

dinosaures aux longues jambes, très différents des amphibiens, des lézards et des crocodiles. Plus rapides que ces animaux avec lesquels ils concourraient, ces boules d'énergie ont alors conquis de nouvelles niches écologiques.

La petite taille des oiseaux – qui n'a rien à voir avec celle, massives, de *T. rex* et compagnie – est elle aussi apparue au sein de lignées bien antérieures aux oiseaux. Mike Lee, de l'université Flinders en Australie, et Roger Benson, de l'université d'Oxford, ont établi indépendamment que la gracilité et la petite taille des oiseaux sont le résultat d'une réduction progressive, qui a débuté avec les maniraptorien et a duré plus de 50 millions d'années.

On ne sait pas exactement ce qui l'a déclenchée, mais une possibilité serait que le rapetissement des dinosaures à plumes leur ait donné accès à de nouvelles niches écologiques – arbres, broussailles, peut-être même grottes ou terriers – inaccessibles aux géants tels que *Brontosaurus* et *Stegosaurus*.

On peut également faire remonter aux dinosaures certains traits neurologiques et comportementaux des oiseaux actuels. De nombreuses étapes clés de l'histoire de ces traits ont été découvertes dans le désert de Gobi, en Mongolie. Au cours du dernier quart de siècle, une équipe conjointe du Muséum américain d'histoire naturelle et de l'Académie mongole des sciences, dirigée notamment par Mark Norell et par Mike Novacek, a rassemblé de nombreux fossiles significatifs à cet égard.

La plupart remontent au Crétacé supérieur, il y a entre 84 millions et 66 millions d'années. Ils livrent un nombre exceptionnel de détails sur la vie des dinosaures et des premiers oiseaux. On trouve notamment toute une série de crânes bien conservés de *Velociraptor* et d'autres maniraptorien à plumes. Réalisées par Amy Balanoff de l'université Stony Brook, les tomographies à rayons X de ces spécimens révèlent que ces espèces avaient un volumineux cerveau dont la partie antérieure était étendue.

Le gros prosencéphale des oiseaux est ce qui explique leurs remarquables capacités cognitives. C'est en son sein que se loge l'« ordinateur de vol », en

d'autres termes les circuits neuronaux grâce auxquels les oiseaux contrôlent si bien leurs déplacements dans les trois dimensions. Les chercheurs ignorent encore pourquoi les maniraptorien ont acquis plus d'intelligence, mais les fossiles montrent clairement que cela s'est produit bien avant l'apparition du vol.

Le plan d'organisation des oiseaux s'est donc construit en de nombreuses petites étapes. La transition entre dinosaures et oiseaux ne s'est pas produite d'un seul coup, mais plutôt au cours de dizaines de millions d'années d'évolution graduelle.

Cette transition a d'ailleurs été si progressive qu'il n'existe pas de distinction claire entre « oiseaux » et « non-oiseaux ». C'est ce que j'ai mis en évidence en 2014 pendant ma thèse de doctorat (sous la direction de Mark Norell) par des techniques statistiques. En plus de ses 25 ans de recherche dans le désert de Gobi, Mark Norell a travaillé avec plusieurs vagues d'étudiants de troisième cycle pour établir de façon de plus en plus détaillée les arbres de parenté des dinosaures.

Avec nos collègues Greene Lloyd, de l'université de Leeds en Angleterre, et Steve Wang, du Swarthmore College, Mark Norell et moi avons compilé les données concernant plus de 850 caractéristiques du squelette de quelque 150 théropodes qui couvrent la transition dinosaures-oiseaux. Nous avons ensuite utilisé les statistiques à variables multiples pour placer chaque espèce dans un espace morphologique – une carte qui regroupe les espèces en fonction des pourcentages de traits communs.

Sur une telle carte, deux espèces très semblables anatomiquement se retrouvent très proches l'une de l'autre, comme Paris et Créteil sur une carte géographique; deux espèces aux squelettes très différents se retrouvent loin l'une de l'autre, comme Paris et Strasbourg sur la même carte. Si les oiseaux ont évolué par une série de mutations rapides et spectaculaires à partir de certains dinosaures, alors les deux groupes auraient dû se retrouver sur deux zones distinctes de la carte. Au lieu de cela, l'espace morphologique que nous avons obtenu s'est révélé beaucoup plus désordonné: les oiseaux s'y trouvaient

**La gracilité
et la petite taille**
des oiseaux sont le résultat
d'une réduction
progressive, qui a duré plus
de 50 millions d'années

dispersés au milieu d'un grand nuage de dinosaures. Aucune démarcation nette n'étant perceptible, on en déduit que la transition entre oiseaux et dinosaures a été lente au point d'en être imperceptible.

Les oiseaux sont donc un groupe particulier de dinosaures. Si, il y a quelque 125 millions d'années, je m'étais trouvé en ce lieu qui allait devenir Jinzhou, en train d'observer *Zhenyuanlong* battre frénétiquement des ailes pour essayer d'échapper au nuage de cendres volcaniques qui allait l'ensevelir, il m'aurait fait l'impression d'un grand oiseau.

Dans le même temps, j'aurais pensé que dinosaures et oiseaux sont en gros des animaux du même type. Le fait que l'on classe *Zhenyuanlong* parmi les dinosaures et non parmi les oiseaux est affaire de convention : pour les paléontologues, les oiseaux font traditionnellement partie du clade de l'*Archaeopteryx* de Huxley – en d'autres termes, de petits animaux dotés d'ailes pleinement évoluées et aptes au vol. Puisque les dromæosauridés, dont fait partie *Zhenyuanlong*, occupent une branche extérieure de l'arbre de parenté des oiseaux, on tend à penser qu'ils n'en font pas partie.

Nous ne devrions cependant pas sous-estimer les oiseaux. Oui, ce sont bien des dinosaures ; non, ils ne constituent pas une classe à part. Toutefois, ce sont des dinosaures remarquables, et ils ont adopté un mode de vie qui les a fait prospérer. Les quelque 10 000 espèces actuelles d'oiseaux représentent en effet une spectaculaire diversité de formes, qui va des oiseaux-mouches aux autruches. Qui plus est, les oiseaux ont été capables de survivre aux catastrophes de la fin de Crétacé, il y a quelque 66 millions d'années, ce qui n'a pas été le cas des autres dinosaures.

Il est fascinant de penser que, bien avant les oiseaux, un grand nombre de sélections et d'adaptations ont été à l'œuvre des dizaines de millions d'années durant, dont sont issus les théropodes non aviens, puis les théropodes aviens (les oiseaux). Si quelqu'un parmi nous avait pu être témoin de ce long processus évolutif, il n'aurait pas vu venir le fait que l'accumulation de traits aidant ces dinosaures à garder la chaleur de leur corps ou à attirer un partenaire sexuel conduirait un jour à des organismes volants.

L'évolution n'a pas d'objectif ; elle n'agit que sur ce qui est disponible sur

le moment, elle est influencée par les incessantes et toujours changeantes pressions de l'environnement et de la compétition. Il n'y a pas eu de moment où un dinosaure est devenu oiseau, une sorte d'explosion biologique qui aurait transformé un *T. rex* en poule.

La longue évolution qui a abouti aux oiseaux se compare davantage à une épopée qu'à une rupture. Il en va de même pour le long processus qui a conduit de certains poissons à quatre nageoires aux tétrapodes (à quatre membres) terrestres que nous sommes. Dotés de doigts, les tétrapodes ont donné des formes aussi différentes que les mammifères terrestres, dont certains se sont transformés en baleines, et les primates arboricoles, dont certains se sont transformés en humains bipèdes. Plus les chercheurs en apprennent sur les transitions évolutives majeures, plus ils concluent qu'elles n'ont rien d'un sprint et tout du marathon.

L'évolution des oiseaux, une longue saga

L'évolution des oiseaux est donc une saga, dont un aspect supplémentaire mérite d'être mentionné. L'étude statistique que nous avons effectuée pourrait aussi expliquer comment les oiseaux ont survécu à l'extinction de masse qui a emporté tous les dinosaures, sauf eux, à la fin du Crétacé. Une partie de notre travail a consisté à mesurer la vitesse à laquelle les caractéristiques du squelette des oiseaux et de leurs cousins dinosaures ont changé, ce qui est un reflet de leur vitalité évolutive.

Les résultats nous ont plus que surpris : les premiers oiseaux qui côtoyaient les autres dinosaures évoluaient extrêmement vite, nettement plus que *Velociraptor*, *Zhenyuanlong* et les autres espèces de dinosaures non aviens. Il semble qu'avec l'apparition du premier petit dinosaure capable de voler, un énorme potentiel évolutif s'est débloqué. Désormais, les dinosaures se déplaçant dans les trois dimensions de l'espace avaient accès à une myriade de nouvelles niches écologiques. Et alors que leurs cousins terrestres n'ont pu faire face aux catastrophes de la fin du Crétacé, les oiseaux ont traversé en volant les régions ravagées – et ont trouvé tout un nouveau monde, vidé de ses anciens habitants, à conquérir. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

J. Lü et S. L. Brusatte, A large, short-armed, winged dromaeosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the early Cretaceous of China and its implications for feather evolution, *Scientific Reports*, vol. 5, article 11775, 2015.

S. L. Brusatte et al., Gradual assembly of avian body plan culminated in rapid rates of evolution across the dinosaur-bird transition, *Current Biology*, vol. 24(20), pp. 2386-2392, 2014.

R. Prum et A. Brush, Les plumes de dinosaures, *Dossier Pour la Science* n° 48, juillet-septembre 2005.



Abonnez-vous à

POUR LA
SCIENCE

OFFRE DÉCOUVERTE
12 n^{os} par an
4,90€
PAR MOIS
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'Industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

PAS475

☒ **OUI**, je m'abonne à **Pour la Science** formule Découverte.
Je règle par prélèvement automatique de 4,90€ par mois et
je complète l'autorisation ci-contre. **J'économise 24% par mois.**
(DPV4E90)

MES COORDONNÉES

Nom : _____
Prénom : _____
Adresse : _____

Code postal : _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____

@ _____

J'accepte de recevoir les informations de *Pour la Science* ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/08/2017 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à *Pour la Science*. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre.

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) : _____

IBAN _____
(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier : Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse - 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

Joindre un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire