

■ **EN DEUX MOTS** ■ La théorie mathématique des jeux sert de base aux économistes pour décrire et prévoir les comportements des individus ou des entreprises. Mais cette théorie

présuppose que ces agents économiques ne font que des choix rationnels, et que leur objectif premier est de maximiser les gains. Or, les expériences de laboratoire menées depuis une

vingtaine d'années montrent qu'il n'en est rien. Le recours à la neurobiologie souligne en particulier l'importance des émotions dans toute décision prise par l'*homo economicus*.

Quand la raison l'emporte sur la logique

Qu'est-ce qui gouverne nos choix, en particulier économiques? Pas la pure rationalité, tant les émotions ont un rôle important dans le mécanisme complexe de la prise de décision.

Christian Schmidt
est professeur
à l'université
Paris-Dauphine.

*La **théorie des jeux** formalise mathématiquement les stratégies des différents acteurs pourvus d'objectifs propres en situation d'interdépendance.

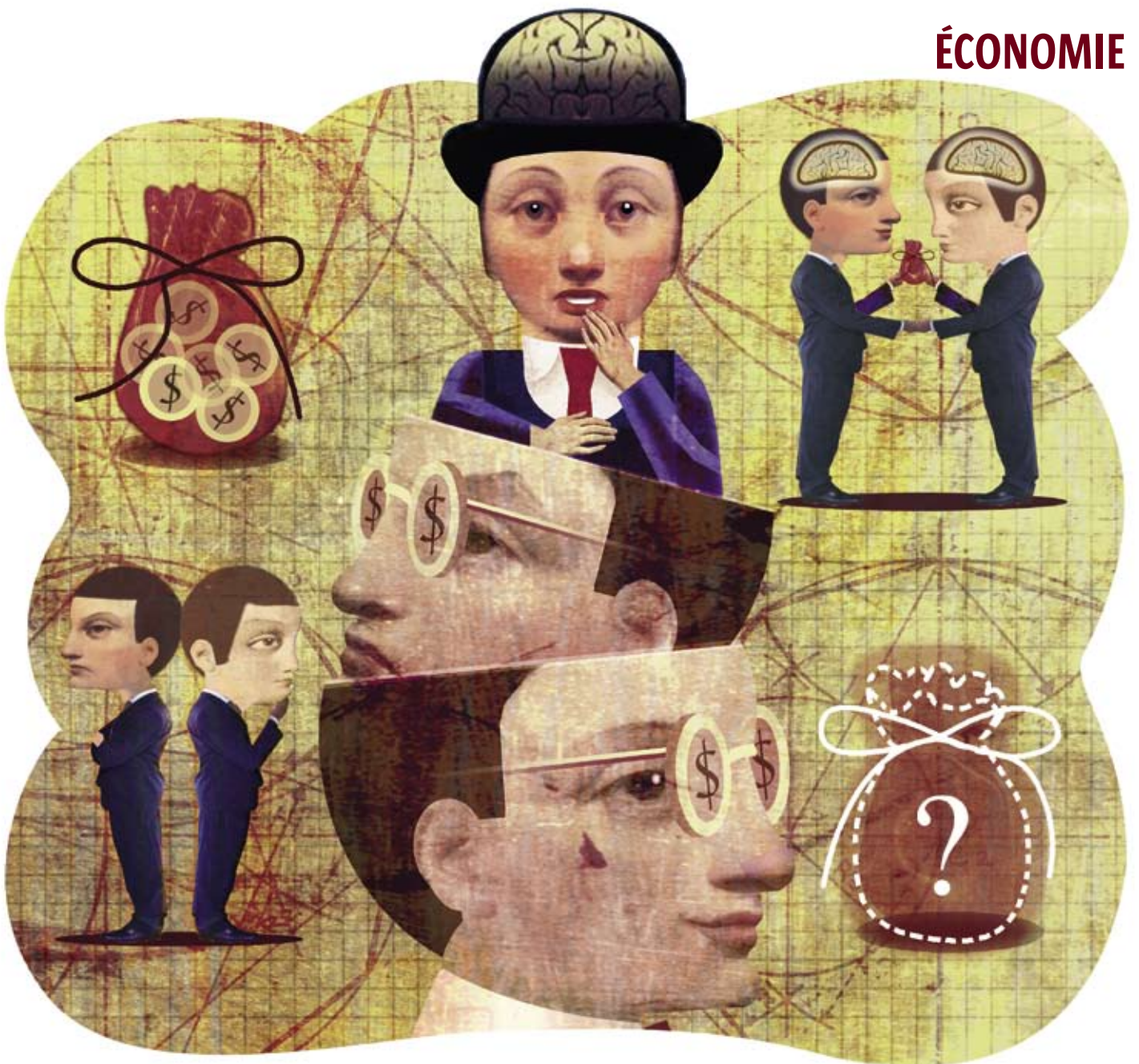
Que se passe-t-il dans la tête d'une personne qui effectue une transaction commerciale? Ou dans celle d'un homme d'affaires lorsqu'il tente de négocier un accord financier? La théorie mathématique des jeux*, élaborée dès 1944 par le mathématicien John von Neumann et l'économiste Oskar Morgenstern pour décrire les interactions entre individus, suppose la rationalité de tous les acteurs [1]. On fait l'hypothèse qu'ils se comportent comme s'ils connaissaient les formules mathématiques leur permettant d'évaluer les solutions les plus profitables pour eux-mêmes. Mais les expériences de neurosciences menées depuis une vingtaine d'années montrent qu'il n'en est rien. Toute prise de décision est étroitement dépendante des relations qui se tissent entre individus. Et les choix raisonnés l'emportent quasiment toujours sur les choix rationnels, qui suivent une logique élémentaire.

La meilleure illustration de ce décalage nous est fournie par le jeu de l'ultimatum [2]. La règle est simple. Une somme fixe d'argent est mise à la disposition de

deux joueurs. Le premier fait une offre de partage au second, qui l'accepte ou non. S'il l'accepte, chaque joueur récupère sa part. Mais s'il la refuse, les deux joueurs repartent les poches vides.

Partage équitable

Si l'on s'en tient à la théorie mathématique des jeux, le premier joueur doit proposer une règle maximisant ses gains (90 % ou plus de la somme). Quant au second, il a tout intérêt à l'accepter: gagner un petit quelque chose est toujours mieux que ne rien gagner du tout. Et pourtant, dans une très large majorité des expériences menées, le deuxième joueur rejette toutes les offres qui s'éloignent d'un partage équitable. Le premier joueur, redoutant peut-être cette réaction, fait d'ailleurs souvent une proposition proche de cette règle égalitaire. Autre constat: les rejets sont plus fréquents si l'offre émane d'une personne que d'un ordinateur. Ces comportements sont observés avec une belle constance dans des milieux sociaux et culturels les plus variés. Seules des populations très pauvres de certains territoires du Pérou ont mani-



festé dans ce jeu un comportement rationnel au sens de Nash et de la théorie des jeux [3].

Ce décalage entre observations et résultats théoriques s'est manifesté lors des multiples expériences réalisées depuis une vingtaine d'années. Les psychologues y ont vu le signe de l'empathie, c'est-à-dire la capacité que nous avons à nous mettre à la place de l'autre pour comprendre ses sentiments et ses émotions, ou un désir de réciprocité.

Il faudra attendre la fin des années 1990 et l'avènement de l'imagerie cérébrale par résonance magnétique (IRM) pour avoir quelques éléments d'explication plus précis.

Qu'observe-t-on ? Tout d'abord, les aires cérébrales – en particulier celles impliquées dans les émotions, comme l'insula antérieure – du second joueur sont

Deux aires cérébrales sont activées, l'une liée à la raison, l'autre aux émotions

plus fortement activées lorsque les propositions lui sont faites par un autre individu plutôt que par une machine. Par ailleurs, les aires activées diffèrent selon que le joueur accepte une offre jugée satisfaisante ou qu'il en rejette une lui paraissant inacceptable. Le cortex préfrontal, engagé dans la cognition et par conséquent dans la raison, et l'insula antérieure, liée aux émotions, sont toujours activés. Mais le premier domine toujours la seconde lorsque l'offre est

acceptée. Et inversement si elle est refusée. Enfin, tout rejet s'accompagne d'une sollicitation importante du cortex cingulaire antérieur, impliqué dans le règlement des conflits.

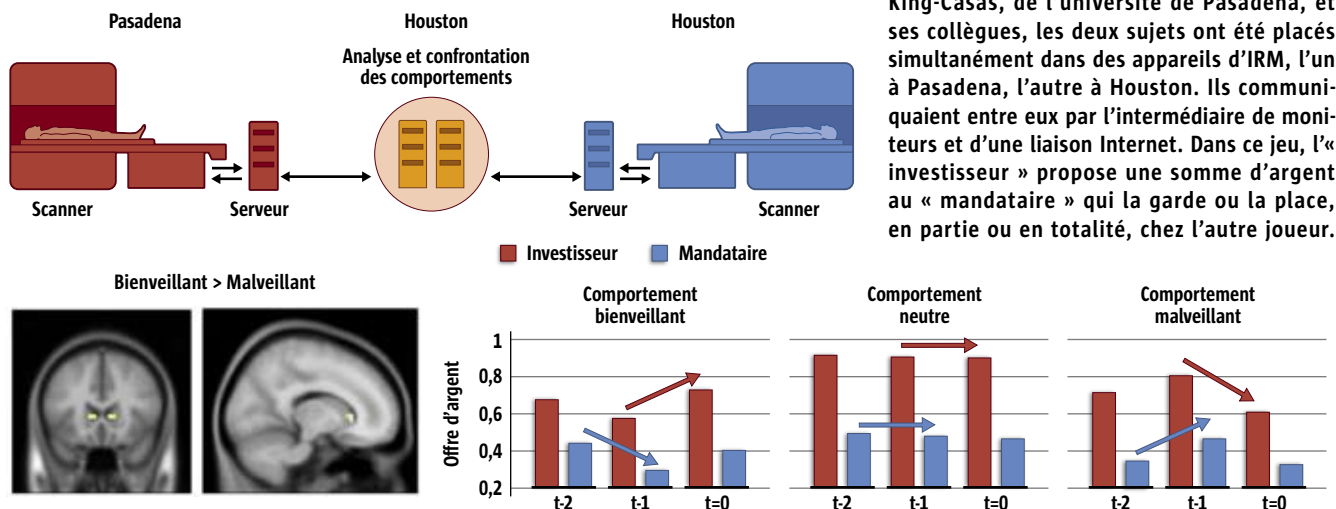
Que peut-on tirer de ces observations ? D'abord, la sensibilité affective du joueur intervient plus

[1] J. Von Neumann et O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1947.

[2] A.G. Sanfey, *Science*, 300, 1755, 2003.

[3] C.F. Camerer, *Behavioral Game Theory*, Princeton University Press, 2003.

Fig.1 Le jeu de la confiance



À SON TOUR, l'investisseur peut conserver la somme acquise ou la replacer. Et ainsi de suite. Il ressort que le mandataire ajuste son comportement sur celui de l'investisseur lors de la séquence immédiatement précédente (t-1). Une meilleure offre est ainsi accueillie avec « bienveillance » par le mandataire. Une mauvaise offre, avec « malveillance ». Dans le cerveau, le noyau caudé (zone illuminée) est plus fortement activé dans le premier cas que dans le second. © DPT OF NEUROSCIENCE/BAYLOR COLLEGE OF MEDICINE/ SCIENCE, 308,78,2005 - BRUNO BOURGEOIS

🍏 s'il a affaire à un autre individu plutôt qu'à une machine. Ensuite, le rejet semble résulter d'un arbitrage délicat entre raison et émotion. En cas d'acceptation, une harmonie paraît au contraire s'instaurer entre les deux composantes. En cas de refus, c'est l'émotion qui semble l'emporter.

Garder ou placer

Il est possible d'aller plus loin encore dans l'interprétation des comportements observés en croisant ces informations avec celles recueillies à l'occasion d'un autre jeu, dit « de la confiance » [4]. Cette fois, une somme d'argent donnée est offerte à un joueur, qui peut, soit la garder, soit la placer entièrement ou en partie chez l'autre joueur. En d'autres termes, un « investisseur » propose un montant à un « mandataire » qui le fait fructifier. C'est donc ce dernier qui détermine la règle de partage initial. À son tour, l'investisseur peut garder la somme ainsi acquise ou la replacer chez le mandataire, et ainsi de suite. Ce jeu, qui fait intervenir plusieurs séquences, est donc beaucoup plus riche en interactions que le précédent. Surtout, il fait émerger le risque, en même temps que la confiance à l'égard de l'autre joueur. Des variantes existent, selon le nombre de séquences envisagées et selon que ce nombre est connu ou non des protagonistes.

Dans toutes les études expérimentales réalisées jusqu'à

présent, l'investisseur confie au mandataire un peu plus de la moitié de la somme initialement mise à sa disposition. Ce qui va à l'encontre de la rationalité individuelle et de l'aversion au risque prédites par la théorie des jeux: le mandataire rationnel et individualiste ne devrait en effet jamais honorer la confiance de l'investisseur. Conscient de cela, l'investisseur ne lui ferait d'ailleurs pas confiance d'emblée. Il n'investirait donc rien. Et le jeu s'arrêterait alors dès le premier tour. Comme dans le jeu de l'ultimatum, les résultats expérimentaux transcendent les nations et les cultures.

Les explications le plus souvent avancées pour rendre compte de cet écart entre les comportements observés

et prédits par la théorie font intervenir l'altruisme et l'empathie, d'une part, la réciprocité et l'équité, d'autre part. Encore faut-il savoir si cette réciprocité s'applique seule-

ment à la distribution finale de la somme en jeu. Ou si elle concerne plutôt les croyances sur les intentions prêtes par chacun aux autres joueurs.

Même si elle ne permet pas de trancher, l'imagerie cérébrale fournit là aussi des éléments de compréhension décisifs. Prenons les expériences réalisées en 2005 par l'Américain Brooks King Casas, de l'université de Pasadena, et ses collègues dans le cadre d'un jeu de la confiance exécuté en dix séquences, sur la base d'une somme de départ de 10 dollars pouvant être triplée à chaque remise en jeu [fig. 1] [5]. Les joueurs

[4] D. Tomlin *et al.*, *Science*, 312, 1047, 2006.

[5] B. King-Casas *et al.*, *Science*, 308, 78, 2005.

ont été placés dans des appareils IRM. Et leur activité cérébrale a donc été suivie durant toute la partie. C'est ainsi que les chercheurs ont mis en évidence les fondements neuronaux d'un système de réciprocité s'instaurant au cours de la partie [fig. 2].

Ils ont en effet constaté que l'activation du cortex cingulaire moyen de l'investisseur est suivie, 14 secondes plus tard, par celle du cortex cingulaire antérieur du mandataire. Cette séquence s'interprète comme un mécanisme de prédiction mutuelle de la confiance. Le mandataire prend connaissance de la somme que lui offre l'investisseur et ajuste son comportement en conséquence. Tout changement (par exemple, une offre meilleure ou, au contraire, moins satisfaisante) entraîne un comportement empreint d'une réciprocité « bienveillante » ou, au contraire, « malveillante ».

Apprentissage de la confiance

Mais l'enseignement le plus intéressant de cette expérience réside sans doute dans l'inversion de la causalité qui relie les comportements de l'investisseur et du mandataire. Au début du jeu, le mandataire ajuste son comportement sur celui de l'investisseur lors de la séquence immédiatement précédente. Mais plus tard les choses changent. Le mandataire n'attend plus la réponse de l'investisseur pour réagir. Il l'anticipe. L'origine neurobiologique de cette transformation n'est pas encore très claire. Mais le fait qu'elle soit régulièrement observée suggère la mise en place d'un mécanisme d'apprentissage de la confiance.

L'ensemble des informations recueillies au cours des jeux de l'ultimatum et de la confiance permet de formuler plusieurs hypothèses sur le fonctionnement du cerveau d'une personne ayant un choix à faire face à un autre individu. D'abord, un échange particulier s'établit très vite entre les individus, repérable au niveau neuronal. Ensuite, il n'existe pas de complète symétrie entre un choix coopératif, fondé sur la confiance en l'autre, et un retrait individualiste, inspiré par la défiance. Le premier se traduit en effet par une activité neuronale beaucoup plus importante que le second. Plus généralement, même les interactions simplifiées à l'extrême (dans le jeu de l'ultimatum notamment) font intervenir simultanément diverses régions cérébrales. Les unes sont associées aux opérations cognitives (principalement le cortex préfrontal). Les autres sont dévolues à l'émotion (l'insula et le cortex cingulaire antérieur). À ce traitement de base s'ajoutent, dès que le jeu se poursuit sur plusieurs séquences, le traitement et l'interprétation des informations saisies par les joueurs au fil du temps, en réaction directe ou anticipée aux comportements des autres.


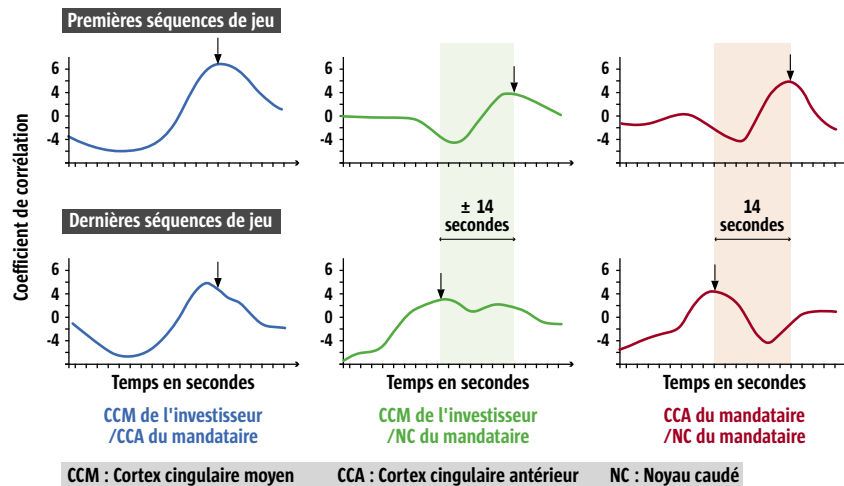
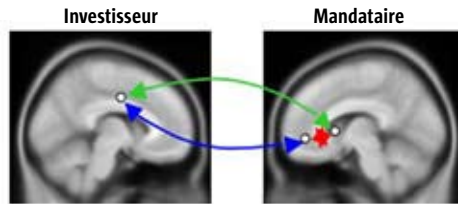
Ces résultats sont à rapprocher de ceux acquis par d'autres équipes travaillant sur l'empathie. Par exemple Tania Singer et Ernst Fehr, de l'université de 



Fig.2 Un mécanisme de réciprocité

DURANT LE JEU DE LA CONFIANCE, l'activation du cortex cingulaire moyen (CCM) de l'investisseur et celle du cortex cingulaire antérieur (CCA) du mandataire sont étroitement corrélées (en bleu). Le mandataire calque son comportement sur celui de l'investisseur. Mais après quelques séquences de jeu la région du noyau caudé (NC) du mandataire s'active 14 secondes plus tôt que dans les premiers tours (en vert et en rouge). Celui-ci n'attend plus la réponse de l'investisseur pour réagir. Il l'anticipe.



* Le calcul utilitariste, en partant des plaisirs et des peines de chacun, prend en compte les conséquences d'un acte et son impact sur le bien-être des individus.

Zurich ont montré que les mêmes zones du cortex cingulaire s'activent lorsqu'une personne est piquée ou qu'elle regarde une autre personne subir le même stimulus douloureux [6]. Pourquoi la perception d'un sentiment chez autrui déclenche-t-elle cette réaction chez nous (lire « La conscience des autres », ci-dessous) ? L'importance respective des différentes opérations mentales impliquées est encore largement discu-

tée. Mais les scientifiques s'accordent sur un point: se mettre à la place des autres n'a rien d'héroïque. C'est seulement le résultat d'un processus largement automatique chez un individu normal.

L'affectif pris en compte

Il n'est plus surprenant, dans ces conditions, que les joueurs de nos deux jeux intègrent, dans l'évaluation de leur stratégie, ses implications pour l'autre joueur et que cette évaluation ne soit pas exempte d'émotion. En ce sens, l'intrusion dans la neurobiologie offre une clé puissante pour comprendre les comportements déviants des joueurs par rapport à la théorie des jeux. Plus généralement, la perspective ainsi ouverte par les sciences du cerveau inverse, d'une certaine manière, l'approche adoptée par la microéconomie pour analyser les stratégies des joueurs et, plus généralement, les choix des agents économiques (consommateurs, commerciaux, etc.). Les modèles économiques privilégient, en effet, le calcul individualiste, quitte à introduire, ensuite, des inflexions psychologiques qui sont appréhendées comme des biais par rapport à ces modèles de référence. Pour la neurobiologie, les actions programmées

par les individus résultent d'un arbitrage entre l'attente d'une récompense et la crainte d'une punition qui se manifeste presque toujours dans un contexte social d'empathie à l'endroit des autres. Ce qui complique cette perspective, c'est moins la dimension émotive des choix que l'introduction d'un raisonnement réflexif dans un dispositif affectif dominé par des processus d'ajustement plus ou moins automatiques.

THÉORIES La conscience des autres

■ **PLUSIEURS HYPOTHÈSES** ont été avancées pour expliquer comment un individu peut accéder à la pensée des autres. On doit la première à Giacomo Rizzolatti et à Vittorio Gallese, de l'université de Parme, en Italie. Ils ont montré à la fin des années 1990 qu'il existe un système de neurones fonctionnant comme des miroirs à la vue des actions exécutées par d'autres humains [1]. En effet, les mêmes réseaux neuronaux du cortex prémoteur (la région impliquée dans la programmation des mouvements volontaires) s'activent lorsque l'on entreprend une action et lorsqu'on voit quelqu'un d'autre faire la même action.

Tout semble donc se passer comme si la perception des actions d'autrui reflétait les nôtres, et *vice versa*. Mais cette théorie des neurones miroirs ne concerne que des actions motrices (« je regarde quelqu'un marcher » renvoie à « je marche »). Et pour l'instant, en dépit des efforts des chercheurs italiens, rien ne prouve qu'elle puisse être étendue à des actions plus complexes (« quelqu'un pense » donc « je pense »). La question reste ouverte.

Autre hypothèse, proposée en 2003 par Utah et Christopher Frith, de l'institut de sciences cognitives de l'université de Londres [2]: la « mentali-

sation », c'est-à-dire la faculté que nous avons, dès 18 ou 24 mois, de distinguer la perception des états du monde extérieur de nos états mentaux intérieurs. Cette distinction coïncide avec une socialisation qui, d'un autre côté, nous permet d'appréhender la perception d'autrui en relation avec nos propres états neuronaux. En bref, nous pensons aux autres comme à nous-mêmes, et non comme à quelque chose de tout à fait extérieur.

[1] G. Rizzolatti et al., *C.G.N. Brain Res.*, 3, 131, 1996.

[2] U. Frith and C. Frith, *Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 358, 459, 2003.

Cette manière d'appréhender les choix réfléchis peut surprendre les économistes. Ce qu'ils considèrent comme des « biais » traduisent en réalité la manière dont travaille le cerveau lorsqu'il se projette dans l'avenir pour choisir une action. Quant aux autres agents économiques, ils ne relèvent pas, comme le suppose la théorie des jeux, de l'univers anonyme des états du monde extérieur. Mais ils font partie des états mentaux de chaque personne, et sont, à ce titre, soumis à leurs propres émotions. Comme ces dernières sont inséparables de la forme particulière de connaissance que nous avons des autres, il n'est pas étonnant que le raisonnement stratégique développé par chaque joueur en soit imprégné.

Plaisirs et peines

À la fin du XVIII^e siècle, le juriste britannique Jeremy Bentham, qui posa les bases du calcul utilitariste*, ne faisait pas partir ce calcul d'abstractions, mais des « plaisirs » et des « peines » éprouvées par les individus. Lesquels sont assimilables aux récompenses et aux sanctions des neurobiologistes d'aujourd'hui. Avant lui, le philosophe et économiste écossais Adam Smith expliquait déjà dans sa *Théorie des sentiments moraux* que les actions des hommes sont largement déterminées par l'idée qu'ils se font de ce qu'en pensent les autres. Et ce, précisément grâce à un mécanisme d'empathie. Vue sous cet angle, la neurobiologie fournit un fondement scientifique à des hypothèses anciennes qui avaient été progressivement abandonnées.

La neuroéconomie qui émerge de la confrontation des travaux des deux disciplines exige cependant, pour se révéler fructueuse, une collaboration intelligente de part et d'autre. Il ne suffit pas, comme semblent le penser, par exemple, Paul Glimcher, de l'université de New York, et Aldo Rustichini, de l'université du Minnesota, d'intégrer les données neuronales aux modèles mathématiques des économistes [7]. Il s'agit plutôt de rechercher en commun des moyens différents d'articuler des approches et des schémas de pensée issus des deux disciplines. C'est à ce prix que l'*Homo economicus* s'enrichira des découvertes de l'homme neuronal. ■ C. S.

[6] T. Singer et E. Fehr, *Amer. Econom. Rev., Papers & Proceedings*, mai 2005, p. 340.

[7] P. Glimcher et A. Rustichini, *Science*, 306, 447, 2004.

POUR EN SAVOIR PLUS

■ « Neuroeconomics », numéro spécial de la *Revue d'économie politique*, à paraître.

■ Christian Schmidt, *La Théorie des jeux et ses interprétations*, PUF, 2001.

■ Jean-Pierre Changeux et Christian Schmidt, *Risques*, 71, 9, 2007.