

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

SCIENCE & FICTION

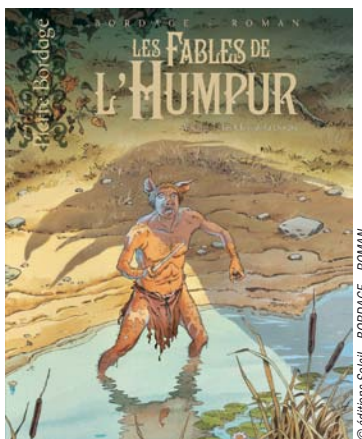
Le cochon, roi de la fiction

Aviateur, esprit de la forêt, monstre... : le cochon s'affiche dans de multiples œuvres. Une omniprésence qui traduit l'importance accordée à cet animal par de nombreuses cultures depuis le Néolithique.

Jean-Sébastien STEYER et Roland LEHOUCQ

Si il est un bestiaire fantastique dont on ne parle presque jamais, c'est bien celui des cochons ! Certes moins impressionnants que les dinosaures, les dragons ou autres géants réels ou fictifs, les porcins sont présents dans l'imaginaire collectif et jouent souvent un rôle de premier plan. Ainsi, dans *Princesse Mononoké* d'Hayao Miyazaki (1997), le gardien de la forêt luttant contre les humains pour protéger la nature n'est autre que le sanglier géant Okkoto, une sorte de divinité armée de quatre défenses impressionnantes – en fait des canines proéminentes et caractéristiques du groupe auquel appartient le sanglier. Et si le même réalisateur met aussi en scène un justicier homme-cochon, héros de la Grande Guerre, dans *Porco Rosso* (1992), il n'est pas le seul à s'inspirer de cet animal. Dans *Les Fables de l'Humpur* (1999), Pierre Bordage narre les aventures de Véhir, un homme-cochon fuyant sa caste d'hybrides pour retrouver sa nature humaine.

Sangliers géants, hommes-cochons... Pourquoi les porcins ont-ils autant marqué notre imaginaire collectif ? La présence de ces animaux dans de nombreuses régions du monde est peut-être un premier élément de réponse. On les retrouve en Europe, en Afrique, en Asie et en Océanie. On compte aujourd'hui 16 espèces – beaucoup plus par le passé – qui constituent la famille des suidés, des mammifères terrestres phylogénétiquement proches des cétacés. En



L'HOMME-COCHON est un personnage récurrent des œuvres fantastiques comme ici dans *Les Fables de l'Humpur* de Pierre Bordage.

■ POUR INFO

Roland Lehoucq participera, le 30 juin 2015 à 19 h 30, au débat « La science-fiction doit-elle se soucier de la science ? » qui suivra la projection du film *Planète interdite* organisée par l'Institut Henri-Poincaré au cinéma Grand Action, à Paris. Réservation sur : <http://www.ihp.fr/fr/cine-club-2015>

Europe, on trouve bien sûr le sanglier et le cochon. Le phacochère, l'imposant hylochère et le potamochère sont originaires d'Afrique, tandis que le sanglier nain est en voie d'extinction en Inde. Autre espèce notable, le babiroussa d'Indonésie est connu pour ses canines supérieures qui, chez le mâle, s'enroulent presque sur elles-mêmes au-dessus du crâne ! D'ailleurs, à l'instar de certains rongeurs, le babiroussa doit sans cesse user ses dents pour éviter que celles-ci ne le handicapent.

Les canines des suidés, si caractéristiques, ont inspiré certains personnages des œuvres de *fantasy*, tels les Orques de Tolkien, ces humanoïdes monstrueux taillés pour la guerre, qui exhibent un aspect porcine avec leurs canines inférieures sortant de la bouche.

Cependant, le lien avec l'homme est plus que géographique. Le porc (*Sus scrofa domestica*) a été domestiqué au Néolithique pour la consommation de sa viande et comme « nettoie tout ». En effet, cet animal a un estomac capable de digérer n'importe quoi ou presque. Il faisait d'ailleurs office de poubelle ambulante dans le Paris du XII^e siècle !

Avec une telle omniprésence, il n'est pas étonnant que l'image du suidé soit profondément ancrée dans notre inconscient collectif. Aujourd'hui, le rapprochement entre l'homme et le cochon se fait même en médecine. Certains tissus de porc provenant de la peau, du foie ou encore du



CETTE RECONSTITUTION D'UN SUIDÉ
du genre *Eurolestiodon*
a été réalisée à partir de restes
fossilisés retrouvés dans
le Gers (sud-ouest de la France).
Elle indique que l'animal était
deux fois plus grand que
le sanglier actuel.

pancréas sont compatibles avec les nôtres et sont testés dans le cadre de nouvelles xénogreffes.

En écologie, le sanglier est, comme *Homo sapiens*, une espèce dite ingénieuse, c'est-à-dire capable de modifier de façon volontaire et durable son environnement. Il n'y a qu'à voir les dégâts que peut causer un troupeau de sangliers dans une chênaie. Nous avons donc de nombreux points communs avec cet animal omnivore, sensible, intelligent et doté d'un excellent sens de la communication grâce à ses nombreux grouinements et grognements.

Esprit de la nature ou monstre ?

Sauvage ou domestique et craignant peu l'homme, le suidé jouit donc d'un statut particulier qui nous renvoie à notre animalité et questionne notre rapport ambigu avec la nature. S'il symbolise tantôt une nature féroce mais respectable, tel Okkoto, il est aussi source d'effroi et de terreur et devient vite un monstre : c'est le cas du Razorback, terrible suidé du film d'horreur éponyme de 1984. La taille et la monstruosité de la bête évoquent certains suidés fossiles, tels l'énorme *Notochoerus* dont les restes pétrifiés, découverts en Afrique, suggèrent un animal de près de 450 kilogrammes avec de nombreuses excroissances sur la tête, ou *Kubanochoerus* d'Eurasie avec sa corne

frontale proéminente et son poids estimé à 500 kilogrammes. Chez les suidés actuels, le record est toujours détenu par Big Bill, un cochon domestique américain mort en 1933 qui pesait 1 157 kilogrammes !

L'histoire évolutive des porcins tend à renforcer l'image du monstre. Alors qu'elle ne s'étale que sur les vingt derniers millions d'années environ, elle regorge d'animaux à l'appétit féroce ! Les molaires de ces animaux présentent d'ailleurs des crêtes capables aussi bien de broyer que de découper. Ainsi, une paisible population d'herbivores ou d'omnivores pourrait devenir rapidement une meute de farouches carnivores.

Mais la voracité du suidé nous renvoie à la nôtre et à la consommation massive que nous faisons de cet animal. Car, même si sa viande est proscrite par les religions musulmane et juive, elle reste la plus consommée. La production mondiale augmente constamment et dépasse les 100 millions de tonnes de viande de porc par an, avec les problèmes environnementaux associés : forte consommation d'eau (il faut plus de 5 000 mètres cubes d'eau pour produire une tonne de viande de porc, contre moins de 4 000 pour la volaille, mais plus de 15 000 pour le bœuf), déforestation pour les cultures intensives alimentant les élevages, rejets de gaz à effet de serre, problèmes sanitaires, respect du droit animal...

Rejeté, craint, domestiqué, le cochon ne laisse personne indifférent. Il est sacré

dans certaines cultures indiennes ou celtes, alors qu'il est souvent associé à la saleté en Occident. Voire à une malédiction : dans la mythologie grecque, Circé la magicienne transforme en porcs les compagnons d'Ulysse, fraîchement débarqués sur son île. On retrouve cette métamorphose dans nos contes traditionnels, et finalement très codifiés, où les gueux coupables d'avoir fauté sont changés en porcs tandis que les princes sont transformés en grenouilles. Ainsi, dans *Willow* (Ron Howard, 1988), les soldats sont changés en porcs par la sorcière et dans *Le Voyage de Chihiro* (Hayao Miyazaki, 2001), les parents de la jeune héroïne, se goinfrant de nourriture dans un parc abandonné, se transforment en cochons.

Nul doute, donc, que les suidés réveillent quelque chose en nous. Fantastiques ou mythologiques, ces animaux nous renvoient à nos défauts et à nos peurs. Mais, même avec le cochon, la réalité peut rattraper la fiction : le phacomochère imaginaire aperçu dans *Les Quatre Saisons d'Espigoule*, une comédie de Christian Philibert (1999), est devenu une espèce cryptozoologique qui fait désormais partie intégrante du bestiaire folklorique de la Provence, si bien que son crâne est exposé au Muséum d'histoire naturelle de Toulon et du Var ! ■

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.

ART & SCIENCE

À la recherche du sens perdu

*À quoi ressemble une vie sans odorat ?
Une exposition répond en révélant le pouvoir
des odeurs sur notre mémoire et sur notre quotidien.*

Loïc MANGIN

Pouvez-vous citer des aveugles célèbres ? Tirésias, Œdipe, Homère, et plus proches de nous Ray Charles, Stevie Wonder... Même question avec les sourds ? Beethoven, Quasimodo, Ernest Hemingway, Luis Buñuel... Et enfin, des anosmiques ? C'est bien plus difficile de répondre, même quand on sait que l'anosmie est la perte de l'odorat !

De fait, ce sens semble moins essentiel que la vue ou l'ouïe. Pourtant, ne pas sentir le gaz, le brûlé, l'eau de Javel, la nourriture avariée peut nuire gravement à la santé. Cette anomalie est au cœur de l'exposition « Anosmie : Vivre sans odorat » présentée à l'Espace Pierre-Gilles de Gennes (ESPGG), l'espace grand public de l'ESPCI Paris Tech (réseau PSL).

Elle a été conçue par la photographe Éléonore de Bonneval afin de sensibiliser le public à ce trouble, qui touche 5 % de la population, et de revaloriser l'odorat, un sens négligé dans notre quotidien, notamment en faisant fonctionner notre mémoire olfactive.

Avant la visite, faisons connaissance avec l'anosmie. Lorsqu'elle est permanente, elle résulte le plus souvent de l'altération innée du nerf olfactif (due à une anomalie génétique par exemple) ou bien d'un traumatisme crânien. Elle reste généralement temporaire quand elle est associée à une sinusite, des polypes, un excès de tabac, une intoxication au cadmium.

L'anosmie s'inscrit dans un spectre d'anomalies de l'odorat. Ainsi, la parosmie

se traduit par une mauvaise interprétation des odeurs. L'hyperosmie est une exagération de ce sens. Autre cas, la phantosmie consiste en des hallucinations olfactives : on sent des effluves qui n'existent pas !

Imaginez Marcel Proust souffrant de l'un de ces troubles. L'épisode de la madeleine en aurait été bouleversé. De fait, l'odorat est le sens le plus réminiscent, c'est-à-dire associé à la mémoire. Ainsi, dans la première partie de l'exposition, le visiteur est invité à solliciter sa mémoire autobiographique et émotionnelle grâce au système de diffusion d'odeurs à sec *Scentys* qui permet d'éviter toute repré-

**Imaginez une existence
où l'enfance n'a pas d'odeur,
où les fleurs ne sont que couleur,
où les aliments n'ont pas de goût...**

sentation visuelle. On associe alors les odeurs concoctées par Évelyne Boulanger, parfumeuse pour la société allemande Symrise à nos souvenirs intimes.

Les effluves de rose, de pop-corn, d'herbe coupée, de Malabar ressuscitent immédiatement des épisodes du passé, de la même façon qu'une madeleine trempée dans un thé renvoie le narrateur de *Du côté de chez Swann* à ses lointains séjours chez sa tante Léonie.

Dans un second temps, des photographies d'Éléonore de Bonneval offrent à voir des objets ou des situations qui évoquent

des odeurs : pain grillé, cage d'escalier, copeaux de crayons taillés, dictionnaire, métro parisien... En regard de ces clichés, des témoignages écrits racontent les émotions, positives ou non, liées à ces odeurs.

Enfin, un dernier espace est consacré à l'anosmie elle-même via des portraits en noir et blanc d'individus qui en souffrent. Ces photographies sont accrochées dans une sorte de serre où l'on est coupé du monde, au moins celui des odeurs. Les récits de Mark ou de Duncan par exemple nous font imaginer une existence où l'enfance n'a pas d'odeur, où les fleurs ne sont que couleur, où les aliments n'ont pas de goût, tant ce sens est associé à l'odorat... Un tel handicap conduit parfois à la dépression.

On se rend alors compte de l'importance des odeurs dans notre vie sociale. Une illustration parmi d'autres : en 2013, une étude avait révélé que les anosmiques, et particulièrement les hommes, ont beaucoup moins de partenaires sexuels que les autres.

Vous vous demandez encore s'il y a des anosmiques célèbres ? Ils sont rares. Néanmoins, le poète britannique du XVII^e siècle William Wordsworth et l'acteur Bill Pullman en seraient deux cas. ■

Anosmie : Vivre sans odorat,
jusqu'au 31 juillet 2015,
à l'Espace Pierre-Gilles de Gennes, à Paris :
<http://bit.ly/PLS-Anosmie>

I. Croy et al., **Men without a sense of smell [...]**, *Biological Psychology*, vol. 92(2), pp. 292-294, 2013.