

> Les ptérosaures avaient également des «trous dans la tête»: des ouvertures supplémentaires, dont la plus importante – la fenêtre antéorbitaire – se trouvait devant les yeux. Les dinosaures aussi avaient de telles ouvertures, mais les ptérosaures les ont davantage développées, aboutissant dans certains cas à une fenêtre si énorme que le squelette entier du torse aurait pu y tenir! Du vivant de ces monstres, cette ouverture était sans doute couverte de peau et d'autres tissus de sorte qu'elle n'était probablement pas apparente. Elle rendait en tout cas le crâne léger par rapport à sa taille. Les os crâniens contenaient aussi peut-être de grands volumes d'air, comme ceux de certains oiseaux d'aujourd'hui.

Cependant, même relativement légères, les têtes des ptérosaures étaient souvent si colossales qu'elles devaient quand même... peser leur poids! Mais à cet égard, être des créatures volantes a peut-être joué en leur faveur, ce qui est sans doute contre-intuitif. Le principal problème que pose une tête lourde n'est pas l'augmentation globale du poids corporel, mais plutôt le fait qu'un crâne massif – surtout s'il se trouve au bout d'un long cou – déporte le centre de gravité vers l'avant. Chez un animal marcheur, cela crée d'importants problèmes de posture pendant la marche: pour équilibrer le corps en mouvement, les membres antérieurs doivent être placés très en avant dans une position gênante. Les ptérosaures, pour leur part, avaient d'énormes avant-bras spécialement structurés, non pas pour la marche, mais pour le vol.

Les reconstitutions de la marche ptérosaurienne réalisées par Kevin Padian, de l'université de Californie à Berkeley, ont montré que lorsqu'un ptérosaure se déplaçait à terre, ses membres antérieurs étaient positionnés à peu près comme il fallait pour supporter le poids de la tête, du cou et du torse. La plus grande partie de la propulsion pendant la marche venait des jambes, de sorte que les ptérosaures pouvaient soutenir le poids de leur grosse tête sur leurs bras-ailerons très épais et se déplacer à l'aide de leurs membres postérieurs de taille beaucoup plus normale. Afin de mieux comprendre, rappelez-vous comment on emploie des béquilles: afin de se mouvoir tout en minimisant le poids portant sur les jambes, on procède en plantant d'abord les béquilles en avant, puis en faisant porter la plus grande partie du poids sur elles, avant de basculer les jambes vers l'avant, de les poser puis de recommencer... C'est sans doute à cela que ressemblait la marche chez les ptérosaures (voir l'encadré ci-contre). Au décollage, les jambes poussaient probablement en premier, puis les bras-ailerons, afin de réaliser un lancement parfait en deux étapes.

Cette façon de marcher n'était sans doute pas la plus efficace, mais elle était praticable

avec des corps aussi curieux. Et ces animaux se déplaçaient de toute façon surtout en volant. En fait, on estime que les ptérosaures aux ailes particulièrement longues et étroites étaient sans doute comparables à certains oiseaux de mer modernes: ils auraient volé sans interruption pendant des mois, voire des années, ne se posant que pour s'accoupler et pondre. Ce fut le cas sans doute de *Nyctosaurus* («lézard de nuit»), reconnaissable à l'étonnante crête qu'il portait sur la tête (elle ressemble à des bois de

Certains ptérosaures auraient volé sans interruption pendant des années

cerf). Peut-être a-t-il eu les ailes les plus efficaces ayant jamais existé – et donc le plus long vol continu – de tous les vertébrés volants que la planète ait connus.

Une fois en l'air, le problème du centre de gravité devient beaucoup plus facile à résoudre. Pour qu'un animal soit stable en l'air, son centre de poussée (le point où s'applique la résultante des forces de portance des ailes) et son centre de gravité doivent être alignés. Cela peut sembler difficile à réaliser chez une créature ayant une tête surdimensionnée et donc un centre de gravité proche de cette dernière. Toutefois, le centre de poussée d'un ptérosaure était situé juste devant ses ailes, ce qui signifie, comme Colin Palmer, de l'université de Bristol, en Angleterre, et ses collègues l'ont souligné en premier, que, pour aligner le centre de poussée avec le centre de gravité, le reptile n'avait qu'à pointer modérément ses ailes vers l'avant. Ainsi positionnées, les ailes (dites «en flèche inversée» en aéronautique) peuvent entraîner des instabilités de vol, mais la souplesse de celles des ptérosaures et la finesse du contrôle moteur par le cervelet, que possèdent tous les vertébrés, devaient leur permettre de compenser.

Une fois les problèmes de stabilité maîtrisés, ce positionnement des ailes a de sérieux avantages. L'un d'entre eux est que ce sont les extrémités de l'aile qui décrochent en dernier. Pendant un décrochage, phénomène qui survient le plus souvent à faible vitesse, la >

> portance s'évanouit. Or le fait que les pointes des ailes décrochent est particulièrement catastrophique: cela perturbe immédiatement le sillage de l'aile, ce qui, en augmentant beaucoup la traînée (la résistance de l'air), compromet gravement la propulsion et le contrôle. La capacité de retarder l'effondrement de la portance rendait sans doute les atterrissages et décollages bien plus doux. Nous voyons donc que, chez un gros animal volant à ailes flexibles, posséder une énorme tête pouvait avoir des avantages: cela décalait le centre de gravité vers l'avant, ce qui amenait l'animal à avancer ses ailes, ce qui à son tour entravait les décrochages. Au final, cela signifiait qu'un ptérosaure pouvait voler plus lentement et se permettre d'être plus grand.

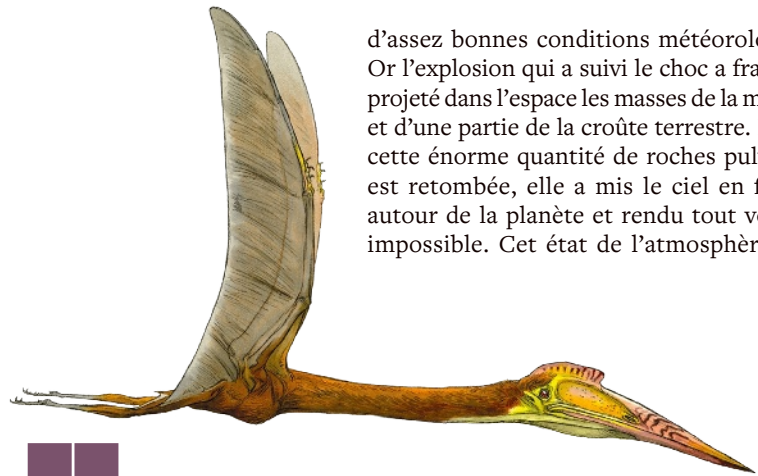
LA MORT D'UNE DYNASTIE

Pendant environ 80 millions d'années, les ptérosaures furent les seuls vertébrés pratiquant le vol actif. Puis, il y a environ 150 millions d'années, au Jurassique, des dinosaures à plumes capables de voler apparurent. Ce groupe comprenait des espèces à quatre ailes tels *Microraptor* et *Anchiornis*, ainsi que des animaux volants accomplis: les oiseaux! Au Crétacé inférieur, une bonne variété d'entre eux partageait le ciel avec les ptérosaures. Malgré ce bouleversement dans la niche aérienne, les moyennes et grandes «mâchoires volantes» sont restées les animaux volants dominants, en particulier dans les habitats ouverts. Les oiseaux restant confinés aux zones de végétation, où leur petite taille et leur agilité étaient avantageuses, les ptérosaures maintenaient leur suprématie dans le ciel.

Mais quand un astéroïde a percuté la Terre il y a 66 millions d'années, tuant pratiquement tous les dinosaures, le règne des ptérosaures a également pris fin. Jusqu'à présent, les découvertes paléontologiques suggèrent qu'aucune espèce de ces étranges reptiles n'a franchi la limite du Crétacé; toutes ont péri, comme la majorité de celles des oiseaux. Une seule lignée de dinosaures aviens – les néornithes, ou «nouveaux oiseaux» – s'est perpétuée mais elle a suffi, puisqu'elle a produit ensuite des milliers et des milliers de nouvelles espèces. De fait, aujourd'hui, avec ses quelque 9900 espèces connues, les néornithes représentent le deuxième plus grand groupe de vertébrés, après les poissons osseux et leurs 12000 espèces.

Pourquoi les ptérosaures ont-ils disparu alors que les néornithes ont survécu? Pour les plus costauds ce n'est pas étonnant puisqu'aucun animal terrestre de masse corporelle supérieure à 20 kilogrammes n'a survécu à l'apocalypse météoritique. Leur dépendance au vol pour se nourrir explique peut-être le reste, car les animaux volants – surtout les grands – utilisent beaucoup le vol plané, ce qui exige

d'assez bonnes conditions météorologiques. Or l'explosion qui a suivi le choc a fracassé et projeté dans l'espace les masses de la météorite et d'une partie de la croûte terrestre. Lorsque cette énorme quantité de roches pulvérisées est retombée, elle a mis le ciel en feu tout autour de la planète et rendu tout vol plané impossible. Cet état de l'atmosphère aurait



Faute de pouvoir continuer à planer, les ptérosaures seraient morts de faim

duré tout un mois, bien assez longtemps pour affamer tous les ptérosaures, puisqu'ils devaient voler pour manger.

À l'évidence, le fait d'être un petit animal volant n'assurait pas la survie, et la plupart des oiseaux ont succombé. Ceux qui ont résisté auront mangé des aliments pouvant résister à l'équivalent d'un hiver nucléaire, comme les graines par exemple. Ils savaient peut-être aussi creuser des terriers, comme le font beaucoup d'oiseaux aujourd'hui. Les ptérosaures n'étaient pas granivores et ne semblent pas non plus avoir été capables d'excaver. Et pourquoi l'auraient-ils été? Un monstre volant de plus de 4 mètres d'envergure n'avait pas besoin de se s'enterrer pour se mettre hors de danger: le danger, c'était lui.

Même si elle se termine par une extinction rapide, la saga des ptérosaures est celle d'un grand succès évolutif. Leurs caractéristiques anatomiques stupéfiantes leur conservent le statut de géants du ciel. Leur étude nous a beaucoup appris sur les limites des formes animales et de leur fonction. Les leçons que nous en tirons nous aident à comprendre l'histoire de la Terre et la complexité écologique. Elles inspirent aussi des technologies aujourd'hui, notamment de nouveaux aéronefs. Leur registre fossile ouvre une fenêtre sur un monde disparu plein de monstres volants, pas seulement phénoménaux mais exceptionnels. ■

BIBLIOGRAPHIE

D. Ksepka et M. Habib, **Pelagornis, les géants du ciel**, *Pour la Science*, n° 471, janvier 2017.

D. Hone et al., **The wingtips of the pterosaurs: Anatomy, aeronautical function and ecological implications**, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 440, pp. 431-439, 2015.

M. Witton et M. Habib, **On the size and flight diversity of giant pterosaurs, the use of birds as pterosaur analogues and comments on pterosaur flightlessness**, *Plos One*, vol. 5(11), article e13982, 2010.