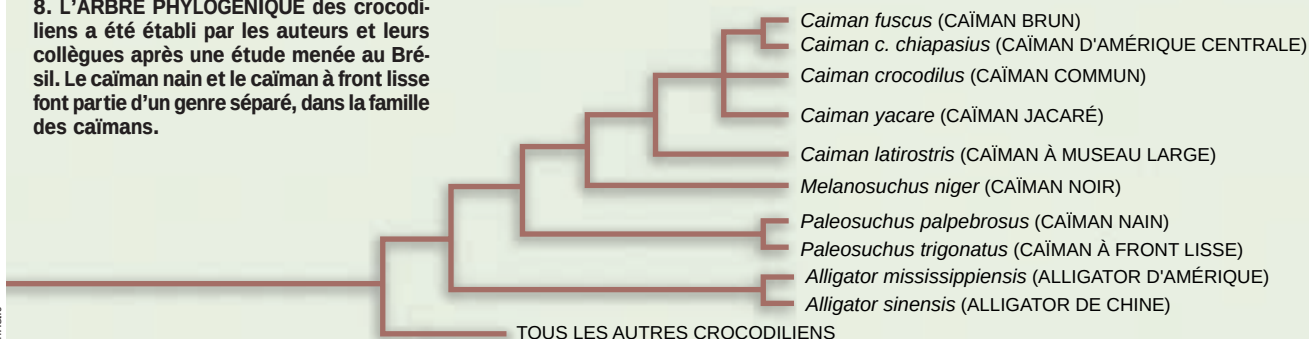


8. L'ARBRE PHYLOGÉNIQUE des crocodiliens a été établi par les auteurs et leurs collègues après une étude menée au Brésil. Le caïman nain et le caïman à front lisse font partie d'un genre séparé, dans la famille des caïmans.

Bryan Christie



généralement commercialisés avant d'avoir atteint 1,5 mètre.

Le commerce des crocodiliens d'élevage devrait être une source de revenus qui seraient en partie réutilisés pour la préservation de la nature, mais les pays qui, jusqu'à présent, se préoccupaient peu de la biodiversité changeront-ils leurs habitudes du jour au lendemain ? Les investisseurs doivent nourrir, soigner et élever une couvée pendant trois ans environ, jusqu'à ce que les animaux aient une taille suffisante pour le marché ; ils sont alors bénéficiaires en les vendant 300 francs. Toutefois, les écologistes doutent que les revenus de la vente des peaux servent à la préservation de l'habitat et des populations sauvages.

Lorsqu'une espèce interdite à la vente est commercialisée, le marché se développe. En l'absence de législation claire et de contrôles internationaux efficaces, on cherche surtout à endiguer la fraude. Le caïman noir, particulièrement menacé et élevé dans des fermes en Équateur, sera vraisemblablement bientôt admis dans le circuit commercial international, et l'on sera alors incapable de maîtriser le trafic des peaux de caïmans noirs de contrebande provenant d'animaux sauvages bon marché. Ces animaux se reproduisent lentement, ils sont faciles à tuer et ne vivent que dans des habitats très spécifiques ; une fois qu'ils en ont été retirés, ils y retournent rarement. Lorsque ce commerce commença, les populations sauvages de cette espèce devront être étroitement protégées, mais aucun programme de surveillance n'a encore commencé.

Quand un pays autorise l'élevage d'animaux sauvages, tous les fonds disponibles sont consacrés à l'activité de fermage, mais l'habitat n'est pas toujours préservé. Seuls sont protégés les animaux qui ont une valeur

commerciale, mais on oublie les autres composantes de l'écosystème dont ils font partie. En Chine, par exemple, l'élevage de l'alligator de Chine a commencé en 1979, mais si cet élevage est aujourd'hui florissant, l'alligator sauvage disparaît progressivement (il reste moins de 1 000 animaux sauvages). De surcroît, la population sauvage ne pourra être régénérée par la population d'élevage, car l'habitat naturel a été totalement détruit.

En théorie, une espèce particulièrement menacée pourrait être élevée dans des fermes et, ensuite, remise en liberté. Cela s'est produit en Inde, où les populations de crocodiles marins, de crocodiles des marais et de gavials ont été ainsi reconstituées. Toutefois, en Inde, les lois qui protègent les animaux sauvages et les réserves naturelles et interdisent le commerce des crocodiliens sont souvent mieux respectées que dans d'autres pays.

Question de science

La recherche sur la biologie des crocodiles est encouragée par les propriétaires d'élevages et, surtout, par les industriels du cuir. La recherche fondamentale dépend presque exclusivement des subventions de l'industrie, et l'on s'interroge : les chercheurs auront-ils suffisamment d'indépendance pour que les espèces menacées soient préservées efficacement ?

Selon les industriels, l'exploitation accrue d'une espèce favorisera leur protection. Ainsi, un quota annuel d'exportation de 600 000 peaux de caïmans a été accordé à la Colombie, qui en produit aujourd'hui environ 450 000 (surtout *Caiman fuscus*) : la Colombie pourra augmenter ses exportations de caïmans grâce à la production des élevages.

Depuis le milieu des années 1980, les industriels du cuir de crocodiliens

ont multiplié leurs efforts pour que le caïman Jacaré soit supprimé de la liste des espèces menacées (il y a été placé en 1973, et son commerce a été interdit aux États-Unis). Leurs premières tentatives ont échoué, mais ils poursuivent leurs efforts en utilisant des arguments plus ou moins fallacieux, alors même que nous avons démontré que les populations sauvages de Jacaré (et des autres espèces de caïmans) continuent à diminuer.

Tandis que les professionnels veulent que toutes les espèces de crocodiliens soient commercialisables, on ne sait toujours pas reconnaître la peau d'un animal élevé en toute légalité et la peau d'une bête sauvage «protégée» qui a été assommée pendant qu'elle dormait au soleil près d'une mare. Les caïmans sauvages d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale risquent de devenir bientôt des reliques présentées dans les musées sous forme de porte-monnaie.

Peter BRAIZATIS est un herpétologue de la Société pour la conservation de la nature, à New York, depuis 43 ans. Myrna WATANABE, sa femme, étudie le comportement des animaux. George AMATO dirige le département de génétique de la Société pour la conservation de la nature.

Peter BRAZAITIS, *Reptile Leather Trade: The Forensic Science Examiner's Role in Litigation and Wildlife Law Enforcement*, in *Journal of Forensic Science*, vol. 31, pp. 621-629, 1986.

Crocodiles and Alligators, sous la direction de Charles A. Ross, Facts on File, 1989.

George H. REBÊLO, Carlos YAMASHITA, Elizabeth A. ODIERNA et Myrna E. WATANABE, *Threats to Brazilian Crocodilian Populations*, in *Oryx*, vol. 30, n° 4, pp. 275-284, 1996.

La condensation de Bose-Einstein

ERIC CORNELL • CARL WIEMAN

La concrétisation d'un vieux rêve de physiciens rapprochera le monde quantique de notre vie quotidienne.

En juin 1995, nous avons réussi à créer une minuscule gouttelette aux propriétés remarquables. En refroidissant 2 000 atomes de rubidium à une température inférieure à 100 milliardièmes de degré au-dessus du zéro absolu (100 milliardièmes de kelvin), nous avons fait perdre aux atomes leur individualité : ayant toutes leurs propriétés identiques, mouvement compris, ils se sont alors comportés comme un unique «superatome». Ce condensat de Bose-Einstein, où les atomes se meuvent à l'unisson, ressemble à un faisceau laser, où les photons forment un paquet homogène.

Notre condensat, dont la durée de vie n'excéda pas dix secondes, était la confirmation expérimentale d'une prévision théorique faite il y a 70 ans par Albert Einstein et par Satyendranath Bose. À température ordinaire, les atomes d'un gaz dans un récipient bougent constamment ; certains ont une énergie élevée et une grande vitesse, tandis que d'autres ont une énergie faible. En poursuivant le travail de Bose, Einstein a montré que, dans un échantillon d'atomes suffisamment refroidis, une grande partie d'entre eux s'accumule dans l'état d'énergie minimale. Ils sont alors tous décrits par la même fonction d'onde atomique, c'est-à-dire qu'ils ont tous les mêmes propriétés physiques (position, vitesse, etc.).

L'obtention du premier condensat de Bose-Einstein passionna les physiciens. Si les esprits furent d'abord marqués par l'achèvement d'une longue quête et par la confirmation expérimentale de la prévision d'Einstein, la condensation de Bose-Einstein fascine aujourd'hui parce qu'elle est une fenêtre macroscopique sur le monde

étrange de la mécanique quantique. Cette théorie stipule que les particules élémentaires, tels les électrons, se comportent, selon les cas, comme des particules ou comme des ondes ; elle décrit des comportements qui échappent à l'intuition.

Les effets quantiques sont rarement observables dans les systèmes macroscopiques, parce que les aspects ondulatoires sont masqués par les contributions mutuellement incohérentes des innombrables particules qui constituent la matière. En revanche, dans un condensat de Bose-Einstein, les contributions ondulatoires de tous les atomes sont exactement en phase. Les ondes quantiques s'étendent alors dans tout l'échantillon et deviennent visibles à l'œil nu. Le microscopique est ainsi rendu macroscopique.

Nouvel éclairage sur de vieux paradoxes

L'obtention de condensats de Bose-Einstein éclaire d'un jour nouveau de vieux paradoxes de la mécanique quantique. Par exemple, lorsque deux atomes sont dans un même état quantique, comme c'est le cas dans un condensat, aucune mesure ne permet de les discerner. Les deux atomes occupent le même volume de l'espace, se déplacent à la même vitesse, diffusent la lumière de la même façon, etc.

Notre expérience quotidienne, qui nous met en contact seulement avec la matière à température ordinaire, ne nous permet pas de comprendre cette situation quantique paradoxale : aux températures et aux échelles de longueur de notre vie quotidienne, on peut décrire l'état d'un système par

1. CE PIÈGE ATOMIQUE refroidit et piège les atomes par deux mécanismes mis en œuvre successivement. D'abord, six faisceaux laser (*en rouge*) refroidissent les atomes, qui sont initialement à température ambiante, en les regroupant au centre de la cellule de verre où l'on a fait le vide. Ensuite, on éteint les faisceaux laser et l'on met sous tension les bobines magnétiques (*de couleur cuivre*). Le courant circulant dans les bobines crée un champ magnétique qui augmente le confinement de la plupart des atomes, les autres atomes (les plus énergiques) s'échappant du piège. Puis, à mesure des chocs dans le piège, l'énergie des atomes piégés se redistribue. Comme l'énergie moyenne a diminué, les atomes se sont refroidis. Ce mécanisme conduit progressivement à l'accumulation d'un grand nombre d'atomes dans l'état d'énergie minimale autorisée par les lois de la mécanique quantique. Ces atomes forment alors une seule entité : le condensat de Bose-Einstein.

Michael Goodman

la position et la vitesse de chacun de ses éléments. Par exemple, le tirage du loto n'est possible que parce que l'on peut discerner les balles numérotées qui rebondissent dans un tambour en rotation et sortent les unes après les autres dans une rigole.

Toutefois, aux très basses températures ou aux petites échelles de longueur, la mécanique classique ne décrit plus correctement le phénomène. Les atomes ne se comportent pas comme des boules de loto. On ne peut pas connaître la position exacte de chaque atome, qu'il vaut mieux se représenter comme une tache aux contours flous. Cette tache – que l'on nomme un

paquet d'ondes – est la région de l'espace où la probabilité de trouver l'atome est maximale. Lorsque l'on refroidit des atomes, la taille de leur paquet d'ondes augmente. Tant que les paquets d'ondes restent séparés, on peut, du moins en principe, distinguer les positions des atomes, mais, lorsque la température est suffisamment basse, les paquets d'ondes des atomes se recouvrent ; les atomes se «condensent» dans l'état d'énergie minimale, et les différents paquets d'ondes fusionnent en un seul paquet macroscopique. Les atomes subissent ainsi une crise d'identité quantique : ils deviennent mutuellement indiscernables.

Quelle différence entre l'engouement actuel pour ces condensats et le scepticisme qui avait suivi la prédiction d'Einstein en 1925! C'est probablement parce qu'on ne savait pas atteindre les très basses températures nécessaires que la condensation prédite avait semblé une curiosité douteuse ou, au mieux, sans intérêt physique : les régions les plus froides de l'espace intergalactique n'étaient-elles pas des millions de fois trop chaudes pour y observer la condensation de Bose-Einstein?

Toutefois, dans les décennies qui ont suivi la prévision théorique, la condensation de Bose-Einstein est

