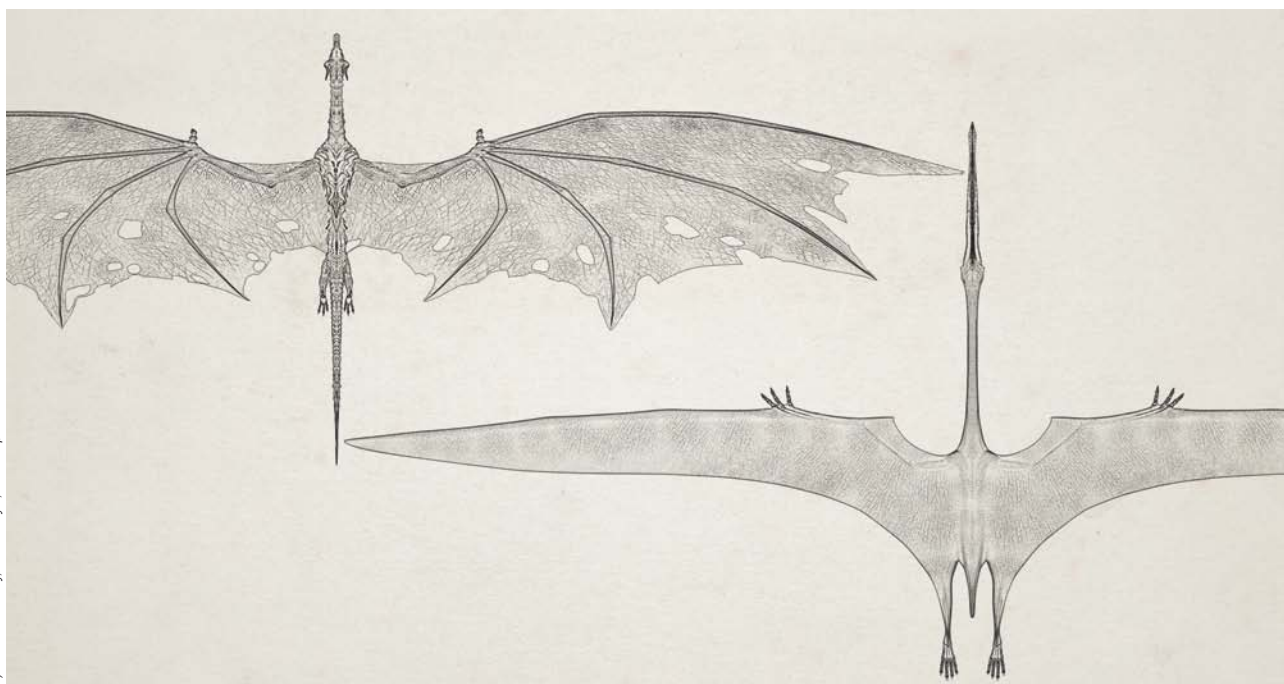




2. LE DRAGON SMAUG (à gauche), présent dans le récent film *Le Hobbit : La Désolation de Smaug* de Peter Jackson, a une silhouette comparable à celle du ptérosaure (à droite), qui a bel et bien existé, et avait des ailes sous-tendues par un seul doigt.

il faut que la vitesse par rapport à l'air soit suffisamment élevée pour que la portance compense le poids de l'animal. On comprend ainsi que, dans des conditions comparables, les plus lourds doivent voler plus vite.

Dès que la portance compense le poids, l'animal vole, mais il faut ensuite vaincre les frottements aérodynamiques, ou traînée, pour que la vitesse – et donc la portance – se maintienne. Comme la force de portance, la traînée est proportionnelle au carré de la vitesse relative de l'aile par rapport à l'air. La puissance nécessaire à la sustentation, égale au produit de la traînée par la vitesse, varie comme le cube de cette vitesse. Le vol rapide est donc très coûteux en énergie.

Et si la puissance musculaire augmente avec la masse de l'animal, elle le fait moins vite que la puissance à fournir pour contrebalancer les frottements qui augmentent avec la masse. Un animal volant ne peut donc dépasser une certaine masse (et une certaine taille), déterminée par sa capacité à fournir la puissance nécessaire au maintien de sa vitesse de vol malgré les frottements. L'oiseau actuel le plus massif est la grande outarde, dont le mâle pèse une vingtaine de kilogrammes et dont l'envergure peut atteindre 2,5 mètres : un nain comparé aux grands ptérosaures, notamment *Quetzalcoatlus* qui volait à la fin du Crétacé et dont la masse est estimée à 70 kilogrammes pour une envergure d'environ 12 mètres.

Les banshees de Pandora, qui semblent bien plus massifs que les ptérosaures pour une envergure comparable, sont probablement surdimensionnés. Certes, la faible gravité de Pandora et son atmosphère plus dense sont deux paramètres favorables au vol d'organismes massifs. En revanche, ces animaux ne pourraient pas transporter un Na'vi sur leur dos : ils ne pourraient fournir l'énergie nécessaire à se maintenir en vol, et devraient se limiter au vol plané.

Quand l'évolution bégaie

Dans le même registre, le kaiju Otachi du film *Pacific Rim* (2013). Monstre volant mi-dragon mi-ptérosaure pesant des « milliers de tonnes », il tente de mettre fin à la bataille l'opposant à un robot géant tout aussi massif en l'attirant dans les airs. L'altitude atteinte est très élevée, car on voit la courbure de la Terre ! Même avec l'envergure d'un Airbus A380, les ailes d'Otachi ont à l'évidence une surface insuffisante, et ses muscles n'ont pas la puissance permettant de réaliser cet exploit. De plus, à une telle altitude, l'oxygène est si raréfié qu'il serait impossible aussi bien de voler que de respirer !

Notons que le vol battu est apparu plusieurs fois au cours de l'évolution : chez les insectes, les ptérosaures, les oiseaux (dinosaures à plumes) et les mammifères

[chiroptères]. Le vol et la portance proviennent souvent d'extensions latérales du corps, les ailes. Mais il semble qu'à l'origine ces extensions aient permis d'augmenter la surface du corps et de faciliter les échanges de chaleur. À partir d'une certaine longueur, elles cessent d'aider l'animal à se réchauffer, mais améliorent la portance. Le vol serait donc une exaptation – ou adaptation secondaire – de la thermorégulation.

Les plumes sont un autre exemple d'exaptation : ces écailles modifiées et très ramifiées sont apparues plusieurs fois au cours de l'évolution des dinosaures. Elles permettraient de limiter les pertes de chaleur, et c'est ultérieurement que de telles structures auraient été sélectionnées pour le vol chez certains dinosaures, dont les oiseaux modernes sont les descendants.

L'évolution nous montre donc que de nombreuses solutions sont possibles pour défier les lois de la pesanteur, du moins sur Terre pour l'instant. Chaque exoplanète ayant ses propres conditions physico-chimiques, à nous d'imaginer des formes de vie volantes originales..., mais plausibles ! ■

R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris.

Retrouvez les articles de J.-S. Steyer et R. Lehoucq sur www.pourlascience.fr

