

# ***Le système des canaux semi-circulaires des archosaures : anatomie, morphométrie, morphologie fonctionnelle et Evolution***

**Thèse soutenue par : Romain DAVID**

**le 28 octobre 2011**

## ***Résumé :***

Les canaux semi-circulaires sont des organes périphériques du système vestibulaire qui sont spécialisés dans la détection des rotations de la tête. Les signaux qu'ils transmettent au système nerveux central sont intégrés avec des signaux visuels, proprioceptifs et avec d'autres signaux vestibulaires de façon à fournir un référentiel stable via la stabilisation de la tête et du champ visuel. Ceci permet une gestion optimale de la navigation, de la coordination motrice et du traitement du flux optique. Nous présentons ici une nouvelle approche méthodologique permettant d'analyser les capacités vestibulaires de taxa actuels et fossiles, et qui se base sur la structure fonctionnelle du système des canaux semi-circulaires (SCFS). Le calcul du SCFS tiens compte de toute la morphologie des canaux semi-circulaires et de lois empiriques établies à partir de l'étude de labyrinthes membraneux. Il nous fournit une estimation de la sensibilité dans le plan de chacun des canaux ainsi qu'une estimation de leur axe de réponse maximale. Cette nouvelle approche méthodologique nous permet d'étudier la sensibilité globale, absolue ou relative, d'un système de canaux semi-circulaires, ainsi que sa sensibilité directionnelle et ses patrons de codage. Des données de tomographie assistée par ordinateur d'organismes actuels et fossiles nous ont permis de reconstruire, de décrire et d'analyser le labyrinthe osseux de 39 archosaures ainsi que le labyrinthe membraneux de 5 tétrapodes. Nous argumentons le fait que les canaux semi-circulaires portent un signal phylogénétique et nous retrouvons, pour la première fois, une origine dinosaurienne du clade Aves à partir de données sur les canaux semi-circulaires seulement. Nous montrons que la forme des canaux semi-circulaires est corrélée avec la position phylogénétique des spécimens correspondants, mais également avec leurs capacités biomécaniques, ce que suggère que la diversification des archosaures s'est faite en parallèle d'adaptations biomécaniques de leur oreille interne. Nous démontrons que le système des canaux semi-circulaire détecte certaines rotations mieux que d'autres, et qu'il existe de nombreux patrons de détections qui pourraient éventuellement être corrélés avec différents répertoires locomoteurs. Enfin, nous trouvons que les oiseaux qui pratiquent le vol battu présentent une optimisation vers une baisse de la sensibilité biomécanique de leur système des canaux semi-circulaires, et nous déduisons de cette analyse qu'Archaeopteryx ne pratiquait vraisemblablement pas le vol battu.

# Étude de la masse buccale des ammonites: implications paléobiologiques et évolutives

Thèse soutenue par : Isabelle KRUTA

le 13 janvier 2011

## **Résumé :**

Les ammonoïdés sont considérés comme un modèle de choix pour les études évolutives à petite et grande échelles, néanmoins très peu de données existent à ce jour sur l'animal ammonite. La masse buccale des ammonites est une structure complexe qui peut receler des données clés pour mieux appréhender la paléobiologie et l'écologie des ammonites et pourrait également être une nouvelle source de données pour les reconstructions phylogénétiques. Chez les ammonites, les éléments les mieux fossilisés de la masse buccale sont les mâchoires inférieures calcitiques (aptychi), la mâchoire supérieure et la radula chitineuses n'étant que très exceptionnellement préservées. Des mâchoires trouvées libres dans le sédiment (ex situ) ou bien en association avec des coquilles (in situ) ont été étudiées.

L'étude ex situ, destinée à tenter de relier des types de mâchoires à des taxons d'ammonites (Valanginien, Angle), a montré que les biais d'échantillonnage et taxonomique doivent être davantage explorés pour une réelle exploitation paléoécologique et phylogénétique des aptychi ex situ. Une étude microanatomique, réalisée sur des mâchoires in situ (jurassiques et crétacées supérieur) a permis de documenter la microstructure des aptychi de 4 nouveaux genres pour lesquels elle était inconnue et a conduit à l'identification d'une nouvelle organisation de la microstructure, constituée uniquement de la superposition de lames calcitiques. La mise en évidence d'une variabilité importante dans cette organisation suggère que de nouveaux caractères phylogénétiques pourraient être envisagés au sein des aptychi. L'exploration des chambres d'habitation de spécimens remarquablement bien préservés, a permis la découverte d'une mâchoire inférieure chez le genre *Didymoceras*, et de la mâchoire supérieure chez deux genres d'ammonites (*Didymoceras* et *Baculites*) et de celle d'une radula chez *Rhaeboceras* et *Baculites*. Grâce à l'utilisation de techniques d'imagerie 3D utilisées pour la première fois chez les ammonites (CTscan, PPC-SR- $\mu$ CT), l'anatomie de la radula a pu être décrite avec une grande précision pour la première fois, révélant une morphologie délicate avec des dents multicuspidées chez 3 spécimens de *Baculites* et un spécimen de *Rhaeboceras*. À l'issue de l'analyse de la morphologie de l'ensemble des éléments (mâchoires et radula) et des comparaisons avec les céphalopodes actuels, une hypothèse de mode alimentaire pour les ammonites possédant une mâchoire de type aptychus a été proposée. Cette hypothèse postule que leur alimentation reposait sur des organismes appartenant au plancton s.l. et plus particulièrement au zooplancton. Elle est renforcée par la découverte de restes d'organismes pouvant appartenir au zooplancton dans la masse buccale d'un spécimen de *Baculites*.

L'ensemble des résultats montre que l'utilisation de techniques d'observation non invasives puissantes ouvre de nouvelles perspectives dans l'étude de la masse buccale des ammonoïdés. Des éléments clés rarement observés, tels que les mâchoires supérieures et les radula, peuvent être étudiés avec précision et fournissent des données concrètes pour aborder la question du mode de vie des ammonites.

# Evolution of Theropod hip joint function: 3D kinematics and geometric morphometrics

Thèse soutenue par : **SOUTER Thibaud**

le 19 septembre 2011

## **Résumé :**

Ce travail porte sur l'anatomie fonctionnelle et l'évolution des structures articulaires de la hanche chez les théropodes. L'histoire évolutive de ces animaux, relativement longue et bien documentée, est un excellent modèle pour étudier les modalités et l'évolution de la locomotion bipède. En particulier, la hanche des oiseaux possède un antitrochanter, une facette articulaire extra-acétabulaire unique parmi les tétrapodes modernes, dont l'évolution et la fonction ont reçu peu d'attention jusqu'à récemment. En combinant des méthodes quantitatives d'analyse du mouvement et de la morphologie, un des principaux objectifs de ce travail était d'explorer les limites de la reconstruction des liens formes-fonctions dans le domaine de la paléontologie. Pour cela, j'ai modélisé et testé les propriétés structuro-fonctionnelles de la hanche avienne via des observations ostéologiques et des analyses sur la cinématique squelettique 3D de la marche, mesurée expérimentalement chez 2 espèces d'oiseaux. Cette analyse fonctionnelle a été complétée par la comparaison en morphométrie géométrique surfacique 3D des morphologies pelviennes et fémorales chez des Théropodes actuels et fossiles. La géométrie des pièces squelettiques et des facettes articulaires a été prétraitée dans Edgewarp 3D à l'aide de landmarks ainsi que de semilandmarks de courbes et de surfaces avant d'être étudiée par des Analyses en Composante Principales et des 2-Block Partial Least-Squares. Les résultats permettent de décrire les patrons de variations et de co-variations au sein des groupes taxonomiques et locomoteurs, et de les interpréter dans un contexte évolutif. La combinaison de données 3D de cinématique squelettique et de morphométrie surfacique offrent des outils nouveaux qui paraissent particulièrement pertinents en arthrologie fonctionnelle.

## **Abstract :**

This work focuses on the functional anatomy and evolution of the hip joint in theropod dinosaurs. The relatively long and well documented history of these animals provides a good model to investigate the modalities and evolution of bipedal terrestrial locomotion. More particularly, the avian hip joint features an extra-acetabular facet unique among modern tetrapods, the antitrochanter, of which the evolution and function received surprisingly limited attention until recently. One of the main objective of this work was to explore the limitations of form-function inference in the field of palaeontology by combining the use of quantitative methods of motion analysis and of morphological comparison. In that context I modelled and tested the structural-functional properties of the avian hip joint using osteological observations and 3D skeletal kinematics of walking measured experimentally on two model species of birds. This functional study was completed by a comparison of pelvic and femoral morphology of extinct and extant theropods, using 3D surface geometric morphometrics. The geometry of skeletal elements and articular facets was pre-processed in Edgewarp 3D using true landmarks as well as curve and surface semilandmarks in order to be analysed through Principal Component Analyses and 2-Block Partial Least-Squares. The results allowed me to describe the patterns of variation and covariation across taxonomical and locomotor groups and to interpret them in an evolutionary frame. While authors have previously linked behavioural and morphological observations with success, the combination of 3D skeletal kinematics and surface geometric morphometrics provide promising new tools that prove particularly pertinent to functional arthrology.

# Anatomie comparée des palmiers, Identification-assistée par ordinateur, applications en paléobotanique et en archéobotanique

Thèse soutenue par : THOMAS Romain

le 4 octobre 2011

## Résumé :

La plus ancienne tige fossile de palmier (Arecaceae Bercht. & J.Presl) provient des terrains Crétacés de l'Anjou (Turonien). En raison de l'absence de référentiel sur l'anatomie du stipe des palmiers, presque aucune identification n'a été réalisée en dessous du rang familial tant pour le matériel fossile que pour les restes archéologiques. Dans cette étude, à partir de l'analyse de l'anatomie des stipes de palmiers actuels, un système descriptif est mis en place afin de réaliser des identifications plus précises. L'échantillonnage est réalisé de manière à recouvrir toutes les tribus sur l'ensemble des cinq sous-familles (Calamoideae, Nypoideae, Coryphoideae, Ceroxyloideae, Arecoideae). Ainsi, 154 spécimens appartenant à 81 genres sont analysés. La sous-famille des Coryphoideae est particulièrement étudiée (28/46 genres) et chacune de ses tribus est détaillée. Ces descriptions sont intégrées dans une base de connaissance élaborée avec le logiciel Xper2 (<http://www.infosyslab.fr/Palm-ID/>) qui permet de réaliser des identifications interactives au niveau sous-familial, tribal ou générique avec l'aide de 32 descripteurs et de 108 états. Cette étude a mis en évidence que les différentes sous-familles et que la plus part des tribus des Coryphoideae peuvent se différencier sur la base de structures anatomiques (faisceaux fibro-vasculaires, nombre de vaisseaux, organisation du parenchyme, répartition générale des faisceaux fibro-vasculaires dans la coupe transversale). Les différents modes de croissances sont redéfinis à partir de deux mécanismes : la croissance post-primaire du parenchyme fondamental et la différenciation centrifuge de la partie fibreuse des faisceaux fibro-vasculaires. Celle-ci se manifeste par la formation de nouvelles fibres au niveau de la périphérie de cette partie fibreuse et n'est pas observée chez les Coryphoideae (sauf chez les Caryoteae). Les résultats de cette étude ont ensuite été mis à profit pour l'examen de matériel archéologique avec l'identification de charbons de palmiers (Arabie Saoudite, IIe siècle BCE) et d'un filet de pêche en palmier (Pakistan, IVe millénaire BCE). Un retour sur quelques *Palmoxyton* non identifiés de deux sites du Sud-Est de la France (vallée d'Apt, Rupélien et Castellane, Tortonien) a permis d'identifier des tiges fossiles appartenant à la tribu des Cryosophileae. Cette tribu est aujourd'hui endémique au continent américain et n'a jusqu'ici jamais été retrouvée à l'état fossile hors de ce continent. L'étude des fossiles pourra par la suite permettre d'améliorer la compréhension de l'évolution de cette famille et ainsi fournir des informations supplémentaires sur la datation des phylogénies.

Mots clefs : Palmier, Arecaceae, anatomie, stipe, *Palmoxyton*, Identification-assistée par ordinateur