

> par des parasites intestinaux. Ils ont alors montré que les mandrills évitaient soigneusement d'épouiller ces individus les plus infestés (ils sont si infestés que les parasites intestinaux se retrouvent dans leur fourrure). Les biologistes ont également montré que les mandrills parviennent à évaluer le niveau d'infestation en se fiant à leur odorat. Quand on leur présente deux tiges de bambou préalablement mises en contact avec des excréments, ils évitent celle qui a été en contact avec les déjections d'un mandrill très infesté par les parasites.

Cependant, il arrive que les mandrills ne mettent pas la distanciation sociale en pratique malgré les risques de contagion. Ainsi, Clémence Poirotte et Marie Charpentier ont découvert que les mandrills poursuivaient l'épouillage de certains parents proches pourtant très infestés, alors qu'ils se tenaient soigneusement à distance des autres congénères infestés.

Dans leur étude publiée en 2020, elles expliquent que le maintien d'alliances fortes et inconditionnelles avec certains parents peut présenter un certain nombre d'avantages à long terme chez les primates non humains, tout comme chez les humains. Par exemple, chez les mandrills, les femelles qui entretiennent les liens sociaux les plus forts commencent à se reproduire plus tôt et sont donc susceptibles d'avoir des portées plus nombreuses au cours de leur vie. Pour cette espèce, le jeu en vaut la chandelle.

Pour d'autres, les liens sociaux sont si importants qu'il n'y a jamais d'évitement, même quand les individus sont manifestement malades. Par exemple, Bonnie Fairbanks et ses collègues de Virginia Tech, aux États-Unis, ont montré en 2015 que les mangoustes rayées n'évitaient pas leurs congénères même si ces dernières présentaient des signes évidents de maladie.

Les mangoustes rayées constituent une espèce très sociale originaire d'Afrique subsaharienne. Elles vivent en groupes stables pouvant atteindre 40 individus, apparentés ou non. Elles entretiennent de fortes interactions physiques en dormant les unes sur les autres et en s'épouillant, en contrepartie, à tour de rôle.

Dans un premier temps, Kathleen Alexander, coautrice de cette recherche, a constaté que de nombreuses mangoustes de sa zone d'étude, au Botswana, étaient atteintes d'une nouvelle forme de tuberculose qui les tuait en quelques mois. Bonnie Fairbanks a ensuite passé plusieurs mois à suivre six groupes touchés par cette maladie en observant les interactions sociales. Elle a rapporté que, de façon étonnante, les mangoustes en bonne santé ont continué à interagir étroitement avec des congénères visiblement malades. Elles les ont épouillées autant que leurs congénères en bonne santé, même si les mangoustes malades n'étaient pas en mesure de les épouiller autant en retour.

Ainsi, la distanciation sociale avec les malades n'est tout simplement pas viable chez ces mangoustes et chez toutes les espèces où une coopération étroite entre individus pour chasser et se défendre est déterminante.

SUIVRE L'APPEL DE LA NATURE

Comme les autres animaux, les humains ont une longue histoire d'évolution avec les maladies infectieuses. De nombreuses formes de notre immunité comportementale, comme la sensation de dégoût dans des environnements sales, en résultent probablement.

Mais, contrairement aux autres animaux, les humains d'aujourd'hui disposent de nombreux atouts quand les épidémies frappent à leur porte. Par exemple, nous pouvons désormais nous informer les uns les autres, d'un bout à l'autre de la planète, et en un instant, de toute menace épidémique. Cette capacité nous permet d'instituer une distanciation sociale avant que la maladie n'apparaisse chez nous – une stratégie qui a sauvé de nombreuses vies. Nous disposons de plateformes de communication numérique avancées (courrier électronique, conversations vidéo...) qui nous permettent de garder nos distances physiques tout en maintenant certaines relations sociales. Les autres animaux perdent tout lien social en se mettant à distance.

Mais le plus grand avantage de l'humain est sans doute sa capacité à développer des outils non comportementaux élaborés, tels que les vaccins, qui le protègent de la maladie sans induire d'adaptations comportementales coûteuses. La vaccination permet de maintenir une vie sociale riche et interactive en dépit des maladies contagieuses comme la polio-myélite et la rougeole qui, autrement, nous auraient décimés.

Toutefois, quand il s'agit d'enrayer de nouvelles maladies comme le Covid-19, nous sommes plus ou moins dans le même bateau que les autres animaux. Ici, comme dans la nature, les comportements qui ont fait leurs preuves, tels que la distanciation sociale, demeurent les outils les plus efficaces jusqu'à ce que des vaccins ou des traitements soient développés. Mais à l'instar des autres animaux, nous nous devons d'être stratégiques. Comme les mandrills et les fourmis, nous pouvons maintenir les interactions sociales les plus essentielles, mais rester à distance des personnes les plus vulnérables que nous risquons d'infecter accidentellement. Le succès de la langouste contre le virus dévastateur dans les Caraïbes montre que la distanciation sociale, malgré des coûts élevés à court terme, est rentable à long terme pour la survie de l'espèce. Aussi contre nature que cela puisse paraître, nous n'avons, ici, qu'à suivre l'exemple de la nature. ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Poirotte et M. J. E. Charpentier, **Unconditional care from close maternal kin in the face of parasites**, *Biology Letters*, vol. 16, 20190869, 2020.

J. F. Stephenson, **Parasite-induced plasticity in host social behaviour depends on sex and susceptibility**, *Biology Letters*, vol. 15, 20190557, 2019.

N. Stroeymeyt et al., **Social network plasticity decreases disease transmission in a eusocial insect**, *Science*, vol. 362, pp. 941-945, 2018.

M. J. Butler et al., **Behavioral immunity suppresses an epizootic in Caribbean spiny lobsters**, *PLoS One*, vol. 10(6), e0126374, 2015.

M. Zylberberg et al., **House finches (*Carpodacus mexicanus*) balance investment in behavioural and immunological defences against pathogens**, *Biology Letters*, vol. 9, 20120856, 2013.

J. R. Anderson et D. C. Behringer, **Spatial dynamics in the social lobster *Panulirus argus* in response to diseased conspecifics**, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 474, pp. 191-200, 2013.

L'ESSENTIEL

> Les neutrinos existent en trois « saveurs ». Certaines expériences laissent aujourd'hui entrevoir la possibilité d'une quatrième saveur – un neutrino dit « stérile », insensible aux interactions fondamentales autres que la gravitation.

> Si les neutrinos stériles existent, ils pourraient fournir une piste pour aller au-delà du modèle standard de la

physique des particules et pour comprendre le « secteur sombre » de l'Univers, c'est-à-dire la matière noire et l'énergie sombre.

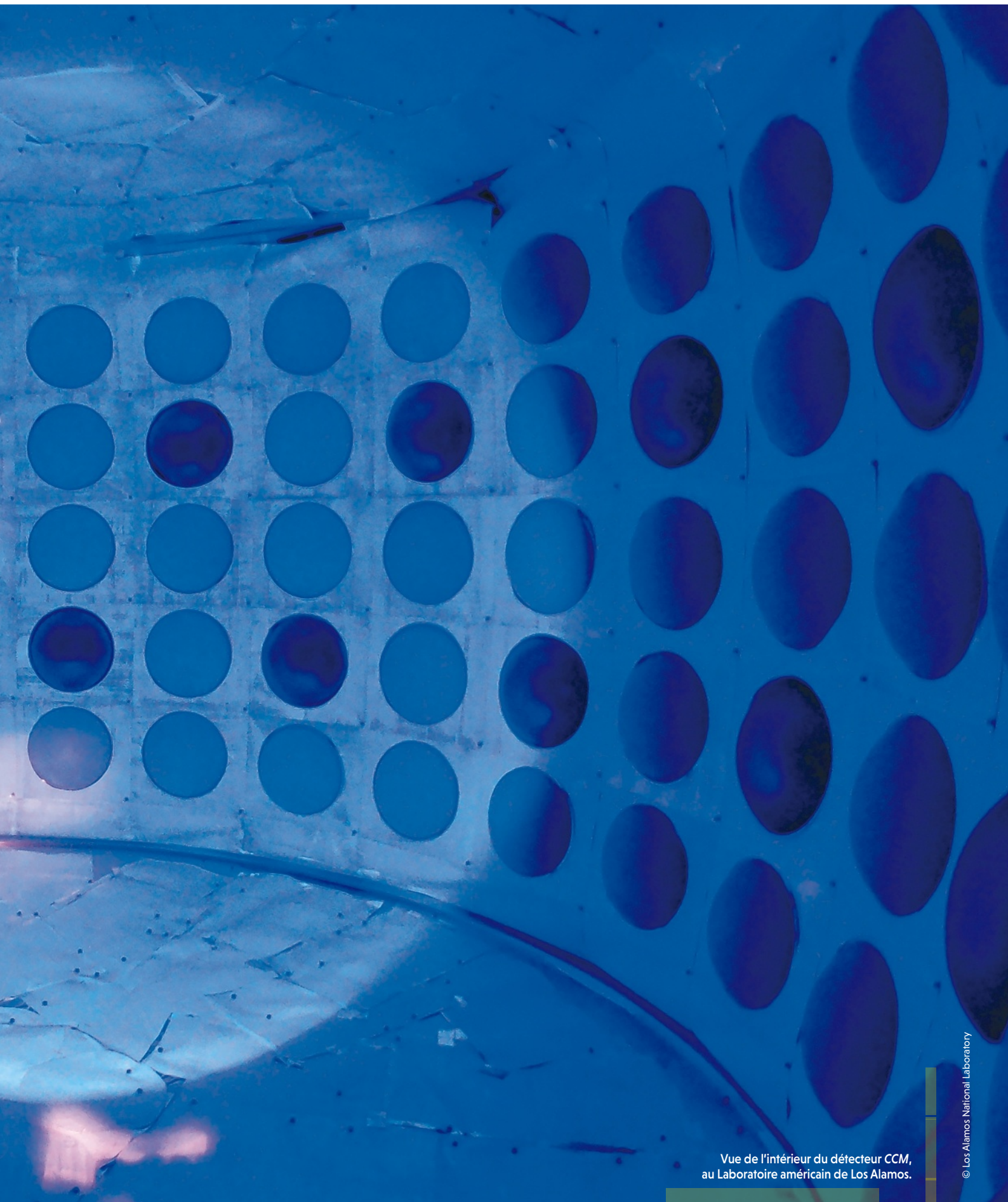
> Plusieurs expériences, notamment avec le détecteur GCM au Laboratoire américain de Los Alamos, sont conçues pour tester l'hypothèse de l'existence de neutrinos stériles.

LES AUTEURS

WILLIAM CHARLES LOUIS et RICHARD VAN DE WATER sont **physiciens** au **Laboratoire national de Los Alamos (LANL)**, dans le **Nouveau-Mexique**, aux **États-Unis**

À la recherche du neutrino stérile

Les neutrinos existent en trois variétés. Seulement ? Des indices suggèrent l'existence d'une quatrième. Cette hypothétique particule permettra-t-elle d'éclairer la question de la matière noire et de l'énergie sombre ?



Vue de l'intérieur du détecteur CCM,
au Laboratoire américain de Los Alamos.

© Los Alamos National Laboratory

Les physiciens venus assister à notre présentation lors de la Conférence internationale de 2010 sur les neutrinos, à Athènes, s'attendaient sans doute à ce que nous enterrions définitivement les résultats controversés que nous avions annoncés une décennie auparavant. Au lieu de cela, notre prestation fut accueillie par un silence gêné.

L'histoire commence en 1996, lorsque nous publiâmes des données obtenues à l'aide du LSND (scintillateur liquide pour la détection des neutrinos) au Laboratoire de Los Alamos. Ces résultats semblaient remettre en question l'assertion largement admise selon laquelle il n'existe que trois types ou « saveurs » de neutrinos – ces minuscules particules omniprésentes qui traversent sans encombre la matière. Les données suggéraient qu'il pourrait exister une quatrième saveur de neutrino encore à détecter. Cependant, une autre expérience similaire menée en Europe, *Karman*, avec une sensibilité comparable, ne révélait rien d'anormal.

La communauté scientifique se montra sceptique et, il faut être juste, les données préliminaires des expériences visant à reproduire nos résultats suggéraient qu'ils étaient erronés, c'est-à-dire qu'il n'y avait finalement pas de quatrième saveur de neutrino. Ce jour-là, à Athènes, l'auditoire s'attendait donc logiquement à ce que nous enfoncions le dernier clou dans le cercueil des faux signaux du LSND. Ce que nous annonçâmes au contraire, c'est qu'avec le temps, les indices en faveur de l'existence de la quatrième saveur de neutrinos sont devenus plus convaincants.

Certes, nous n'avions pas découvert la particule. Mais les travaux que nous présentions, réalisés dans le cadre de l'expérience *MiniBooNE*, au Fermilab de Batavia, dans l'Illinois, suggéraient que quelque chose est erroné dans notre modèle actuel de la physique des particules. Nous affirmions qu'une des solutions les plus vraisemblables était l'existence d'un nouveau neutrino – un neutrino dit « stérile », parce que incapable d'interagir de quelque manière que ce soit avec la matière excepté *via* la gravitation. Au cours des dix ans qui ont suivi notre présentation en Grèce, les données de *MiniBooNE* n'ont fait qu'appuyer davantage les arguments en faveur de cette quatrième saveur de neutrino.

Nous sommes désormais certains d'observer quelque chose qui dépasse le cadre de la physique connue, et les neutrinos stériles figurent parmi les favoris pour l'expliquer. L'idée que nos expériences pourraient être en train de détecter un quatrième neutrino reste cependant controversée, parce que le modèle standard de la physique des particules est l'une des théories les mieux testées et confirmées de

l'histoire... et qu'il n'autorise que trois saveurs de neutrinos.

Cependant, nous savons pertinemment que le modèle standard est incomplet puisqu'il n'explique ni la matière noire ni l'énergie sombre, entités qui semblent pourtant constituer l'essentiel du contenu de l'Univers. Or une nouvelle saveur de neutrino pourrait bien être le chaînon manquant entre la physique connue et ce royaume obscur. Après des décennies d'incertitude, les physiciens mettent enfin sur pied de nouveaux projets expérimentaux, dont notre détecteur CCM (ou *Coherent Captain-Mills*), grâce auxquels ils résoudreont peut-être le problème.

LE PLUS FANTOMATIQUE DES NEUTRINOS

Les neutrinos sont des particules fantomatiques. Ils sont ainsi des milliers de milliards à traverser votre corps à chaque seconde, presque à la vitesse de la lumière. Mais le neutrino stérile serait le plus fantomatique de tous. Insensible aux interactions faible, forte et électromagnétique auxquelles sont soumises les autres particules, il serait indétectable. De ce fait, il serait un composant ce que les physiciens nomment le « secteur sombre », auquel appartiennent la matière noire et l'énergie sombre, qui constituent 95 % de la densité d'énergie de l'univers. Il se pourrait que les neutrinos stériles soient capables d'interagir avec la matière noire *via* de nouvelles forces de la nature. Ces particules pourraient même être une composante de la matière noire : selon certaines hypothèses, des neutrinos stériles (de

Ce neutrino est dit «stérile» car il n'interagit pas, sauf via la gravitation

masse cependant supérieure à celle des neutrinos recherchés par *MiniBooNE* et CCM) représenteraient une fraction appréciable, voire l'essentiel, de la matière invisible du cosmos.

L'existence des neutrinos stériles ne serait que la dernière d'une longue série de surprises venant de cette intrigante famille de particules. La première date des années 1960, lorsque des