

Le Mésozoïque, l'ère géologique qui s'est terminée il y a 66 millions d'années après avoir duré 186 millions d'années, est considéré comme l'âge des dinosaures. Mais les « terribles lézards » ne dominaient que les milieux terrestres. D'autres créatures fort différentes régnaient dans les cieux : les ptérosaures.

Ces reptiles volants furent les premiers vertébrés à développer un vol actif au lieu de seulement planer, cela très longtemps avant les oiseaux. Prédominants dans les airs pendant plus de 160 millions d'années, ils disparurent en même temps que la quasi-totalité des dinosaures – à la fin du Crétacé il y a 66 millions d'années. Durant leur règne, ils avaient déployé certaines des adaptations anatomiques les plus spectaculaires de toutes celles qui sont connues. Le plus petit de ces animaux avait l'envergure d'un moineau ; le plus grand celle d'un chasseur F-16 (soit 10 mètres environ). Beaucoup possédaient des têtes plus longues que leur corps, ce qui les transformait en de mortelles paires de mâchoires volantes. Ils patrouillaient au-dessus de tous les océans et de toutes les terres émergées du Mésozoïque, et il était difficile d'échapper à leur regard.

Contrairement aux dinosaures, qui survivent dans les oiseaux, les ptérosaures n'ont pas de descendants. Ce que les paléontologues savent sur eux provient exclusivement du registre fossile. Ce registre est malheureusement si fragmentaire, qu'il ne nous livre qu'une parcelle de la réalité passée. Nous en sommes donc réduits à nous poser une foule de questions sur leur anatomie bizarre et sur leur disparition. Heureusement, après des décennies de perplexité, l'arrivée de nouveaux vestiges relance les progrès des paléontologues. Et depuis l'amélioration de modèles biomécaniques du vol et de la marche des ptérosaures qui reconstituent de façon plus plausible leurs poids, les forces et les vitesses mises en jeu pendant ces mouvements. Les chercheurs se font désormais une idée plus réaliste de leur locomotion et comprennent qu'ils menaient une vie bien plus étonnante que ce que l'on avait imaginé.

L'une des énigmes les plus difficiles à résoudre est la question de l'envol des ptérosaures géant. *Quetzalcoatlus* (nom formé d'après Quetzalcoatl, le « serpent à plumes » des Mésoaméricains), retrouvé au Texas, ou encore *Hatzegopteryx*, découvert en Roumanie, avaient en effet la taille d'une girafe et de 9 à 12 mètres d'envergure. Les mâchoires de certains spécimens de ces ptérosaures étaient plus titanesques que celles d'un *Tyrannosaurus rex* ; leurs bras presque aussi larges que le torse d'un humain adulte. Il s'agissait de véritables monstres, dont le poids pouvait dépasser les

300 kilogrammes. À titre de comparaison, *Argentavis*, un oiseau fossile argentin de quelque 6 millions d'années – le plus gros à avoir jamais volé sans doute – ne pesait que 75 kilogrammes environ.

L'écart de taille entre les plus grands individus des deux groupes est d'ailleurs si important, que pour moult chercheurs, les gigantesques ptérosaures étaient tout simplement incapables de voler (une opinion surprenante, si l'on considère le nombre de leurs traits adaptés au vol). D'autres les voient capables de traverser les airs, mais seulement dans des conditions particulières – avec une atmosphère plus dense que celle d'aujourd'hui, par exemple. D'ailleurs des oiseaux de 12 mètres d'envergure voleraient-ils ? Probablement pas. Plusieurs études récentes (dont une des miennes) démontrent en effet que de tels colosses ne disposeraient pas d'assez d'énergie pour quitter le sol.



Des mâchoires volantes de la taille d'une girafe pour 12 mètres d'envergure!

Mais les ptérosaures n'étaient pas des oiseaux ! Mon équipe accumule depuis dix ans les calculs sur la puissance nécessaire à l'envol de ces titans, et nous parvenons à la conclusion ferme qu'ils pouvaient s'envoler de n'importe où puis se maintenir en vol. Sans imaginer des conditions particulières qui n'existaient pas : l'analyse géochimique des roches sédimentaires du Crétacé (145 à 66 millions d'années) et l'étude de l'anatomie des plantes de cette ère géologique qui vit l'apogée des grands ptérosaures prouvent que son atmosphère n'était guère différente de la nôtre. Il est clair que l'originalité de ces énormes reptiles est avant tout leur anatomie.

Un animal même gigantesque peut voler à trois conditions. La première est que son squelette ait un rapport force/poids élevé (grand volume, faible densité). Les oiseaux ont de telles ossatures. Les ptérosaures aussi : la plupart de leurs os sont creux. L'humérus de *Quetzalcoatlus* illustre cette nécessité : de seulement 3 millimètres, son épaisseur était comparable à celle d'une coquille d'œuf d'autruche,

mais son diamètre au coude atteignait pratiquement 27 centimètres.

La deuxième condition est d'obtenir un coefficient de portance maximum élevé. Ce nombre quantifie la portance, c'est-à-dire la force perpendiculaire au vent relatif produite par le passage des ailes dans l'air pour une vitesse et une surface alaire données. Or plus le coefficient est élevé, plus le corps des animaux peut être lourd parce que leurs ailes en supporteront le poids à faible vitesse. Ce qui signifie également que ces créatures pourront quitter le sol sans avoir besoin de beaucoup d'élan, ce qui fait une énorme différence quant à la puissance musculaire nécessaire au «décollage». Comme celles de nos chauves-souris actuelles, les ailes des ptérosaures étaient formées par des membranes tendues sur les os des membres antérieurs. Et de telles ailes produisent plus de portance par unité de vitesse et de surface que celles emplumées des oiseaux. Cette portance surfacique supplémentaire améliore la manœuvrabilité à faible vitesse, ce qui facilite la maniabilité chez les petits animaux volants et les décollages et atterrissages chez les gros.

La troisième condition nécessaire – la plus exigeante – est de disposer d'une puissance de lancement suffisante. Pour prendre son envol, une grande créature, même dotée d'une belle envergure, doit pouvoir bondir assez haut. Les animaux volants, en effet, ne se hissent pas dans l'air à coups d'aile. Pas plus qu'ils ne se jettent dans le vide d'une falaise ou d'un autre perchoir: ils risqueraient de ne pas acquérir suffisamment de vitesse avant de s'écraser au sol. Un saut puissant permet en revanche d'atteindre la vitesse et la hauteur nécessaires pour commencer à voler. Les animaux volants géants doivent donc être de bons sauteurs.

De fait, beaucoup d'oiseaux bondissent de façon impressionnante. Toutefois, leur bipédie, héritée des dinosaures théropodes, les limite aussi, puisqu'ils ne peuvent se servir que de leurs membres postérieurs pour sauter... Par contre, les ptérosaures étaient quadrupèdes à terre: leurs ailes se repliaient de façon à leur permettre de marcher – et donc de sauter – en s'aidant de leurs quatre membres. De nombreuses pistes d'envol de ces rois du ciel magnifiquement préservées confirment ce mode de locomotion étrange. Or la quadrupédie augmente radicalement la puissance de lancement, et donc la taille maximale possible de ces monstres aériens (voir l'encadré page 50).

Dans le passé certains chercheurs ont modélisé comment les ptérosaures auraient pu se lancer à l'aide de leurs deux pattes postérieures seulement. En 2004, Sankar Chatterjee, de l'université Texas Tech, et un collègue ont par exemple modélisé la façon avec laquelle *Quetzalcoatlus* se serait propulsé dans les airs,

à l'aide de ses deux jambes, pour y déployer ses 9 mètres d'envergure... Ils sont parvenus à la conclusion que pour cela, son poids ne devait pas excéder 75 kilogrammes et qu'il devait décoller en dévalant une pente soumise à un vent contraire. Un scénario un peu tordu alors qu'un envol à l'aide de quatre pattes autorise un poids et des conditions d'envol plus réalistes.

DES GROSSES TÊTES

Il semble donc que l'énigme de la taille des ptérosaures géants puisse être résolue en partie. En revanche, leurs proportions anatomiques quasi aberrantes continuent à contrarier les paléontologues. Pour commencer, celles de leurs membres. Le très étonnant et immense quatrième doigt soutenant l'aile, par exemple, fait sans doute de la main ptérosaure la plus spécialisée parmi celles de tous les vertébrés. Pour autant, même si cette caractéristique surprend *a priori*, son développement n'est en fait pas inexplicable étant donné le rôle central qu'elle joue dans le déploiement de l'aile de l'animal et dans sa capacité à voler. En revanche, la forme des têtes ptérosaures continue à totalement dérouter – et exciter – les chercheurs.

Même les premiers ptérosaures avaient de très grandes têtes. Celle de *Rhamphorhynchus*, une espèce représentative de la fin du Jurassique, il y a quelque 150 millions d'années, était presque aussi longue que son corps; et au Crétacé, elles sont devenues immenses. *Quetzalcoatlus* ou encore *Anhanguera* («vieux diable» en langue tupi), un ptérosaure piscivore brésilien de 4,6 mètres d'envergure, illustrent particulièrement bien le fait que si le corps de ces reptiles a grandi au Crétacé, en proportion, leur tête est devenue gigantesque: celle d'un ptérosaure crétacé typique peut en effet être 2 ou 3 fois plus longue que son corps (mesuré de l'épaule à la hanche); voire quatre fois plus longue chez certaines espèces! Les boîtes crâniennes de ces animaux n'en étaient pas pour autant plus grosses. Ce sont surtout les faces et les mâchoires qui ont grandi à un point démesuré. Des rebords osseux sous la mâchoire, des crêtes imposantes au sommet du crâne et diverses excroissances amplifient encore le côté étrange de leur anatomie crânienne et donnent en fait l'impression que leurs têtes et leurs corps ne proviennent pas du même animal...

Les bizarreries ne s'arrêtent pas là. Alors que chez la plupart des animaux, y compris les humains, les os du cou sont parmi les plus petits de la colonne vertébrale, les vertèbres cervicales ptérosaures sont souvent les plus larges. Il arrive qu'elles soient deux fois plus volumineuses que les autres vertèbres. L'un des ajouts les plus récents à l'arbre >