

France Culture et Pour la Science

**vous invitent
au Palais
de la Découverte
à l'enregistrement**

des Inattendus de la science

**Samedi
12 avril 1997
à 15h**

*Les inattendus
de la biologie
du développement*
avec Alain Prochiantz,
directeur de recherche
au CNRS

**Invitations à demander
au 08 36 68 10 99 (2,23F/mn)**



Palais de la découverte

**POUR LA
SCIENCE**

utilisés ou de choisir des animaux phylogénétiquement inférieurs.

L'enseignement également a évolué : ainsi, les chirurgiens britanniques ne s'entraînent plus sur des animaux, mais sur des cadavres humains ; ensuite ils assistent des chirurgiens expérimentés pendant des opérations réelles. Aux États-Unis, les étudiants de plus de 40 facultés de médecine sur 126 n'utilisent pas d'animaux au cours de leur cursus universitaire.

L'état d'esprit des chercheurs a changé. Depuis 1985, aux Pays-Bas, tous les scientifiques qui s'apprentent à faire des expérimentations animales doivent suivre un stage de trois semaines, où ils apprennent comment manipuler les animaux, comment pratiquer des anesthésies, et quelles sont les règles élémentaires de l'expérimentation animale. Au cours de leurs études, on demande aux étudiants en médecine de concevoir une expérimentation animale pour résoudre des problèmes précis, puis de trouver d'autres méthodes qui donneraient les mêmes résultats, sans avoir recours aux animaux.

Si l'état d'esprit évolue, c'est sans doute aussi parce que les lois elles-mêmes ont changé, introduisant la clause du « bien-être » de l'animal. Aujourd'hui, on admet que les primates éprouvent des émotions, et l'on a dressé la liste des situations qui doivent être évitées : la peur, l'anxiété, l'ennui et l'isolement. Des statistiques sur la douleur et la détresse des animaux ont été établies, mais elles sont parfois contestées. En 1995, 54 pour cent des animaux recensés au cours d'enquêtes menées aux États-Unis ne semblaient éprouver ni douleur ni détresse, 37 pour cent souffraient de douleur soulagée par des antalgiques, et seulement neuf pour cent souffraient de douleur ou de détresse non soulagée. Ces données sont controversées, car aucune classification de la douleur n'a été définie. Des tests dont on admet souvent qu'ils sont douloureux, tels les tests de toxi-

cité ou la fabrication d'anticorps, y ont été classés dans la catégorie des manipulations indolores.

L'évaluation de la détresse animale est effectivement difficile. Plusieurs pays européens, ainsi que le Canada et l'Australie, ont défini des échelles de douleur où chaque expérimentation a un indice de douleur. En 1995, les Pays-Bas ont établi que 54 pour cent des animaux éprouvent une gêne mineure, 26 pour cent une gêne modérée et 20 pour cent souffrent d'une grave détresse au cours des expériences pratiquées.

Les changements ont été lents. Les activistes les plus actifs prétendent que la recherche animale est inutile, que les expérimentateurs sont cruels, corrompus, et entraînés dans une course aux publications et aux subventions. Inversement, les partisans de l'expérimentation considèrent que l'on ne peut sacrifier l'homme à la cause animale, et qu'un renforcement des droits des animaux menacerait la santé publique.

Les spécialistes des sciences de la vie semblent avoir évolué plus vite en Europe qu'aux États-Unis. Les Européens qui s'intéressent aux primates, par exemple, discutent depuis des dizaines d'années des sentiments complexes qu'éprouvent ces animaux. L'Union européenne projette de diviser par deux le nombre des animaux utilisés d'ici l'an 2000 (au contraire, aux États-Unis, ce nombre ne décroîtra probablement pas).

Aujourd'hui, les défenseurs des animaux doivent accepter que la recherche animale est utile à l'homme et, de leur côté, les partisans de la recherche animale doivent admettre que, si les animaux sont suffisamment proches de l'homme pour que leur corps ou leur cerveau servent de modèles pour la physiologie humaine, leur utilisation pose inévitablement des questions éthiques. Les recherches sur les invertébrés, les études *in vitro* et les simulations informatiques sont des méthodes de remplacement à l'étude.

Madhusree MUKERJEE est journaliste à *Scientific American*.

F. Barbara ORLANS, *In the Name of Science: Issues in Responsible Animal Experimentation*, Oxford University Press, 1993.

Deborah BLUM, *The Monkey Wars*, Oxford University Press, 1994.

Andrew N. ROWAN, Franklin M. LOEW et Joan C. WEER, *The Animal Research Controversy: Protest, Process and Public Policy*, Center for Animals and Public Policy, Tufts University School of Veterinary Medicine, 1995.

D'autres informations sont disponibles sur le site Web : <http://www.sciam.com>

L'interférométrie radar par satellite

DIDIER MASSONNET

Des radars en orbite à des centaines de kilomètres de la Terre détectent de faibles mouvements de sa surface.

Les plaques tectoniques glissent silencieusement les unes contre les autres ; les glaciers descendent lentement des montagnes ; le niveau du sol s'élève et s'abaisse doucement... Généralement les forces qui façonnent la Terre agissent si lentement que nous n'en percevons pas les conséquences. Toutefois, la rupture soudaine des failles géologiques ou l'éruption explosive des volcans nous rappellent que la Terre «ferme» est en réalité mouvante.

Pour mieux comprendre la dynamique du Globe et prévoir de telles catastrophes, les géophysiciens mesurent les étirements et les flexions de la croûte terrestre. À cette fin, ils installent divers instruments, niveaux géodésiques ou balises électroniques de positionnement, sur les failles et sur les volcans. Toutes les zones du Globe ne sont toutefois pas facilement accessibles, et la mesure des déformations de grandes portions de la croûte terrestre est longue à réaliser par ces méthodes.

Les géologues pourraient-ils suivre les déformations du sol sans se déplacer ? En 1985, j'ai proposé d'utiliser pour cela des images enregistrées par des satellites, en perfectionnant l'interférométrie des images radar. À cette époque, on savait déjà observer la surface terrestre à l'aide d'avions et de satellites ; je me suis alors demandé comment on pourrait traiter les informations ainsi recueillies pour détecter les faibles déformations de la surface de la Terre. Toutefois, les quelques géologues auxquels j'avais fait part de ce projet étaient sceptiques : détecter des mouvements de quelques millimètres avec un satellite placé à

des centaines de kilomètres d'altitude semblait impossible.

En revanche, je parvins à convaincre le Centre national d'études spatiales et, après une dizaine d'années d'études, nous utilisons aujourd'hui notre nouvelle technique pour cartographier les ruptures de failles géologiques lors de tremblements de terre et pour suivre les soubresauts des volcans causés par les flux et les reflux du magma situé en dessous. D'autres équipes ont observé de la même façon des glissements de terrain et l'écoulement lent des glaciers.

De précieuses interférences

Le radar est l'instrument de détection utilisé dans cette technique. Inventé dans les années 1940, son nom est l'acronyme anglais de «détection et mesure de distance par radio». Nous connaissons tous les grandes antennes tournantes qui suivent les avions dans le ciel ; moins visibles sont les petites antennes fixes embarquées sur des avions, qui forment des images du sol de nuit comme de jour, par beau temps ou dans le brouillard le plus épais : le radar détecte les réflexions d'ondes électromagnétiques qu'il a lui-même émises, de sorte que la lumière du jour ne lui sert pas. Une couche nuageuse, même épaisse, n'empêche pas l'observation, car les gouttelettes d'eau et les microcristaux

de glace n'arrêtent pas les ondes radio utilisées par le radar.

L'imagerie par radar a encore un autre avantage sur la photographie optique. Les instruments optiques captent en effet la lumière réfléchie par le sol sous la forme d'innombrables ondes électromagnétiques de toutes fréquences et de toutes phases ; chaque point de l'image, ou pixel, est caractérisé par la brillance de la lumière détectée. En revanche, un radar envoie sur sa cible une onde radio de fréquence précise, qui oscille comme une sinusoïde en fonction du temps, et il mesure, pour chaque pixel, la phase de l'onde réfléchie.

Grâce aux courtes longueurs d'onde employées, la mesure de la phase révèle à quelle distance se trouve une cible au centimètre près, voire à quelques millimètres près. Quand un radar embarqué sur un satellite émet, à une fréquence de l'ordre de six gigahertz (six milliards de cycles par seconde), par exemple, l'onde radio parcourt, à la vitesse de la lumière, cinq centimètres pendant chaque oscillation. Si la distance qui sépare l'antenne radar d'une cible est de 800 kilomètres, les 1 600 kilomètres que parcourt l'onde pour aller jusqu'à la cible et revenir au radar correspondent à un nombre très grand, mais entier, de longueurs d'onde. Dans ce cas, lorsque l'onde revient au satellite, elle a juste terminé son dernier cycle, et sa phase est la

1. LES FRANGES D'INTERFÉRENCES (bandes colorées sur l'image de droite) calculées à partir de deux prises de vue radar successives du satellite ERS-1 (ci-dessus, à gauche) montrent la déformation du sol causée par un séisme près de la ville de Landers, en Californie, en 1992. Chaque cycle de couleur (du rouge au bleu) représente un déplacement du sol de 28 millimètres vers le satellite. Pour observer uniquement les déformations du sol, on a soustrait de l'interférogramme les signaux dus au relief (représenté sur le fond en noir et blanc).