

la carte 3, et ne saura donc pas avec certitude quoi faire : enchérir ou renoncer ?

L'analyse de ce jeu (voir l'encadré pages 80-81) conduit à la conclusion assez peu évidente que lorsque A dispose de la carte 1, il doit bluffer dans un tiers des cas au hasard (comme pour le jeu pierre-feuille-ciseaux). Lorsque B a la carte 2 et que A vient d'enchérir, B doit lui aussi enchérir dans un tiers des cas au hasard. En jouant ainsi, un joueur qui, lors d'une série de parties, sera parfois en position A et parfois en position B ne pourra pas être battu.

Cette stratégie mixte est optimale et correspond à ce qu'on nomme un équilibre de Nash. Il est remarquable ici que la théorie des jeux conseille au joueur A de bluffer parfois quand il a la carte 1. Le bluff, contrairement à ce qu'on pourrait penser, n'est pas une question de psychologie, mais est le comportement rationnel optimal d'un bon joueur qui a étudié mathématiquement le jeu : la théorie ordonne de bluffer et indique précisément avec quelle probabilité. Dans le cas du poker HULHE, la situation est comparable... mais beaucoup plus compliquée.

## Vraiment optimale ?

Il faut noter ici un point un peu subtil qui concerne ce type de résultats, et en particulier le calcul de la stratégie optimale *Cepheus*. Lorsqu'un joueur joue mal en commettant toujours les mêmes erreurs, son adversaire s'en apercevra parfois et tentera alors d'en tirer avantage. Au jeu pierre-feuille-ciseaux, il est clair que si votre adversaire joue toujours *pierre*, vous en profiterez en jouant toujours *feuille*. Vous ne jouerez plus la stratégie optimale probabiliste, vous prendrez le risque que votre adversaire se réveille et se mette à exploiter votre jeu constant, mais s'il s'obstine à toujours jouer *pierre*, vous gagnerez bien plus en jouant toujours *feuille* qu'avec la stratégie mixte « optimale ».

Les situations peuvent d'ailleurs être bien plus complexes. Cette rubrique dans *Pour la Science* de septembre 1999 décrivait les succès de méthodes de jeu proposées par Claude Shannon et par un programme d'intelligence artificielle qui, au jeu

de type pierre-feuille-ciseaux, battaient nettement la plupart des joueurs humains. Ces programmes repéraient et exploitaient les régularités des joueurs, régularités dont eux-mêmes n'avaient pas conscience et dont ils n'arrivaient pas à se libérer. Ces programmes ne jouaient bien sûr pas la stratégie optimale de la théorie des jeux, mais une méthode plus subtile fondée sur l'analyse de la succession des choix de l'adversaire. Les méthodes de la théorie des jeux permettent de trouver les stratégies mixtes qui ne perdent jamais (statistiquement) ; c'est très bien. Mais on peut espérer mieux et vouloir tirer le plus possible des faiblesses identifiables de son adversaire, grâce à l'analyse des coups passés et à des algorithmes adaptatifs.

Il n'existe pas de méthode mathématique pour définir et calculer ce que serait une stratégie exploitant aussi rapidement que possible toute faiblesse repérable d'un adversaire. Toutefois, il est clair que dans une vraie partie de pierre-feuille-ciseaux ou de poker, bien jouer implique une telle prise en compte.

Soyons clairs : dans un tournoi qui opposerait des joueurs humains jouant obstinément de mauvaises stratégies (donc analysables et exploitables), la récente stratégie optimale *Cepheus* ou d'autres stratégies prenant quelques risques pour exploiter les joueurs faibles, il n'est pas certain que la stratégie *Cepheus* soit la gagnante. Dit encore autrement : la stratégie optimale *Cepheus* ne se fait battre par personne dans une compétition à deux joueurs, mais dans une compétition où plusieurs joueurs joueraient successivement par deux, les gains moyens de la stratégie *Cepheus* seraient probablement inférieurs à ceux du programme *Polaris* (par exemple) évoqué plus haut, et qui, lui, est conçu pour s'ajuster aux joueurs rencontrés (voir l'encadré page ci-contre).

Quand l'information est incomplète et que le hasard intervient, tout devient compliqué et subtil, et la théorie mathématique n'a pas encore trouvé le moyen d'avoir le dernier mot face aux méthodes heuristiques et indéfiniment améliorables de l'intelligence artificielle.

## L'AUTEUR



**J.-P. DELAHAYE**  
est professeur émérite  
à l'Université  
de Lille  
et chercheur

au Centre de recherche  
en informatique, signal et  
automatique de Lille (CRISTAL).

## BIBLIOGRAPHIE

M. Bowling et al., *Heads-up limit hold'em poker is solved*, *Science*, vol. 347, pp. 145-149, 2015.

*Cepheus Project*, pages web d'information sur le programme optimal calculé par l'équipe de Michael Bowling, 2015 : <http://poker.srv.ualberta.ca/>

O. Tammelin, *Solving large imperfect information games using CFR+*, prépublication arXiv:1407.5042, 2014.

J. Rubin et I. Watson, *Computer poker : A review*, *Artificial Intelligence*, vol. 175(5), pp. 958-987, 2011.

J.-P. Delahaye, *La fin des dames anglaises ?*, *Pour la Science* n° 363, janvier 2008 ; *L'intelligence humaine à nouveau dominée*, *Pour la Science* n° 263, septembre 1999.



Retrouvez la rubrique  
Logique & calcul sur  
[www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)