

sus sont plus agressifs et plus menaçants, mais ils ne deviennent pas violents. Les menaces maintiennent les congénères à distance et évitent ainsi un contact indésirable. Les animaux limitent les interactions sociales actives : ils adoptent un profil bas pour fuir les ennuis.

Les chimpanzés, qui maîtrisent mieux leurs émotions, sont même moins agressifs quand ils sont entassés pendant une courte période. Cette réaction, nommée «effet ascenseur», face aux risques d'une promiscuité passagère, rappelle celle des personnes, dans un ascenseur, qui, pour réduire les frictions, restent immobiles, évitent le regard des autres et parlent à voix basse (voir la figure 4).

Nous sommes les descendants d'une longue lignée d'animaux sociaux, dotés d'importantes capacités d'adaptation à des situations aussi peu naturelles que les enclos bondés ou les rues surpeuplées des villes. Cette adaptation a un coût, mais elle est certainement préférable à l'anarchie des sociétés de rats.

Frans DE WAAL est directeur au Centre de recherches sur les primates d'Atlanta. Filippo AURELI est professeur de biologie à l'Université de Liverpool. Peter JUDGE est professeur à l'Université Bloomburg, en Pennsylvanie.

F. DE WAAL, *De la réconciliation chez les primates*, Flammarion, 1992.

F. DE WAAL, *La politique du chimpanzé*, Odile Jacob, 1995.

F. DE WAAL, *Morales de singe*, Bayard Éditions, 1997.

E.T. HALL, *The Hidden Dimension*, Doubleday, 1966.

A. BAUM, *Crowding*, in *Handbook of Environmental Psychology*, vol. 1, sous la direction de D. Stokols et I. Altman, Wiley, 1987.

F.B.M. DE WAAL, *The Myth of a Simple Relation between Space and Aggression in Captive Primates*, in *Zoo Biology Supplement*, vol. 1, pp. 141-148, 1989.

F. AURELI et F.B.M. DE WAAL, *Inhibition of Social Behavior in Chimpanzees under High-Density Conditions*, in *American Journal of Primatology*, vol. 41, n° 3, pp. 213-228, mars 1997.

P.G. JUDGE et F.B.M. DE WAAL, *Rhesus Monkey Behaviour under Diverse Population Densities: Coping with Long-Term Crowding*, in *Animal Behaviour*, vol. 54, n° 3, pp. 643-662, septembre 1997.

Une nouvelle rencontre de la science et de l'art.



LES SECRETS DE LA CASSEROLE

Comment préparer plus de 20 litres de mayonnaise à partir d'un seul jaune d'œuf ? En explorant la physique des émulsions. Comment obtenir un bon rôti ? En empruntant à la chimie ses études des sucres et des acides aminés. Comment obtenir de bonnes gelées ? En reprenant les résultats récents de la physico-chimie des gels. Code 1585-130 F 224 pages



RÉVÉLATIONS GASTRONOMIQUES

Encore un livre de recettes ! Oui, mais des recettes garanties par des expérimentations rigoureuses, par des analyses physico-chimiques des aliments et des tours de main culinaires. Chaque geste culinaire est ici disséqué, commenté du triple point de vue culinaire, physico-chimique et gastronomique. Code 1756-130 F 320 pages

Ces deux ouvrages ont obtenu le Prix de l'Académie nationale de Cuisine 1997.

LA CASSEROLE DES ENFANTS

Laissés seuls pour la soirée, deux enfants doivent cuisiner leur dîner. Mais leur sens aigu de l'observation et de l'expérimentation leur fait découvrir les bases de la chimie et de la physique. Ce livre pourrait être un manuel, s'il n'évoquait les molécules et leurs transformations de façon si simple et si amusante.

Code 2309-80 F-128 pages



BELIN

Voir bon de commande page 90

La mémoire des disques durs

JON TOIGO

Les physiciens et les ingénieurs de l'industrie micro-électronique devront mettre en œuvre des principes physiques nouveaux pour augmenter la capacité des disques durs

Dans de nombreuses entreprises, le volume de données informatiques stockées double chaque année. Regroupant des informations sur plusieurs disques durs, de nombreuses organisations gèrent aujourd'hui jusqu'à des téraoctets d'information (un téraoctet correspond à environ 10 000 milliards de chiffres 0 ou 1). Grâce à des programmes qui récupèrent les données et les analysent, les sociétés analysent des tendances, améliorent les services qu'elles proposent, coordonnent leurs lignes de production, etc. Parallèlement, les utilisateurs d'ordinateurs personnels conservent sans compter d'importantes quantités d'informations : messages électroniques, photographies, logiciels de jeux...

Ces applications ne sont possibles que grâce aux disques durs magnétiques qui ont été mis au point ces dernières années. L'évolution est fulgurante : aujourd'hui, la capacité de ces disques performants et peu onéreux double tous les neuf mois, alors que les performances des puces électroniques, qui suivent la loi de Moore, ne doublent que tous les 18 mois. Le prix moyen par million d'octets (un octet est égal à huit bits, ou chiffres binaires 0 ou 1), pour les disques durs, est passé de 70 francs en 1988 à 10 centimes en 1999, et l'on prévoit qu'il sera à moins de 2 centimes en 2002. Le marché des disques durs est considérable : 145 millions de disques durs ont été vendus en 1998 et 170 millions en 1999 (voir la figure 2).

Cette croissance se poursuivra-t-elle ? Et des progrès techniques sont-ils encore possibles ? On découvre aujourd'hui que la technique atteint

une limite due à l'«effet superparamagnétique». Cet effet apparaît quand l'énergie utilisée pour le stockage magnétique d'un chiffre binaire 0 ou 1 est comparable à l'énergie d'agitation thermique : les fluctuations perturbent le stockage. Cherchant à accroître la capacité des disques durs, les ingénieurs ont rétréci les zones magnétiques et s'approchent à grands pas de la barrière fatidique. La limite due à cet effet devrait être atteinte vers 2005. Comment progresser encore ? Plusieurs solutions sont étudiées.

Des merveilles magnétiques

Les disques durs contiennent aujourd'hui des piles de plateaux, formés chacun d'un support en aluminium ou en verre, recouvert de matériau magnétique et de couches protectrices. De part et d'autre de chaque plateau, des têtes d'écriture enregistrent des informations en aimantant de petits secteurs, nommés domaines, alignés dans le sens de la longueur selon des pistes concentriques (voir l'encadré des pages 68 et 69) ; des têtes de lecture récupèrent l'information en détectant les aimantations. Des bras mécaniques pilotés par des moteurs déplacent les têtes avec précision au-dessus des pistes, tandis qu'un système hydrodynamique ajuste la hauteur des têtes à quelques fractions de micromètres au-dessus de la surface des disques. Un moteur fait tourner la pile de disques à une vitesse de 3 600 à 10 000 tours par minute.

Quel progrès ! Le premier disque dur pesait une tonne : le RAMAC construit

par la Société IBM en 1956 stockait seulement cinq millions d'octets. De celui-ci jusqu'aux derniers disques durs d'ordinateurs de bureau, d'une capacité de plus de 70 milliards d'octets, les progrès ont essentiellement consisté en une miniaturisation : les têtes de lecture et d'enregistrement sont plus petites, les disques plus minces, les distances entre têtes et plateaux réduites...

Les premières têtes de lecture et d'écriture étaient en ferrite (un oxyde de fer et d'autres métaux). À partir de 1979, les ingénieurs mirent au point des procédés de fabrication des têtes à couches minces par les mêmes méthodes que celles de fabrication des puces micro-électroniques ; ces têtes lisaient et écrivaient des bits sur des domaines plus petits. Au début des années 1990, les têtes à couches minces qui lisaient directement les informations en détectant un courant électrique induit par le survol des zones aimantées ont été remplacées par des systèmes qui captent les infimes modifications de résistance électrique dues au champ magnétique. Observé pour la première fois par Lord Kelvin en 1857, cet effet de magnétorésistance conduit à des têtes plus sensibles, de sorte qu'on a rétréci les domaines de mémorisation des données.

Puis, en 1997, une équipe de la Société IBM perfectionna les têtes de lecture magnétorésistives en alternant deux couches de matériaux magnétiques avec une couche non magnétique. Ces têtes, nommées GMR (*Giant Magnetoresistive*, soit «magnétorésistance géante») sont environ quatre fois plus sensibles, car les deux couches magnétiques, à la manière