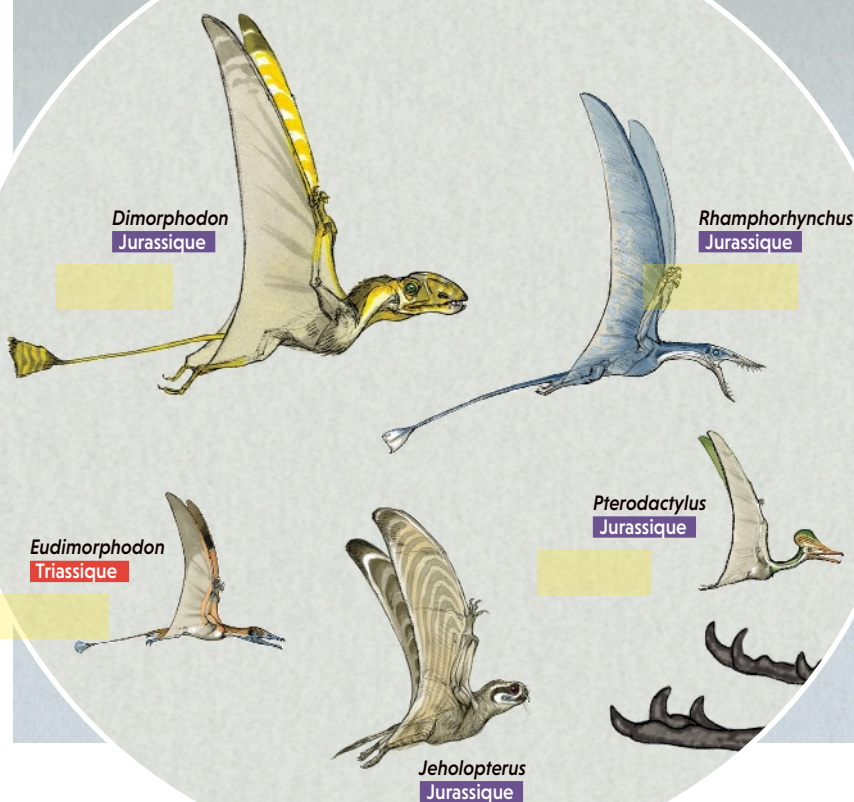
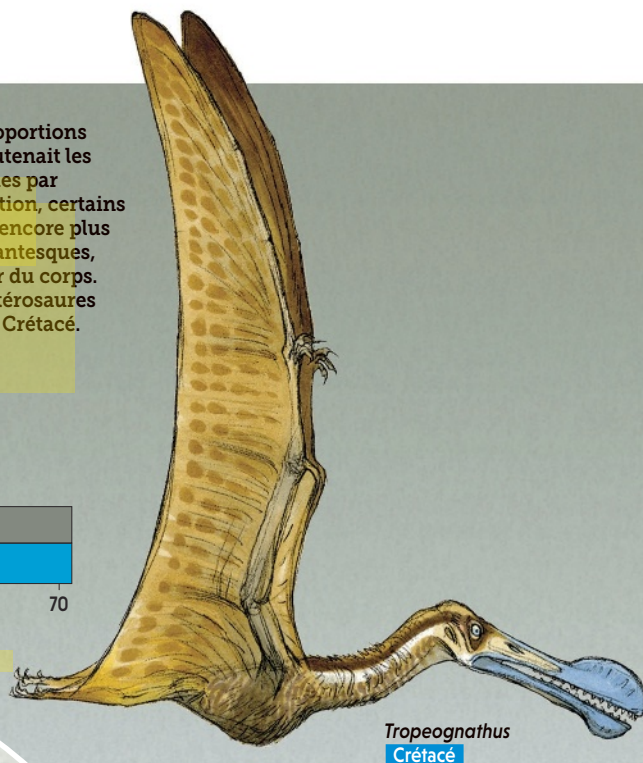


> phylogénétique des ptérosaures illustre parfaitement cette particularité. David Hone de l'université Queen-Mary, à Londres, François Therrien, du Royal Tyrrell Museum, en Alberta, au Canada, et moi-même avons dévoilé dans le *Journal of Vertebrate Palaeontology*, les premiers fossiles d'une espèce découverte en Alberta. *Cryodrakon borealis* – c'est-à-dire le «dragon gelé du Nord» (en hommage à Viserion, un des dragons de la

série *Game of Thrones*) possède des vertèbres cervicales presque aussi longues et deux fois plus solides que ne l'est son humérus, cet os du «bras-aile» des ptérosaures sur lequel s'accrochaient la plupart des muscles qui travaillaient pendant le vol. Chez certaines espèces, le cou est trois fois plus long que le torse, et la taille de la tête triple, de sorte que l'ensemble tête-cou représente plus de 75% de la longueur totale du ptérosaure! Comment un animal

DES ANIMAUX GRANDS ET BIZARRES

Les ptérosaures avaient tous des proportions étranges. Leur quatrième doigt soutenait les ailes. Leurs têtes étaient très grandes par rapport à leur corps. Au cours de l'évolution, certains ont développé des plans d'organisation encore plus extrêmes, avec des têtes et des cous gigantesques, représentant jusqu'à 75 % de la longueur du corps. Il est probable que la grande taille des ptérosaures a contribué à leur disparition à la fin du Crétacé.

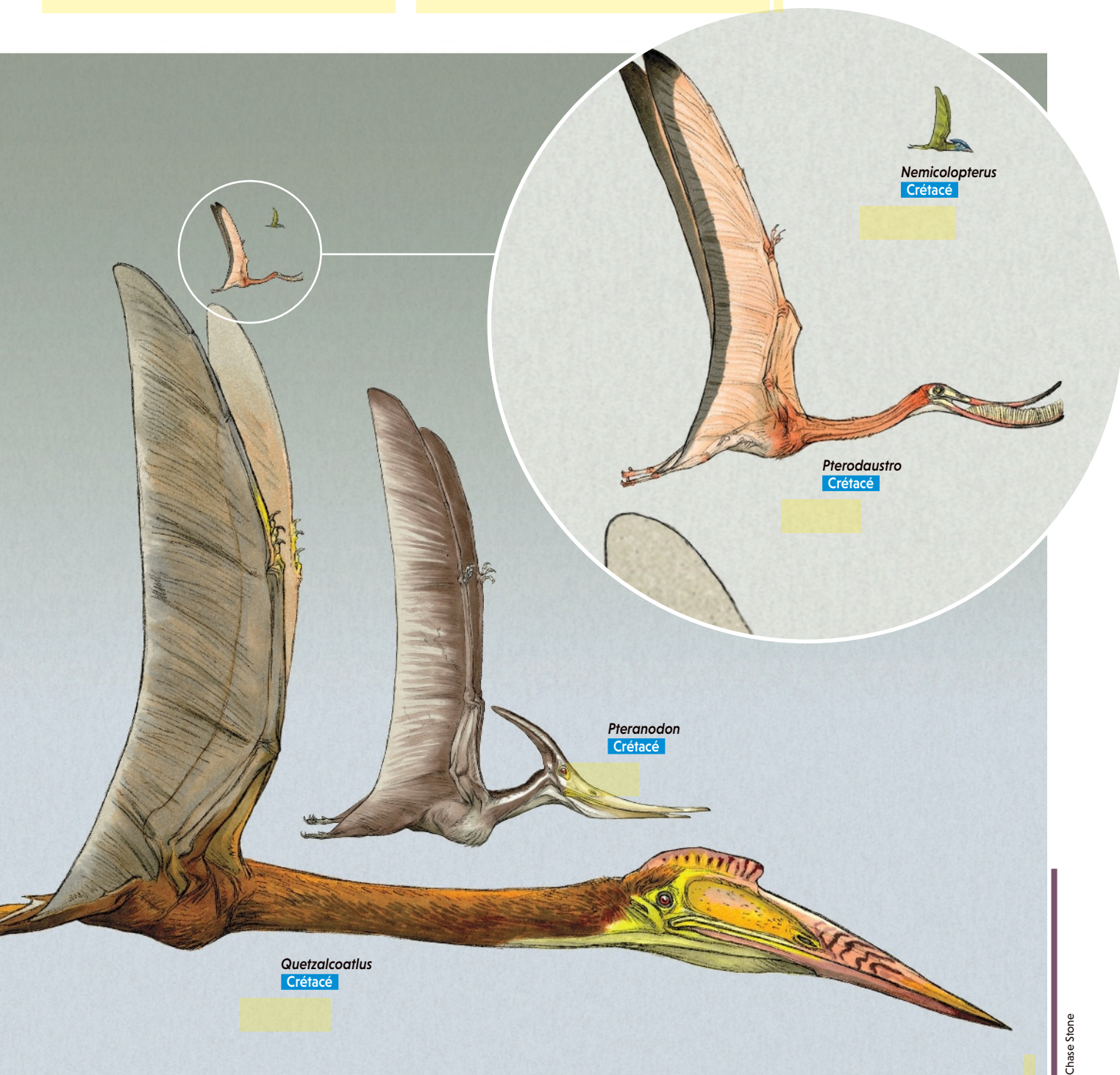


1 mètre

peut-il avoir des proportions aussi extrêmes? Et comment un tel plan d'organisation peut-il être adéquat chez une créature volante?

Une explication probable est ce que je nomme l'hypothèse «si c'était facile, tout le monde le ferait». Bref, avoir une grande mâchoire pour se nourrir et une grande face pour communiquer avec ses partenaires sexuels et ses rivaux serait avantageux pour nombre d'animaux si les coûts associés à de tels

traits n'étaient pas en général prohibitifs. Les grosses boîtes crâniennes des mammifères, par exemple, impliquent qu'à mesure que les tailles augmentent, les têtes s'alourdissent. Les ptérosaures ont peut-être suivi une trajectoire développementale rendant les proportions de la face moins dépendantes de celles de l'arrière du crâne. Cela aurait permis l'évolution de mâchoires géantes sans induire pour autant d'énormes boîtes crâniennes.



MARCHER ET DÉCOLLER

Même les plus grands ptérosaures volaient. Leurs poids dépassaient probablement 300 kilogrammes, soit beaucoup plus que les plus gros des oiseaux connus ayant jamais volé. Comment de tels géants pouvaient-ils décoller ? Contrairement aux oiseaux, bipèdes, les ptérosaures se lançaient dans les airs à partir

d'une position quadrupède, poussant d'abord sur les membres postérieurs, puis avec leurs bras-ailes. D'après la modélisation physique, cela leur aurait procuré assez de puissance au décollage pour s'envoler. Contrairement aux oiseaux, les ptérosaures pouvaient décoller en profitant des puissants muscles de leurs bras-ailes.

1 Appui



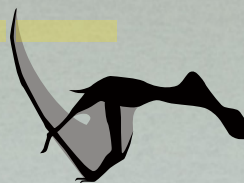
2 Accroupissement



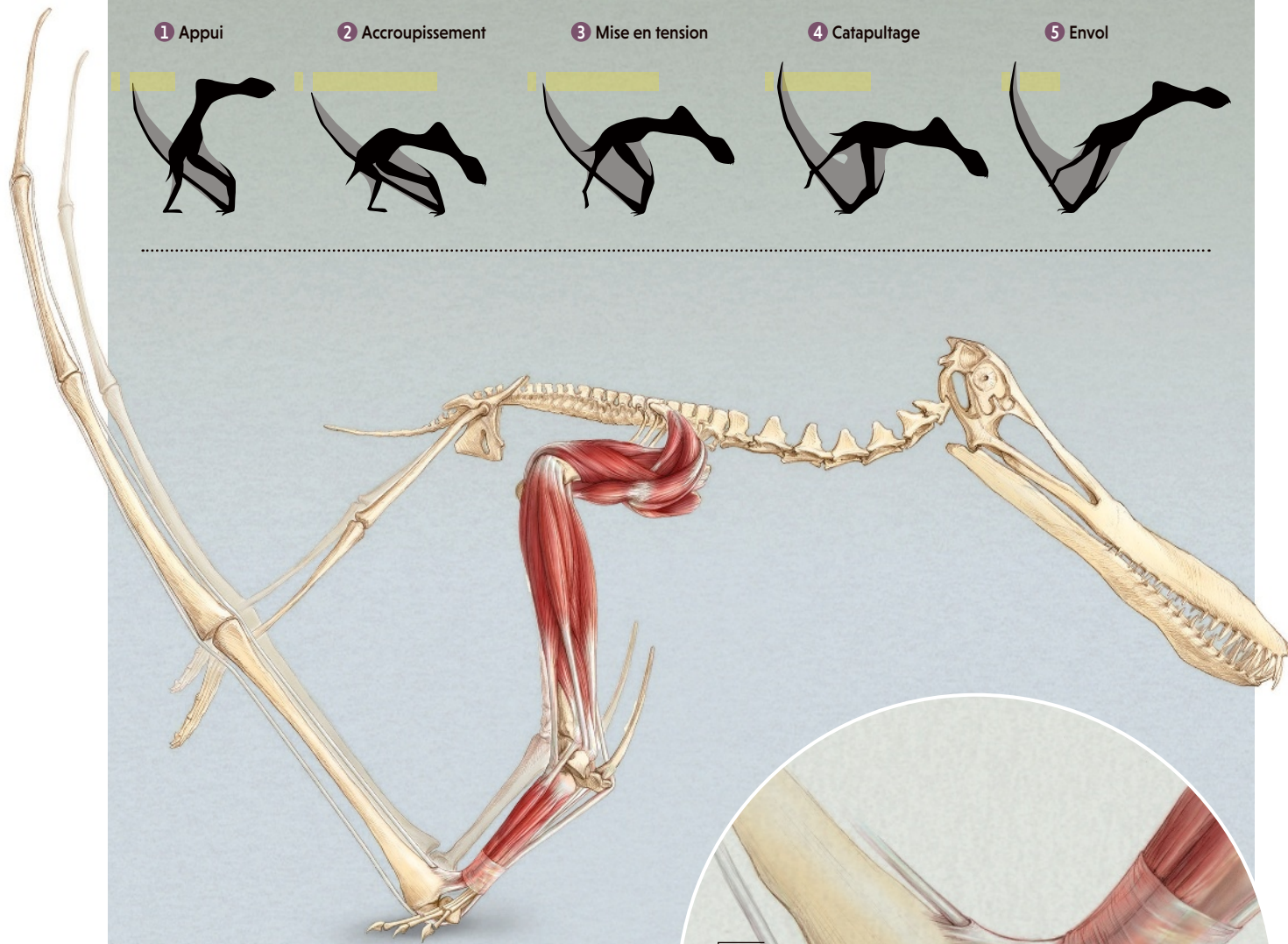
3 Mise en tension



4 Catapultage



5 Envol



Les « bras-ailes » des ptérosaures semblent avoir été dotés d'un mécanisme de catapulte. Le tendon du muscle long fléchisseur des doigts (*Musculus flexor digitorum longus*) aurait été coincé pendant la phase d'appui préalable au décollage, puis aurait brusquement glissé dans une rainure du quatrième os métacarpien, ce qui aurait libéré de l'énergie élastique et propulsé le ptérosaure dans les airs.

Tendon
du muscle
long fléchisseur
des doigts

Quatrième os
métacarpien

> 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 >