



L'intelligence humaine à nouveau dominée?

JEAN-PAUL DELAHAYE

Une nouvelle catégorie de jeux où la machine «psychologue» apprend à prévoir le comportement des joueurs humains.

La lettre volée d'Edgar Poe décrit le jeu le plus simple du monde, le jeu du *Pair ou impair* : «L'un des deux joueurs tient dans sa main un certain nombre de billes et demande à l'autre : pair ou impair ? Si celui-ci devine, il gagne une bille, sinon il en perd une.»

Dans une variante du jeu, l'un des joueurs place secrètement un objet dans sa main, droite ou gauche, et l'autre joueur tente de deviner dans quelle main est l'objet. Poe nous explique les rudiments tactiques de ce jeu d'anticipation psychologique : «J'ai connu un enfant de huit ans qui, au jeu de *Pair ou impair*, faisait l'admiration universelle. [...] L'enfant dont je parle gagnait toutes les billes de l'école. Naturellement, il avait un mode de divination, lequel consistait dans la simple observation et dans l'appréciation de la finesse de ses adversaires. Supposons que son adversaire soit un parfait nigaud, et, levant sa main fermée, lui demande : pair ou impair ? Notre écolier répond : impair, et il a perdu. Mais à la seconde épreuve, il gagne, car il se dit à lui-même : le niais avait mis pair la première fois, et toute sa ruse ne va consister qu'à lui faire mettre impair à la seconde ; je dirai donc impair.

«Il dit impair, et il gagne. Maintenant, avec un adversaire un peu moins simple, il aurait raisonné ainsi : ce garçon voit que, dans le premier cas, j'ai dit impair, et, dans le second, il se proposera, c'est la première idée qui se présentera à lui, une simple variation de pair à impair comme a fait le premier bête ; mais une seconde réflexion lui dira que c'est là un changement trop simple, et finalement il se décidera à mettre pair comme la première fois. Je dirai donc pair.»

«Il dit pair, et gagne.»

Plus loin, le petit garçon explique sa méthode pour gagner : «Quand je veux savoir jusqu'à quel point quelqu'un est circospect ou stupide, jusqu'à quel point il est bon ou méchant, ou quelles sont actuellement ses pensées, je compose mon

visage d'après le sien, aussi exactement que possible, et j'attends alors pour savoir quels pensées ou sentiments naîtront dans mon esprit ou dans mon cœur.»

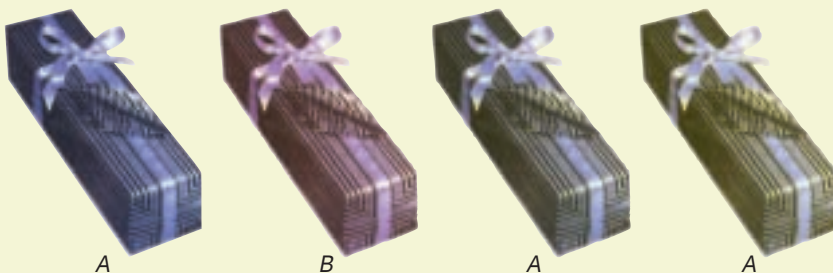
Bien sûr, nul garçon, petit ou grand, ne gagne à tout coup en utilisant cette méthode d'empathie. Il n'empêche qu'à ce jeu, certains obtiennent de bien meilleurs résultats que d'autres. Et les machines ? La capacité de prédire le comportement d'un adversaire peut-elle être insérée dans un programme ?

LES JEUX DE NIM

La question présente un grand intérêt, car elle pose des problèmes peu examinés par les informaticiens et les mathématiciens. Dans les jeux de Nim (Échecs, Dames, Othello, Go, Morpion, etc.), l'information sur la situation est, à chaque instant, entièrement disponible. On sait que, pour chacun de ces jeux, il existe une stratégie optimale pure (c'est-à-dire ne faisant pas intervenir le hasard) ; cette stratégie est calculable lorsque le

1. LA PSYCHOLOGIE HUMAINE DÉVOILÉE

Un ami vous présente quatre boîtes marquées A, B, A, A, et vous dit : dans l'une d'elles, j'ai mis un billet de 100 F. Je ne souhaite pas que tu le trouves, mais si tu ouvres la bonne boîte, il sera à toi.



Laquelle ouvrez-vous ? Vous avez cinq secondes pour choisir.

Si vous avez choisi la troisième boîte, votre comportement est très humain ! Cette expérience, proposée par A. Rubinstein, A. Tversky et D. Heller en 1996, a été testée avec des étudiants par A. Rubinstein. Les résultats sont, dans l'ordre, 16 pour cent, 19 pour cent, 54 pour cent, 11 pour cent. Le biais très fort en faveur de la troisième boîte peut s'analyser de diverses façons, mais sans doute suffit-il de dire que cette troisième boîte apparaît comme «la plus banale», car elle n'est ni sur les bords, ni la seule marquée d'un B ; comme le billet doit être à l'endroit «le plus banal», elle semble la mieux susceptible de convenir. Pourtant, avec les informations disponibles, aucune boîte n'était vraiment favorisée, et l'on aurait dû obtenir une répartition 25 pour cent, 25 pour cent, 25 pour cent. Cette cent. L'esprit humain – partiellement prévisible – favorise l'un des choix. Cette prévisibilité partielle rend difficile à un joueur d'engendrer du hasard quand cela lui serait utile. Les programmes évoqués dans cet article tirent profit de cette faiblesse. Une autre expérience illustre notre difficulté avec le hasard : lorsqu'on demande à une personne un nombre au hasard entre 1 et 9, près de 20 pour cent des gens répondent 7.

jeu est suffisamment simple (tel le Morpion, résolu il y a six ans), ou, au contraire, inaccessible en pratique, car nécessitant des puissances de calculs que les ordinateurs n'ont pas : c'est le cas des Échecs et de tous les jeux intéressants. Quand la stratégie optimale d'un jeu de Nim est de calcul trop complexe, on programme les ordinateurs selon une méthode dénommée *minimax*, qui consiste à énumérer jusqu'à une certaine profondeur les échanges de coups possibles en exploitant au mieux l'information obtenue.

Le *minimax* et ses variantes conduisent à de bons programmes qui battent la plupart des humains. G. Kasparov, le champion du monde d'Échecs en titre, en a fait les frais il y a trois ans, perdant contre un ordinateur. Toutefois, au jeu de Go, le niveau des programmes fondés sur le *minimax* est celui d'un débutant moyen, ce qui est décevant... ou réconfortant selon le point de vue.

L'obstacle, pour le jeu *Pair ou impair*, n'est pas celui du calcul et le *minimax* ne donne rien, car les coups sont simultanés (ou, ce qui revient au même, vous ignorez le choix de votre adversaire quand vous jouez). Chaque joueur doit s'inter-

roger sur ce qui, en fonction des coups passés, rend plus probable tel comportement de l'adversaire ou tel autre. Il ne peut jamais être certain d'avoir raison. Bien jouer à ce jeu signifie gagner plus de 50 pour cent des parties lors de séries de quelques centaines de coups.

La théorie mathématique des jeux appliquée à *Pair ou impair* donne l'indication suivante : en jouant au hasard avec une probabilité 1/2 pour pair, 1/2 pour impair (la stratégie *Mathématique*), vous assurez un minimum moyen de succès (égal à 50 pour cent), mais vous ne gagnez pas plus. Contre un adversaire qui joue tout le temps pair, *Mathématique* gagne une fois sur deux, alors que vous pourriez facilement gagner 100 pour cent des parties. De même, face à un joueur qui alternerait pair et impair, la stratégie *Mathématique* est peu judicieuse.

La stratégie *Mathématique* est parfois dénommée (à tort) *Stratégie optimale*, car c'est la meilleure des stratégies qui ne tienne pas compte du passé des échanges (ce qui n'est pas conforme à l'esprit du jeu et lui enlève tout intérêt). Comparée à d'autres, *Mathématique* est médiocre.

L'âme humaine étant rétive à toute réduction, et à toute «mise en règles»,

beaucoup de gens croient impossible que l'on réussisse à programmer un ordinateur pour qu'il gagne à *Pair ou impair*. Ils se trompent. Une série de travaux récents ont conduit Christophe Meyer à réaliser un programme, dénommé *Sagace*, qui applique les conseils du petit garçon de la nouvelle d'Edgar Poe : se mettre dans la peau de son adversaire pour sentir ce qu'il va faire et l'exploiter à ses dépens.

UNE VIEILLE MACHINE PAS SI BÊTE

Au début des années 1950, D. Hagelbarger inventa une machine pour jouer à *Pair ou impair* : elle remporta 53 pour cent des 10 000 parties engagées contre des humains. Claude Shannon, célèbre pour ses travaux sur la théorie de l'information, présenta sa propre machine en 1953, qui atteint 57 pour cent de succès (résultats moyens obtenus avec des étudiants pour des parties de 500 coups). Cette machine était réalisée par des moyens mécaniques et électriques ; aujourd'hui, on la simule par programme. La machine de Shannon, que nous dénommerons *Shannon*, est indiquée sur la figure 3. Il faut environ 40 coups pour que *Shannon* commence à jouer autre chose que des coups au hasard. Lors d'une série suffisamment longue face à un humain (200 coups ou plus), *Shannon* gagne en moyenne 57 pour cent des coups, bien qu'ayant recours au hasard dans 55 pour cent des cas. Bien sûr, si l'humain qui joue contre *Shannon* connaît la méthode de jeu, il peut gagner. Shannon (le mathématicien !) a élaboré une façon optimale de jouer contre *Shannon* (la machine !) avec laquelle on gagne, à la longue, trois coups sur quatre.

Gagner 57 pour cent en moyenne est remarquable pour un mécanisme de jeu élémentaire. Nous reviendrons plus loin sur l'explication de cette prévisibilité (partielle) du comportement humain.

LE PROGRAMME SAGACE

Le programme *Sagace* (acronyme de *Solution algorithmique génétique pour l'anticipation de comportements évolutifs*) mis au point par Ch. Meyer (de l'équipe d'Intelligence artificielle de l'Université de Paris 6, dirigé par J.-G. Ganascia), fonctionne sur une méthode beaucoup plus complexe que *Shannon*. *Sagace* s'applique à toutes sortes d'autres jeux et problèmes. Les lecteurs qui veulent essayer *Sagace* pour le jeu *Pair ou impair* peuvent le télécharger à :

www.animaths.com/smartopponent.htm
Le programme *Sagace* s'organise autour de deux modules : le module *Compréhension de l'adversaire* et le module

2. RÉSULTATS D'UN TOURNOI DE SIX ALGORITHMES DE PAIR OU IMPAIR

	MATHÉMATIQUE	30% - 70%	SHANNON	SAGACE	PÉRIODIQUE	AUTOMATE	RÉUSSITES
MATHÉMATIQUE		50	50	50	50	50	50
30% - 70%	50		45	42	42	50	45,8
SHANNON	50	55		48	50	57	52
SAGACE	50	58	52		76	61	59,4
PÉRIODIQUE	50	58	50	24		49	46,2
AUTOMATE	50	50	43	39	51		46,6

Dans ce tableau, on a indiqué le pourcentage de réussites de six stratégies de jeu confrontées deux à deux.

- *Mathématique* joue au hasard avec une probabilité de 50 pour cent pour pair, 50 pour impair.
- *30 pour cent-70 pour cent* joue au hasard avec une probabilité de 30 pour cent pour pair et 70 pour cent pour impair.
- La stratégie *Shannon* est décrite à la figure 3.
- *Périodique* joue périodiquement la séquence complexe pair, pair, impair, au hasard, pair, pair, pair, au hasard, impair, impair, pair, au hasard, impair, impair.
- *Automate* est une stratégie qui joue selon un principe un peu plus compliqué encore.
- *Sagace* remporte le tournoi avec une moyenne de 59,4 pour cent contre 52 à *Shannon* qui arrive en second. La *Stratégie mathématique*, troisième, assure 50 pour cent (comme prévu par la théorie), mais elle est battue, car contrairement à *Shannon* et à *Sagace* elle ne sait pas exploiter les stratégies ayant une certaine régularité de comportement (pourtant ici aucune régularité n'est évidente). Notons que *Sagace* et *Shannon* sont conçues pour jouer contre des humains et non contre d'autres algorithmes.