



Une chaussure glisse d'autant plus facilement sur un plan que celui-ci est incliné (angle a), car la composante du poids parallèle à la surface, qui tend à la faire glisser devient grande par rapport à la composante perpendiculaire, qui l'applique sur la roche. La chaussure glisse quand le rapport de ces forces excède le coefficient de frottement.

Lorsque les corps sont en accélération, les réactions en noir ne sont pas opposées aux forces motrices en couleur orangée. Les frottements solides sécurisent le grimpeur même pour une vis verticale à laquelle il se suspendra de tout son poids ; le coup de marteau assure l'imbrication des surfaces.

pas, mais plie un moment avant de se redéployer brusquement pour aller se bloquer un peu plus loin. La force nécessaire pour faire aller et venir une telle brosse est proportionnelle au nombre de poils coincés dans la surface, nombre qui augmente quand nous appuyons. De même, la force motrice nécessaire pour déplacer un solide au contact d'un autre est proportionnelle à l'aire représentée par les aspérités imbriquées, c'est-à-dire à la surface réelle de contact, et par là, à la force pressante. Le point de vue microscopique résout le paradoxe de l'indépendance apparente entre frottement et surface de contact : la surface de contact n'est pas celle que l'on croit. Le paradoxe des caisses est résolu : une surface double ou une pression deux fois plus forte donnent la même surface de contact !

BLOCAGES IRRÉVERSIBLES

Nous pouvons maintenant rassurer le varappeur qui pose la pointe de sa chaussure sur un minuscule plan incliné de granit. Peut-il y appuyer tout son poids ? Nous saurons s'il « dévissera » en divisant la force tendant à le faire glisser (la composante de son poids parallèle au plan incliné) par la force pressante (la composante du poids perpendiculaire au plan incliné). Le grimpeur teste ce quotient en appuyant légèrement du pied sur son plan d'appui. S'il adhère, c'est que ce rapport est inférieur au coefficient de frottement de la surface de sa chaussure sur la roche. Le quotient en question, égal à la tangente de l'angle a entre le plan incliné et l'horizontale, ne dépend donc en rien du poids du grimpeur ! Il peut donc confier sans crainte tout son poids au minuscule plan incliné, puis ayant ainsi libéré ses mains, s'assurer. Le coefficient de frottement du caoutchouc synthétique sur la roche sèche est environ 1 et le grimpeur ne glisse pas tant que l'inclinaison de l'écaïlle de granit sur laquelle s'appuie son orteil n'excède pas 45 degrés. Une pente considérable !

Le second varappeur aussi peut être tranquille. Si l'écrou qui retient sa plaquette d'attache ne se dévisse pas lorsqu'il tire faiblement dessus, il ne se dévissera pas plus sous l'effet d'une force supérieure. Dans le cas de la vis, l'équivalent de la pente est l'angle a du filetage par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du boulon. Lorsque l'on visse, tout se passe comme si on faisait progresser un objet sur un plan incliné en

lui appliquant une force horizontale. Cette propulsion est facile si la pente est assez faible pour que la force propulsive soit quasi parallèle au plan de glissement ; de même, le vissage est facile quand l'angle a est petit. Quand la vis ou le boulon est entièrement vissée, on la coince par un coup de marteau (ou mieux un dernier quart de tour) destiné à accroître l'imbrication des rugosités de son filetage avec celle du boulon ou de la roche. Ce blocage achevé, toute traction ou poussée exercées dans la direction de l'axe de la vis ou du boulon se traduit par une redistribution de forces plus petites sur chacun des éléments de filetage. Tant que l'inclinaison du filetage est assez faible, les composantes de ces forces parallèles au filet sont minimales comparées à leurs composantes qui lui sont perpendiculaires. Leur rapport sera donc inférieur au coefficient de frottement du métal sur la roche (vis) ou sur lui-même (boulon). Ainsi, il existe un angle de filetage limite en deçà duquel un boulon ne peut se dévisser quelle que soit la traction qu'il subit.

Cet « angle de glissement » est d'environ 12 degrés en cas de contact métal sur métal et de quelque 20 degrés en cas de contact de métal sur le bois, ce qui explique que les boulons aient un filetage moins incliné que les vis à bois. Le caractère irréversible (parfait) des blocages « à vis » s'observe facilement sur les tabourets qui équipent les photomaton. Un enfant peut en modifier la hauteur en les faisant tourner sur leur vis, ce qui n'empêche pas qu'un adulte pesant son quintal s'y cale, même s'il lève les pieds !

Nommé arc-boutement, ce phénomène est exploité au sein de nombreux mécanismes, tels les vérins mécaniques ou encore les coins de bûcheron. Dans tous les cas, il s'agit d'obtenir une poussée intense dans une certaine direction à l'aide d'une petite force motrice dans une autre, et d'éviter de perdre les résultats obtenus si la force motrice s'annule. Plutôt que de s'inquiéter de son boulon, notre second varappeur doit plutôt vérifier la qualité de la roche où il a planté son piton !

Jacques DURAN, *Sables, poudres et grains : introduction à la physique des milieux granulaires*, Eyrolles Sciences, 1997.

J. L. MERIAM et L.G. KRAIGE, *Mécanique de l'ingénieur : Statique*, Vuibert, 1995.

Éthologie

Foi d'animal ! De la puce à l'éléphant

Catherine Vincent, images de Michel Lablais, Éditions du Seuil, 2002 (192 pages, prix 38 euros).

Pourquoi sommes-nous si touchés par les animaux ? Telle est la question posée dès la préface du livre *Foi d'animal !* L'intérêt est si ancien que les Grecs s'en préoccupaient déjà. Jean de La Fontaine (1621-1695) inspiré par Ésope (fabuliste du VI^e siècle) y répond dans ses recueils de *Fables*, «un tableau où chacun de nous se trouve dépeint». Il propose non seulement des connaissances sur les propriétés et les caractères des animaux, mais souhaite initier les enfants à se familiariser avec les habitants du monde. Au XIX^e siècle, le dessinateur et graveur Gustave Doré (1832-1883) a illustré les *Fables* et les a rendues inoubliables. Même si l'art du bestiaire (ensemble des animaux décrits par un écrivain et représentés par un peintre) s'est déplacé du terrain symbolique vers les sciences naturelles, il a inspiré de bien jolis textes à des écrivains dont Guillaume Apollinaire (*Le bestiaire ou cortège d'Orphée*, 1911) ou Maurice Genevoix (*Bestiaires*, 1969-1971, illustrés par l'auteur en 1972). Catherine Vincent, qui signe, chaque mardi dans le journal *Le*

Monde, une chronique sur les curiosités animales, offre ici dans le même esprit, un bestiaire éthologique, une collection de 57 animaux, communs ou rares, connus ou bizarres. L'opus est illustré par Michel Lablais avec des pastiches de planches du XVIII^e ou du XIX^e siècle, en y ajoutant de l'humour. Comment ne pas sourire en découvrant l'imposteur Dahu (*Dahutus montanus*), prétexte des escapades montagnardes de quelques crédules enthousiastes !

Disons-le *Foi d'animal !* est une réussite. On feuillette avec nostalgie un livre présenté «à l'ancienne», tel qu'on pouvait en recevoir autrefois à la distribution des prix de fin d'année à l'école communale, avec sa typographie, ses vignettes et ses planches. Les savants qui ont marqué l'histoire des sciences sont cités, de Lamarck, Cuvier, Étienne et Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, Darwin... à Stephen Jay Gould. Tout en guidant le lecteur en douceur, sans vocabulaire rébarbatif, mais en glissant ce qu'il faut de systématique et en donnant les noms latins, l'auteur aborde les connaissances éthologiques les plus actuelles. Au fil des pages, on s'interroge sur les mystères de l'évolution et sur la fragilité de la biodiversité.

Le flamant rose (*Phoenicopterus ruber*) mange la tête en bas à cause d'un curieux bec dont la mandibule supérieure est petite et l'inférieure profonde et creusée ; en France, l'espèce a été sauvée par la construction d'un îlot artificiel protégé en Camargue et par la vigilance d'une station biologique. Le microcèbe (*Microcebus murinus*), petit singe lémurien, est arrivé dans l'île de Madagascar, il y a 35 millions d'années, sur un radeau de fortune. Il s'est produit pour lui le même phénomène que pour les pinsons de Darwin, aux Galápagos, l'espèce a subi une radiation évolutive qui a donné 25 espèces. Pourtant ces singes sont très décimés, sauf l'ancêtre *Microcebus* qui ne doit sa survie qu'à ses qualités propres, son agilité, sa discrétion et ses mœurs nocturnes. Certains animaux pourtant adulés disparaissent rapidement, il reste moins de 1 000 pandas en Chine, aussi le décès d'un panda dans un zoo prend-il des allures de catastrophe nationale. Il y a aussi les retournements de situation : ainsi le grand hamster d'Alsace (*Cricetus cricetus*), surnommé le cochon des céréales, tellement combattu pour ses ravages, a quasiment disparu et figure maintenant sur la liste des espèces menacées.

Animaux lointains ou proches, ils ont tous leur histoire et certains seront surpris d'apprendre que le grillon (*Gryllus campestris*) a élu domicile dans les voies de garage du métro où l'eau ruisselante, l'obscurité et la chaleur lui conviennent. Il existe même, depuis 1972, une ligue de protec-

tion des grillons du métro parisien ! Passionnés, chercheurs professionnels, agriculteurs, amateurs étudient et protègent aussi bien le manchot royal (*Aptenodytes patagonica*) des îles du Crozet, des Kerguelen ou du Prince Edouard, le mouton d'Ouessant (genre *Ovis*) ou la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), la cantatrice des mers du globe.

La promenade qui met en scène la puce jusqu'à l'éléphant est charmante et permet de réveiller en nous le naturaliste, dont on peut espérer qu'il sommeille encore.

Michèle FEBVRE

Économie

Aux origines de la monnaie

Sous la direction d'Alain Testart, par Jean-Jacques Glassner, Bernadette Menu, Alain Testart, François Thierry, Éditions Errance, 2002 (144 pages, 18 euros).

La monnaie existait-elle avant la monnaie ? C'est la question que se posent les quatre auteurs de ce livre qui s'interrogent sur le fonctionnement des économies privées de l'objet que nous appelons monnaie, c'est-à-dire un morceau de métal rond portant une marque imposée par un État. En fait, ils s'interrogent surtout sur les économies «pré-monnaies». Après un tour d'horizon général, trois chapitres analysent, exposé théorique à l'appui, les sociétés mésopotamiennes du III^e millénaire, l'Égypte pharaonique et la société chinoise ancienne. D'entrée, le lecteur se retrouve non seulement dans des périodes historiques différentes, mais aussi sur des continents différents.

Or, tous convergent vers une même conclusion, à savoir que l'échange, la dette et le crédit existent en l'absence de l'objet qu'est la pièce de monnaie. Ils peuvent même remplir son rôle, se substituer au numéraire dont ils remplissent alors les fonctions. Rejetant les dimensions «magiques» de la monnaie – qui confère à un objet une dimension symbolique –, ils retiennent une analyse plus fonctionnelle : c'est la multiplication et la diversité des dettes qui imposent la (ou une) monnaie-objet comme moyen global et universel de s'en acquitter. Les exemples montrent, en effet, que la valeur monétaire était au centre de la pensée et de la vie économique mésopotamienne dès la 26^e dynastie (au III^e millénaire),

