

atteint près de 30 mètres par seconde, d'où une portée de 90 mètres (pour un calcul précis, on doit tenir compte des forces aérodynamiques).

Les 40 mètres de portée que l'on a mentionnés laisseront songeur quiconque a jeté des pavés d'un kilogramme. Lorsqu'on augmente la masse de l'objet lancé, la vitesse obtenue n'est en effet plus celle de la main vide. La vitesse de la main est due à la rotation de l'avant-bras et correspond à la vitesse de son extrémité.

Sachant que la masse de l'avant-bras est d'environ deux kilogrammes pour un homme adulte, on peut déduire de cette vitesse l'énergie cinétique de ce segment du corps. On trouve de l'ordre de 150 joules pour une vitesse d'une vingtaine de mètres par seconde. Cette énergie, fournie par les efforts musculaires des segments précédents, se répartit désormais entre l'avant-bras et le projectile. Si ce dernier est léger (disons 100 grammes), l'avant-bras emporte presque toute l'énergie et l'objet est propulsé avec une vitesse proche de celle de la main. Sa portée théorique est alors de 40 mètres.

On a tout de même intérêt à saisir des objets assez denses et massifs pour avoir une bonne préhension et réduire l'effet des forces aérodynamiques. Mais si le projectile est lourd (disons au-delà de deux kilogrammes), c'est lui qui emporte presque toute l'énergie cinétique. Dans cette situation, le carré de sa vitesse d'éjection, et donc sa portée, décroît comme l'inverse de sa masse.

Pour un poids de cinq kilogrammes, on trouve une portée de 5,5 mètres, cela sans tenir compte de la vitesse acquise par la mise en mouvement du buste et de la hauteur initiale du projectile – paramètre négligeable lorsque la portée est grande, mais qui devient important ici. Pour une telle masse, supérieure à celle de l'avant-bras, le « dernier étage » du geste de lancer devient inefficace et même contre-productif.

Les lanceurs de poids ont donc une autre technique : après la mise en mouvement du corps et la rotation du buste et des épaules, c'est le bras entier qui se déplie, effectuant une poussée vers l'avant et vers le haut. Grâce à ce mouvement, qui permet aux muscles du bras de travailler jusqu'à la fin du lancer, les champions envoient un poids de 7,260 kilogrammes à plus de 20 mètres.

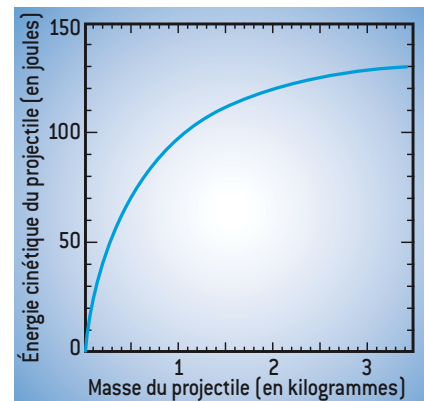
Une tige en guise d'étage de propulsion

Comment faire mieux et augmenter encore la portée d'un projectile ? Une solution est de stocker de l'énergie sous forme d'énergie cinétique, comme dans une fronde ou dans le lancer de marteau. L'objet est tenu par un lien et est progressivement accéléré : il accumule le travail musculaire avant d'être lâché. Une autre solution consiste à stocker l'énergie sous forme d'énergie élastique, comme dans l'arc ou l'arbalète. Mais quitte à se munir d'un accessoire, il

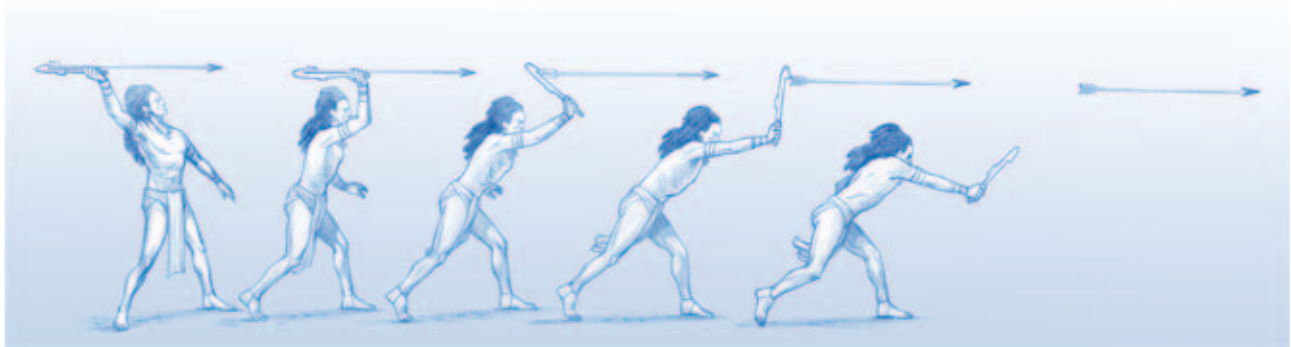
LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>



2. DANS LE LANCER d'une balle ou d'une pierre à la main, l'énergie cinétique communiquée au projectile dépend de la masse de ce dernier, à effort égal. Quand cette masse dépasse environ deux kilogrammes, l'énergie cinétique croît moins vite que la masse et le lancer devient de plus en plus inefficace. Plus précisément, le carré de la vitesse d'éjection, et donc la portée, se met à décroître comme l'inverse de la masse.



3. LE PROPULSEUR PRÉHISTORIQUE, semblable à l'atlatl des Mésoaméricains, est une sorte de levier qui constitue un étage de propulsion supplémentaire au lancer manuel. Il permet de lancer à une

vitesse élevée un projectile léger, ou de réduire l'effort nécessaire pour propulser un projectile lourd et ainsi d'assurer une meilleure précision du lancer.

BIBLIOGRAPHIE

R. Cross, **Physics of overarm throwing**, *American Journal of Physics*, vol. 72, pp. 305-312, 2004.

R. A. Baugh, **Dynamics of spear throwing**, *American Journal of Physics*, vol. 71, pp. 345-350, 2003.



Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr

existe une technique plus simple utilisée dès la Préhistoire pour lancer des flèches ou des lances : le « propulseur » (l'atlatl des Aztèques ou le woomera des aborigènes australiens).

Il s'agit d'un levier long de 30 centimètres à 1 mètre et se terminant par un crochet, qui permet de pousser l'extrémité arrière de la lance. En prolongeant la main, cet instrument ajoute un segment à la chaîne de propulsion et met à profit l'effort musculaire que peut fournir le poignet. C'est ce que font déjà les lanceurs au base-ball, qui tiennent la balle dans les doigts et non dans la paume : ils bénéficient ainsi du mouvement de rotation du poignet, avec un bras de levier de 10 à 15 centimètres. Le propulseur accentue l'effet de ce bras de levier. Un tel lanceur de 40 centimètres a ainsi permis à des expérimentateurs

d'atteindre, pour des flèches de moins de 100 grammes, des vitesses frôlant les 35 mètres par seconde, très au-delà de celles atteintes à main nue.

Pour un projectile de 250 grammes, la vitesse de lancer dépassait les 20 mètres par seconde. Dans ce cas, le gain n'est pas spectaculaire, mais l'intérêt du propulseur ne réside pas nécessairement dans une portée accrue. Cet outil utilisé par des chasseurs ou des guerriers a pour fonction de toucher une cible : en diminuant l'effort requis pour lancer à une même distance, il autorise une meilleure précision. De plus, par rapport à un arc, il a le grand avantage d'être utilisable avec une seule main (la seconde étant alors disponible pour tenir une autre arme ou un bouclier) et d'envoyer des projectiles bien plus lourds qu'une flèche.



SCIENCE & GASTRONOMIE

Des goûts et des récepteurs

L'être humain perçoit la saveur du calcium et le récepteur papillaire correspondant vient d'être identifié.

Hervé THIS



Il y a plus, dans le royaume des saveurs, que les quatre classiques (sucré, salé, acide, amer) ! La réglisse n'est ni salée, ni sucrée, ni acide, ni amère. De même l'éthanol, le bicarbonate de sodium et bien d'autres composés ont une saveur spécifique, et aucun ne se réduit à une combinaison des autres. Aujourd'hui on reconnaît au calcium sa saveur. Les cuisiniers anticipaient la découverte, mais Michael Tordoff et ses collègues de l'Institut Monnell, à Philadelphie, ont confirmé les intuitions en identifiant le récepteur des ions calcium.

La théorie de l'évolution était une indication : le calcium est important pour la propagation de l'espèce (c'est un constituant essentiel des os). Pour l'avoir en suffisance, notre organisme doit le reconnaître, ce qui suppose l'existence de récepteurs. Pas des récepteurs olfactifs, les ions ne s'évaporant pas, mais des récepteurs associés aux papilles.

Les études de la fin des années 1990 avaient montré que de nombreux animaux satisfont leurs besoins physiologiques de calcium en localisant les sels de calcium et en les consommant. L'« appétit » pour le calcium est régi par la saveur : les sels concentrés de calcium sont rejetés par les animaux qui ont assez de cet élément, mais avidement consommés par ceux qui en manquent. Les études portaient sur des amphibiens, mais les résultats faisaient défaut pour notre espèce.

En quoi la cuisine avait-elle donné des indications ? Promu avec la « cuisine moléculaire », depuis le début des années 1990, l'emploi d'alginate de sodium, extrait d'algues, pour faire des gels, en présence d'ions cal-

cium, a conduit les cuisiniers à goûter ces sels, d'abord le chlorure de calcium (qui impose un rinçage, tant il est amer), puis le lactate de sodium, à la saveur plus admissible et plus originale : ni vraiment sucrée, ni acide, ni amère. Ainsi, peu à peu s'imposait l'idée d'une saveur originale des ions calcium.

Les physiologistes américains ont d'abord identifié, chez la souris, un récepteur mis en jeu dans la perception du calcium. Ils ont montré que le gène *Tas1r3*, qui code le récepteur T1R3, est associé à des préférences pour le calcium chez 40 souches de souris différentes, et que l'inactivation du gène rend les souris incapables de percevoir la saveur du chlorure de calcium. De surcroît, des enregistrements de l'activité électrique de la corde du tympan, un nerf de la langue impliqué dans le goût, ont montré que l'activité engendrée par le calcium consommé est moins importante chez les souris modifiées.

Il semblait toutefois difficile de croire que les récepteurs T1R3 étaient les récepteurs du calcium, parce qu'ils interviennent dans la saveur de sucres et du glutamate de sodium (très utilisé par la cuisine asiatique). Un composé, le lactisole, inhibe la perception de la plupart des édulcorants et du glutamate de sodium ; les physiologistes ont donc pensé que le lactisole interagissait avec les récepteurs T1R3. L'étude fut d'abord faite *in vitro*, puis avec des volontaires humains qui évaluaient l'intensité de la perception du lactate de calcium avec et sans lactisole.

Des cellules que l'on modifiait en y introduisant le récepteur T1R3 devenaient capables de réagir spécifiquement à la

présence de calcium. Mieux encore, alors que le récepteur T1R3 est une sous-unité des récepteurs de la saveur sucrée et des récepteurs de la saveur du glutamate de sodium, les cellules qui n'ont que le récepteur T1R3 et pas les autres parties des deux récepteurs ne détectent pas le sucré ou le glutamate de sodium. Par ailleurs, les volontaires entraînés pour reconnaître la saveur du calcium distinguent parfaitement les saveurs amères et acides.

Ces résultats font penser que nous reconnaissons le calcium par sa saveur originale. Pour autant, T1R3 n'est probablement pas le seul récepteur qui intervient dans la détection « sapitive » du calcium. Aurions-nous, pour d'autres ions, des récepteurs particuliers, et des saveurs spécifiques ? Le cas du magnésium est intéressant, mais les diverses espèces semblant en avoir des perceptions différentes, l'étude sera plus complexe. En attendant, nous sommes invités à goûter les eaux : leurs saveurs distinctes résultent de la présence d'ions qui ne se réduisent pas seulement à du salé, du sucré, de l'acide ou de l'amer. ■



Hervé THIS est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Académie des sciences).

Retrouvez les articles de H. This sur www.pourlascience.fr



→ BIOLOGIE

Le gène généreux

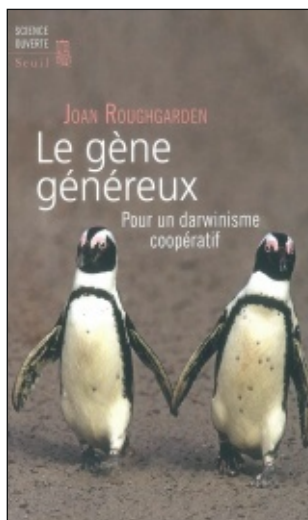
Joan Roughgarden

Seuil, 2012

[320 pages, 24 euros].

Une théorie scientifique ne rend jamais compte de la totalité d'un champ de connaissance. La théorie darwinienne de la sélection naturelle, qui repose sur la compétition pour la survie des plus aptes, est très utile à la compréhension de l'évolution. Celle de la sélection sexuelle, qui veut qu'une compétition existe aussi dans le choix des partenaires sexuels, a été très exploitée, mais, comme le fait remarquer l'auteure, reste insuffisante pour expliquer la genèse des comportements les plus complexes, notamment dans les sociétés animales.

Darwin l'avait d'ailleurs constaté lui-même, en récusant par avance l'application de ses thèses au fonctionnement des sociétés humaines (notamment dans ce que l'on a appelé le « darwinisme social »). L'auteure étend ici cette importante réserve de Darwin à l'ensemble des sociétés animales.



Car si certains modèles, souvent limités par leur réductionnisme mécaniste abusif (tels les modèles dits « sociobiologiques », pour qui la survie des gènes est le seul mécanisme pris en compte), ont pu être construits sur le « gène égoïste », des modèles beaucoup plus fructueux peuvent dériver de la métaphore que l'auteure propose dans son titre du « gène généreux ». Ainsi, une « sélection sociale » peut se faire, qui met « les gènes à distance du comportement » et qui, faisant appel à des mécanismes plus intégrés et plus plastiques (de lecture parfois ardue), donne un net bénéfice évolutif à ceux des animaux qui coopèrent, pour attirer une proie ou pour protéger leur progéniture contre des prédateurs, ou à ceux qui, chez les oiseaux, adoptent l'option « offre au mâle d'aider la femelle au nid, [qui] lui [permet] de pondre huit œufs » au lieu de trois. L'ouvrage regorge d'exemples concrets de ce type, qui démontrent le bénéfice évolutif de la coopération sociale.

« Je suis convaincue [...] que la sélection sexuelle est complètement sur une fausse piste », dit l'auteure. Mais si une théorie scientifique ne rend jamais compte de la totalité d'un champ de connaissance, il en est de même de la théorie qu'elle propose. Si je crois, pour ma part, que l'hypothèse d'un darwinisme coopératif apporte beaucoup à la compréhension de l'évolution des sociétés, je ne crois pas qu'elle amène à complètement rejeter la théorie de la sélection sexuelle, mais seulement à la nuancer et à la compléter heureusement.

À côté de la coopération et du « gène généreux » sur lesquels l'auteure insiste avec pertinence, il reste à mon avis (aussi) de la place dans l'évolution pour

« l'égoïsme, la tromperie et la hiérarchie génétique » !

→ Georges Chapouthier

Centre Émotion, USR 3246,
La Pitié-Salpêtrière, Paris

→ SCIENCES SOCIALES

L'idée même de richesse

Alain Caillé

La Découverte, 2012

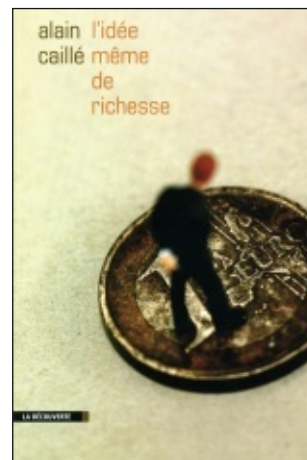
[143 pages, 12 euros].

La richesse a été généralement un objet de réflexions plus ou moins théoriques et idéologiques. Elle reste encore un sujet de questionnement très vivace de nos jours depuis la crise des subprimes en 2008. Dans son livre, Alain Caillé, professeur de sociologie et directeur du Mouvement anti-utilitariste en sciences sociales (MAUSS), explore ce qui se cache sous la notion de la richesse. Il s'interroge non plus sur la richesse proprement économique et monétaire, mais plus largement sur celle de la richesse sociale. Selon lui, ce qui rend particulièrement difficile la discussion autour de l'idée de richesse est la possibilité d'élaborer des indicateurs appropriés.

Les indicateurs actuels censés rendre compte de la richesse, le produit intérieur brut (PIB) ou encore les indicateurs dits « alternatifs », qui prennent en considération des richesses sociales et environnementales, sont insuffisants, car ils restent des indicateurs de natures macroéconomiques et quantitatives. Les nouveaux indicateurs de richesses non exclusivement marchandes, fournis par exemple par la commission Stiglitz, persistent à analyser la richesse au moyen d'indicateurs chiffrés.

De plus, la face cachée de la richesse monétaire vient, selon l'auteur, des notions aristotéliennes

imparfaites de valeur d'usage et valeur d'échange. Il préférera à ces dernières d'autres notions plus à même de reconsidérer l'importance sociale de la richesse : la valeur du lien, support du don, et la



valeur de la renommée, affirmation de notre valeur sociale. Selon A. Caillé, adepte de la théorisation du don et de l'interprétation maussienne en sciences sociales, la véritable richesse serait plutôt de l'ordre de la gratuité et de la grâce et non de celle de la nécessité. Ce type de richesse se rencontre plus spécifiquement dans le monde de l'économie sociale où les acteurs sont mus par des motivations intrinsèques. Ce livre fait suite, en effet, à des travaux de recherche susceptibles de guider les mutuelles, les coopératives ou les associations, qui sont plus à même de produire de la richesse gratuite et de la valeur sociale. Comme l'auteur le souligne lui-même, ce livre présente en fin de compte un messianisme proprement politique, « le convivialisme », dépassant ainsi les doctrines politiques actuelles tels le libéralisme ou le socialisme. Le parti pris méthodologique est de partir d'un modèle idéal qui reste à créer.

→ Valérie Lécrivain

Lab. d'anthropologie sociale, Paris