

On peut dire que *Shannon* et encore plus *Sagace* lisent dans nos pensées, non pas au point de nous écraser à chaque rencontre (ce qui serait de la magie), mais suffisamment pour gagner la plupart des longues séries jouées sans tricher.

TOURNOI DES MACHINES

Conçue pour jouer contre des adversaires humains, *Sagace* a cependant été testée contre un ensemble d'adversaires algorithmiques. Les résultats obtenus sont riches d'enseignements.

Contre la stratégie *Mathématique* (au hasard 50 pour cent de pair, 50 pour cent d'impair), *Sagace*, nous le savons, gagne 50 pour cent des coups, et donc 50 pour cent des parties.

Lorsque *Sagace* joue contre *Shannon*, il gagne 52 pour cent des coups, ce qui est bien, mais loin des résultats de la stratégie spécialement adaptée que *Cl. Shannon* avait imaginée et qui, elle, réussit à 75 pour cent contre *Shannon* ; *Sagace* ne converge pas vers le meilleur jeu possible face à *Shannon*, ce qu'on aurait pu espérer, et cette imperfection ouvre la porte à de futurs perfectionnements.

Contre une stratégie qui joue au hasard pair ou impair dans des proportions 30 pour cent-70 pour cent, *Sagace* gagne 58 pour cent des parties. Là encore, on est en dessous de ce que donnerait le jeu le mieux adapté (qui consisterait à jouer toujours pair et ferait gagner 70 pour cent des coups). La stratégie mathématique contre la stratégie 30 pour cent-70 pour cent ne gagne que 50 pour cent des coups, ce qui est moins bien que *Sagace*.

Contre la stratégie appelée *Périodique* qui joue cycliquement : pair, pair, impair, au hasard, pair, pair, pair, au hasard, impair, impair, pair, au hasard, impair, impair (ce qui n'est pas très facile à deviner, vous en conviendrez !), *Sagace* fait un score de 76 pour cent.

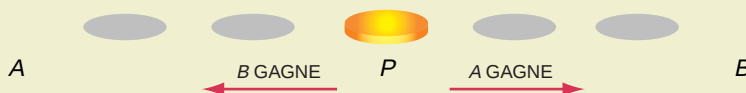
Contre une stratégie algorithmique réactive baptisée *Automate*, la stratégie *Sagace* réussit à 61 pour cent, ce qui ne signifie pas que *Sagace* réussirait aussi bien contre toute stratégie algorithmique réactive.

Au total, en imaginant que chacune des six stratégies (*Shannon*, *Sagace*, *Stratégie mathématique*, *Hasard 30 pour cent-70 pour cent*, *Périodique*, *Automate*) affronte chacune des cinq autres et qu'on compare leurs résultats globaux, *Sagace* est première, suivie de *Shannon* (voir la figure 2).

GÉNÉRALISATION

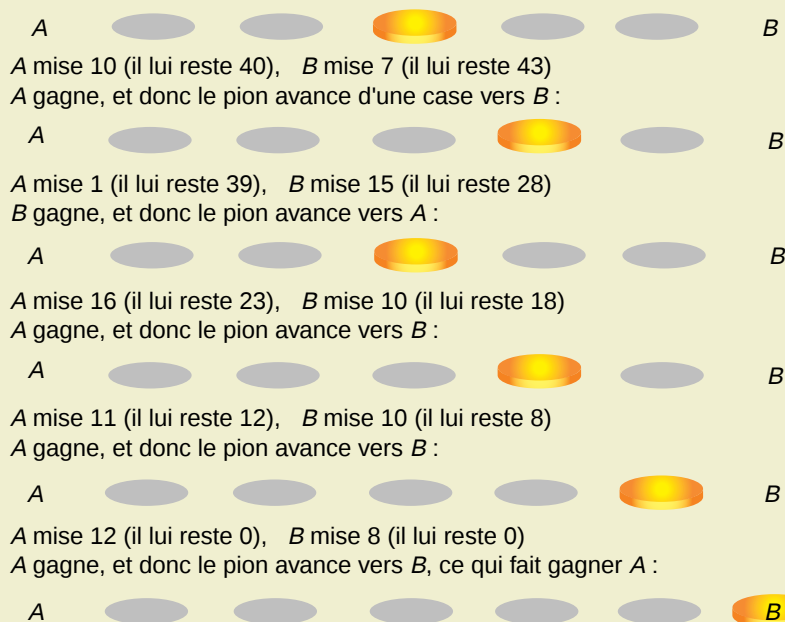
Les idées mises en œuvre dans *Sagace* peuvent être appliquées à d'autres jeux du même type comme le fameux

4. LE JEU D'ALÉSIA

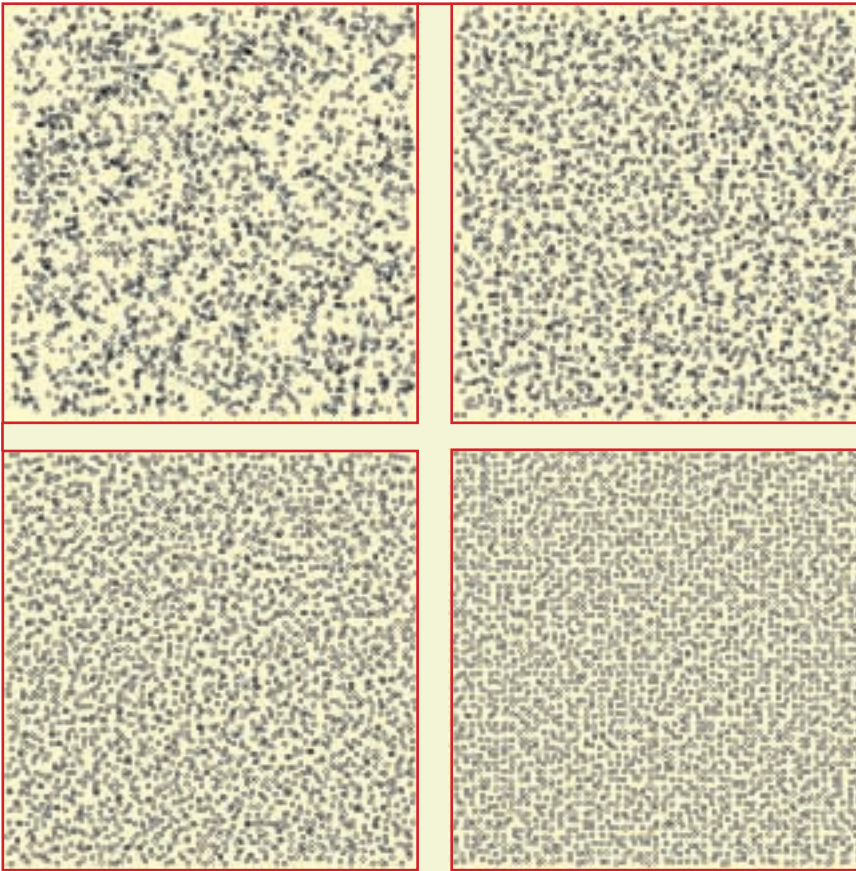


Un pion est placé au départ en *P*, et chaque joueur dispose d'une cagnotte de 50 points. À chaque coup, les joueurs choisissent secrètement un certain nombre de points qui sont soustraits à leur cagnotte. Ce choix fait, les joueurs dévoilent leurs mises. Celui qui a proposé le plus avance le pion d'un cran vers le camp de son adversaire. Lorsqu'un joueur arrive dans le camp adverse, il a gagné.

EXEMPLE DE PARTIE



La partie peut être nulle, auquel cas nul ne marque de point. Le programme *Sagace* a appris à jouer à ce jeu, ce qui lui a conféré une connaissance tactique (la théorie du jeu est maintenant classique). Plus original, lors d'une série de parties que vous jouez contre lui, *Sagace* élabore votre profil psychologique, qu'il exploite ensuite contre vous. Même le concepteur de *Sagace* ne réussit plus aujourd'hui à battre son propre programme.



Dans ces quatre répartitions de points, l'une d'elles a été obtenue en choisissant 900 fois de suite un point quelconque dans le carré sans favoriser aucune partie de la surface, chaque point étant déterminé indépendamment des autres. Les trois autres répartitions sont biaisées, soit de façon à éviter que les points ne se rapprochent trop, soit au contraire de façon que les points s'agglomèrent plus qu'ils ne le font lors de choix indépendants. Quelle est la répartition uniforme?

C'est la première. Rares sont ceux qui la désignent, car elle semble contenir trop de groupes agglomérés. Nous avons une mauvaise intuition du hasard, que nous ne savons ni reconnaître, ni produire. Cette perception inexacte du hasard est une insuffisance de l'intelligence qu'exploitent *Sagace* et *Shannon*.

Pierre/Ciseau/Papier ou Alésia. On y obtient des résultats comparables, avec, dans le cas d'Alésia, une propriété supplémentaire qui ne pouvait pas apparaître avant : certains coups sont mauvais dans l'absolu (car stratégiquement inadaptés, ce qui n'existe pas à *Pair ou impair*, ni dans *Pierre/Ciseaux/Papier*) et *Sagace* finit à la longue par le découvrir. Il fait alors évoluer son jeu de règles pour prendre en compte les connaissances acquises par l'expérimentation (un humain attentif peut découvrir ces règles par analyse logique et mathématique et les bons joueurs d'Alésia, bien sûr, les connaissent).

Sur une série de 50 parties au jeu d'Alésia, les bons joueurs aussi se font battre par *Sagace*, même son créateur, Ch. Meyer! La raison en est que *Sagace* associe un bon jeu logique (certains coups doivent être évités, d'autres sont préfé-

rables dans une certaine proportion de cas, et *Sagace* le sait par sa base de règles) et un bon jeu psychologique : il exploite les faiblesses particulières des joueurs humains qu'il repère en cours de partie. L'expérience tirée d'Alésia suggère d'ailleurs que, dans un programme de jeu d'Échecs, l'introduction de techniques analogues à celles de *Sagace* pourrait conduire à des programmes adaptatifs plus pédagogiques et donc plus susceptibles de faire progresser un joueur humain.

PRÉVISIBILITÉ HUMAINE

De même, les techniques utilisées dans *Sagace* devraient servir à la conception d'interfaces intelligentes qui rendraient plus agréable l'utilisation des futurs ordinateurs : un tel système serait capable d'analyser nos habitudes, de façon à

rendre plus attrayant le commerce avec les cervelles de silicium. C'est l'un des objectifs de Ch. Meyer.

S'il se révélait que la Bourse ou les marchés financiers se prêtaient à une approche psychologique analogue à celle utilisée pour les jeux d'anticipation, le léger biais en faveur de celui qui applique la technique *Sagace* pourrait peut-être lui rapporter des fortunes. Les succès des stratégies *Shannon* et *Sagace* proviennent en fait de ce que l'être humain – contrairement à ce qu'il croit de lui-même – est partiellement prévisible et n'est donc pas adapté à de tels jeux. Cela est la conséquence de plusieurs facteurs :

- il a de faibles capacités de mémoire (et, par exemple, confronté à une stratégie périodique de période assez longue, le plus souvent il ne le voit pas) ;

- il est incapable d'engendrer un authentique hasard et, quand il croit le faire, il se trompe, reproduisant les mêmes séries ou, en tout cas, ne faisant pas varier son comportement uniformément comme un tirage au sort le ferait ;

- il tend à se comporter identiquement dans des circonstances proches, et cela même s'il essaie de lutter contre cette tendance pour tromper un ennemi par lequel il se sait épié ;

- il manque d'imagination et n'utilise pas toutes les possibilités combinatoires que le jeu autorise.

Malgré la haute idée qu'il a de lui-même, l'être humain ne possède que de bien faibles capacités dans le traitement de l'information ; ces insuffisances limitent ses performances dans des situations où il fallait, pensait-on, de l'intelligence (mot vague). Heureusement (pour notre vanité), l'Intelligence artificielle se heurte à d'autres obstacles qu'elle ne franchira vraisemblablement pas de si tôt : compréhension du langage naturel, traduction automatique, analyse d'images, robots autonomes, imagination, créativité, et bien d'autres...

C. Meyer SAGACE, Applications aux jeux à informations complètes et imparfaites. Thèse soutenue le 29 juin 1999 à l'Université de Paris 6.

B. GUERRIEN, La théorie des jeux, Economica, Paris, 1995.

J.-P. DELAHAYE et Ph. MATHIEU, Des surprises dans le monde de la coopération, Dossier Pour la science : Les mathématiques sociales, 1999.

C. MEYER, J.-G. GANASCIA et J.-D. ZUCKER, Learning Strategies In Games by Anticipation. Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1997, Morgan Kaufman Ed.

C.E. SHANNON, A Mind-Reading (?) Machine, Bell Lab., March 1953.