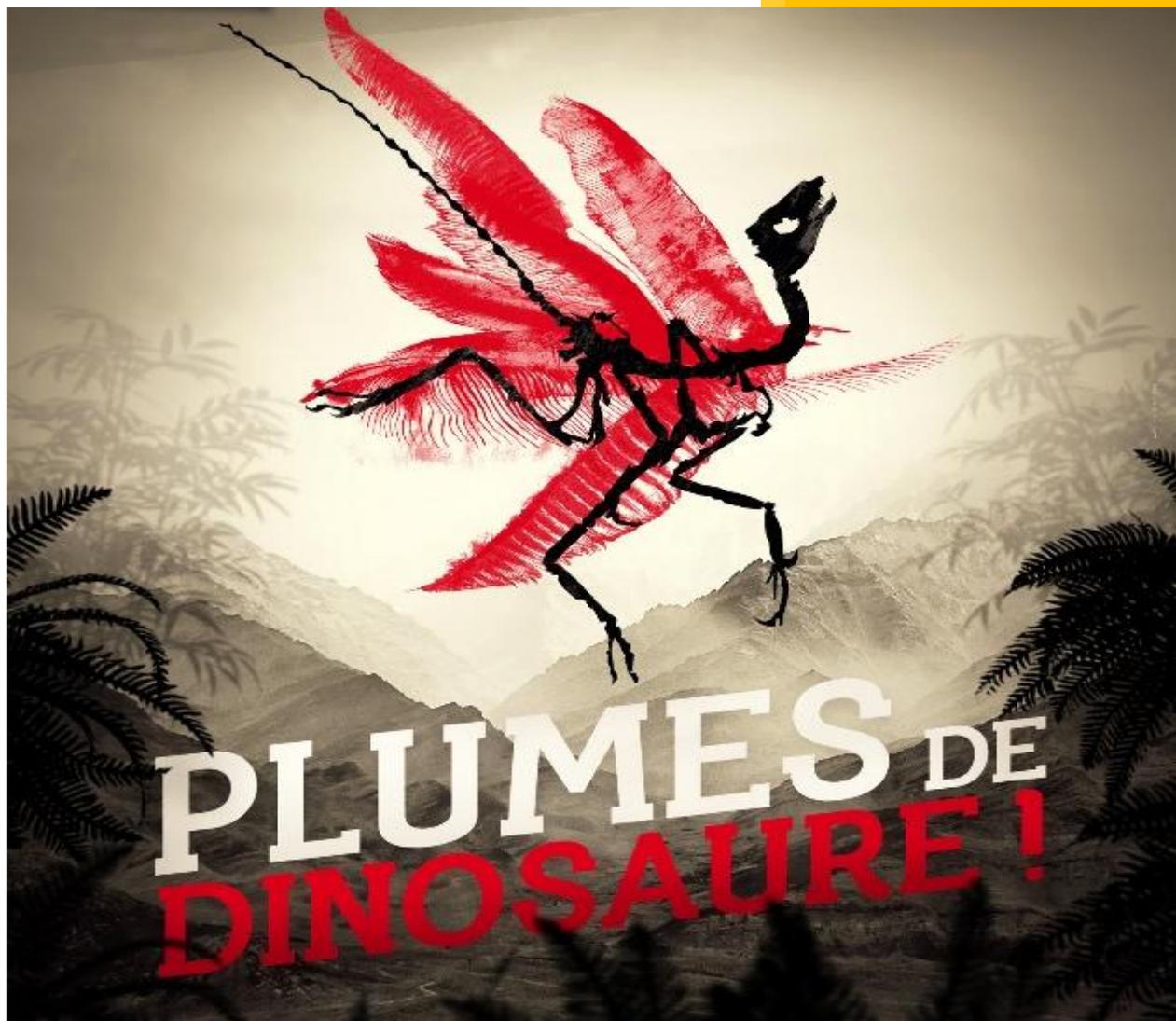


## DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT POUR LES ENSEIGNANTS Cycle 4-Lycées



Document réalisé par Didier  
Thieurmél, enseignant de SVT,  
Conseiller Relais DAAC à l'Espace des  
sciences

[Didier.thieurmél@ac-rennes.fr](mailto:Didier.thieurmél@ac-rennes.fr)

# Place dans les programmes

## Cycle 4 : Le vivant et son évolution

- Relier l'étude des relations de parenté entre les êtres vivants et l'évolution.
- Mettre en évidence des faits d'évolution des espèces et donner des arguments en faveur de quelques mécanismes de l'évolution.

**EPI** : sciences, technologies et sociétés : Théories scientifiques et changement de vision du monde.

## Au lycée :

### ➤ En classe de seconde :

La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant.

- La biodiversité, résultat et étape de l'évolution.

*Au sein de la biodiversité, des parentés existent qui fondent les groupes d'êtres vivants. Ainsi, les vertébrés ont une organisation commune. Les parentés d'organisation des espèces d'un groupe suggèrent qu'elles partagent toutes un ancêtre commun.*

### ➤ En classe de Terminale S :

Thème 1-A-3 De la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité.

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes.

- *La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur/plante produit d'une coévolution.*

### • En classe de Terminale S spécialité SVT :

Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir.

*Sur les grandes durées (par exemple pendant le dernier milliard d'années), les traces de variations climatiques importantes sont enregistrées dans les roches sédimentaires. Des conditions climatiques très éloignées de celles de l'époque actuelle ont existé.*

## L'étymologie des dinosaures

On peut élaborer une activité en classe en lien avec l'étymologie des noms de dinosaures à plumes et leur signification. Cela permettra aussi de montrer que certains termes, qui ont une signification historique, sont parfois en contradiction avec les données scientifiques ex : dinosaure = « terribles lézards ». Les dinosaures ne sont pas des lézards !

| Nom de l'espèce | Signification             |
|-----------------|---------------------------|
| Anchiornis      | « presque oiseau »        |
| Microraptor     | « petit voleur »          |
| Caudipteryx     | « queue ailée »           |
| Archaeopteryx   | « aile antique »          |
| Psittacosaurus  | « le lézard perroquet »   |
| Confuciusornis  | « l'oiseau de Confucius » |

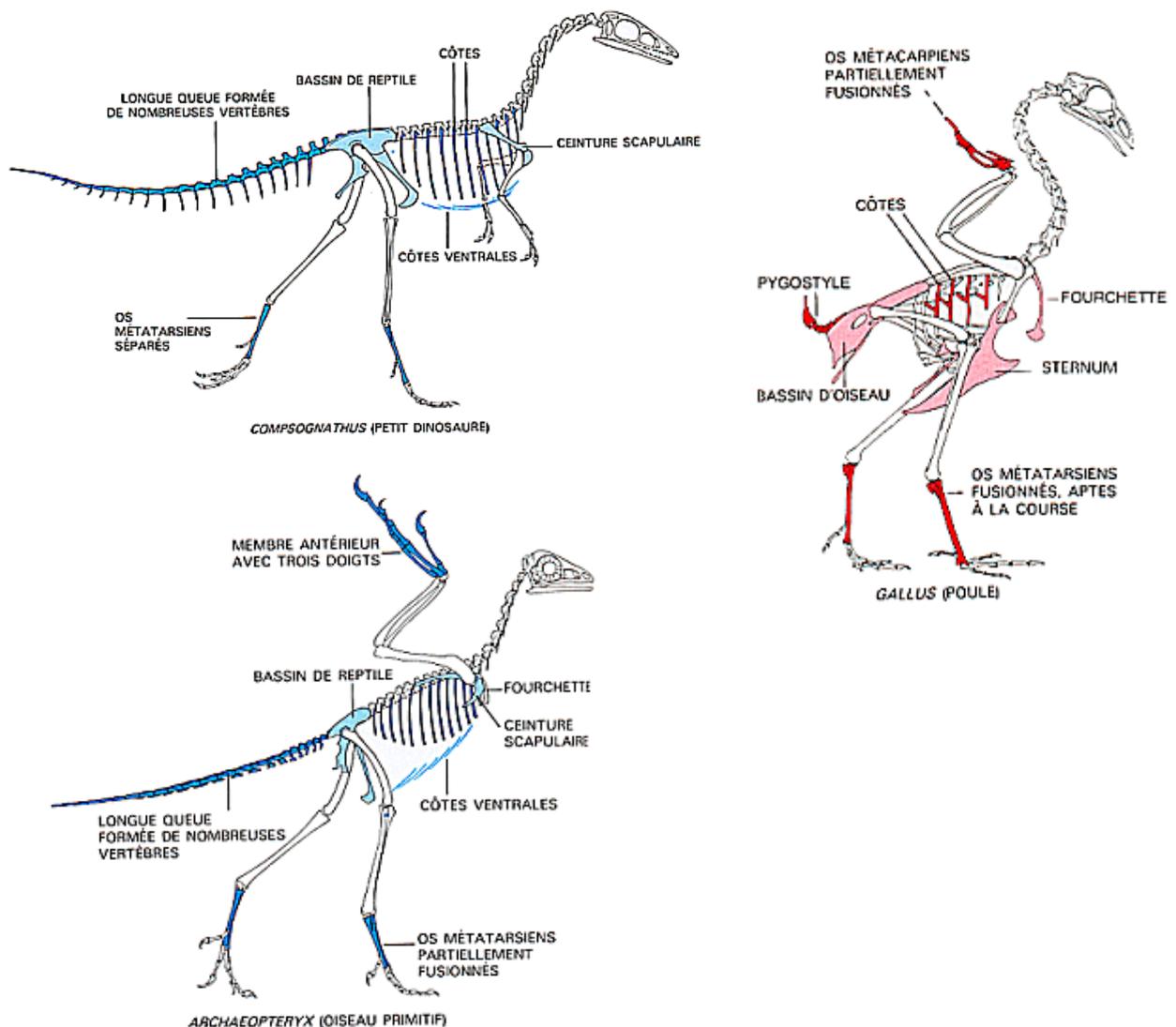
**La polémique autour de l'Archaeopteryx.**

*Archaeopteryx lithographica* fut découvert en Allemagne en 1861, dans des carrières de calcaire lithographique de Solnhofen en Bavière. La première description de ce squelette conclut à la découverte d'un reptile à plumes et non d'un oiseau. Deux ans plus tard, un biologiste anglais, Richard Owen, à qui on doit le terme de dinosaure, étudia ce spécimen au muséum d'histoire naturelle de Londres. Il considéra ce fossile comme le plus vieux fossile d'oiseau.

Quelques années plus tard, un autre biologiste, Thomas Huxley, montre que ce fossile possède des caractères de reptiles et des caractères d'oiseaux. Il a été longtemps considéré comme une « forme transitionnelle » ou comme un « chaînon manquant », alors qu'il s'agit d'une illustration du concept d'évolution en mosaïque.

### Activités à mener en classe (cycle 4, seconde)

A partir des schémas des squelettes présentés, on va identifier les caractères appartenant aux reptiles (R) et ceux appartenant aux oiseaux (O) chez l'*Archaeopteryx*.

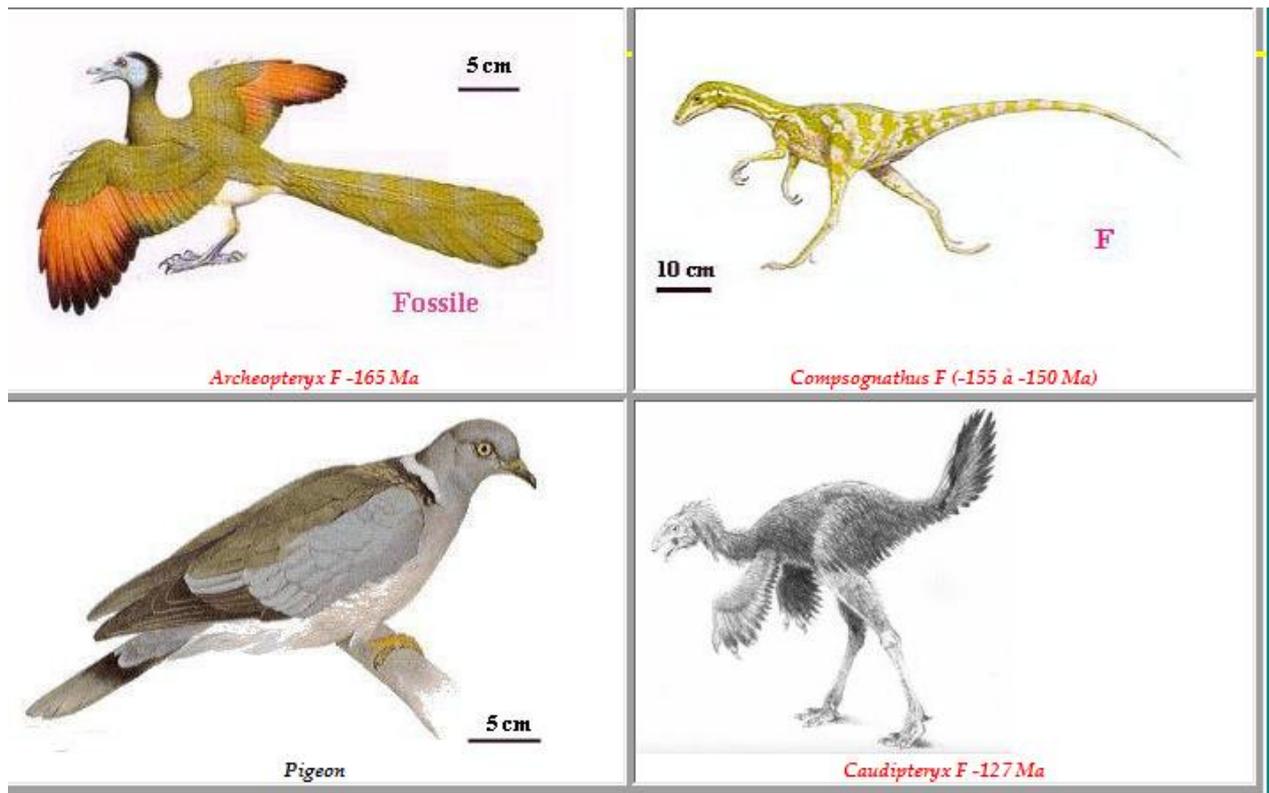


**Caractères reptiliens :** bassin de reptile Saurischien, longue queue, trois doigts griffus aux membres supérieurs, petite fourchette, crane allongé muni de dents ;

**Caractères aviens** : ailes avec plumes asymétriques, os creux aux parois fines, clavicules fusionnées en fourchette.

Cette activité peut être aussi réalisée en classe avec le logiciel Phylogène :

On va rechercher les liens de parenté entre les reptiles et les oiseaux, en intégrant des fossiles. On sélectionne 4 organismes dans la collection « Vertébrés actuels/fossiles » : l'Archaeopteryx, le Compsognathus, le pigeon et le Caudipteryx (présent dans l'exposition).

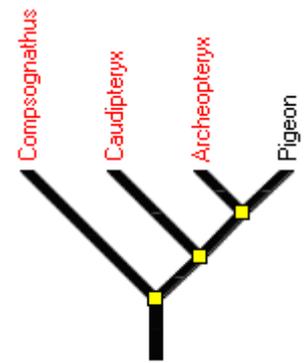


On réalise ensuite une matrice de caractère basée sur les caractères suivants : présence de plumes, ailes, 3 doigts sur le sol, plus de 3 vertèbres cervicales, fenêtre mandibulaire, doigts.

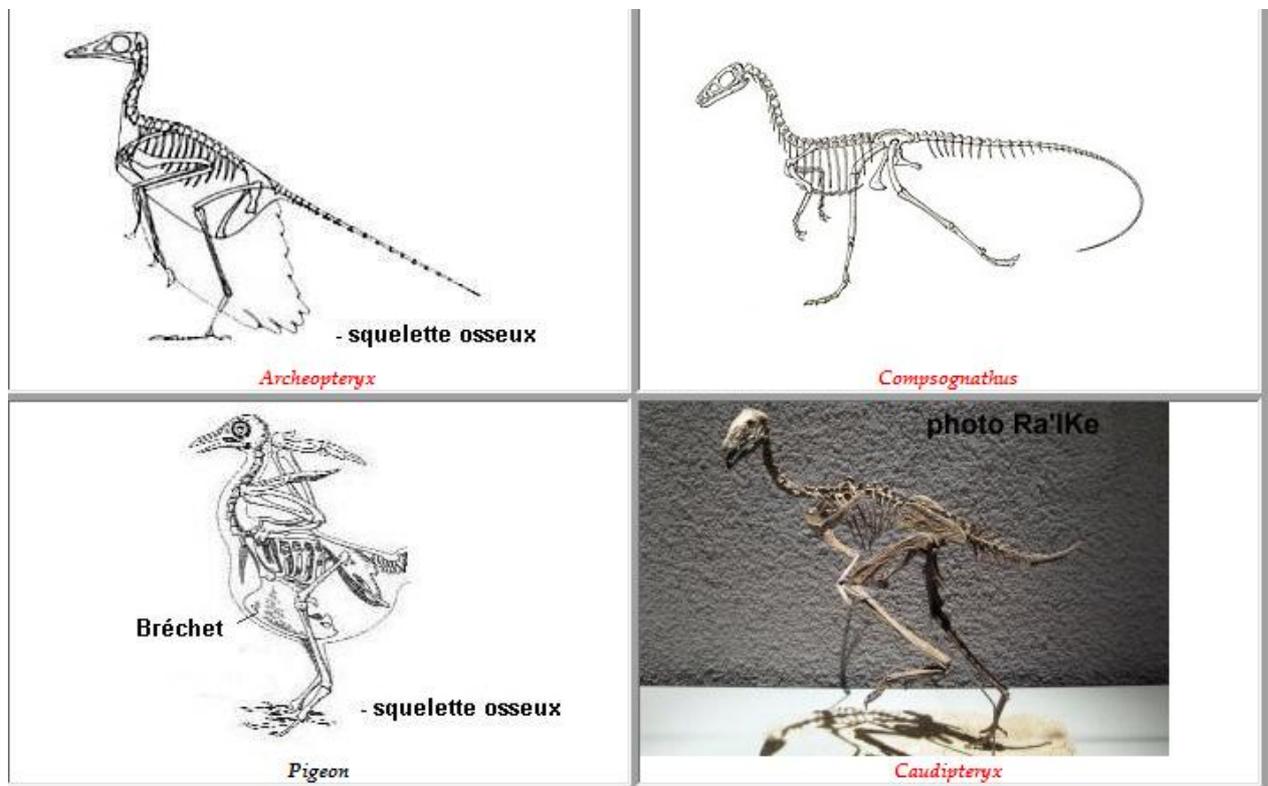
|               | Plumes    | 3 doigts sur le sol | Ailes     | Plus de 3 vertèbres cervicales | Fenêtre mandibulaire | Doigts   |
|---------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|----------|
| Archaeopteryx | Présentes | Présents            | Présentes | Présent                        | Présente             | Présents |
| Caudipteryx   | Présentes | Présents            | Absentes  | Présent                        | Présente             | Présents |
| Compsognathus | Absentes  | Présents            | Absentes  | Présent                        | Présente             | Présents |
| Pigeon        | Présentes | Présents            | Présentes | Présent                        | Présente             | Présents |

A partir de la matrice, on peut construire un arbre montrant les relations de parenté entre ces organismes. On constate que l'archéoptéryx et le pigeon ont un ancêtre commun récent, et que le caractère plume était présent chez l'ancêtre commun du groupe « Caudiptéryx-Archaeopteryx – pigeon ».

|   |   |
|---|---|
| 3 doigts sur le sol<br>Plus de 3 vertèbres cervicales<br>Fenêtre mandibulaire |   |
| Compsognathus -155 Ma   | Plumes                                  |
|   | Caudipteryx -127 Ma                     |
|   | Ailes<br>Archeopteryx -165 Ma<br>Pigeon |



En collège, on peut utiliser les fonctions « comparer et observer » au niveau des données anatomiques et mettre en avant les caractères communs entre différentes espèces.



Cette activité illustre la notion d'évolution en mosaïque, puisque l'Archaeopteryx présente à la fois des caractères d'oiseaux mais aussi de reptiles.

**Archaeopteryx peut-il être considéré comme un oiseau ?**

La présence de plumes sur les spécimens de Berlin et de Londres a permis aux naturalistes de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle de considérer Archaeopteryx comme un oiseau. On sait aujourd'hui que la plume

n'est plus caractéristique des oiseaux. La plupart des caractéristiques présentes chez l'Archaeopteryx autrefois considérées comme exclusives des oiseaux se retrouvent chez d'autres dinosaures carnivores.

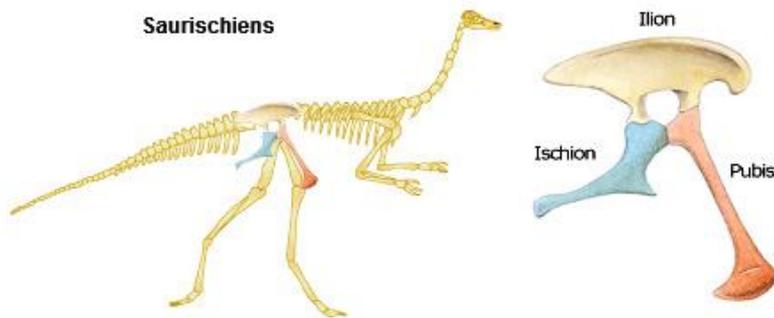
La découverte en juillet 2011 de *Xiaotingia zhengi* dans la province chinoise du Liaoning suggère que les archaeopterygides ne seraient plus des oiseaux mais des deinonychosaures, c'est-à-dire de petits dinosaures carnivores.

# La place des oiseaux dans la classification phylogénétique

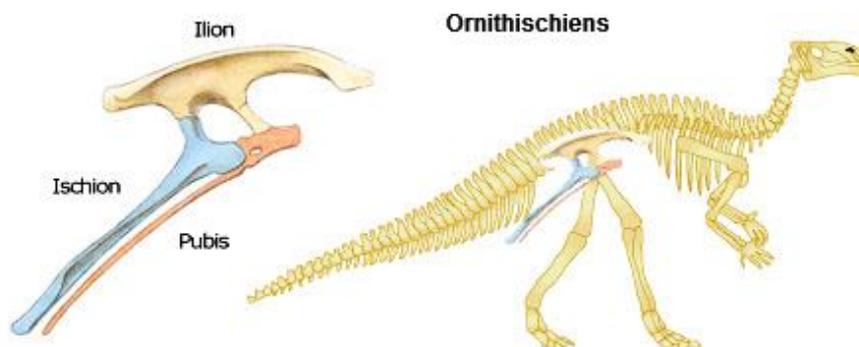
(extrait du site internet : [http://www.saga-geol.asso.fr/Paleontologie\\_page\\_exposes\\_oiseaux\\_dinosaures\\_FDN2012.html](http://www.saga-geol.asso.fr/Paleontologie_page_exposes_oiseaux_dinosaures_FDN2012.html))

Dans l'arbre phylogénétique des Vertébrés, les Dinosaures sont des reptiles redressés. Leurs membres sont droits sous le corps, anatomie qui donne une grande aptitude pour les déplacements terrestres. Ils appartiennent au groupe des **Archosauriens**, comme les **Crocodyliens** et les **Ptérosaures** (reptiles volants) qui constituent des groupes frères. Ils sont apparus au Trias (~ 250 Ma) et on a l'habitude de les classer en fonction de la forme de leur bassin :

- les **Saurischiens** ont un bassin de reptile (grec *sauros* = lézard et *ischion* = bassin) : les trois os du bassin, ilion, pubis et ischion sont dans trois directions différentes. Ce groupe comprend notamment les **Sauropodes** (gros herbivores quadrupèdes avec un très long cou et /ou une très longue queue) et les **Théropodes** (carnivores bipèdes). **Compsognathus** et **Archaeopteryx** sont dans ce dernier groupe .



- les **Ornithischiens** ont un bassin d'oiseau (grec *ornitheios* = oiseau et *ischion* = bassin) : le pubis et l'ischion sont parallèles. Ce sont des herbivores.



On les classe en trois groupes :

Les **Thyréophores** : dinosaures quadrupèdes cuirassés ou à plaques .Exemple : *Ankylosaurus*

Les **Marginocéphales** : dinosaures qui portaient sur la tête des bourrelets osseux ou des cornes. Exemple : *Tricératops*.

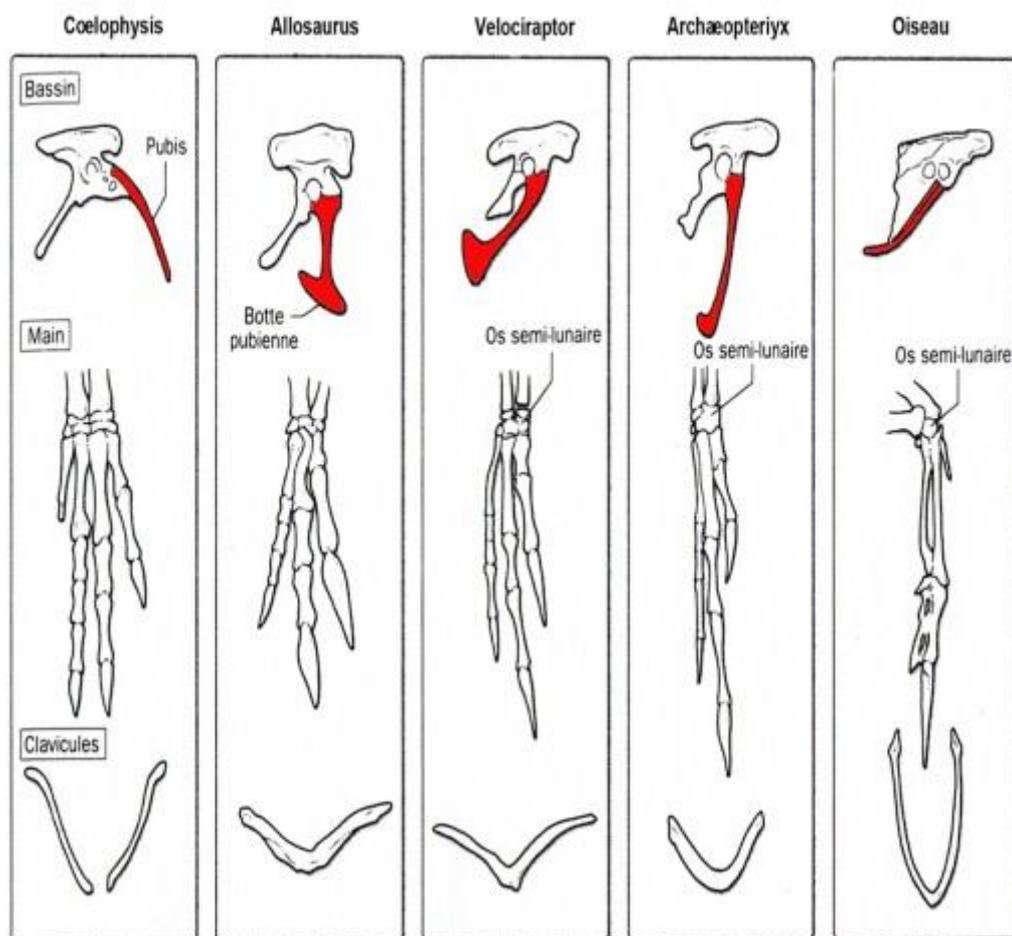
Les **Ornithopodes** : dinosaures végétariens et essentiellement bipèdes. Exemple : *Iguanodon*

Les Oiseaux disparus et modernes sont des Théropodes .

➤ **L'évolution du squelette**

L'évolution du squelette est un des arguments majeurs démontrant la filiation des Oiseaux. Le diagramme ci-dessous montre l'évolution de trois caractères chez les **Théropodes** *Coelophysis*, *Allosaurus*, *Velociraptor*, *Archaeopteryx* et un *Oiseau moderne*:

- **le basculement du bassin** : le pubis bascule vers l'arrière pour devenir parallèle à l'ischion ;
- **réduction et fusion des doigts du membre antérieur et modification du bras en aile** : le nombre de doigts passe de quatre à trois, puis fusionnent complètement ;
- **fusion des clavicules** : les clavicules fusionnent en une forme en V puis en U (fourchette).



**Evolution du squelette chez les Théropodes**

Source : *Guide critique de l'évolution*, Guillaume Lecointre, 2009

### ➤ L'évolution de la structure des œufs

Chez les Théropodes disparus, la coquille des œufs est constituée de calcite, comme chez les Crocodiles et les Oiseaux actuels. Mais le nombre de couches est variable : une seule couche chez les Crocodiles et les Dinosaures sauropodes, deux couches superposées chez les premiers Théropodes (Oviraptoridés et Troodontidés) et trois couches chez les Oiseaux actuels.

On connaît de nombreux gisements d'œufs de Dinosaures. En 1993, une découverte importante eut lieu en Mongolie : un squelette de Dinosaurien non avien (l'Oviraptor *Citipati*) en position de couvain sur son nid. C'est probablement la preuve que ces Dinosaures avaient des comportements de nidification similaire celui des oiseaux actuels.

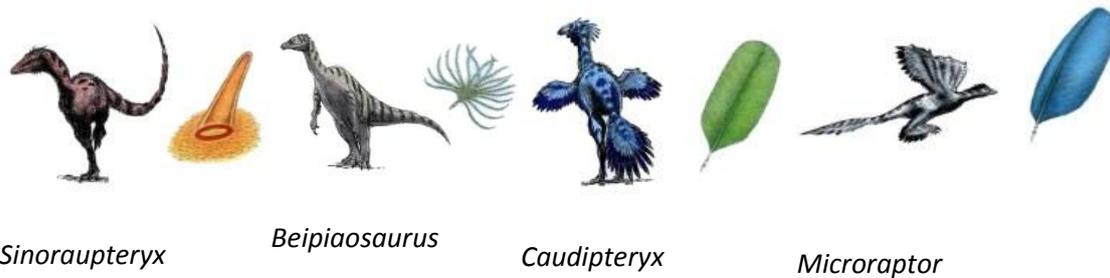
### ➤ L'évolution des plumes

Pendant longtemps, on a pensé que les plumes étaient des caractéristiques de la classe des Oiseaux. Mais depuis une vingtaine d'années, plusieurs fossiles de Théropodes découverts en Chine (province de Liaoning) ont montré que l'apparition des plumes est antérieure à l'aptitude au vol. Le modèle actuel de l'évolution des plumes propose quatre étapes, chacune étant associée à un genre de Théropode et une description du type de plume.

| Étape | Genre                | Description  |
|-------|----------------------|--|
| 1     | <i>Sinoraupteryx</i> | Le corps est recouvert de structures filamenteuses cylindriques de longueur entre 1 et 4 cm (structure proche des plumes du Kiwi actuel) |
| 2     | <i>Beipiaosaurus</i> | « plumes » faites de filaments creux à la base, de 5 à 6 cm de longueur et formées de barbules (duvets)                                  |
| 3     | <i>Caudipteryx</i>   | Plumes de contour symétrique permettant de planer d'arbre en arbre   |
| 4     | <i>Microraptor</i>   | Plumes de contour asymétrique sur les membres antérieurs et postérieurs lui permettant peut-être de voler                                |

Si les plumes sont apparues avant le vol, on peut se demander quelles étaient leurs fonctions premières. On a l'habitude d'en proposer trois :

- **l'isolation thermique** : certains Théropodes étaient très actifs, ce qui laisse penser qu'ils étaient endothermes, les plumes leur permettaient de conserver la chaleur produite par le métabolisme ;
- **la communication** entre individus : on a trouvé des traces de couleurs sur certaines plumes, il est possible que les plumes servaient aux parades nuptiales ;
- **la reproduction** : certains fossiles avec des ailes ont été découverts en position de couvain.



### L'évolution des plumes chez les Dinosaures

Reconstitution d'après Lecomte (2009) et l'article Les plumes de dinosaures de Prum et Brush, Dossier Pour la Science n° 48

#### ➤ L'expérimentation du vol

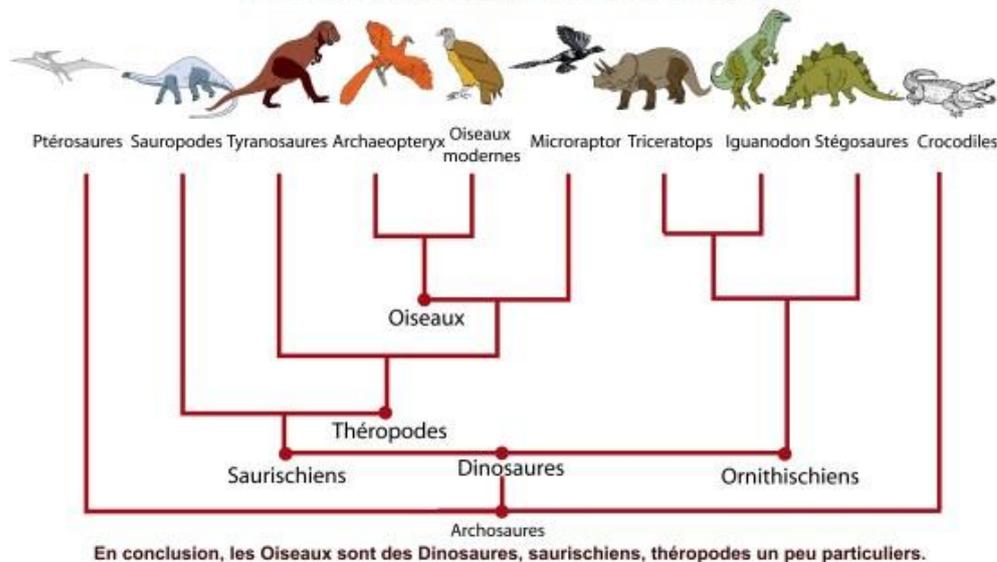
Actuellement, deux hypothèses sont proposées pour expliquer l'origine du vol :

- **acquisition du vol depuis les arbres.** Les dinosaures Théropodes avaient des griffes à l'extrémité de leurs membres antérieurs et certains devaient pouvoir grimper aux arbres. Même avec des ailes rudimentaires, ils ont pu apprendre à se laisser tomber en parachute ou à planer, puis avec des ailes plus développées, ils ont pu acquérir le vol battu ;
- **acquisition du vol depuis le sol.** Dans cette hypothèse, on suppose que c'est en courant et en battant leurs membres antérieurs que ces animaux ont quitté le sol, d'abord pour n'effectuer que des sauts, puis de véritables vols.

La découverte de dinosaure à quatre ailes en Chine et le stade d'évolution des plumes de ces dinosaures semble aller dans le sens d'un vol plané.

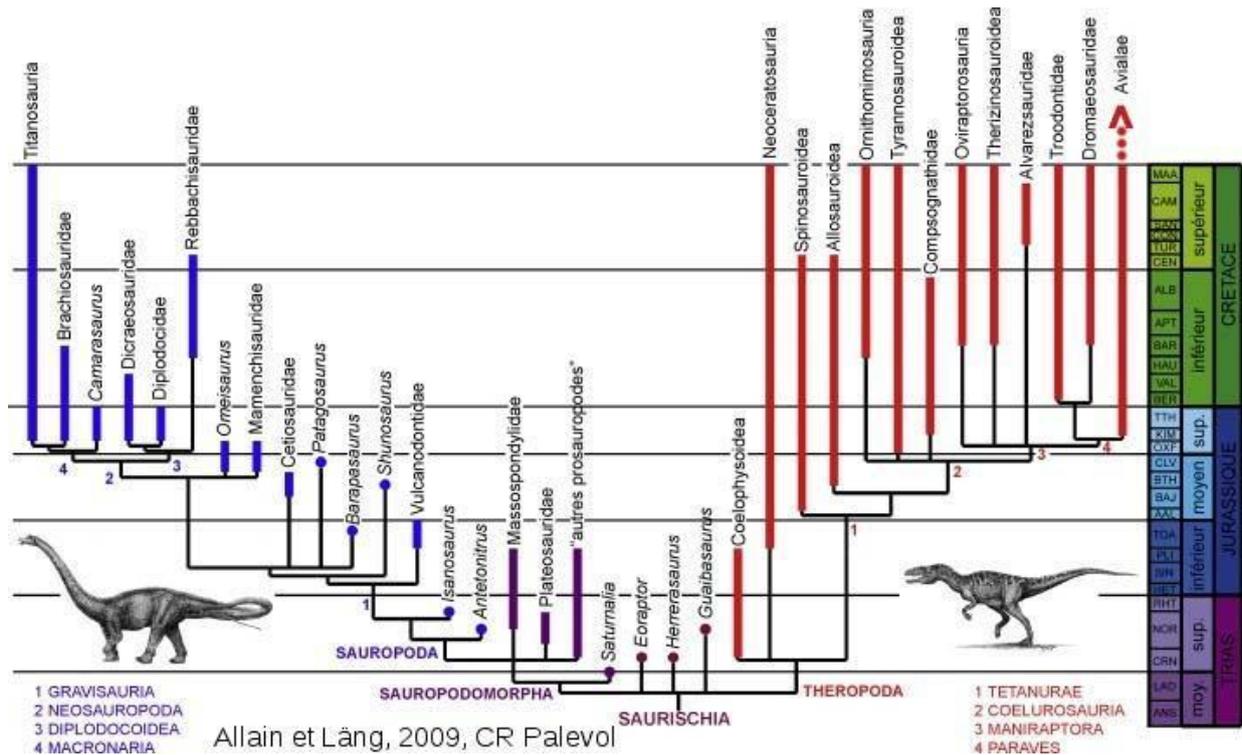
Notons qu'en se diversifiant, les Oiseaux ont considérablement fait évoluer l'aptitude au vol ; certaines espèces l'ont développée et à l'inverse d'autres l'ont perdue.

### Les oiseaux sont des Dinosaures



Source : Paléobiosphère, Patrick de Wever, Bruno David, Didier Néraudeau (modifié)

Une classification plus précise :



Les oiseaux (*Archæopteryx* et autres oiseaux fossiles) apparaissent sous l'appellation *Avialae*, en haut à droite

Liens utiles :

<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/49208/episteme-lorigine-dinosaurienne-des-oiseaux-un-peu-de-phylogenie>

<http://www.lycee-chateaubriand.fr/revue-atala/wp-content/uploads/sites/2/2012/10/atala15-allain.pdf>

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/plumes-dinsaures-oiseaux.xml>

Une piste de travail intéressante dans le cadre des EPI : l'argumentation sur la théorie de l'évolution :

<http://www.fondation-lamap.org/node/48404>

Le lien vers l'exposition « Plumes de dinosaure ! » : <http://www.espace-sciences.org/expositions/plumes-de-dinosaure>

Vidéos produites par l'Espace des sciences pour l'exposition Plumes de dinosaures :

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/playlist?list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)

- « Des fossiles exceptionnels » :

[https://www.youtube.com/watch?v=lmjbbpG1J2w&index=1&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=lmjbbpG1J2w&index=1&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)

- « Des plantes et des insectes » : [https://www.youtube.com/watch?v=9mAdEpR4Z50&index=2&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=9mAdEpR4Z50&index=2&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)
- « L'histoire de la plume » : [https://www.youtube.com/watch?v=cVM-jS6QQzk&index=3&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=cVM-jS6QQzk&index=3&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)
- « Le Microraptor et l'Anchiornis » : [https://www.youtube.com/watch?v=z2L5UGTZpJM&index=4&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=z2L5UGTZpJM&index=4&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)
- « Ils ont trouvé des plumes ! » : [https://www.youtube.com/watch?v=ScrQaclZaOU&index=5&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=ScrQaclZaOU&index=5&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)
- « Les dino et les oiseaux » : [https://www.youtube.com/watch?v=6I4STF3TUGU&index=6&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby\\_ba-MuloKwMSZZR](https://www.youtube.com/watch?v=6I4STF3TUGU&index=6&list=PLGuujBHMMF1nCFsoby_ba-MuloKwMSZZR)

Articles publiés par le magazine Sciences Ouest :

- « Un nouveau ptérosaure découvert ! » : <http://www.espace-sciences.org/sciences-ouest/301/actualite/un-nouveau-pterosaure-decouvert>
- « Une découverte au poil ! » : <http://www.espace-sciences.org/sciences-ouest/277/actualite/une-decouverte-au-poil>
- « Des traces de marsupial européen » : <http://www.espace-sciences.org/sciences-ouest/271/actualite/des-traces-de-marsupial-europeen>
- « Qui de la plume ou de l'oiseau... » : <http://www.espace-sciences.org/sciences-ouest/254/actualite/qui-de-la-plume-ou-de-l-oiseau>

Des conférences en Podcast :

- « Des dinosaures carnivores aux oiseaux : l'envol d'une idée » : une conférence de Philippe Taquet <http://www.espace-sciences.org/conferences/des-dinosaures-carnivores-aux-oiseaux-l-envol-d-une-idee>
- « Fossiles et pas une ride », avec Romain Vullo <http://www.espace-sciences.org/conferences/fossiles-et-pas-une-ride>
- « Les dinosaures du Maghreb, l'histoire de leur découverte », avec Philippe Taquet <http://www.espace-sciences.org/conferences/mardis-de-l-espace-des-sciences/les-dinosaures-du-maghreb-histoire-de-leur-decouverte>