

L'intelligence des jeux

MATTHEW GINSBERG

Les ordinateurs de jeux complètent l'intelligence humaine en proposant de nouvelles méthodes de résolution de problèmes.

En 1997, la nouvelle stupéfit le monde : le meilleur joueur du monde d'échecs, Garry Kasparov, avait été battu, au meilleur des six parties, par l'ordinateur *Deep Blue*, programmé par une équipe d'IBM. Cette victoire de la machine dans le plus cérébral des jeux montrait qu'un seuil avait été franchi et qu'il fallait réévaluer les caractéristiques de notre intelligence.

En fait, le résultat de cet affrontement n'est pas si tranché. Le jeu de Kasparov fut étonnamment timoré, il abandonna trop tôt dans une partie qui aurait dû aboutir à la nullité et commit, dans la dernière partie, une erreur indigne de son statut de meilleur joueur du monde. Il est dommage qu'aucun match revanche n'ait été organisé.

Examinons d'autres jeux : si, aux dames américaines (*checkers*) et à othello, des machines sont championnes du monde depuis quelques années, si, aux échecs, les ordinateurs semblent, depuis peu, avoir pris l'avantage sur les humains, dans bien d'autres jeux, tels le go et le bridge, les programmes restent faibles. La situation reste indécise au backgammon, tandis qu'au scrabble la machine possède un avantage, léger mais indubitable.

Grâce aux jeux, les chercheurs apprennent à programmer des situations bien définies (aux règles précises), où il est possible de tester les programmes par les résultats obtenus. Les techniques d'intelligence artificielle utilisées pour programmer les logiciels de jeux ont mis en lumière les différences d'efficacité entre la force brute de calcul des machines et la manière humaine de raisonner, plus intuitive.

Les informaticiens se sont attaqués aux jeux dès que la première ligne de programmation a été écrite. En 1946, le mathématicien britannique Alan Turing conçut une machine à jouer aux échecs fondée sur la machine de décryptage *Enigma*, utilisée par l'armée

britannique pendant la Seconde Guerre mondiale. Le niveau de cette première machine était celui d'un débutant. Turing et ses collègues de l'Université de Manchester s'attaquèrent ensuite à la programmation du morpion et des dames américaines, plus simple.

Depuis lors, les programmes de jeux ont proliféré. Actuellement les meilleurs d'entre eux jouent en général assez bien, mais ils utilisent des techniques assez différentes des techniques humaines. En effet, dans un jeu comme les échecs, quand un joueur humain examine quelques dizaines (au mieux, quelques centaines) de positions pour décider quel coup jouer, une machine en analyse plusieurs milliards. Pourtant l'homme gagne encore à certains jeux ! C'est parce que, s'il examine seulement une poignée de positions possibles, il regarde « la bonne poignée ». Le champion du monde d'échecs de 1921 à 1927, Raoul Capablanca, à qui on avait demandé combien de mouvements il envisageait dans l'analyse d'une position d'échecs, répondit : « Un seul, mais le bon. »

Nous déterminons les meilleures positions à étudier par un processus d'identification des structures (*pattern matching*). C'est par ce processus que nous décelons immédiatement qu'un plateau sur quatre pieds est une table, et que les photographies de face et de profil d'un gangster interpellé pas la police sont celles d'une même personne. Un joueur d'échecs professionnel compare une position sur l'échiquier avec le nombre fantastique de celles qu'il a rencontrées au cours de sa carrière, et utilise ce qu'il a appris de l'analyse de ces positions pour déterminer de bons coups dans la partie en cours. Ce processus est plus ou moins conscient.

Cette identification de structure est un processus parallèle ; avec n cerveaux, vous allez n fois plus vite. Supposons que vous compariez une

position d'échecs aux 100 000 que vous avez déjà rencontrées : comme chaque comparaison est dans une grande mesure indépendante des autres, avec 100 000 cerveaux vous comparez presque 100 000 fois plus vite.

Au contraire, l'exploration de la suite des coups possibles n'est pas un processus parallélisable : ce que vous pouvez jouer dépend de ce que vous avez fait à l'étape précédente. Le programme de *Deep Blue* ne compare pas une position à une liste de positions pré-existantes et il ne peut examiner une position que s'il a déjà obtenu la position précédente.

Quand nous affirmons qu'une identification de structure est parallélisable alors qu'une recherche par exploration calculatoire brutale ne l'est pas, cette assertion ne porte pas sur le problème à résoudre, mais sur la méthode pour le résoudre. Le jeu d'échecs n'est pas, dans son essence, parallèle ou séquentiel, car aussi bien les techniques parallèles (l'identification des structures) que séquentielles (la recherche « bêtement » calculatoire de *Deep Blue*) s'appliquent au jeu.

La fonction calculatoire ne crée pas l'organe...

Garry Kasparov, comme n'importe quel joueur humain, utilise une technique parallèle, parce que son cerveau opère ainsi : le cerveau est une machine parallèle composée d'environ 100 milliards de neurones capables chacun d'un milliard d'opérations par seconde. Environ 30 milliards de neurones sont disposés en six couches dans le cortex, la matière grise (les neurones qui « pensent ») formant les circonvolutions extérieures du cerveau humain. Les

1. PORTRAIT DE JOUEURS D'ÉCHECS, par Marcel Duchamp, qui fut membre de l'équipe de France d'échecs.



70 milliards d'autres neurones constituent la matière blanche (les neurones «de liaison»). Cette architecture massivement parallèle, efficace pour identifier une structure, maîtrise mal le calcul séquentiel.

En opposition, *Deep Blue* contient seulement 480 processeurs spécifiques des échecs, capables chacun d'examiner environ deux millions de positions par seconde. Cette configuration, qui permet d'analyser rapidement les positions, confère au programme un avantage certain, mais elle a aussi des inconvénients. Même le plus puissant des ordinateurs imaginables – effectuant

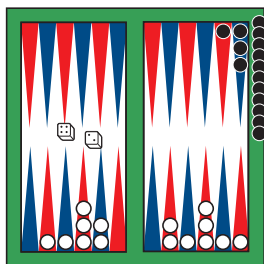
10^{17} opérations à la seconde (une opération ne dure que le temps nécessaire à la lumière pour traverser un atome d'hydrogène) – ne pourrait qu'effleurer la résolution d'un jeu comme le go, où le nombre de positions possibles est environ 10^{170} .

Lorsque les hommes jouent à un jeu comme othello qui nécessite une recherche «par la force brutale» du meilleur coup parmi un grand nombre de positions, ils ne peuvent traiter des milliards d'instructions par seconde : un neurone de notre cerveau est un million de fois moins rapide que ça. Du fait de la lenteur de notre cerveau, nous ne

pouvons en général pas utiliser de telles méthodes séquentielles.

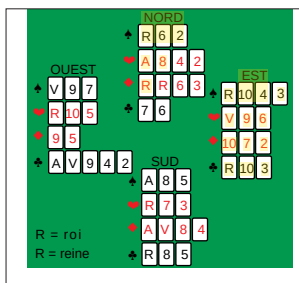
Évidemment, même si 1 000 opérations par seconde est relativement peu, les joueurs humains n'en appliquent pas moins une méthode séquentielle dans des cas particuliers, les finales aux échecs, par exemple. Nous utilisons aussi de telles méthodes pour multiplier à la main de grands nombres, pour résoudre des casse-tête comme le cube de Rubik, ou trouver la solution du problème de traversée d'une rivière à trois missionnaires et trois cannibales, à l'aide d'une seule barque qui peut ne contenir que deux

JEUX PRATIQUÉS PAR LES ORDINATEURS



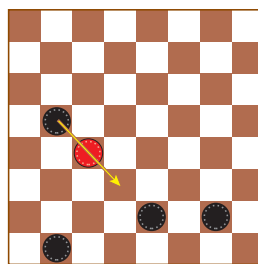
BACKGAMMON

- 2 joueurs
- 15 pions chacun
- but : faire traverser le tableau à tous ses pions
- règles :
 - le résultat du jet de dés détermine le nombre de mouvements à faire
 - les joueurs se déplacent en sens opposés
 - les pions ne peuvent pas se placer sur une colonne occupée par deux pions adverses ou plus
 - un pion peut être «frappé» par un autre qui aboutit sur la même flèche. Un pion frappé repart du début
- programme : TD-Gammon*
- site Internet : www.research.ibm.com/massdist/tdl.html
- prédominance : situation serrée



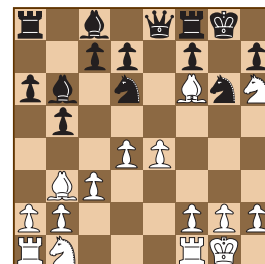
BRIDGE

- 4 joueurs répartis en deux équipes
- 13 cartes distribuées à chaque joueur
- but : réussir deux «manches» ou un «robre»
- règles :
 - les enchères : chaque joueur annonce par un code ouvert combien de plis il va faire.
 - le jeu : on pose une carte à chaque tour et on les compare ; on le fait 13 fois
 - le score : on marque des points si on remplit son contrat. Sinon, c'est l'équipe adverse qui marque
- programme : GIB*
- site Internet : www.gibware.com
- prédominance : humaine



DAMES AMÉRICAINES (OU CHECKERS)

- 2 joueurs
- 12 pions chacun
- but : empêcher l'autre de pouvoir jouer (habituellement c'est quand il n'a plus de pion)
- règles :
 - on déplace à chaque coup un pion sur une diagonale noire, d'une case vers l'avant
 - on capture les pièces adverses en sautant par-dessus en diagonale s'il y a une case vide derrière le pion adverse
 - un pion qui arrive sur la dernière ligne dans le camp opposé se transforme en «dame», une pièce qui peut bouger vers l'avant et vers l'arrière
- programme : Chinook
- site Internet : www.cs.ualberta.ca/~chinook
- prédominance : machine



ÉCHECS

- 2 joueurs
- 16 pièces chacun (1 roi, 1 dame, 2 tours, 2 fous, 2 cavaliers, 8 pions)
- but : capturer le roi adverse (échec et mat)
- règles :
 - on capture une pièce adverse en plaçant sur la case qu'elle occupe une de ses propres pièces
 - chaque type de pièce a des possibilités de mouvements différentes
- programme : *Deep Blue*
- site Internet : www.chess.ibm.com/meet/html/d.3.html
- prédominance : situation serrée

* Logiciel en vente dans le commerce et fonctionnant sur ordinateur personnel.