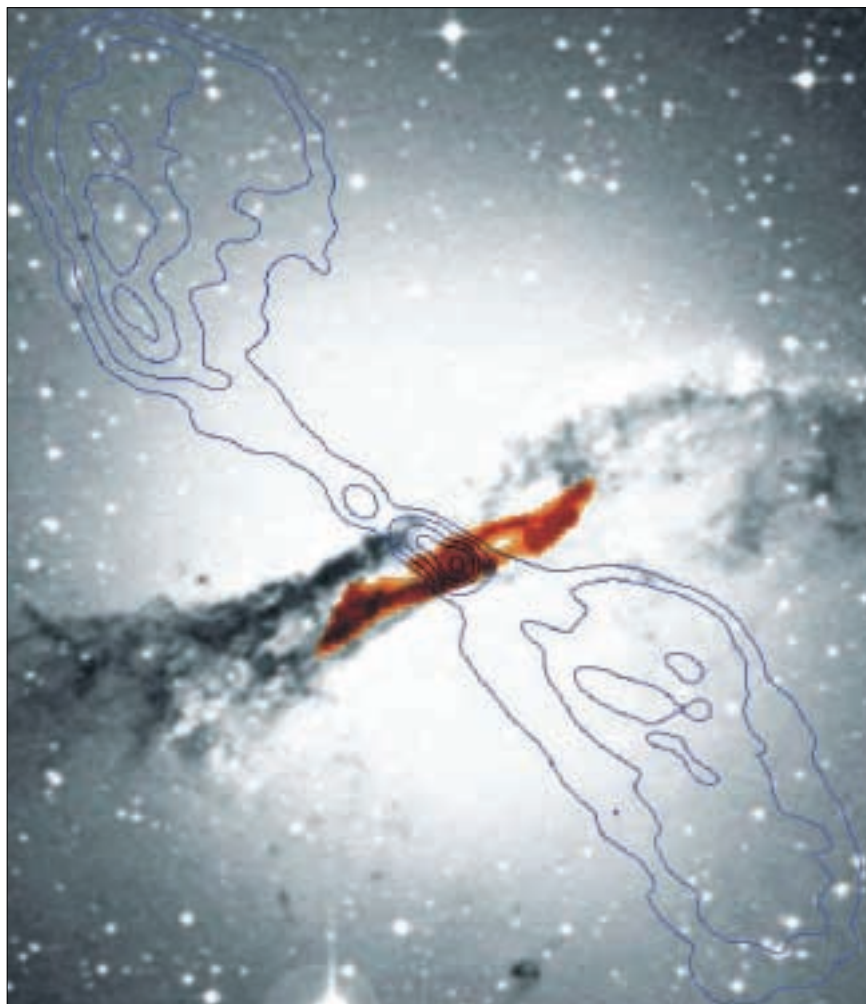




Félix Mirabel et Olivier Laurent

Cette superposition d'images illustre la structure de la radiogalaxie Centaurus A. Le fond est une image dans le visible où l'on distingue un disque de poussière opaque, au cœur d'une galaxie elliptique. L'émission radio (*c o n t o u r s v i o l e t s*) provient d'électrons éjectés à très grande vitesse par le trou noir central. L'émission infrarouge centrale (*z o n e*), observée à l'aide du satellite ISO, a

maintenue durant un milliard d'années en raison du déclenchement permanent de nouvelles «instabilités spirales» dans le disque. Grâce à cette barre, une sorte de tuyau d'alimentation géant, la matière des régions externes du disque est transportée vers le trou noir qui l'éjecte en de puissants jets.

Si c'est la première fois que ce mécanisme symbiotique est observé, les astro-

nomes s'interrogent sur son universalité : est-il à l'origine de toutes les radiogalaxies géantes observées ? Les autres radiogalaxies sont malheureusement trop lointaines pour que l'on puisse les utiliser pour répondre à cette question. Seuls des télescopes spatiaux, tel le *NGST* (un super télescope spatial qui sera lancé entre 2007 et 2010), seront en mesure d'apporter une réponse.

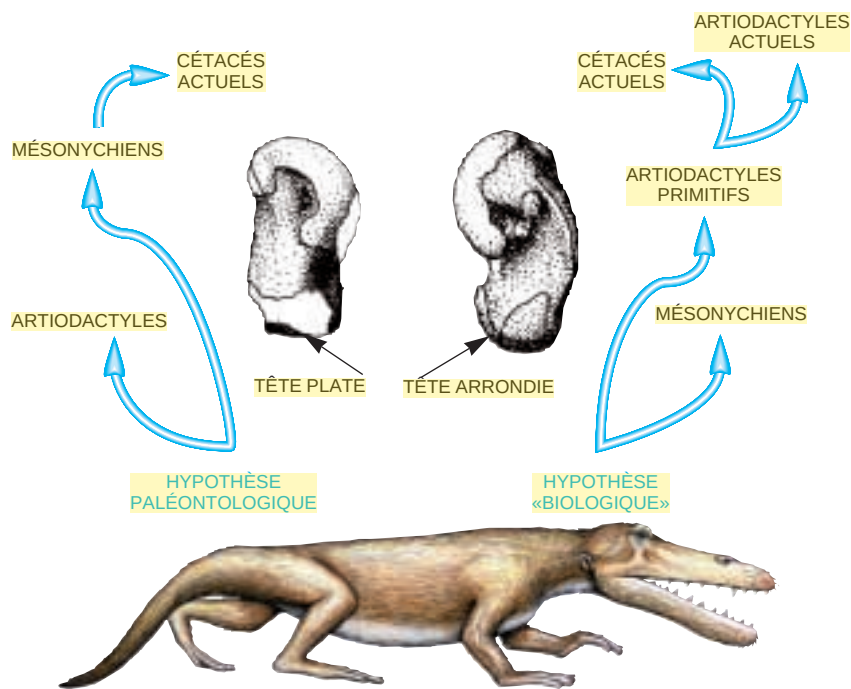
La cheville des baleines

Des fossiles identifient-ils les ancêtres des cétacés ?

Les mammifères terrestres, l'espèce humaine comprise, ont un ancêtre commun aquatique qui, un jour, est sorti de l'eau et a conquis la terre ferme. Parmi ses descendants, certains ont pourtant «choisi» de retourner vivre

dans l'eau. Ainsi, les cétacés tels que les baleines et les dauphins ont un ancêtre terrestre.

Les paléontologues ont longtemps cru que les mésonychiens terrestres, aujourd'hui disparus, étaient les ancêtres des mammifères marins. Cependant, des résultats d'analyses d'ADN modifient cette vision en montrant que les artiodactyles (des ongulés marchant sur un nombre pair de doigts, tels les hippopotames, les chameaux et les ruminants actuels) étaient les plus proches cousins des mammifères marins, avec lesquels ils partageraient un



L'*Ambulocetus* est une baleine primitive dont on a retrouvé des os de chevilles (astragale) fossilisés âgés de 50 millions d'années. L'anatomie comparée de ces os (os de gauche) avec ceux d'artiodactyles (os de droite), tels les hippopotames actuels, incite à penser que les mésonychiens sont les ancêtres des cétacés actuels (arbre de gauche). Une autre hypothèse indique que les artiodactyles primitifs seraient les ancêtres des baleines (arbre de droite).

ancêtre commun. Récemment, au Pakistan, l'équipe de Hans Thewissen, de l'Université de l'Ohio, a mis au jour deux os fossilisés qui confirment en partie la théorie des paléontologues.

Les fossiles sont des astragales de chevilles de baleines primitives, telles que *Ambulocetus* (voir la figure) vivant il y a 50 millions d'années. La tête arron-

die des os découverts diffère des astragales des artiodactyles et renforcent la théorie des mésonychiens ; néanmoins, deux facettes articulaires correspondent à celles que l'on trouve chez les artiodactyles. Les paléontologues s'interrogent. J. Thewissen, pense que les fossiles n'appartiennent vraisemblablement pas à un artiodactyle, mais n'ap-

partiennent sans doute pas non plus à un mésonychien.

Les biologistes moléculaires ont comparé les génomes de cétacés avec ceux de différents artiodactyles encore vivants. Les derniers résultats contredisent les données paléontologiques et montrent que l'hippopotame est l'artiodactyle le plus proche des cétacés. Tout deux auraient un ancêtre commun.

Mark Uhen, de l'Institut de Cranbrook, remarque que les artiodactyles peuvent être les animaux terrestres vivants les plus proches des mammifères marins, sans en être les ancêtres. En outre, les paléontologues indiquent que les résultats d'analyses génétiques sont biaisés car les similarités constatées ne reflètent peut-être que des évolutions convergentes, plutôt que l'existence d'un ancêtre commun.

William Sanders, de l'Université du Michigan, remarque par ailleurs que les plus vieux fossiles d'hippopotames connus sont âgés d'environ 18 millions d'années, alors que les plus vieilles baleines datent de plus de 50 millions d'années. Un ancêtre commun aurait donc subsisté plus de 32 millions d'années sans laisser de traces. De plus, la dentition et la forme du crâne des baleines ne correspondent pas à celles des artiodactyles.

L'issue du débat reste confuse. D'une part, aucun fossile de mésonychien ne contient d'ADN suffisamment intact pour se prêter à des analyses comparées fiables. D'autre part, les morphologies des fossiles ne sont pas assez convaincantes. Seul un fossile de mésonychien bien conservé permettrait de trancher.

Lignes de billes

Peut-on aligner des billes sur une ligne de façon que quatre d'entre elles soient à coup sûr non équidistantes ?

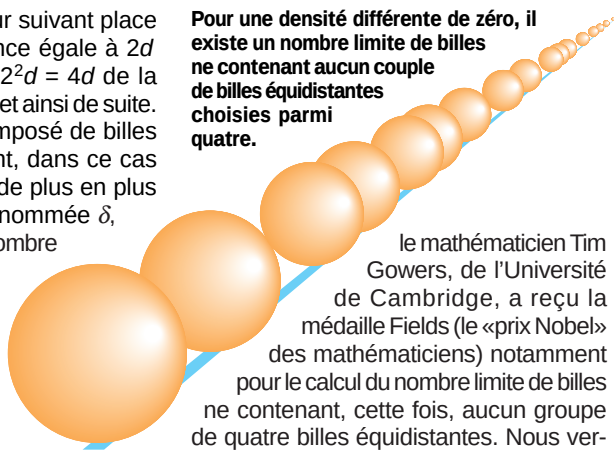
Cela ressemble à la règle d'un jeu pour les enfants. Deux joueurs disposent de billes, et chacun à son tour, ils en posent une sur une ligne. La condition imposée est qu'aucun groupe de trois billes choisies au hasard ne doit être formé de billes équidistantes (dans ce cas, aucune bille centrale de triplets ne doit être au milieu des deux autres). Est-ce que deux enfants peuvent jouer indéfiniment ?

Avec cette seule condition, la réponse est affirmative. Par exemple, lorsque d est la distance qui sépare les deux

premières billes, le joueur suivant place la troisième à une distance égale à $2d$ de la deuxième, puis à $2^2d = 4d$ de la troisième, puis à $2^3d = 8d$, et ainsi de suite. Aucun triplet ne sera composé de billes équidistantes. Cependant, dans ce cas de figure, les billes sont de plus en plus espacées, et la densité, nommée δ , c'est-à-dire le rapport du nombre de billes posées entre la première et la dernière sur le nombre total de billes que l'on pourrait poser, tend vers zéro à mesure que le jeu se déroule.

Imposons donc une nouvelle condition : la densité ne doit pas être nulle à l'infini. Les enfants peuvent-ils encore jouer indéfiniment ? La réponse est négative, il y a un nombre limité de billes à jouer qui dépend de la densité que les joueurs se sont imposé. En 1998,

Pour une densité différente de zéro, il existe un nombre limite de billes ne contenant aucun couple de billes équidistantes choisies parmi quatre.



le mathématicien Tim Gowers, de l'Université de Cambridge, a reçu la médaille Fields (le «prix Nobel» des mathématiciens) notamment pour le calcul du nombre limite de billes ne contenant, cette fois, aucun groupe de quatre billes équidistantes. Nous verrons que ses travaux concernaient des nombres et non des billes.

En 1936, les mathématiciens hongrois P. Erdős et G. Turan ont conjecturé que pour une densité δ donnée, il existait un nombre limite N de billes à poser tel que k billes prises au hasard ne soient pas