

# Les oiseaux fossiles

## L' archéoptéryx

Les oiseaux représentent une adaptation des archosaures spécialisés à un mode de vie particulier, le milieu aérien. Le premier fossile d'oiseau connu est peut-être l' archéoptéryx bien qu'il reste plus près du reptile que de l'oiseau. Animal de petite taille 45 cm pour ~500 g, il fut découvert en Bavière, près de Solnhofen. Il fut découvert dans des dépôts du jurassique supérieur. Cet oiseau, vivant entre 205 et 135 millions d'années BC, ressemblerait à une grosse pie avec des dents. Il possédait une queue semblable aux reptiles avec une vingtaine de vertèbres bi-concaves, plus 6 vertèbres composant le sacrum, cependant il était différent des oiseaux actuels par les dents d'une mâchoire maintenue dans deux cavités et par les articulations entre les vertèbres, concaves aux 2 extrémités (amphicœles). Ses ailes possédaient une griffe, ressemblant aux chauves-souris. Pourtant une absence le caractérise, celle d'un tarsométatarse, os que l'on trouve chez les oiseaux. Une autre différence, l'absence d'apophyses uncinées (disposant de crochets) sur les côtes permettant de les raccorder entre elles et l'apparition de côtes ventrales. Le cerveau semble plus primitif (moulage endocrânien) que celui des oiseaux. Son bassin, trop fragile, lui interdisait tout atterrissage sur la terre ferme. Mais une analogie avec les oiseaux reste incontournable, c'est la présence d'un plumage. Par contre les clavicules fusionnées forment une "fourchette" en forme de boomerang et sans hypocléide, bien différente donc de celle des oiseaux. Le pubis est dirigé vers l'arrière. Il avait, tout comme les oiseaux de cette période, des dents. Celles-ci persistent jusqu'au crétacé supérieur et l' tropicales qui s'en servent, non seulement pour s'accrocher, mais aussi pour marcher. Le ptérodactyle, qui fut le premier reptile à "voler" illustre cette démarche ci-contre. Sa main, avec 3 doigts est tournée vers l'arrière. Vêtu de plumes et les ailes entièrement développées, l'archéoptéryx avait beaucoup de traits primitifs et reptiliens y compris les dents et ses griffes sur les doigts d'aile. Ces caractéristiques font de lui un parfait fossile de transition pour les darwiniens. Sa faculté de se déplacer d'arbre en arbre en ferait un arboricole. Pour certain, la possession de plumes suffit à le classer parmi les oiseaux, mais pour d'autres, le fait de ne pas pouvoir voler le classe hors de cette catégorie.

Hesperornis en est un exemple.

Enfin son habitat était les berges d'étendues d'eau peu profondes fréquentées par de petits animaux marins, au bord desquelles se promenaient dinosaures et autres ptérosaures.

Et pour conclure, l' archéoptéryx n'a pas eu de descendance. Par contre son prédécesseur le protarchéoptéryx présente une queue emplumée, dont les plumes sont symétriques et diffèrent de celles, dissymétriques, de l'archéoptéryx . Ce curieux dinosaure avait les mains plus longues que les os du bras, une préadaptation en quelque sorte annonçant les ailes.

## LE VOL DE L'ARCHEOPTERYX

\_\_L'origine du vol des aviens est souvent attribué à l'archéoptéryx. Le débat persiste de savoir si c'était un animal terrestre ou un animal arboricole. Certains proposent qu'après avoir couru, l'archéoptéryx pouvait décoller et s'envoler. Cependant d'autres font remarquer que ses muscles n'étaient pas suffisamment puissants et ne possédaient pas les mouvements complexes nécessaires au vol. Enfin il semble probable qu'il ait pu planer de branche en branche, comme les écureuils volants modernes et ainsi prendre plus facilement son envol en décrivant une courbe sinusoïdale amortie dans le plan vertical appelée phugoïde. Il aurait été incapable de décoller depuis le sol. Il lui aurait manqué une articulation spéciale dans les ailes, qui aurait permis une rotation humérale nécessaire au mouvement ascendant. De plus les chercheurs ont remarqué l'absence d'un système d'emboîtement pour exécuter un battement d'aile rapide durant l'atterrissage.

Le décollage depuis le sol est une performance complexe qui combine 3 mouvements indépendants: battement dorso-ventral autour du joint gléno-huméral, une rotation de l'aile autour de son plus grand axe et un complexe mouvement de poignée pour raccourcir l'aile durant le mouvement ascendant et verrouillage de la main pendant le mouvement descendant. Les oiseaux doivent battre les ailes plus vigoureusement pour obtenir l'ascension supplémentaire dont ils ont besoin. Pour cette raison, la plupart des oiseaux préfèrent se lancer depuis une hauteur, tel qu'un arbre ou une falaise, pour sécuriser leur ascension à moindre coût.

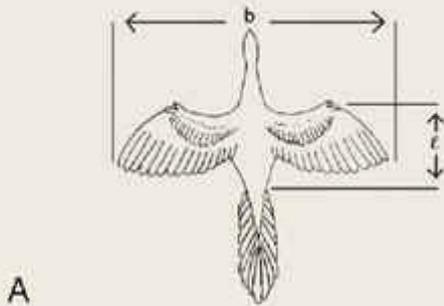
En dépit de ces limitations biologiques, Burgers et Chiappe (1999) propose que l'archéoptéryx aurait pu décoller en courant et utilisant ses ailes comme un générateur de poussée, un peu à la manière de l'albatros. Dans leur rapport, ils estiment, en simulant le vol de l'archéoptéryx, que cette sorte de décollage aurait été plus efficace.

## Vol phugoïde

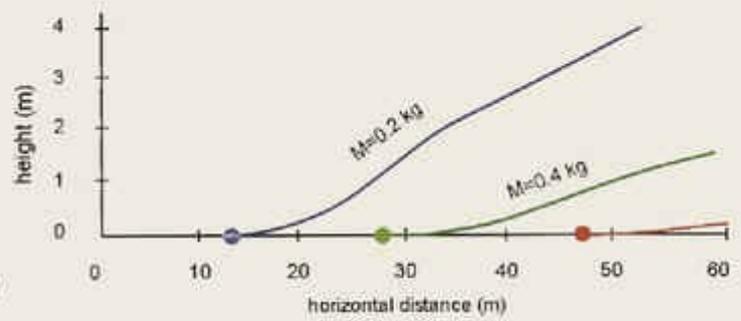
L'archéoptéryx pourrait avoir développé une méthode pour planer entre les arbres et gagner de l'énergie. Les écureuils volants voyagent à travers la forêt en grim pant et en planant (Norberg 1990). Quand les corbeaux décollent d'un arbre, ils ne semblent pas utiliser une énergie supplémentaire. En premier, ils perdent de la hauteur puis piquent en virant entre deux branches. Cela se produit de la même manière pour tout objet volant (avion, planeur ou animal volant) qui se retrouve dans une situation de "non-équilibre", lorsqu'il n'a pas suffisamment d'air dans ses ailes pour accroître la portée (Feduccia 1993). Le résultat est une perte initiale de hauteur et un accroissement de la vitesse. L'ascension s'accroît alors du carré de la vitesse (à condition que le contrôle ne bouge pas) et le mouvement suivant est une ondulation appelée ondulation phugoïde, convertie en énergie potentielle et cinétique (Templin 2000 et figure). En vol plané, le mouvement est atténué par le vol plané stabilisé, en effet le taux d'atténuation est inversement proportionnel au rapport ascension/traînée. Les objets dont ce rapport est élevé, comme les avions modernes, possèdent un niveau phugoïde bas, mais puisque le mouvement est proportionnel à la vitesse, le contrôle est facilité. Il est probable que l'archéoptéryx utilisait une stratégie similaire pour se mouvoir d'arbre en arbre en utilisant l'oscillation phugoïde sans dépenser plus d'énergie.

Dans la figure ci-dessous 4 trajets de l'archéoptéryx sont simulés par ordinateur avec une vitesse horizontale de 2m/s à partir d'une hauteur arbitraire de 15 m. La masse a été fixée à 200 grammes (cela représente le spécimen trouvé à Eichstätt) et l'envergure à 54,5 cm. Aucune pente ne fut attribuée, pour obtenir un rétablissement le plus rapide possible. Les courbes 1 et 3 montrent une faible oscillation phugoïde de l'archéoptéryx, considérant que les courbes 2 et 4 sont avec une puissance de vol de 3,42 W (estimation de la puissance maximale en continue), débutant 1 seconde après le bond, quand la vitesse de l'air est suffisante pour soulever les ailes sans effort musculaire pendant l'ascension. Ces courbes montrent comment l'archéoptéryx voyageait d'arbre en arbre, sans dépenser d'énergie.

L'étude sur simulateur de vol suggère que notre archéoptéryx fut capable de vols d'une hauteur inférieure à 10 m, même en l'absence de vent contraire. En comparant le décollage depuis le sol, le bilan énergétique au décollage d'un archéoptéryx arboricole est plus rentable, à même masse et même taille. Il apparaît qu'un spécimen adulte de 600 g dépense 48,1 joules au décollage depuis le sol, tandis que pour le même depuis un arbre, la puissance n'est que de 19 joules. Il est probable qu'un archéoptéryx adulte avait besoin d'environ 10 m pour partir dans les airs, un vent contraire ne pouvant qu'être favorable. Or, ce n'était pas un problème car les arbres étaient très grands à cette époque, permettant à l'archéoptéryx de grimper, sauter et planer.

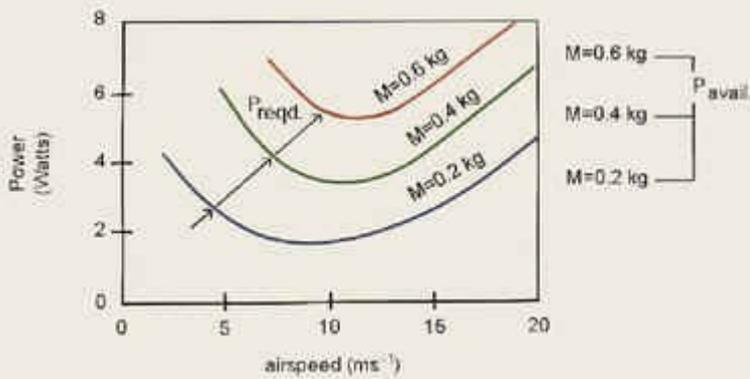


A

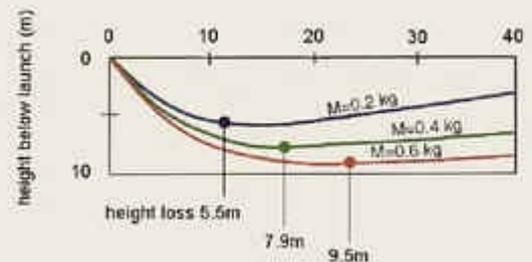


B

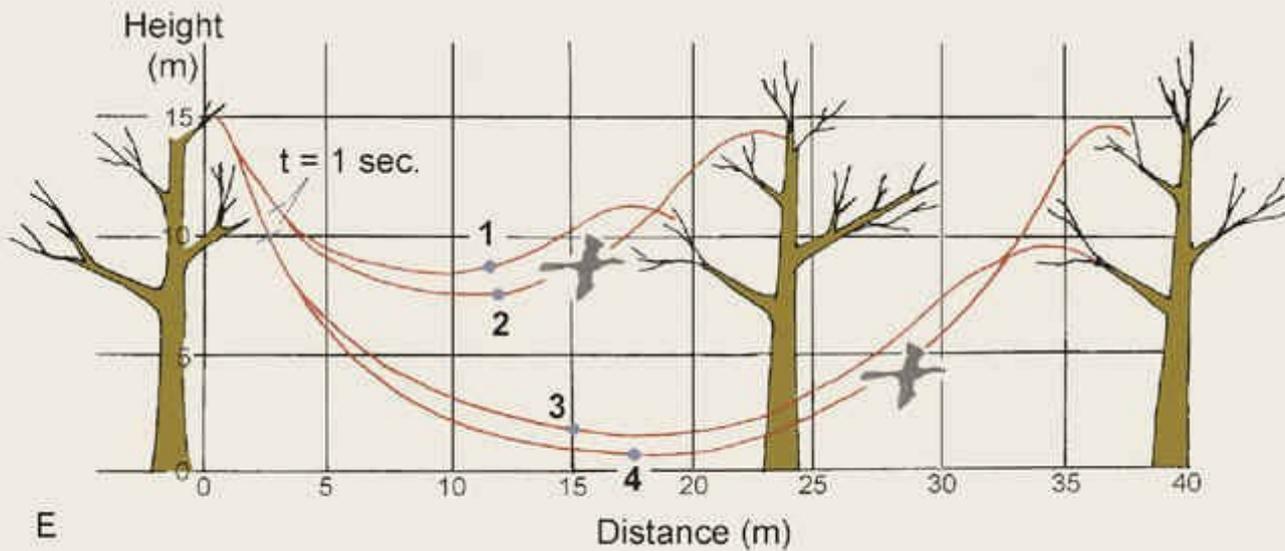
Archaeopteryx : Take-off Flight Paths



C Archaeopteryx : Power Available & Level Flight Power Required



D Archaeopteryx : Take-offs from a Perch



E

### Jeholornis

Le 25 juillet 2002 un nouvel oiseau a rejoint le clan des fossiles. De la taille d'un dindon, il vivait aux alentours de 140 à 125 millions BC. Il est un peu plus évolué que l'archéoptéryx. D'après Zhou Zhonghe, paléontologue et co-

auteur avec Fucheng Zhang de la thèse publiée dans "Nature", le fossile du jéholornis prima a été acheté à un paysan local lorsqu'une équipe de recherches scientifiques de l'Institut de paléontologie et de paléoanthropologie des vertébrés de l'Académie des Sciences de Chine à Pékin effectuait des fouilles dans la région, durant la seconde moitié de 2001.

A ce moment-là, le fossile qui mesurait plus de 70 cm de long, ne dévoilait qu'une partie de l'ossature d'un oiseau et les archéologues ne se sont pas pleinement rendus compte de son importance. Quand il fut ramené à Pékin, des experts ont passé trois mois sous le microscope pour le réparer avant de réaliser cette découverte sensationnelle.



Foto: Zhonghe Zhou, Fucheng Zhang of the Chinese Academy of Sciences, Beijing

Il fut trouvé dans les formations de Yixiam et de Jiufotang au Nord Est de la Chine. Les dépôts lacustres du crétacé inférieur de la région Jehol, dans la partie occidentale de Liaoning, sont bien connus pour avoir préservé des dinosaures à plumes, des oiseaux primitifs et des mammifères. La roche sédimentaire y est si fine qu'elle conserve, comme nulle part ailleurs, l'empreinte fragile et légère des plumes. Ce nouveau fossile fournissait le lien entre les oiseaux et les théropodes non aviens. De récents compte-rendus présentent l'oiseau de Jehol, appelé jéholornis prima, comme le seul représentant connu des oiseaux ayant une longue queue complète avec des vertèbres, excepté l'archéoptéryx, qui fut découvert en 1861, dans le sud de l'Allemagne. Le jéholornis montre des caractéristiques plus primitives, représentant le plus ancien type de l'histoire de l'évolution des oiseaux. Dans l'ordre chronologique le jéholornis prima se situe immédiatement après l'Archéoptéryx, type le plus ancien et le plus primitif des oiseaux. Avec des traits primitifs plus évidents, il représente un type antérieur au confuciusornis.



Freie Rekonstruktion von Jeholornis prima  
Zeichnung: Yong Xu of the Chinese Academy of Sciences, Beiji

Deux nouvelles découvertes sur le jéholornis apportent un éclairage nouveau. Il a une longue queue osseuse (35 cm) comme beaucoup de dinosaures, comme l'archéoptéryx et comme le rahonavis de Madagascar. La queue du jéholornis est cependant plus longue que celle de l'archéoptéryx et comporte 27 vertèbres caudales, contre 23 pour

l'archéoptéryx, avec des prézygapophysies (sortes de vertèbres) allongées, inattendues, ressemblant à celles des droméosaures. Plus intéressant, les plumes de la queue sont formées plus comme celles des droméosaures que comme celles de l'archéoptéryx, confirmant ainsi la position latérale de la branche archéoptéryx dans l'évolution précoce des aviens. Le synsacrum (pour rigidifier et aussi fixer les muscles) est composé de 6 vertèbres représentant une étape de transition entre l'archéoptéryx et les oiseaux plus modernes. L'omoplate du jéholornis a un côté du glénoïde dorso-latéral exposé et l'os du bec a un interstice supracoracoïde. La présence de vide sur le sternum préconise la place d'une sorte de poche à air chez les oiseaux d'autrefois.

Outre la queue du dinosaure, le jéholornis possède des griffes sur les ailes, des dents dégénérées, un pied préhensile et une structure de squelette mieux adaptée au vol que l'archéoptéryx. En effet, en dépit de sa position basique dans l'évolution précoce des aviens, les caractéristiques de la ceinture pectorale et de la trochlée carpienne du métacarpe (ou condyle) du jéholornis indique de puissantes capacités de vol. L'oiseau possède de larges et robustes ailes. D'autre part la découverte de son dernier repas est un événement rare. Il avait avalé une cinquantaine de graines, mais les spécialistes ne savent pas si c'était des graines de plantes angiospermes ou gymnospermes. Chaque graine mesure 1 cm ce qui permet de dire que son jabot était grand. C'est la première fois que des graines furent trouvées dans un estomac d'aviens, montrant à l'évidence, la capacité qu'avaient les oiseaux du mésozoïque, de se nourrir de graines. C'est pour cela qu'il possède des maxillaires fortement développés pour s'adapter probablement à la nécessité de manger les graines.

L'apogée des dinosaures peut être considérée comme l'âge d'or de l'évolution des oiseaux. Le jéholornis prima est le plus tardif d'une multitude d'oiseaux antiques trouvés récemment dans des endroits aussi éloignés que l'Espagne, Madagascar et la Chine qui couronnèrent les premières étapes de l'évolution de l'oiseau. Ils proviennent d'une période légèrement plus tardive que celle de l'archéoptéryx, mais prouvent que les traits principaux de l'oiseau moderne furent esquissés en dehors de cette période. Cependant à l'arrière des oiseaux modernes, le nombre de vertèbres caudales est plutôt inférieur et la dernière est toujours fusionnée à la queue par un cône appelé pygostyle où s'accrochent les rectrices (plumes postérieures) utilisées pour le vol. C'est le cas d'une majorité écrasante de fossiles aviens connus, à l'exception de l'archéoptéryx, dont le squelette fossilisé dispose d'un ensemble de vertèbres caudales bien conservées, mais sans pygostyle. Suivant son cousin allemand, ce que le jéholornis a maintenant mis en évidence, c'est la présence de nouvelles espèces d'oiseaux primitifs dotés d'une mince queue complète, mais sans pygostyle.

En conclusion, cette découverte confirme l'hypothèse que les aviens descendent bien des dinosaures. Les dinosaures à plumes du Liaoning remettent en cause certaines idées reçues qu'il faut absolument combattre. Les plumes sont très certainement apparues avant les oiseaux. Le tyrannosaure aurait lui aussi porté des plumes, ainsi : **PLUME NE DIT PAS ESSENTIELLEMENT OISEAU !** Il semblerait que les poils et la peau se soient modifiés aussi pour des raisons climatiques ?