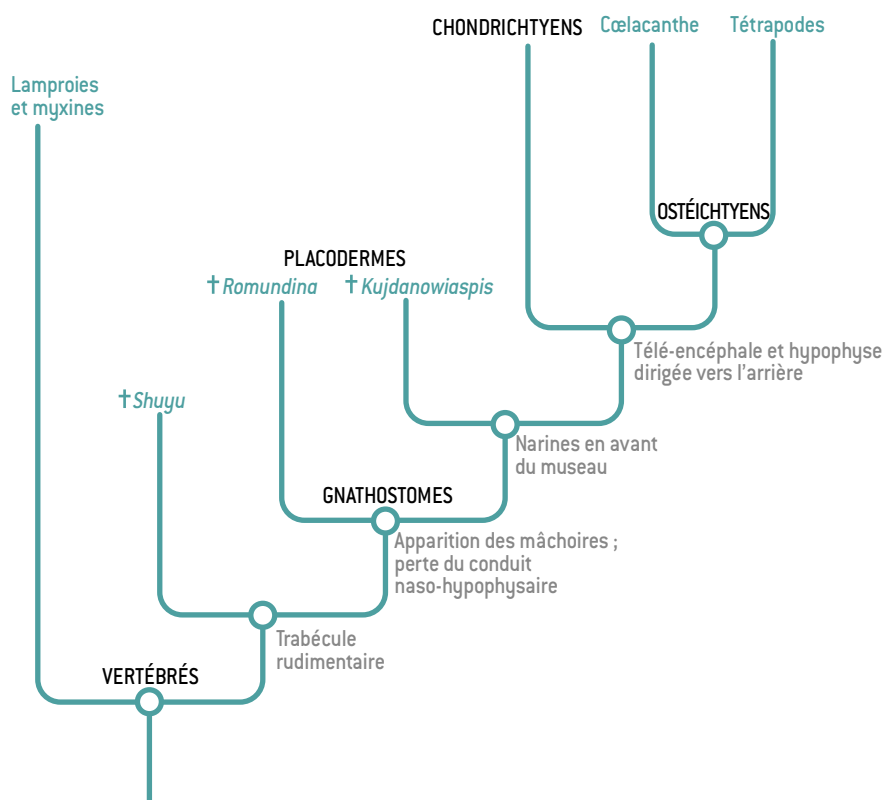




CET ARBRE OU « CLADOGRAMME » indique les relations de parenté entre les différents types de vertébrés actuels (*branches longues*) et fossiles (*branches courtes*). L'acquisition progressive des caractères cranio-faciaux des vertébrés à mâchoires (gnathostomes) est précisée aux points de ramification. Des fossiles tels que *Romundina* illustrent certaines des étapes intermédiaires.

fossile fut confié à Sophie Sanchez de l'université d'Uppsala et à Paul Tafforeau de l'ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*, le synchrotron européen situé à Grenoble), afin que ces chercheurs en sondent l'intérieur à l'aide des rayons X très intenses du synchrotron. Même si le crâne de *Romundina* est de très petite taille – moins de deux centimètres de long (*voir la photographie page 67*) –, le scanogramme réalisé par les chercheurs livra un grand nombre de données numériques décrivant ses structures.

Cette technique se répand de plus en plus en paléontologie. Elle a l'avantage de laisser le fossile intact, alors qu'il y a cinquante ans, l'étude des structures internes du fossile aurait obligé à le découper en tranches, tel un jambon... Aujourd'hui, la même procédure est possible, mais elle n'est que virtuelle, tout en étant très précise.

En 2009, Per Ahlberg de l'université d'Uppsala me proposa de me servir des

données obtenues à l'ESRF en scannant *Romundina* pour acquérir une expérience de l'usage du logiciel 3D Mimics. Développé par la société belge Materialise, ce logiciel sert à construire le modèle numérique d'un organisme, fossile ou non. Guidé par les choix d'un spécialiste – médecin, paléontologue, etc. –, il permet de reconstituer et visualiser les structures anatomiques à partir des données fournies par le scanogramme.

Or, plus nous avançons dans l'étude de *Romundina*, plus nous étions passionnés, tant de nombreuses associations de caractères inédites apparaissaient ! Mes collègues de l'université d'Uppsala et moi étions en train de préparer un long article de description anatomique et de comparaison de *Romundina* avec d'autres vertébrés primordiaux, quand, en 2012, des chercheurs japonais publièrent dans la revue *Nature* des résultats qui bouleversèrent nos plans.

Lamproies et myxines : les cyclostomes

Avec leurs collaborateurs, Yasuhiro Oisi et Shigeru Kuratani, du centre RIKEN pour la biologie du développement à Kobe, avaient étudié pendant de nombreuses années le développement du crâne des cyclostomes.

Comme nous l'avons déjà évoqué, les cyclostomes sont les vertébrés dépourvus de mâchoires, à distinguer des gnathostomes. Les cyclostomes incluent notamment les lamproies (38 espèces) et les myxines (22 espèces) (*voir la figure pages 62 et 63*). Le mot cyclostome est composé des mots grecs *cyclos* (cercle) et *stoma* (bouche), de sorte qu'on pourrait le traduire par « bouche ronde » ou « bouche en ventouse ».

Pour sa part, le terme gnathostome est composé non seulement du mot *stoma*, mais aussi de *gnathos* signifiant « mâchoire ».

Les requins, mais aussi les grenouilles, les serpents, les ours, les humains, etc. sont des gnathostomes.

Outre la présence ou non de mâchoires, ces deux groupes se démarquent par des faces très différentes. Leurs apparences reflètent des organisations différentes des organes internes du crâne, lesquelles résultent de processus embryonnaires distincts. Ainsi, les lamproies ont une

**Passer un fossile
au scanner à rayons X : une
technique de plus en plus
répandue en paléontologie.**

seule narine, située entre les deux yeux et très en arrière du bout du museau. Ce dernier consiste en une « lèvre supérieure », une sorte de bord situé en haut de la ventouse que l'animal utilise pour se fixer sur d'autres vertébrés qu'il parasite. La narine s'ouvre sur un conduit « naso-hypophysaire », contenant le système olfactif (un tissu nasal) et l'hypophyse, une glande qui sécrète des hormones. Au fond de ce conduit, l'épithélium nasal se joint à l'hypophyse, laquelle est orientée vers l'avant.

Sur le plan du développement, cela signifie que dans l'embryon du cyclostome un seul amas indivisible de cellules destinées à former un organe sensoriel – ce que l'on nomme une placode – est à l'origine de l'hypophyse et de l'épithélium nasal. Chez les cyclostomes, le télencéphale, c'est-à-dire la partie antérieure du cerveau, est très court.

À l'opposé, un gnathostome (par exemple un humain) a deux narines bien séparées, situées à l'avant du museau et en avant des yeux. Séparée des sacs nasaux par une grande distance, l'hypophyse s'ouvre dans la bouche tout en étant dirigée vers l'arrière.

Gnathostomes : un développement embryonnaire différent

Cette organisation résulte de la présence dans l'embryon du gnathostome de trois placodes bien séparées les unes des autres : deux nasales et une hypophysaire. Par ailleurs, le télencéphale (la partie antérieure du cerveau) d'un gnathostome est très allongé. Au cours du développement embryonnaire des cyclostomes, une masse de tissu,

L'AUTEUR



Vincent DUPRET est paléontologue et mène ses recherches au sein du département de mathématiques

appliquées de l'université nationale d'Australie, à Canberra.

Les vertébrés racontés par le registre fossile

Les vertébrés sont les animaux dotés d'une colonne vertébrale ; ce sont des chordés, c'est-à-dire des animaux dotés d'une chorde, le précurseur embryonnaire de la colonne vertébrale. Les vertébrés apparaissent dans le registre fossile de l'Ordovicien (*Sacabambaspis* en Bolivie, il y a 470 millions d'années).

Toutefois, on soupçonne qu'ils existaient déjà au Cambrien : *Haikouichthys*, un animal datant de 530 millions d'années, du Cambrien chinois, pourrait avoir été l'un des premiers vertébrés (hypothèse qui reste discutée).

Quelques millions d'années après l'Ordovicien, au Silurien, les descendants de ces formes primordiales sont plus nombreux dans les océans. Ils sont toujours dépourvus de mâchoires, mais dotés d'une lourde cuirasse osseuse, ce qui est utile dans ces eaux peuplées de prédateurs redoutables (orthocères aux tentacules démesurés ou scorpions de mer géants de deux mètres de long).

Toutefois, la donne est sur le point de changer au Silurien,

quand les mâchoires apparaissent chez les vertébrés. Les premiers vertébrés à mâchoires sont les placodermes, nommés aussi « poissons »

au Dévonien (de 419 à 359 millions d'années), l'âge des poissons, que les placodermes se diversifient en de très nombreuses formes et deviennent les maîtres incontrastés des eaux. La preuve en est que nous trouvons leurs fossiles sur tous les continents et dans différents types de roches sédimentaires.

Certains, détritivores (se nourrissant de restes), ne

l'iconique *Dunkleosteus*, dont la mâchoire a la réputation d'avoir été dix fois plus puissante que celle d'un grand requin blanc actuel.

Ce succès n'allait pas durer. La grande crise biotique de la limite Frasnien-Famennien, au Dévonien, fait disparaître 70 % des espèces. Pourtant les placodermes survivent... mais disparaissent quelques millions d'années plus tard à la fin du Dévonien. Les causes en sont encore floues, mais multiples et liées : changements d'environnements et de climats, empoisonnement des eaux dû à la luxuriante végétation et aux sols qu'elle produits, etc.

À la fin du Dévonien, il y a quelque 365 millions d'années, certains vertébrés à mâchoires – les tétrapodes, c'est-à-dire les vertébrés à quatre pattes – commencent à conquérir les milieux terrestres. Les premiers tétrapodes resteront inféodés aux milieux aquatiques ; leurs descendants pourront s'aventurer sur la terre ferme. Mais c'est une autre histoire...



UN EXEMPLE DE TÉTRAPODE, ou vertébré [terrestre] à quatre pattes et doté de mâchoires.

cuirassés. Les placodermes apparaissent au début du Silurien, sans que l'on sache très bien sous quelle forme.

La situation est plus claire à la fin du Silurien. C'est en effet

mesuraient que quelques millimètres de long ; d'autres étaient de véritables monstres de huit mètres de long placés au sommet de la chaîne alimentaire. C'est le cas de