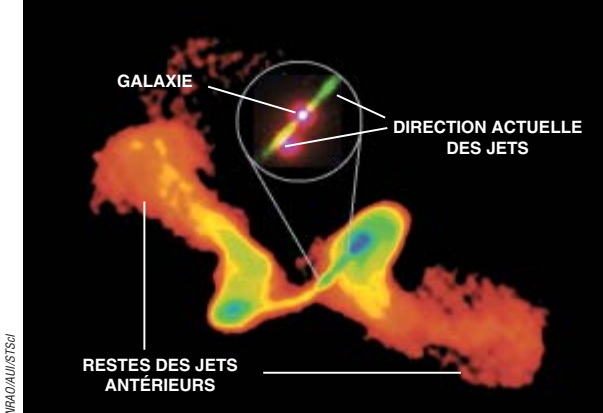
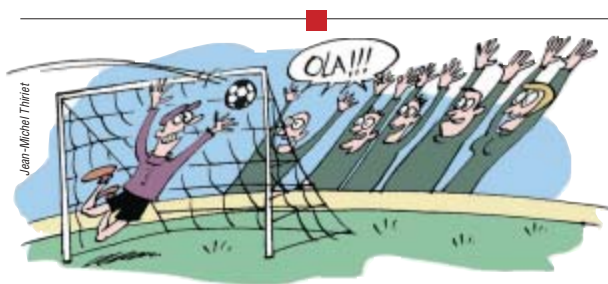


zigzags que l'on imprime à un jet d'eau en modifiant rapidement l'orientation d'un tuyau d'arrosage. D. Merritt et R. Eckers ont observé une telle déformation sur une image radio de la galaxie NGC 326 qui révèle les électrons rapides du plasma éjecté par son noyau. Or, il se trouve effectivement que NGC 326 est une galaxie double résultant de la fusion de deux galaxies spirales. En recensant les jets galactiques de même forme sur des images radio archivées, ils ont estimé le nombre de ces événements : il se produirait environ une fusion de trou noir supermassif par an dans l'Univers observable. Si c'est le cas, il est possible que les détecteurs LIGO et VIRGO, actuellement en cours de développement, perçoivent sans ambiguïté des signaux gravitationnels très peu de temps après leur mise en service. Comme les collisions frontales sont très improbables dans le cosmos, les fusions de trous noirs doivent correspondre, le plus souvent, à la coalescence de deux trous noirs en orbite l'un autour de l'autre. Les astronomes doivent maintenant découvrir de tels couples pour confirmer l'hypothèse de D. Merritt et R. Eckers et surtout leur estimation de la fréquence de ces événements.



Lorsqu'un trou noir en absorbe un autre, le trou noir résultant a un moment cinétique qui est la somme des moments cinétiques des deux précurseurs. Un tel événement se traduit par un changement de l'axe de rotation du trou noir. Lorsque les trous noirs émettent des jets de plasma le long de leurs pôles, une fusion doit se traduire par une déformation de ces jets. C'est ce que l'on observe sur une image radio de la galaxie NGC 326 : les anciens jets pointaient vers «10 heures» et «4 heures». Ils pointent aujourd'hui vers «8 heures» et «2 heures».



## Viva la ola!

*La ola suit un modèle qui s'applique au fonctionnement des cellules cardiaques et à la propagation des feux de forêts.*

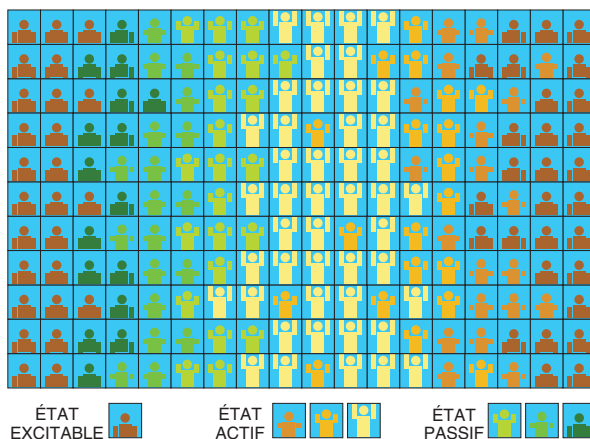
**E**n 1986, lors de la coupe du monde de football au Mexique, un phénomène devient célèbre sous le nom de vague mexicaine ou ola. Depuis, ces vagues de spectateurs qui se lèvent et dressent leurs bras en l'air, puis se rassolent se sont répandues, dans tous les stades du monde. L'équipe de Tamas Vicsek, de l'Université de Budapest, a étudié ce comportement de foule et mis en évidence ses propriétés et les conditions où il apparaît.

À partir des enregistrements de 14 vagues mexicaines ayant eu lieu dans des stades de plus de 50 000 spectateurs, ils ont montré que l'onde humaine se déplace le plus souvent dans le sens des aiguilles d'une montre, à une vitesse d'environ 12 mètres par seconde, soit une vingtaine de sièges par seconde. La longueur d'onde est de 6 à 12 mètres, soit environ 15 sièges. Enfin, seule une trentaine de spectateurs suffit à initier une ola. Le phénomène étant relativement simple, les physiciens hongrois ont réussi à élaborer un modèle qui reproduit les principales caractéristiques de la vague mexicaine. Ce modèle dérive de celui utilisé pour simuler les mouvements du muscle cardiaque, par exemple, ou la propagation des feux de forêts.

Par analogie avec ces modèles, chaque spectateur correspond à une cellule cardiaque ou à un arbre, c'est-à-dire une entité excitable qui passe d'un état actif (il se redresse et lève les bras en l'air) à un état passif réfractaire (il se rassol et attend que la vague termine le tour des tribunes), puis retrouve un état excitable (il est prêt à se relever). L'état d'un spectateur dépend de celui de ses voisins : quand le nombre de voi-

sins activés dépasse un certain seuil, il devient «actif» à son tour, et se lève. Ce modèle simple distingue trois états (état actif, état réfractaire et état excitable), et reproduit les variations de comportement d'un individu d'après les probabilités de transition d'un de ces états à un autre.

Selon le modèle de T. Vicsek, une ola naît plus souvent lorsque les spectateurs sont dans une «humeur» appropriée, c'est-à-dire ni surexcités ni fatigués, et elle se déclenche généralement pendant les moments creux des matchs. Les physiciens ont perfectionné leur modèle en subdivisant les états actif et réfractaire en trois sous-états. Ce modèle simule la naissance de la vague et reproduit, à partir de paramètres, tels le temps de réaction d'un spectateur à son environnement et la concentration de voisins activés dans un périmètre donné, les vagues observées sur les enregistrements vidéo. Ce modèle devrait aider les organisateurs de rencontres sportives à mieux maîtriser le public des stades et, peut-être à améliorer la gestion des foules.



La vague mexicaine (ici, elle se déplace de gauche à droite) est simulée par un modèle où chaque spectateur est une «entité excitable» qui passe par trois états successifs : excitable, actif et passif. Dans un modèle perfectionné, les deux derniers états sont divisés en trois sous-états. Chaque spectateur excitable devient actif quand le nombre de ses voisins actifs dépasse un seuil donné : ce seuil franchi, il se redresse à son tour et lève les bras. Puis il repasse dans un état passif où il se rassol, et attend le retour de la vague. Ce modèle reproduit les olas (le maximum de la vague est en jaune) qui parcourent les tribunes des stades.

## L'awélé vaincu

Ne vous risquez plus à jouer au jeu d'awélé contre un ordinateur, vous n'obtiendriez au mieux qu'un nul. Le jeu africain, qui consiste en répartir des graines dans des trous afin de prendre possession des graines de son adversaire, a été résolu par une équipe d'informaticiens de l'Université d'Amsterdam, qui a mis au point un programme chargé d'évaluer les 889 milliards de positions du jeu. Le calcul a demandé la mise en parallèle de 144 processeurs. Deux ordinateurs se sont ensuite affrontés, piochant dans la base de données, à chaque tour de jeu, la position la meilleure. Résultat : un nul. L'awélé rejoint ainsi les quelques jeux, tel le puissance 4, où l'homme n'a plus aucune chance face à la machine.

## La psychologie du cochon

Certains cochons sont nommés exploités, car ils observent le cochon se livrant à une recherche de nourriture avec son groin, et se jettent sur lui dès qu'il a trouvé quelque chose d'intéressant, pour lui soutirer son butin. Une équipe de comportementalistes de Bristol a analysé la psychologie du cochon exploité. Dans une première phase de l'expérience, on laisse le cochon exploité prendre connaissance de l'emplacement des sources de nourriture. Puis on le met en présence de son oppresseur. On s'aperçoit que le cochon exploité tient compte des dimensions de l'arène : s'il pense pouvoir se rendre sur l'emplacement de la nourriture et y passer suffisamment de temps avant que l'autre n'arrive, il tente l'opération. Sinon, il s'abstient. Les plus habiles dans cet exercice sont ceux qui ont eu à subir le plus de brimades de la part de leurs semblables.

## Suivez le tube

Le chimiste londonien Andreas Manz et son équipe ont mis au point des cartes qui affichent instantanément le trajet le plus court entre deux points. La carte d'une région ou d'une ville est gravée dans une plaque de verre, où toutes les rues apparaissent en creux. Une seconde plaque de verre est scellée par dessus. Puis on injecte de l'hélium entre les deux plaques ; le gaz remplit toutes les routes, les rues ou les ruelles gravées. Enfin des électrodes sont placées sur les points de départ et d'arrivée. L'électricité emprunte le chemin le plus court : quand une tension est appliquée entre deux points de la carte, le trajet le plus court devient un minitube luminescent, tel un tube au néon.

## Hiéroglyphes mayas

*Des inscriptions sur les marches d'un palais racontent une guerre sanglante entre deux grandes puissances mayas.*

**A** Dos Pilas, au Guatemala, une cité maya dormait depuis 1 300 ans sous la forêt tropicale du Péten. L'un des bâtiments, en forme de pyramide, comportait un escalier sculpté de hiéroglyphes. Les inscriptions racontent l'histoire de conflits répétés entre Dos Pilas et Tikal, la plus grande cité antique maya du Guatemala, située à environ 110 kilomètres au Nord-Est de Dos Pilas, mais ces informations restaient fragmentaires. Il y a deux ans, lors d'une tempête à Dos Pilas, un arbre tomba, exposant plusieurs marches supplémentaires de l'escalier gravé et, en 2001, une expédition dirigée par l'épigraphiste Federico Fahsen, de l'Université Vanderbilt, se rendit sur place pour dégager les nouvelles marches et relever les inscriptions. Le déchiffrement récent, mais encore hypothétique, des hiéroglyphes réalisés par F. Fahsen raconte 60 ans d'une guerre sans merci entre deux grandes puissances mayas, celle de Tikal et celle de Calakmul, à quelque 100 kilomètres au Nord de Tikal, au Mexique.

Les inscriptions de l'escalier clarifient les relations de Dos Pilas avec Tikal et Calakmul. De nombreux spécialistes pensaient que les alliances conclues entre différents royaumes mayas n'étaient que des associations précaires, entre entités essentiellement autonomes. Aussi, la conquête de Dos Pilas par Calakmul est-elle une surprise. De même, le conflit entre Dos Pilas et Tikal, gouvernée par deux frères, a été réinterprété : alors qu'on pensait qu'il s'agissait d'une simple querelle de famille, le conflit s'inscrit désormais dans la guerre à grande échelle qui opposa Tikal et Calakmul.

L'histoire commence avec la naissance de Balaj Chan K'awiil, frère du roi de



Tikal, le 15 octobre 625 et l'établissement de Dos Pilas comme avant-poste militaire de Tikal, en 629. À l'adolescence, Balaj Chan K'awiil, qui avait été installé par son frère sur le trône de Dos Pilas, devint un farouche guerrier et ne cessa de combattre pour le compte de Tikal. Fidèle à sa famille, il participait aux cérémonies religieuses aux côtés de son frère. Puis Calakmul attaqua et vainquit Dos Pilas. Balaj Chan K'awiil, alors âgé d'une vingtaine d'années, fut capturé, mais il fut autorisé à conserver son titre de roi et ses terres, en échange de son allégeance à Calakmul. Désormais loyal à ses anciens ennemis, il entreprit une guerre contre Tikal qui dura dix ans et dont il sortit victorieux. Il mit la ville de Tikal à sac et ordonna le sacrifice de son roi, c'est-à-dire de son propre frère, et de plusieurs nobles. Selon les hiéroglyphes déchiffrés, le sang coula et les crânes de 13 personnes de Tikal furent empilés. Par la suite, Dos Pilas entreprit une campagne de conquête, avec l'appui de Calakmul. Bien plus tard, en 682, les inscriptions décrivent la «danse de la victoire» que Balaj Chan K'awiil accomplit avec le roi de Calakmul, son allié, pour célébrer l'approche de ses 60 ans.

Ainsi, plutôt qu'une puissance indépendante, Dos Pilas apparaît aujourd'hui comme un pion dans une guerre entre les superpuissances de Tikal et de Calakmul. Trois autres rois succédèrent à Balaj Chan K'awiil, avant que la cité ne soit abandonnée, vers 760.



Sur le site de Dos Pilas, au Guatemala, les archéologues ont mis au jour les marches d'un édifice pyramidal, où étaient gravés des hiéroglyphes, racontant près de 60 ans d'histoire maya : le monde maya était alors dominé par deux puissantes cités-états, Tikal et Calakmul.

## Visage de soi, visage de l'autre

*On utiliserait les hémisphères cérébraux de façon asymétrique pour analyser son propre visage et celui des autres.*

**Q**ui voyez-vous dans un miroir ? Votre cerveau se fait-il de cette personne que vous rencontrez tous les matins dans le miroir de votre salle de bains la même image que celle que vos collègues de bureau ou que vos amis se font de vous ? Quelle part de subjectivité se mêle à l'analyse de ses propres traits ? Au Centre de neurosciences cognitives de Hanover, aux États-Unis, David Turk et ses collègues ont montré qu'une moitié du cerveau serait spécialisée dans la reconnaissance de ses propres traits, tandis que l'autre se chargerait de reconnaître les visages d'autrui.

Depuis quelques années, on commence à savoir comment le cerveau reconnaît les visages des proches, des collègues, des célébrités : il mémorise des ensembles de traits, les associe à un nom, à des circonstances (par exemple, le lieu et le moment où l'on a fait la connaissance d'une personne), à une profession, ou encore à une émotion. Toutefois, on ignore de quelle façon il analyse les traits du «soi». Cette question est complexe, car il s'y mêle de nombreuses données qui se réfèrent à la conscience de soi. Ces données sont la mémoire autobiographique, la somme des projets personnels, le timbre de sa propre voix, des émotions qui mettent en œuvre d'autres structures cérébrales. D. Turk et ses collègues ont examiné un patient qui a subi une intervention chirurgicale, consistant à supprimer la connexion principale entre ses deux hémisphères cérébraux (pour traiter certaines crises d'épilepsie).

Depuis l'opération, les deux hémisphères cérébraux de cette personne communiquent très peu. Comme la moitié droite du champ visuel est traitée par le cortex visuel gauche et inversement, les objets présentés sur la droite du patient aux hémisphères déconnectés sont analysés par son «cerveau gauche», et les objets présentés sur sa gauche sont analysés par son «cerveau droit». Les neurobiologistes ont présenté des motifs particuliers à chacun des hémisphères. Ces motifs étaient des visages chimériques mêlant des caractéristiques faciales du sujet lui-même, et celles du médecin qu'il avait l'habitude de consulter pour ses problèmes. On a ainsi obtenu un «dégradé de visages» passant du visage du sujet à celui du médecin, avec huit visages intermédiaires. Ces visages ont été traités par chacun des hémisphères du patient.

On constate que ses deux hémisphères reconnaissent son propre visage et celui du médecin. Néanmoins, quand on montre les visages chimériques au sujet, de façon à ce qu'ils soient traités par l'hémisphère droit, il les reconnaît comme étant le visage du médecin. En revanche, les mêmes visages traités par l'hémisphère gauche sont interprétés comme l'image de son propre visage. Ainsi, l'hémisphère gauche reconnaît préférentiellement son propre visage, alors que l'hémisphère droit ne reconnaît que le visage des autres. On obtient les mêmes résultats quand on présente au patient des visages de célébrités.

Ces expériences montrent que la reconnaissance des visages n'est pas uniquement «photographique», mais qu'elle intègre des données personnelles. Le cas de ce patient suggère une dichotomie droite-gauche dans la reconnaissance de soi et des autres, mais ce n'est pas toujours l'hémisphère gauche qui traite son propre visage. Selon Nathalie George, de l'unité CNRS UPR 640 de neurosciences cognitives et d'imagerie cérébrale, les diverses études révèlent des asymétries variables lors de la reconnaissance de son propre visage. On sait que la répar-



Bruno Vacaro

tition des fonctions cérébrales peut varier d'un individu à l'autre, puisque, par exemple, un dixième des droitiers ont une aire du langage située à droite, tandis que les autres ont une aire du langage située à gauche.

Dès lors, on peut déduire de cette expérience que le cerveau alloue des substrats biologiques distincts à la perception de soi et à celle des autres. Il se pourrait que divers phénomènes cognitifs interviennent dans la reconnaissance de son propre visage, la conscience de soi par exemple. La différence pourrait aussi tenir au fait que le traitement de son propre visage et celui des autres diffèrent notablement, car on connaît de son propre visage surtout l'image en miroir (ce qui inverse la gauche et la droite du visage). Cette connaissance «inversée» contribue peut-être aux différences observées lors de la reconnaissance de photos de soi et de photos d'autres personnes.

## Avis de séisme

*Les séismes seront peut-être un jour prévus grâce aux perturbations électromagnétiques qui les précèdent.*

**L**es séismes ont beau résulter de phénomènes géologiques qui évoluent durant des dizaines d'années dans le sous-sol, l'homme continue à les subir comme s'ils étaient d'essence divine. Cet état de fait pourrait bien changer un jour grâce à l'analyse des signes précurseurs des séismes. Divers signes avant-coureurs existent, des déformations du sol au changement de résistivité des roches, en passant par le comportement anormal des animaux. Parmi ces signes, l'un d'eux est suivi avec une attention particulière depuis quelques années : les perturbations électromagnétiques. Parce qu'elles précèdent de quelques heures, voire de plusieurs jours un séisme, elles pourraient avoir valeur de prévision.

Comme c'est souvent le cas pour les phénomènes naturels éphémères, les témoignages des observations de perturbations électromagnétiques associées à des séismes ont longtemps été sujets à caution. On racontait avoir vu des étincelles, des lumières dans le ciel ou au sommet d'une montagne, l'aiguille d'une boussole tourner... Faute de reproductibilité, ces observations étaient jugées peu convaincantes. Jusqu'à ce qu'au début des années 1980, deux équipes de géophysiciens rapportent avoir enregistré le passage d'ondes radio avant deux séismes, l'un au Japon, l'autre au Chili. Dans le premier cas, les ondes devançaient le tremblement de terre de plusieurs dizaines de minutes, et dans le second de six jours !