

Explorer l'Univers profond avec *James Webb*

Le télescope spatial *James Webb* a été conçu pour regarder plus loin en arrière dans l'histoire cosmique que l'Observatoire *Hubble*. Ses détecteurs infrarouges scrutent aussi de plus près les poutres d'étoiles de notre Galaxie, ainsi que des objets sombres du Système solaire. En cinq ans, la mission cherchera à répondre à quatre questions principales :

❶ Comment l'âge sombre s'est-il terminé ? Le télescope *James Webb* devrait apercevoir les premières générations d'étoiles qui ont commencé à percer le brouillard opaque d'hydrogène neutre baignant l'Univers, environ 180 millions d'années après le Big Bang.

❷ Comment les galaxies se forment-elles ? Les images du télescope *James Webb* montreront comment

les galaxies ont grandi au sein de halos de matière noire invisible qui, avec les trous noirs centraux, présidaient à leur formation.

❸ Comment les étoiles et les planètes sont-elles créées ? Le Soleil est né dans un nuage de poussière et de gaz, et les planètes au sein d'un disque de matière tournant autour de la nouvelle étoile. Le télescope va préciser ces processus

en regardant en profondeur dans des nuages de poussière où les étoiles sont en train de se former.

❹ La vie pourrait-elle exister ailleurs ? Le télescope *James Webb* étudiera les systèmes planétaires autour d'étoiles proches, ainsi que des comètes et des astéroïdes primitifs du Système solaire, pour y déceler des indices sur la façon dont la vie a pu émerger.

✓ SUR LE WEB

Le site du *James Webb Space Telescope* à la NASA :
<http://www.jwst.nasa.gov/index.html>

Vidéos du déploiement du télescope :
<http://www.youtube.com/user/NASAJWebbTelescope#p/u/0/sihF1q8rWh4>

chambre à vide refroidie à 25 kelvins. Dans de telles conditions, le métal subit d'infimes déformations que les ingénieurs cartographient avec précision. Les éléments retournent alors en Californie, où est effectué un polissage de finition qui annulera les déformations subies par le béryllium dans le froid intense de l'espace.

Cette valse lente des éléments de miroir est en marche depuis décembre 2009. En août 2010, un panneau était terminé, et une demi-douzaine d'autres en étaient aux étapes finales de polissage. Les 18 éléments (et trois de rechange) devraient être livrés à la NASA d'ici la mi-2011.

Ne pas revivre les affres de *Hubble*

Les ingénieurs de *Tinsley* ont forcément à l'esprit le terrible défaut du télescope spatial *Hubble* : à la suite d'une erreur de mesure, son miroir avait été poli avec une mauvaise forme, ce qui le rendait aveugle. Une mission de la *Navette spatiale* avait permis d'installer des miroirs correctifs, sauvant ainsi la mission *Hubble*. Rien de tel ne sera possible avec l'Observatoire *James Webb*.

Lors des changements d'orientation du télescope dans l'espace, des gradients thermiques entraîneront des déformations minimes du miroir. Mais, contrairement aux autres observatoires spatiaux, le miroir du télescope *James Webb* sera ajustable et pourra compenser ces changements. Pour s'assurer que son miroir reste bien focalisé, de petites lentilles installées dans les instruments du télescope créeront des images floues, reproduisant les aberrations qui avaient frappé *Hubble*. Après analyse de ces images, sept minuscules moteurs à l'arrière de chaque élément de miroir seront activés. Chacun peut pousser ou tirer sur le miroir avec une précision de dix nano-

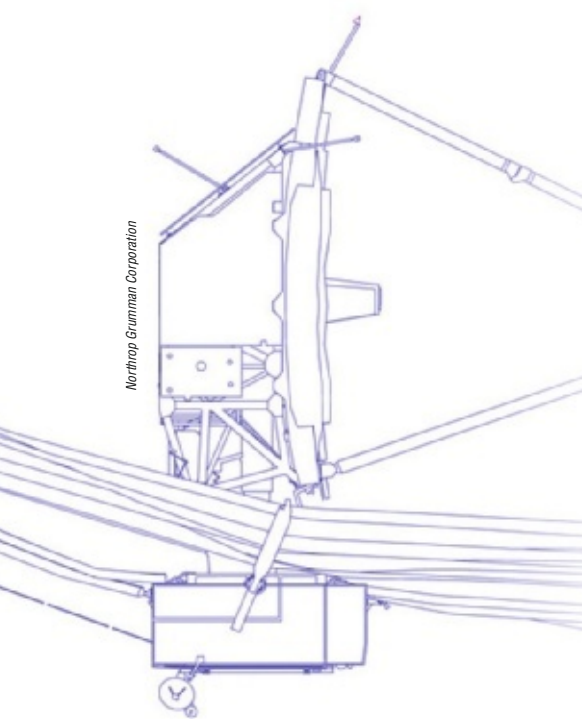
mètres. De quoi contrôler précisément la courbure de chaque panneau et sa position par rapport aux hexagones voisins. Le centre de contrôle recalibrera ainsi le miroir toutes les deux semaines environ.

Bien sûr, le télescope doit d'abord se déployer correctement. En particulier, deux « abattants » repliés, comportant chacun trois éléments du miroir, doivent bien se disposer pour compléter la surface réfléchissante. Un trépied doit également se déplier pour placer le miroir secondaire de 75 centimètres de diamètre à sept mètres au-dessus du centre du miroir principal.

Mais la manœuvre qui inquiète le plus les ingénieurs, c'est l'ouverture de l'énorme bouclier solaire, de 11 mètres de large sur 19 de long. S'il ne fonctionne pas, la chaleur du rayonnement solaire rendra les instruments aveugles à la plupart de leurs cibles. Le bouclier ressemble à un empilement de cinq papiers de bonbon étalés, chacun grand comme un terrain de volley-ball. Le fournisseur de la NASA *Northrop Grumman* a déjà conçu des satellites avec des antennes géantes qui se déploient, mais du point de vue mécanique, le télescope spatial *James Webb* sera la mission de ce type la plus complexe jamais tentée.

Pour rajouter au stress, aucune chambre à vide n'est assez grande pour tester le bouclier complet avant le lancement. Pour limiter les coûts, la NASA a pris le risque de tester chacun des composants critiques de l'observatoire, mais jamais l'ensemble.

Pour l'heure, les scientifiques sont focalisés sur la construction du télescope et de ses instruments. Mais ils ne peuvent pas s'empêcher d'anticiper ce qui se passera après le lancement en 2014. Pour Lee Feinberg, responsable des éléments optiques du télescope *James Webb*, « c'est la contribution de notre génération à la civilisation ».



le KANGOUROU des MATHS a 20 ANS !



jeudi 17 mars 2011

LE PLUS GRAND JEU-CONCOURS SCOLAIRE DU MONDE
SIX MILLIONS D'ÉLÈVES !

LE PRIX ERDÖS (2004)

LE PRIX D'ALEMBERT (1994)

L'engagement des enseignants
Le soutien des institutions

Le plaisir des élèves
Fête des maths !

Le Kangourou
des mathématiques
est au programme
prévisionnel des
actions éducatives
2010-2011



- Pour tous, écoliers, collégiens, lycéens :
le jeu-concours + 32 pages de mathématiques en couleurs !
- À gagner (plus d'un élève sur cinq) :
des livres, des médailles, des jeux, et 100 séjours-voyages.

**Association
Kangourou Sans Frontières**
12 rue de l'épée de bois 75005 Paris
www.mathkang.org

Paléontologie

Gareth Dyke

Des canards au temps des dinosaures

On a longtemps pensé que les oiseaux modernes n'étaient apparus qu'après l'extinction des dinosaures, il y a 65 millions d'années. Leurs gènes et de nouveaux fossiles indiquent qu'ils étaient en fait contemporains des dinosaures.





Moscou, décembre 2001 ; la température a chuté au-dessous de -15°C . Les radiateurs du café étant froids, j'y suis assis en gants et manteau devant une vodka, et je réfléchis aux oiseaux. Evgeny Kurochkin, de l'Académie russe des sciences, et moi-même venons de sortir du muséum de Moscou. Nous y étudions les fossiles d'oiseaux retrouvés en Mongolie par des expéditions soviéto-mongoles. Une toute petite aile exhumée dans le désert de Gobi en 1987 nous a particulièrement intéressés. Comparée aux impressionnants restes de dinosaures remarquablement conservés du muséum, elle n'a rien de spectaculaire – ses os délicats sont mélangés et écrasés. Mais elle constitue un indice fort qu'une opinion répandue sur l'évolution des oiseaux est fausse.

Plus de 10 000 espèces d'oiseaux peuplent la Terre aujourd'hui. Certaines sont adaptées à la vie au large, loin des côtes, d'autres à la vie dans des déserts arides, tandis que d'autres encore vivent sur des sommets enneigés. De toutes les classes de vertébrés terrestres, celle qui comprend les oiseaux est la plus diversifiée.

Les biologistes de l'évolution ont longtemps pensé que les ancêtres des oiseaux actuels ont dû leur succès à l'impact de l'astéroïde qui a balayé les dinosaures et de nombreux autres vertébrés terrestres, il y a quelque 65 millions d'années.

Leur raisonnement est simple : bien que des oiseaux soient apparus et aient évolué avant le cataclysme, les variétés anatomiquement modernes n'apparaissent dans les enregistrements fossiles qu'après cet événement. L'apparition des canards, des coucous, des colibris et d'autres formes modernes, bref de ce que l'on nomme les Néornithes – les « nouveaux oiseaux » –, leur semble être un cas classique de radiation évolutive à la suite de l'occupation de niches écologiques laissées vacantes en raison d'une extinction massive. Dans ce cas, les niches étaient celles occupées par les dinosaures, les reptiles volants nommés ptérosaures et les oiseaux archaïques.

Cette dernière décennie, cependant, des témoignages fossiles de plus en plus nombreux – dont notre petite aile bri-

sée – et l'analyse de l'ADN des oiseaux modernes ont révélé la probable diversification des Néornithes bien avant l'extinction d'il y a 65 millions d'années. Ces découvertes bouleversent la vision convenue de l'évolution des oiseaux et soulèvent de nouvelles questions.

Les oiseaux sont l'un des trois groupes de vertébrés ayant acquis le vol battu. Les deux autres groupes sont les ptérosaures, des reptiles volants apparus au Trias (de 251 à 200 millions d'années), il y a 230 millions d'années, et disparus à la fin du Crétacé (145 à 65 millions d'années), et les chauves-souris, qui sont apparues beaucoup plus tard.

Oiseaux archaïques et oiseaux modernes

Les paléontologues débattent depuis des années sur l'origine des tout premiers oiseaux. Selon certains, ces oiseaux ont évolué à partir de petits dinosaures carnivores nommés Théropodes ; selon d'autres, ils ont évolué à partir de reptiles plus anciens. Toutefois, au cours des deux dernières décennies, la découverte de dinosaures semblables à des oiseaux, dont de nombreuses espèces à duvet, a convaincu la plupart des paléontologues que les oiseaux ont évolué à partir des Théropodes.

Curieusement, le lien entre les oiseaux archaïques et les oiseaux modernes s'est révélé beaucoup plus difficile à établir. Considérons le cas d'*Archaeopteryx*, le plus vieil oiseau connu. Découverts en Allemagne dans des terrains vieux de quelque 145 millions d'années, les fossiles de cette espèce offrent la plus ancienne preuve irréfutable de l'existence d'ailes dotées de plumes asymétriques nécessaires pour créer la poussée pendant le vol – l'une des propriétés caractéristiques des oiseaux modernes.

Pour autant, *Archaeopteryx* ressemble plus étroitement à nombre de petits dinosaures, tels *Velociraptor*, *Deinonychus*, *Anchiornis* et *Troodon*, qu'aux oiseaux modernes. Comme ces dinosaures, les premiers oiseaux, tels *Archaeopteryx* ou les fossiles *Jeholornis* de Chine et *Rahovavis* de Madagascar, avaient de longues queues osseuses, et certains avaient des dents pointues, entre autres caractères primitifs. Les Néornithes, par contraste, sont dépourvus de ces caractéristiques et en présentent de plus évoluées. Citons notamment des métatarsiens (os longs constituant le

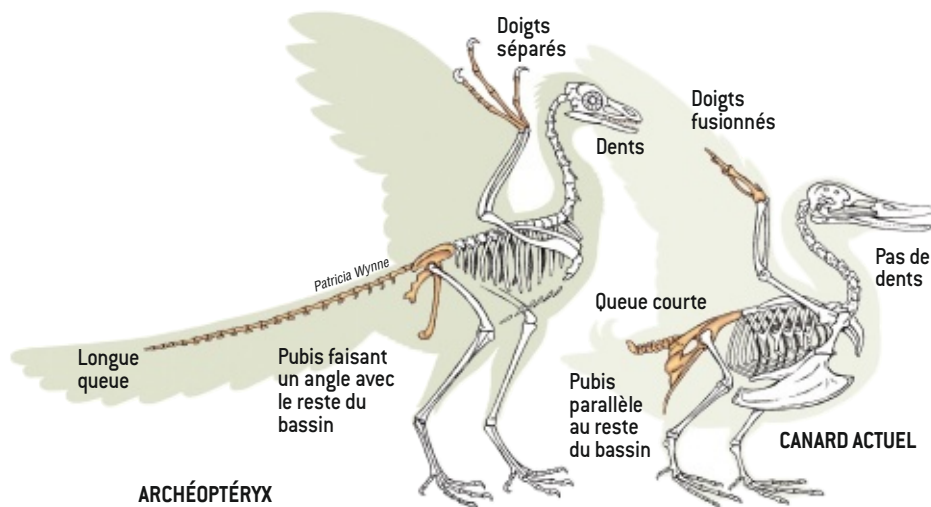
L'ESSENTIEL

✓ Les oiseaux descendent des dinosaures théropodes, mais l'origine précise de ceux qui vivent aujourd'hui restait floue.

✓ Selon la théorie la plus répandue, les oiseaux modernes se sont diversifiés après l'extinction massive due à l'impact d'un astéroïde, il y a 65 millions d'années.

✓ L'horloge moléculaire inscrite dans les gènes des oiseaux modernes invitait cependant à penser que leur séparation des oiseaux archaïques avait eu lieu bien avant.

✓ Deux fossiles d'oiseaux modernes effectivement antérieurs à l'impact confirment l'ancienneté de cette divergence.



2. LES OISEAUX ONT ÉVOLUÉ à partir de petits dinosaures carnivores nommés Théropodes. En conséquence, certains des plus anciens oiseaux fossiles connus, tel l'archéoptéryx (145 millions d'années), conservent un grand nombre de caractères primitifs qui les relient aux Théropodes – par exemple des dents et une longue queue. Au contraire, les oiseaux modernes ont perdu ces caractéristiques. Ils ont notamment développé des ailes sans doigts et des poignets très souples, ce qui, avec d'autres caractéristiques, a augmenté leur aptitude au vol.

pied) complètement fusionnés et des ailes sans doigts, ce qui allège le squelette et permet un vol plus efficace. Les poignets et les ailes des oiseaux modernes sont aussi très flexibles, ce qui augmente leur manœuvrabilité dans les airs. Quand et comment les Néornithes ont-ils acquis ces caractères ? Il était jusqu'à présent difficile de le déterminer, car les fossiles concernant cette transition manquaient.

Cela ne veut pas dire que l'on ne dispose pas de fossiles d'âges intermédiaires entre les oiseaux archaïques et les Néornithes d'après l'extinction. Il y a plus de 100 millions d'années, les oiseaux présentaient une vaste gamme d'adaptations au vol et de spécialisations écologiques. Certains volaient grâce à de larges ailes, d'autres avaient des ailes longues et étroites. Certains vivaient en forêt en se nourrissant d'insectes et de fruits, d'autres nichaient sur les rives des lacs et pêchaient.

Cette énorme diversité persistait à la toute fin du Crétacé, il y a 65 millions d'années. De fait, avec mes collègues néerlandais du Muséum d'histoire naturelle de Maastricht, j'ai par exemple décrit des restes d'oiseaux à dents trouvés juste au-dessous de la couche géologique marquant l'extinction de la fin du Crétacé. Toutefois, tous les fossiles d'oiseaux du Crétacé suffisamment complets pour être classés appartiennent à des lignées plus anciennes que les Néornithes, lignées qui

n'ont pas survécu à la catastrophe. C'est pourquoi, jusqu'à récemment, les indices disponibles suggéraient que les oiseaux modernes étaient apparus et ont évolué après l'extinction massive.

L'horloge moléculaire raconte autre chose

Dans les années 1990, alors que les paléontologues recherchaient toujours en vain des Néornithes du Crétacé, une autre méthode de reconstitution de l'histoire évolutive des organismes, qui ne recourt pas aux fossiles, a pris de l'importance. Des biologistes ont en effet déterminé les séquences de l'ADN de nombreux organismes vivants et comparé les résultats afin d'estimer quand les groupes se sont séparés. Ces estimations sont fondées sur la vitesse de ce que l'on nomme l'horloge moléculaire, c'est-à-dire sur le rythme plus ou moins constant des mutations de certaines parties du génome.

De fait, les spécialistes de biologie moléculaire avaient depuis longtemps mis en doute la version de l'évolution des oiseaux modernes fondée sur les fossiles. Ils ont donc utilisé leur méthode pour dater les divergences des principales lignées d'oiseaux modernes. Parmi ces divergences, la séparation entre les Paléognathes (autruches, émeus et autres oiseaux généralement inaptes au vol) et les Gal-

loansères (poules et autres gallinacés, ainsi que les canards et autres Ansériformes). Les études de l'ADN invitent à penser que ces deux lignées – les plus primitives des Néornithes vivants – se sont séparées au début du Crétacé. Et les chercheurs ont obtenu des dates de divergence aussi anciennes pour d'autres lignées.

Un rouge-gorge perché sur un dinosaure ?

Ces découvertes impliquent que, contrairement à l'opinion communément admise en paléontologie, les Néornithes vivaient aux côtés des dinosaures. Il est cocasse d'imaginer un rouge-gorge perché sur le dos d'un *Velociraptor* ou un canard barbotant près d'un spinosaure. Mais les indices moléculaires du fait que les oiseaux modernes et les dinosaures ont été contemporains sont si convaincants que même les paléontologues – sceptiques en général envers l'ADN et convaincus seulement par les fossiles – commencèrent à adopter cette approche. Tout de même, nous autres paléontologues attendions des confirmations fossiles de cette nouvelle histoire des oiseaux.

C'est là que la minuscule aile sur laquelle Evgeny et moi nous étions penchés à Moscou revient sur le devant de la scène. En 1987, quand Evgeny vit pour la première fois ce fossile, il trouvait qu'il ressemblait à un membre des Presbyornithides, un groupe d'oiseaux aujourd'hui éteint, mais apparenté aux canards et aux oies actuels. Toutefois, comme elle avait 70 millions d'années, la petite aile ne pouvait appartenir qu'à un oiseau du Crétacé. Or tout le monde savait, ou croyait savoir, qu'il n'existait aucune preuve concluante de l'existence de Presbyornithides au Crétacé.

Les observations poussées que nous avons faites au muséum durant cet hiver glacial de 2001 ont pourtant montré de façon certaine que cette aile – avec son carpométacarpe rectiligne (l'os formé par la fusion des os de la main) et ses détails de canaux, de crêtes et d'attaches musculaires – appartenait bien à un Presbyornithide ; en outre, ce dernier était sans équivoque le plus ancien représentant de tous les groupes de Néornithes. Notre découverte corroborait les résultats des analyses moléculaires. Dans un article de 2002 décrivant l'espèce représentée par cette aile, nous lui avons donné le nom de *Teviomis*.

Ce premier Néornithe du Crétacé fut bientôt rejoint par un second, *Vegavis*, trouvé dans l'île de Vega, en Antarctique. *Vegavis* avait été découvert dans les années 1990, mais ce fossile resta dans un relatif anonymat pendant des années avant que sa véritable signification n'apparaisse.

Des Néornithes au Crétacé

En 2005, Julia Clarke, aujourd'hui à l'Université du Texas à Austin, et ses collègues publièrent un article montrant que *Vegavis* était un autre oiseau du Crétacé présentant un certain nombre de caractéristiques retrouvées chez les canards actuels, en particulier au niveau des épaules, du bassin, des os de l'aile et des membres inférieurs. Datant de 66 à 68 millions d'années, *Vegavis* est un peu moins ancien que *Tevionis*, mais il précède encore la date de l'extinction en masse. Beaucoup plus complets, ses restes fossiles comprennent la plus grande partie d'un squelette.

Pour la plupart des paléontologues, *Vegavis* mettait fin au débat sur les Néornithes du Crétacé. Ainsi éclairés, les cher-

cheurs ont commencé à réexaminer les collections de fossiles datant de cette période, afin de retrouver de nouveaux exemples des premiers oiseaux modernes. Sylvia Hope, de l'Académie des sciences de Californie à San Francisco, soutenait depuis des années que les espèces d'oiseaux qu'elle avait identifiées à partir de fossiles trouvés dans le New Jersey et dans le Wyoming, datant de 80 millions à 100 millions d'années, étaient modernes. Mais ces découvertes – des os isolés pour la plupart – avaient été considérées par les autres chercheurs comme trop fragmentaires pour être concluantes. Les découvertes de *Vegavis* et de *Tevionis* suggèrent qu'elle avait raison. Les comparaisons entre les os qu'elle avait trouvés et des fossiles plus complets nous en apprendront plus.

L'ancrage de l'origine des oiseaux modernes au Crétacé aligne parfaitement les enregistrements fossiles avec les dates de divergence fondées sur les analyses de l'ADN. Mais il soulève une nouvelle question : pourquoi les oiseaux modernes ont-ils survécu à l'impact d'un astéroïde et aux bouleversements écologiques correspondants, et pas leurs cousins aviens plus

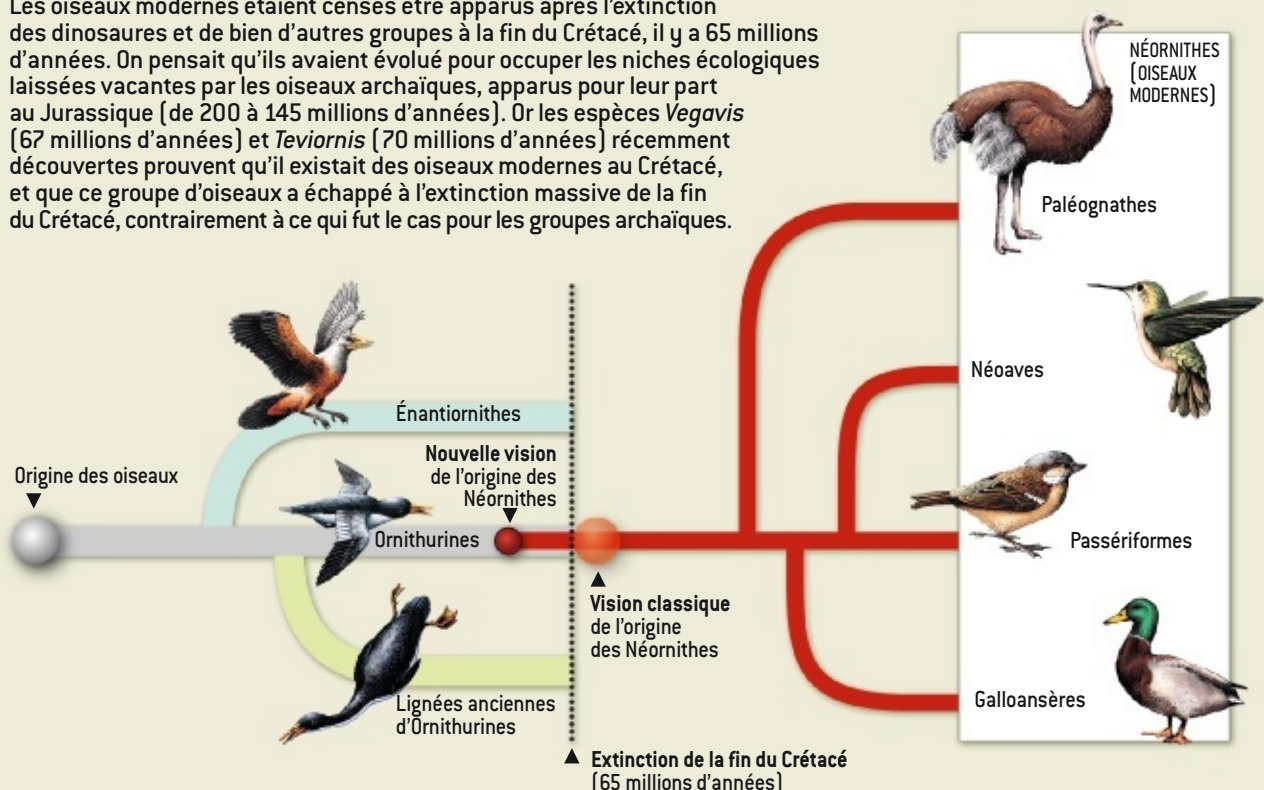
L'AUTEUR



Gareth DYKE est paléontologue à l'University College de Dublin, en Irlande.

UNE ORIGINE PLUS ANCIENNE

Les oiseaux modernes étaient censés être apparus après l'extinction des dinosaures et de bien d'autres groupes à la fin du Crétacé, il y a 65 millions d'années. On pensait qu'ils avaient évolué pour occuper les niches écologiques laissées vacantes par les oiseaux archaïques, apparus pour leur part au Jurassique (de 200 à 145 millions d'années). Or les espèces *Vegavis* (67 millions d'années) et *Tevionis* (70 millions d'années) récemment découvertes prouvent qu'il existait des oiseaux modernes au Crétacé, et que ce groupe d'oiseaux a échappé à l'extinction massive de la fin du Crétacé, contrairement à ce qui fut le cas pour les groupes archaïques.



Shawn Gould, Jan Christiansen

Tiré de J. Clarke et al., Nature, vol. 433, 20 janvier 2005



3. L'UNE DES PREUVES de l'existence d'oiseaux modernes au Crétacé est ce squelette partiel de *Vegavis* provenant de l'île de Vega en Antarctique. Extrait d'une strate vieille de 67 millions d'années, il présente les caractéristiques des oiseaux modernes, telles que de larges épaules et des os de l'aile fusionnés.

primitifs et leurs compagnons volants, les ptérosaures ? Selon moi, voilà l'unique grand mystère relatif à l'évolution des oiseaux. La réponse est encore lointaine et je consacre une grande partie de mes recherches à essayer de la trouver.

Avec seulement deux Néornithes du Crétacé confirmés, nous ne disposons pas de beaucoup d'indices fossiles pour aller de l'avant. Cependant, l'étude des oiseaux actuels se révèle utile. En utilisant un énorme ensemble de données de mesures sur les oiseaux actuels, mes collègues au Royaume-Uni et moi-même avons montré, par exemple, que les proportions des os des ailes des oiseaux modernes primitifs, dont *Tevniornis* et *Vegavis*, ne sont pas différentes de celles des Énantiornithes

aujourd'hui éteints. La comparaison des proportions des os des ailes fossiles avec celles des oiseaux vivants nous permet de déduire certains aspects de la forme de l'aile et d'obtenir des informations sur les capacités aérodynamiques des oiseaux fossiles. Pour ce que nous pouvons en dire aujourd'hui, les ailes de ces deux groupes d'oiseaux fossiles n'avaient pas des formes différentes ; en d'autres termes, nous ne pensons pas que les premiers Néornithes étaient plus performants en vol que les Énantiornithes (quoique ces deux groupes aient été probablement plus agiles dans les airs que les oiseaux encore proches des Théropodes, comme *Archaeopteryx*).

Si la capacité de vol n'a pas donné aux Néorni-



Les Énantiornithes, oiseaux dominants au Crétacé

Alors que les oiseaux modernes (Néornithes) ont survécu à l'impact météoritique de la limite Crétacé-Tertiaire, d'autres en ont été les victimes. Il s'agit au premier chef des Énantiornithes, qui pourtant étaient sans doute plus abondants que les Néornithes à la fin du Crétacé. Alors que les restes de Néornithes du Crétacé demeurent des raretés, de nombreux fossiles d'Énantiornithes sont connus de par le monde.

C'est en 1981 que le paléontologue britannique Cyril Walker fit connaître ce groupe d'oiseaux éteints, à partir d'ossements provenant d'Argentine. « Énantiornithes » signifie « oiseaux opposés », car tant la fusion de leurs métatarsiens que la structure des os de leur épaule sont à l'inverse de ce qu'elles sont chez les Néornithes. Les Énantiornithes ont eu une vaste répartition géographique, de l'Australie au Canada en passant par la Mongolie et l'Europe. Stratigraphiquement, leur distribution est également considérable, puisqu'on les connaît depuis le Crétacé inférieur, où ils sont particulièrement abondants en Chine dans des dépôts lacustres vieux d'environ 120 millions d'années, jusqu'à la limite Crétacé-Tertiaire, il y a 65 millions d'années. Sur cette longue durée, ils ont bien sûr évolué. Les plus anciens d'entre eux avaient encore des dents, comme les oiseaux les plus

primitifs tels qu'*Archaeopteryx*, mais les formes plus avancées n'en avaient plus. Bien que n'étant pas bâtis exactement comme les oiseaux modernes, les Énantiornithes étaient apparemment capables de voler de façon efficace, à en juger par le développement du squelette de leurs ailes et les caractères de leur plumage, qui nous sont connus par des fossiles trouvés en Espagne et en Chine. Sans doute serait-il difficile à un non-spécialiste de les distinguer à première vue des Néornithes s'il était possible de les observer en vie !

Ce que nous savons des Énantiornithes laisse penser qu'ils ont connu un certain succès évolutif durant le Crétacé. Cela leur a permis de s'adapter à des milieux et des types d'alimentation divers. Suivant les espèces, les Énantiornithes pouvaient atteindre des tailles allant de celle d'un moineau à celle d'un goéland ou d'un canard. Il n'est pas exclu que certains d'entre eux aient pu se livrer à des migrations sur de grandes distances : le genre *Martinavis* est ainsi connu dans le Crétacé supérieur du Sud de la France, d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud.

Les documents fossiles disponibles, même incomplets, permettent de penser que les Énantiornithes ont été à certains égards les oiseaux dominants pendant la plus grande partie du Crétacé. Le fait que



CET HUMÉRUS (en haut) a servi à décrire une nouvelle espèce d'Énantiornithe en 2007. Il a été trouvé dans des terrains du Crétacé supérieur près de Cruzy, dans l'Hérault (ci-dessus).

les Néornithes soient rares durant cette période peut s'expliquer par l'occupation de la majorité des niches écologiques aviennes par les Énantiornithes, qui laissaient aux formes plus modernes peu de place pour se diversifier.

Même si les données paléontologiques sur les oiseaux de part et d'autre de la limite Crétacé-Tertiaire demeurent parcellaires, tout porte à croire que les Énantiornithes ont disparu lors de la catastrophe écologique mondiale qui s'est produite alors, provoquée par le manque de lumière consécutif à l'injection dans l'atmosphère d'énormes quantités de poussière, à la suite de l'impact météoritique. Les Néornithes ont survécu, peut-être avec des populations très réduites, mais suffisantes pour permettre un « re-

démarrage » une fois les conditions environnementales revenues à un état normal. La raison de leur survie pourrait bien être, comme le pense Gareth Dyke, leur moindre spécialisation, les rendant plus opportunistes et capables de ce fait de persister dans les conditions très difficiles, notamment par manque de ressources alimentaires, qui ont régné pendant quelque temps à la suite de l'impact. Quoi qu'il en soit, la disparition des Énantiornithes, en libérant de nombreuses niches écologiques, a probablement favorisé la radiation évolutive des Néornithes, qui a commencé dès le début du Tertiaire et a fini par produire l'immense diversité des oiseaux actuels.

Eric Buffetaut,
CNRS, Laboratoire
de géologie de l'ENS, Paris

thes un avantage sur leurs homologues du Crétacé, qu'est-ce qui l'a fait? Un certain nombre de paléontologues, dont je fais partie, ont avancé l'idée que des différences dans les habitudes de recherche de nourriture pourraient leur avoir conféré un avantage compétitif.

Moins spécialisés, donc plus adaptables

À l'appui de cette théorie, j'ai montré ces dernières années que les oiseaux modernes conservés peu après l'extinction massive, dans des roches vieilles de moins de 60 millions d'années, vivaient probablement pour la plupart dans des milieux humides : rivages, lacs, bords de cours d'eau, au large des océans, par exemple. Les oiseaux qui vivent dans de tels environnements aujourd'hui – les canards en font partie – sont pour la plupart des animaux généralistes, capables de tirer leur subsistance d'une grande variété d'aliments. Et les oiseaux semblables aux

canards constituent actuellement la seule lignée confirmée d'oiseaux modernes que nous ayons découverte au Crétacé.

Les groupes d'oiseaux du Crétacé qui n'ont pas survécu au désastre, en revanche, ont été découverts dans des roches qui se sont formées dans de nombreux types d'environnements différents – rivages, intérieurs des terres, déserts, forêts, etc. Cette diversité suggère que ces oiseaux archaïques s'étaient spécialisés afin de s'adapter à leurs niches. Ainsi, le succès des premiers oiseaux modernes serait peut-être simplement dû au fait qu'ils étaient moins spécialisés que les autres groupes.

Cette souplesse pourrait avoir rendu les Néornithes capables de s'adapter facilement aux conditions changeantes qui ont suivi l'impact de l'astéroïde. L'idée est séduisante, mais reste à démontrer. C'est uniquement en découvrant plus de fossiles, dans le sol ou dans les tiroirs des muséums, que nous pourrions comprendre comment les oiseaux modernes ont échappé à l'extinction et pris leur essor. ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

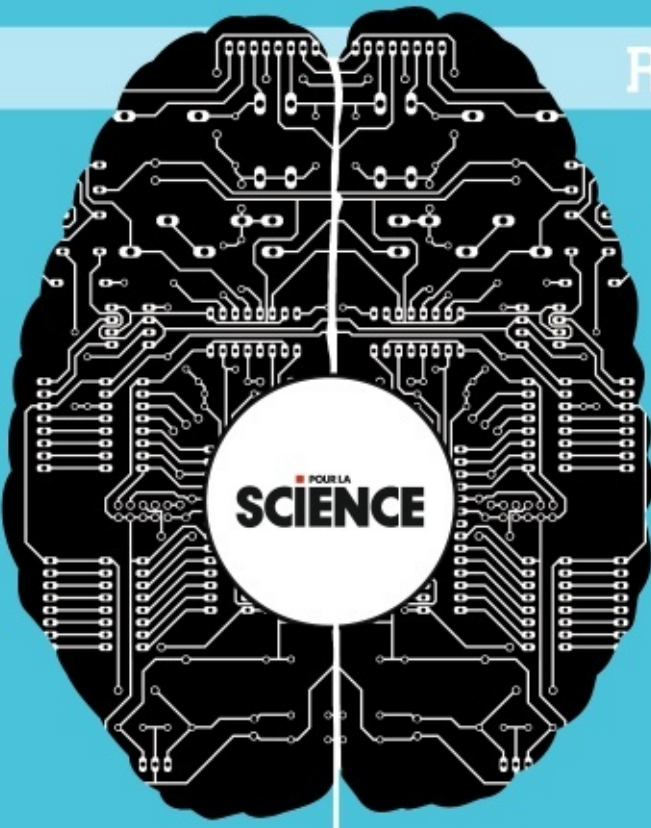
L. Chiappe et G. Dyke, *The Beginnings of Birds: Recent Discoveries, Ongoing Arguments and New Directions*, Indiana University Press, 2007.

G. Kaiser, *The Inner Bird: Anatomy and Evolution*, University of British Columbia Press, 2007.

J. Clarke *et al.*, *Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous*, *Nature*, vol. 433, pp. 305-308, 2005.

D. S. Robertson *et al.*, *Survival in the first hours of the Cenozoic*, *Geological Society of America Bulletin*, vol. 116(5-6), pp. 760-768, 2004.

E. N. Kurochkin *et al.*, *A new Presbyornithid bird (Aves, Anseriformes) from the late Cretaceous of Southern Mongolia*, *American Museum Novitates*, vol. 3866, pp. 1-12, 2002.



RESTEZ CONNECTÉ !

Restez en contact avec l'actualité scientifique :
Retrouvez *Pour la Science* partout sur le web.



Rejoignez-nous sur Facebook
<http://bit.ly/pls-facebook>



Suivez-nous sur Twitter
<http://twitter.com/PourlaScience>



Abonnez-vous à nos flux RSS
<http://bit.ly/pls-rss>



Recevez nos lettres d'information
<http://bit.ly/pls-newsletters>



Visitez notre site Internet
<http://www.pourlascience.fr>

Sur les traces du diamant bleu

François Farges

Les caractéristiques optiques et cristallographiques du plus gros diamant bleu connu – disparu au XVIII^e siècle – ont été reconstituées grâce à une réplique d'époque... en plomb. On en déduit jusqu'à la forme qu'il avait dans le manteau terrestre.

Paris, le 6 décembre 1668. Jean-Baptiste Tavernier, voyageur et commerçant français, rentre de son sixième voyage en Orient. Parmi les nombreux diamants qu'il rapporte de Perse et des Indes figure un diamant bleu de 115,28 carats provenant des alentours de Golconde, une ville du Sud-Est de l'Inde bâtie sur une colline granitique. Acquis par Louis XIV, le diamant bleu, retaillé, vient compléter sa parure de diamants, puis est choisi par Louis XV pour orner son emblème, la Toison d'or. Mais en 1792, le diamant disparaît, dérobé avec la Toison d'or et d'autres bijoux de la couronne. Tous les grands diamants sont vite retrouvés, sauf un : le diamant bleu de Louis XIV.

Vingt ans et deux jours après le vol, en 1812, un diamant bleu plus petit, le *Hope*, apparaît à Londres, soit exactement à la fin de la durée de prescription du délit. Sombre et peu brillant, ce diamant paraît avoir été taillé à la hâte ou sans grande maîtrise. Coïncidence ? Dès 1858, nombre d'auteurs ont évoqué un lien entre les deux diamants, mais aucun n'a pu en apporter la preuve formelle.

La découverte en 2007, dans les collections du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, d'un modèle en plomb du

« diamant bleu de la couronne », change la donne. À partir de cette réplique en plomb et à l'aide de simulations informatiques, nous avons, d'une part, prouvé la filiation entre les deux diamants et, d'autre part, reconstitué l'aspect du diamant avant sa disparition : le joyau de Louis XIV était-il réellement plus brillant que le *Hope* ? Le joaillier du Roi-Soleil avait-il tenu compte des derniers travaux scientifiques en optique lorsqu'il avait taillé le diamant de Tavernier ? Et quel était l'aspect du diamant rapporté par Tavernier ? Cette remontée dans le temps nous a conduits bien plus loin que nous ne l'imaginions, jusqu'à la cristallisation même du diamant dans le manteau terrestre, il y a plus de 1,2 milliard d'années.

Un diamant pour le Roi-Soleil

Le diamant bleu de Tavernier reste le plus gros diamant bleu jamais mis au jour (des informations circulent sur deux diamants bleus de 120 et 250 carats, mais leur existence n'est pas officielle). Bien que plus rares que les diamants incolores, les diamants de couleur (surtout les bleus, verts et rouges) n'ont été appréciés à leur juste valeur que récemment, sans doute à

cause de leur aspect moins brillant à l'état brut. Louis XIV, cependant, les a estimés à leur juste valeur. En 1669, le Roi-Soleil achète le diamant bleu à Tavernier et confie à Jean Pittan (vers 1617-1676), le joaillier de la couronne, sa retaille pour le mettre « au goût du jour » : le nouveau diamant devra briller de mille feux, même si ses dimensions doivent en pâtir. En 1673, le travail est achevé et payé 22 000 livres, une fortune pour l'époque (l'équivalent de 350 000 euros aujourd'hui, un poulet coûtant l'équivalent de 2 euros). Pour une telle somme, Pittan a dû proposer un dessin extraordinaire au roi, déjà engagé dans la rénovation du château de Versailles.

Louis XIV porte le diamant bleu en broche, serti dans un petit bâton en or qu'il accrochait probablement à son foulard de dentelle, aux côtés de sa parure de diamants composée de milliers de carats de pierres. Après sa mort, le diamant bleu est peu usité, éclipsé par le *Régent*, diamant incolore de 140,5 carats acquis en 1717 par le duc d'Orléans, régent sous Louis XV. Cette perte d'intérêt perdure jusqu'au moment où Louis XV décide d'orne son emblème, la Toison d'or, du diamant bleu. Cet emblème aux couleurs imposantes est considéré par de nombreux joailliers comme le