AlphaZero, contrairement à Deep Blue et bien d'autres programmes, n'a pas besoin d'utiliser l'expertise humaine. Partant seulement des règles du jeu pour les échecs, le go et le shogi, le programme joue contre lui-même. Au départ, il joue au hasard, mais en prenant en compte les résultats des parties jouées, il apprend et se perfectionne petit à petit en utilisant un mécanisme d'apprentissage construit sur un réseau de neurones formels. Au bout d'une période de quelques heures dans le cas des échecs et du shogi, et de quelques jours pour le go, le programme atteint un niveau de jeu dépassant celui des meilleurs joueurs humains et aussi celui des meilleurs programmes. Gary Kasparov a examiné la façon dont joue le programme

d'échecs résultant de ce processus d'apprentissage par renforcement et a fait quelques commentaires intéressants :

« Contrairement aux programmes traditionnels tels que Stockfish et Fritz, qui utilisent des fonctions d'évaluation prédéfinies par des humains, ainsi que d'énormes bibliothèques d'ouvertures et de fin de partie, AlphaZero commence en ne connaissant que les règles du jeu d'échecs, sans la moindre stratégie humaine associée. En quelques heures, il joue plus de parties contre lui-même qu'on en a mémorisées dans l'histoire des échecs humains. Il apprend seul les meilleures façons de jouer, en particulier en réévaluant les pièces du jeu. Il est devenu assez puissant pour battre les meilleurs joueurs mondiaux d'échecs. Il a par exemple obtenu 28 victoires, 72 nuls et aucune défaite contre Stockfish. Je dois dire que j'ai été ravi de voir qu'AlphaZero avait un style dynamique et ouvert comme le mien. On pense en général que les machines jouent bien en choisissant des coups techniques, conduisant le plus souvent à des parties nulles. J'ai observé à l'inverse qu'AlphaZero donne la priorité à la dynamique des pièces plutôt qu'aux pièces elles-mêmes, préférant des positions qui, à mes yeux, semblaient

risquées et agressives. Les programmes reflètent généralement les priorités et les préjugés des programmeurs, mais dans le cas d'AlphaZero, qui n'est victime d'aucun préjugé, je crois que son style correspond simplement à la réalité profonde du jeu. Sa compréhension supérieure lui permet de surclasser le meilleur programme du monde et cela bien qu'il opère le calcul d'un nombre beaucoup moins important de positions par seconde. Il illustre l'adage classique : "Travaillez intelligemment, plutôt que beaucoup." »

Ainsi, AlphaZero joue Fg5 dans la position de sa partie contre Stockfish (ce qu'aucun joueur humain ni aucun programme classique ne trouvent) et gagne. Pour une discussion du coup, voir <https://youtu.be/thZzaS-noSo>. Nous avons également appris lors de son match contre Stockfish qu'AlphaZero préférerait avoir les blancs : sur les 28 victoires d'AlphaZero, 25 ont été remportées avec les pièces blanches. La machine a également compilé la fréquence à laquelle elle a utilisé les différentes ouvertures mises au point depuis des siècles par les humains, et qu'elle a retrouvées ! L'ouverture du gambit dame est finalement sa favorite.

