

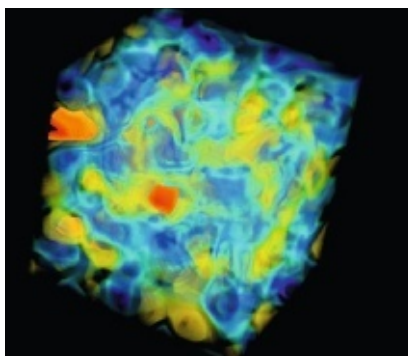
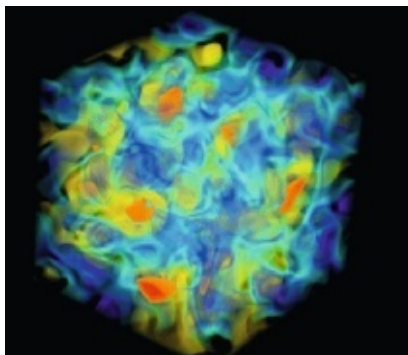
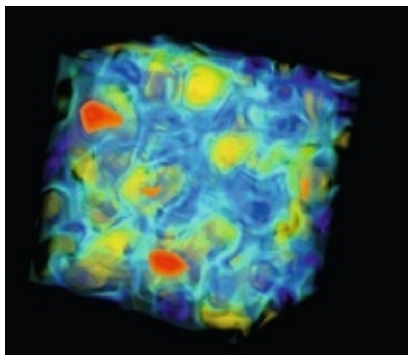
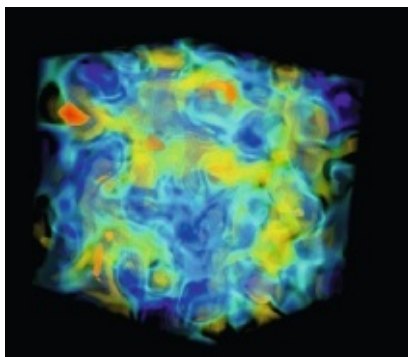
de mes collègues physiciens pensent malgré tout qu'une réalité discrète est sous-jacente. Ils mettent en avant des exemples montrant comment la continuité peut émerger de la quantification. Aux échelles macroscopiques de notre expérience quotidienne, l'eau contenue dans un verre semble lisse et continue. C'est seulement quand on l'examine de beaucoup plus près que l'on discerne les constituants atomiques. Un mécanisme de ce type pourrait-il être à la base de la physique ? Si nous regardions à un niveau plus profond, les champs quantiques, voire l'espace-temps lui-même, révéleraient-ils eux aussi une structure sous-jacente discrète ?

Nous ignorons la réponse à cette question, mais 40 années de tentatives de simulation du modèle standard sur ordinateur livrent un indice. Pour réaliser une telle simulation, il faut tout d'abord prendre les équations, exprimées en termes de grandeurs continues, et en trouver une formulation discrète, compatible avec les bits d'information que les ordinateurs manipulent. Or en dépit de plusieurs décennies d'efforts, personne n'y est encore parvenu. Et cela constitue l'un des problèmes ouverts les plus importants de la physique théorique, bien que ce soit rarement évoqué.

Problématiques fermions

Les physiciens ont développé une version discrétisée de la théorie quantique des champs, la « théorie des champs sur réseau », où l'espace-temps continu est remplacé par un réseau de points. Les ordinateurs évaluent les champs en ces points pour approximer un champ continu. Mais cette technique a des limites. La difficulté vient des électrons, des quarks et des autres particules de matière, les fermions (contrairement aux autres particules – les bosons –, si l'on fait tourner un fermion de 360 degrés, on ne retrouve pas l'objet de départ ; pour cela, il faut le faire tourner de 720 degrés). Les fermions (ou plutôt leurs champs) résistent à la mise sur réseau. Dans les années 1980, le Danois Holger Bech Nielsen et le Japonais Masao Ninomiya ont prouvé un théorème selon lequel il est impossible de discrétiser le type le plus simple de fermion.

Cependant, la validité de tels théorèmes n'est pas supérieure à celle de leurs hypothèses. Dans les années 1990, des théoriciens, en particulier David Kaplan, maintenant à l'Université de Washington, et Herbert



3. CETTE VISUALISATION d'une grandeur nommée charge topologique à quatre instants différents provient d'une simulation numérique sur réseau (un ensemble constitué d'un nombre fini de points) de la chromodynamique quantique – la théorie décrivant les quarks, les gluons et l'interaction forte à laquelle ces particules sont soumises. Une telle simulation sur réseau ne semble pas réalisable pour certains types de particules intervenant dans le modèle standard, qui décrit aussi l'interaction électromagnétique et l'interaction faible.

Neuberger de l'Université Rutgers, ont introduit diverses méthodes astucieuses pour mettre des fermions sur réseau. Les théories quantiques des champs se présentent sous de nombreuses formes, chacune avec différents types possibles de fermions, et l'on parvient maintenant à les formuler presque toutes sur réseau. Il ne reste qu'une classe de théories des champs que l'on ne sache toujours pas mettre sur réseau. Et malheureusement, le modèle standard en fait partie : nous savons manipuler toutes sortes de fermions hypothétiques, mais pas ceux qui existent en réalité.

Les fermions du modèle standard ont une propriété très particulière. Ceux qui tournent sur eux-mêmes dans le sens contraire des aiguilles d'une montre sont sensibles à l'interaction faible, mais pas ceux qui tournent dans le sens des aiguilles d'une montre. La théorie est dite chirale. Or une théorie chirale est délicate : des effets subtils, qualifiés d'anomalies, menacent en permanence de la rendre incohérente. Ces théories ont jusqu'à présent résisté à toutes les tentatives de simulation sur ordinateur.

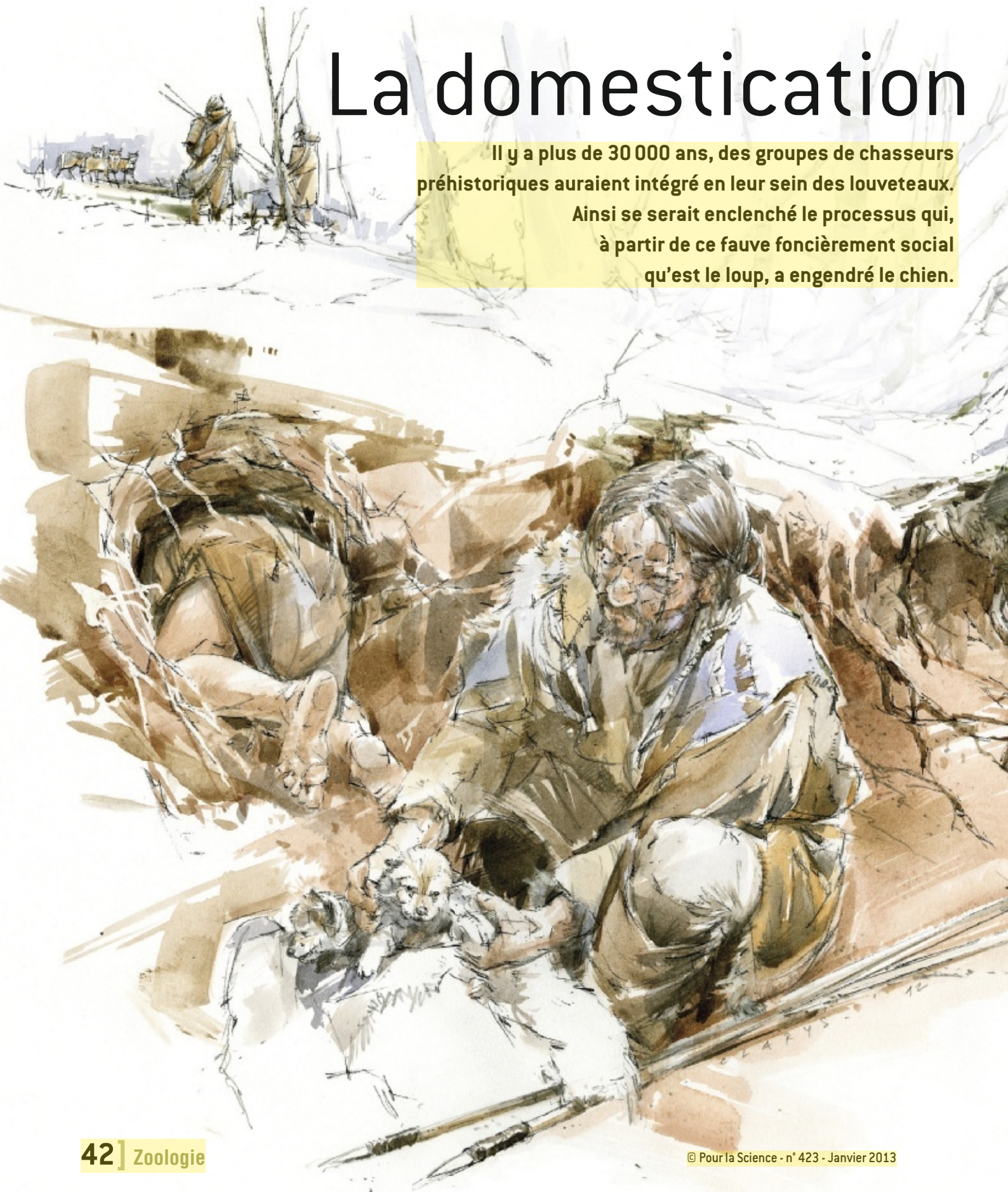
Mais la chiralité n'est pas un défaut du modèle standard susceptible de disparaître dans une théorie plus profonde ; elle en est une caractéristique centrale. À première vue, le modèle standard, fondé sur trois forces liées les unes aux autres, apparaît comme une construction arbitraire. C'est seulement lorsqu'on réfléchit aux fermions chiraux que sa véritable beauté émerge. C'est un puzzle parfait, dont les trois composantes sont emboîtées de la seule manière possible. Dans le modèle standard, c'est la nature chirale de ses fermions qui permet à tous les éléments de bien s'imbriquer.

Les scientifiques ne savent pas très bien que conclure de notre incapacité à simuler complètement le modèle standard sur ordinateur. Il est difficile de tirer des conclusions solides d'une inaptitude à résoudre un problème ; il est possible que ce soit juste un problème très ardu qui finira par être résolu par des techniques classiques. Mais certains aspects du problème laissent penser qu'il est plus profond que cela. Les obstacles en cause sont intimement liés à des propriétés topologiques et géométriques. La difficulté de modéliser sur réseau des fermions chiraux indique peut-être quelque chose de plus important : que les lois de la physique ne sont pas, fondamentalement, discrètes. Nous n'habitons pas une simulation numérique. ■

La domestication

Il y a plus de 30 000 ans, des groupes de chasseurs préhistoriques auraient intégré en leur sein des louveteaux.

Ainsi se serait enclenché le processus qui, à partir de ce fauve foncièrement social qu'est le loup, a engendré le chien.



du

loup

Le chien, un loup rempli d'humanité.
Jean de La Fontaine (1621-1695).

Pour être vraie, cette frappante formule de Jean de La Fontaine sous-entend que le chien descend du loup. Est-il possible que les formes colorées si diverses de cet animal domestique soient issues du seul *Canis lupus*? Ou bien, comme le crurent Charles Darwin (1809-1882) et le cofondateur de l'éthologie Konrad Lorenz (1903-1989), descendait-il aussi du chacal, lui aussi du genre *Canis*, voire de toute une variété de canidés sauvages : renards, dingos, lycaons... ? Jusqu'à ces dernières années, il était tout simplement impossible de déterminer l'origine du chien. Puis la biologie moléculaire a tranché : le chien est le descendant du loup et de lui seul, et la jolie formule de La Fontaine s'est révélée prémonitrice ! Le chien est une création de l'homme préhistorique par sélection artificielle. J'essaierai ici de dater et de discuter le processus de cette création, qui, manifestement, a joué un rôle important dans l'évolution de notre espèce. Je m'appuierai ce faisant sur mon expérience de l'élevage d'un loup au sein d'une famille humaine.

Pierre Jouventin

L'ESSENTIEL

- **Espèce au faîte de la socialité, les loups vivent au sein de meutes hiérarchisées pratiquant une chasse coordonnée.**
- **Cette structure sociale a facilité l'intégration de louveteaux au sein de groupes humains.**
- **Au fil des générations, les loups domestiqués se sont transformés sous l'effet de la sélection opérée par l'homme, ce qui a conduit au chien.**
- **Grâce à la domestication des loups, les hommes préhistoriques ont pu chasser de façon plus efficace.**

1. DES CHASSEURS GRAVETTIENS, antérieurs à la dernière glaciation, capturent les louveteaux non sevrés d'une meute de loups. Ils les apporteront ensuite à leurs femmes qui les nourriront au sein afin de les intégrer à la horde humaine. Ils en feront ainsi des chiens, précieux auxiliaires de chasse.

Moins dangereux que le chien

Le loup a toujours occupé la première place dans notre imaginaire animalier. Pour autant, les connaissances précises sur ses mœurs dans la nature, pour la plupart acquises par les biologistes nord-américains, datent de moins d'un demi-siècle. Aussi n'est-il pas étonnant que sur un sujet aussi crucial que le danger que cet animal représente pour nous, les avis s'opposent d'une discipline et d'un continent à l'autre. Jean-Marc Moriceau, historien membre de l'Institut universitaire de France, a sous-titré *3 000 attaques sur l'homme en France XV^e-XX^e siècles* son livre récent *Histoire du méchant loup*. Mais en Amérique du Nord, la prime qui avait été promise à celui qui prouverait une attaque sur un humain n'a jamais pu être attribuée... Il est en fait très difficile de distinguer les véritables attaques de celles de loups enragés et de

Benoit Charis

chiens errants, autrement plus communes. Depuis 20 ans que le loup est de retour en France, aucune morsure de loup sur l'homme n'a été signalée, alors que des milliers de personnes mordues par des chiens se présentent chaque année aux services d'urgences ; 33 d'entre elles sont mortes en 20 ans... Comme le requin, le loup a très mauvaise réputation, sans doute parce que les cadavres dévorés à la suite de suicides ou pendant les guerres ont été interprétés comme des victimes d'attaques. En tout cas, aujourd'hui en France, le loup représente un risque statistiquement nul, alors que les morsures de chien constituent un problème de santé publique...

Loin d'être ce que suggère la très ancienne locution *Homo homini lupus est* (L'homme est un loup pour l'homme), cet animal farouche et à juste titre craintif est en réalité au faîte de la socialité. Sa niche écologique consiste en une adaptation comportementale à la chasse coordonnée en groupes, qui lui permet de se nourrir de proies jusqu'à dix fois plus grosses que lui. En hiver, dans les déserts arctiques, c'est la solution de survie quand les baies et les petites proies ont disparu. La meute est constituée d'une dizaine d'individus strictement hiérarchisés, chaque sexe étant inféodé au membre de même sexe du couple reproducteur. Il n'y a qu'un couple reproducteur par meute – fidèle d'une année à l'autre – et tous nourrissent ses jeunes. Marquages olfactifs et hurlements se combinent pour exploiter de façon optimale l'espace et ses ressources naturelles, dont l'abondance régule les populations de proies et de prédateurs, comme il est de règle dans la nature.

Ces dernières années, il a été montré que la présence de ce superprédateur, loin de nuire aux échelons inférieurs de la pyramide alimentaire et donc à la biodiversité,

L'AUTEUR



Pierre JOUVENTIN, écoéthologue et directeur de recherche émérite du CNRS, a dirigé pendant

près de 15 ans le Laboratoire CNRS d'écologie de Chizé, dans le département des Deux-Sèvres.

BIBLIOGRAPHIE

P. Jouventin, *Kamala, une louve dans ma famille*, Flammarion, 2012. et <http://kamala-louve.fr/>

M. Germonpré et al., *Fossil dogs and wolves from Palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteometry, ancient DNA and stable isotopes*, *Journal of Archaeological Science*, vol. 36, pp. 473-490, 2009.

J.-M. de Landry, *Le loup*, Delachaux & Niestlé, 2006.

E. Teroni et J. Cattet, *Le chien, un loup civilisé*, Les Éditions de l'Homme, 2004.

Claude-Marie Vadrot, *Le roman du loup*, Les Éditions du Rocher, 2009.

2. LA DOMESTICATION DU LOUP précède celle des autres animaux d'au moins 20 000 ans.

les favorise... L'exemple emblématique de cette réalité est celui du parc de Yellowstone, aux États-Unis, où l'éradication du loup a entraîné des famines et des épidémies chez les ongulés, dont il éliminait les individus malades. Il a fallu réintroduire le loup pour éviter le surpâturage et maintenir ses proies en bonne santé!

Le chien, difficile objet d'étude scientifique

Le chien paraît d'un abord plus facile que son cousin, mais, excepté dans les disciplines vétérinaires, son étude scientifique est elle aussi récente. Il tend à devenir un sujet à la mode, bien que ce fût longtemps l'inverse. Ainsi, le père de Charles Darwin se lamentait des goûts vulgaires de son rejeton : « Tu ne t'occupes que de chasse, de chiens et d'attraper des rats : tu seras le déshonneur de la famille ! » Aujourd'hui, ce fils, qui a découvert les lois de la sélection naturelle en observant les techniques de sélection des éleveurs, est une grande figure de la science et les connaissances avancent très vite sur le chien... ou plutôt les chiens, tant ils sont divers.

Si les scientifiques ont mis tant de temps à s'intéresser au chien, c'est parce que cet animal commun est bien plus difficile à étudier qu'un animal sauvage : le mode de vie de ce dernier dans la nature explique ses particularités, qui sont le plus souvent des adaptations au milieu. Aussi n'est-il guère étonnant que Raymond et Lorna Coppinger, un couple de spécialistes américains du chien, continuent pour expliquer l'origine du chien à défendre l'hypothèse de l'hybridation entre espèces, fortuite dans la nature ou volontaire en captivité.

Quelques gènes de différents canidés ont certes été trouvés dans le génome de certaines races de chien, mais l'affaire semble

