

Hors-Série 97 : Big Bang

Grand ménage autour de l'énergie sombre

La fusion de deux étoiles à neutrons a émis des ondes gravitationnelles, mais aussi un flash « lumineux ». L'observation couplée de ces événements permet de mettre au rencard plusieurs théories sur l'énergie sombre.

Souvenez-vous l'été dernier, le 17 août les collaborations *Ligo/Virgo*, avec d'autres équipes, annonçaient avoir détecté les ondes gravitationnelles émises par la fusion de deux étoiles à neutrons. Les ondes gravitationnelles, évoquées dans le *Hors-Série* n° 97 : « Et si le Big Bang n'avait pas existé? », sont ces vibrations de l'espace-temps, prédites par Albert Einstein au début du xx^e siècle. Les premières avaient été repérées en septembre 2015, mais elles résultaient alors de la fusion de deux trous noirs. Quelle différence?

Dans le cas de deux étoiles à neutrons, la coalescence est suivie, ici après 1,7 seconde, d'un « flash » électromagnétique. Or selon Thomas Kitching, de l'*University College*, à Londres, cet événement aide à y voir plus clair sur un phénomène apparemment sans rapport, l'accélération de l'expansion de l'Univers.

Cette accélération fut proposée à la fin des années 1990 sur la base d'observations de supernovæ de type Ia. Pour l'expliquer, les cosmologistes ont invoqué une mystérieuse forme d'énergie – l'énergie sombre – dont les propriétés gravitationnelles sont opposées à celles de la matière ordinaire : la pression exercée est négative.

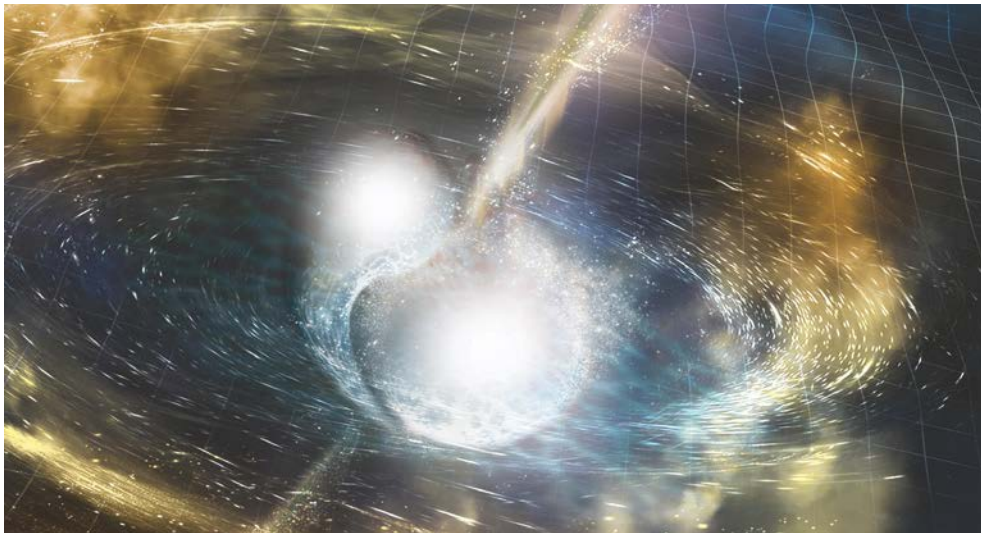
De nombreuses théories ont été échafaudées pour étendre voire remplacer la théorie de la relativité générale d'Einstein de façon à rendre compte de cette accélération de l'expansion. Certaines prévoyaient que le signal lumineux de la coalescence des étoiles à neutrons arriverait bien après les ondes gravitationnelles. L'observation d'août a définitivement mis au rebut plusieurs de ces théories candidates.

Les théories rescapées de cet élagage sont les plus simples. L'une d'elles, qui fait désormais figure de favorite, fait intervenir l'énergie du vide, même si, aujourd'hui, la valeur que l'on calcule pour la densité d'énergie du vide et celle requise pour l'énergie sombre sont incompatibles. L'autre théorie qui reste en lice est fondée sur l'existence d'un champ « scalaire », semblable au champ de Higgs associé au boson éponyme. Ce champ pourrait conduire à une accélération de l'expansion cosmique.

Pour trancher, ou au moins encore réduire le champ des possibles, les spécialistes comptent désormais sur de nouveaux instruments, notamment les télescopes des projets Euclid, LSST, SKA... ■

T. KITCHING, *THE CONVERSATION*, 2017.
[HTTP://BIT.LY/CONV-DE](http://bit.ly/conv-de)

La fusion de deux étoiles à neutrons (vue d'artiste) émet des ondes gravitationnelles et un rayonnement électromagnétique.



Un petit ancêtre

Le *Hors-Série* n° 94 : « Évolution. La saga de l'humanité » retraçait l'histoire de notre espèce et celle de nos cousins les grands singes. Mais à quoi ressemblait notre ancêtre commun? Pour en savoir plus, Mark Grabowski, de l'université de Tübingen, en Allemagne, et William Jungers, de l'université Stony Brook, aux États-Unis, se sont livrés à une analyse phylogénétique portant sur la masse des espèces. Leur étude inclut des humains, des hominines fossiles (les genres *Homo*, *Australopithecus*...) et des grands singes européens, africains et asiatiques du Miocène (23 à 5 millions d'années). Ils ont ainsi pu estimer la masse de l'ancêtre commun à toutes ces espèces. Conclusion? Alors qu'on l'imaginait de l'ordre de celle d'un chimpanzé (environ 50 kilogrammes), elle aurait été plus proche de celle d'un gibbon (une dizaine de kilogrammes seulement).

M. GRABOWSKI ET W. JUNGERS, *NATURE COMMUNICATIONS*, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2017

Alexandre et son demi-frère

Parti de Macédoine, Alexandre le Grand a parcouru le monde à travers un long périple, décrit dans le *Hors-Série* n° 96 : « Alexandre le Grand. Quand l'archéologie bouscule le mythe », qui l'a notamment mené en Égypte, en 332 avant notre ère. Sa famille aussi a voyagé. En effet, la mission archéologique égyptienne a récemment annoncé avoir découvert dans l'ancien temple de Kom Ombo, au sud de Louxor, un bas-relief sur lequel apparaît Philippe III Arrhidée, le demi-frère du conquérant. On y distingue son visage orné de la couronne rouge de basse Égypte et son nom, en hiéroglyphes.

L'enzyme bactérienne qui protège l'intestin

Les liens entre le microbiote et la bonne santé du système immunitaire étaient détaillés dans le *Hors-Série* n° 95: «Intestin, l'organe qui révolutionne la médecine». Plusieurs mécanismes ont déjà été identifiés, mais Pere Santamaria, de l'université de Calgary, au Canada, et ses collègues viennent d'en ajouter un à la liste. Ils ont découvert le rôle protecteur d'une protéine d'origine microbienne contre les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (Mici).

Il s'agit plus précisément d'une enzyme nommée intégrase produite par plusieurs espèces de bactéries intestinales du genre *Bacteroides*. Des études sur des souris axéniques, c'est-à-dire dépourvues de microbiote, dont on a colonisé le tube digestif avec différentes souches de *Bacteroides* (produisant ou non des intégrases) ont révélé que l'enzyme recrute dans l'intestin des lymphocytes T CD8⁺. Là, ces cellules cytotoxiques ciblent les cellules présentatrices d'antigènes activées par les bactéries productrices d'intégrase qui, sinon, déclencheraient des réactions inflammatoires. En d'autres termes, l'intégrase empêche le déclenchement des Mici en recrutant rapidement les globules blancs qui vont détruire les cellules immunitaires responsables de l'inflammation.

Qu'en est-il chez les êtres humains? Les lymphocytes T circulants reconnaissent également l'intégrase des *Bacteroides* et pourraient freiner l'inflammation. Les études restent à mener. Les biologistes en concluent que les lymphocytes T cytotoxiques pourraient devenir des alliés dans le contrôle des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. ■

R. NANJUNDAPPA ET AL., *CELL*, VOL. 171, PP. 655-667, 2017.

Une nouvelle cité d'Alexandre ?

Des images «déclassifiées» d'un satellite américain avaient révélé dans les années 1990 l'emplacement d'une cité fondée par Alexandre le Grand. Les fouilles ont commencé en septembre 2017...



Le site de Qalatga Darband (au-delà du pont, à droite) et un fragment de tuile (en haut).

Sur les traces du conquérant Macédonien, le *Hors-Série* n° 96: «Alexandre le Grand. Quand l'archéologie bouscule le mythe» recensait les différentes villes qu'il avait fondées. Alexandrie, en Égypte, bien sûr, mais aussi Alexandrie de Margiane, celle du Caucase, de l'Oxus, d'Arachosie... Une autre aurait été récemment découverte, en Iraq.

L'histoire commence par l'observation de photographies prises par des satellites espions américains dans les années 1960 et libérées du secret en 1996. On repère rapidement ce qui pourrait être un site intéressant, mais les fouilles sont longtemps restées impossibles pour des raisons de sécurité. La situation s'est améliorée depuis peu, rendant l'endroit accessible. Exploré depuis septembre 2017, il offre l'occasion de former des archéologues irakiens à la sauvegarde d'un patrimoine endommagé par l'État islamique, notamment dans les anciennes villes de Ninive, Nimroud et Hatra. Le programme est dirigé par John MacGinnis, du British Museum, à Londres.

Le site, dont l'importance a été confirmée par des images prises depuis un drone, est celui de Qalatga Darband, près du lac Dukan, à proximité de la ville de Ranya, dans le Kurdistan irakien. Les archéologues y ont découvert les restes d'un petit bourg fortifié, probablement construit en 331 avant notre ère, alors qu'Alexandre poursuivait le Perse Darius III. Des statues, des pièces de monnaie et des tuiles en terre cuite indiquent une indéniable influence grecque. Les vestiges de matériel de vinification ont aussi été retrouvés. Qalatga Darband fut sans doute une cité marchande prospère, située sur une route importante.

Parmi les trouvailles remarquables, on peut mentionner deux statues, l'une serait celle de Perséphone, déesse du retour de la végétation, l'autre représenterait Adonis, symbole de fertilité.

Selon les auteurs Plutarque et Arrien, Alexandre le Grand aurait fondé quelque soixante-dix villes. Après Qalatga Darband, il n'en reste plus qu'une bonne cinquantaine à découvrir... ■

LE SITE DU BRITISH MUSEUM DÉDIÉ À L'ÉQUIPE: [HTTP://BIT.LY/BM-IRAK](http://bit.ly/bm-irak)

Hors-Série 94 : Évolution

Des traces empreintes de mystère

En Crète, la découverte de traces laissées il y a 5,7 millions d'années laisse perplexes les paléanthropologues. Elles sont résolument humaines, alors que l'on croyait les représentants de cette lignée cantonnés en Afrique.

Jusqu'où nos cousins de la lignée humaine, les australopithèques, sont-ils allés? Le Hors-Série n° 94: «Évolution. La saga de l'humanité» faisait état de l'idée dominante chez les paléanthropologues selon laquelle les australopithèques ne sont pas sortis d'Afrique. De fait, les découvertes de fossiles se sont succédé durant le xx^e siècle, d'*Australopithecus africanus*, par Raymond Dart en 1924 à *Australopithecus sediba*, par Lee Berger en 2010 en passant par Lucy, une *Australopithecus afarensis* mise au jour par Yves Coppens en 1974, mais toutes ont été faites en Afrique, dans le sud et l'est du continent.

Cette hypothèse est remise en cause par la découverte d'une équipe emmenée par Erik Ahlberg, de l'université d'Uppsala, en Suède. Ils ont découvert des empreintes étrangement humaines... en Crète, plus précisément près de Trachilos, dans l'ouest de l'île. Ces empreintes rassemblées en une piste évoquent celles mises au jour en 1978 par Mary Leakey, près de Laetoli, en Tanzanie, et datées de 3,6 à 3,8 millions d'années. Celles de Crète sont plus anciennes encore, puisqu'elles sont marquées depuis la fin du Miocène, il y a quelque 5,7 millions d'années! Qui les a laissées là?

L'affaire est délicate. Nombre de caractéristiques anatomiques, notamment une longue plante des pieds, cinq orteils courts sans griffes, et surtout un gros orteil (le hallux) plus gros que les autres et très semblable à celui des humains modernes par sa taille, sa position et sa forme, plaident pour un hominine (la lignée humaine qui réunit les genres *Homo*, *Australopithecus*...).

Pourtant, les traces sont 1 million d'années plus vieilles qu'*Ardipithecus ramidus*, un hominine africain doté d'un pied de grand singe et en qui certains voient l'ancêtre direct des hominines plus récents. L'écheveau est très emmêlé.

Une piste peut-être? Cette année, les fossiles de *Graecopithecus* ont été réinterprétés et sont passés du statut de grand singe à celui d'hominine. Or ils vivaient en Grèce et en Bulgarie il y a 7,2 millions d'années... Ont-ils foulé le sol crétois? C'est possible, d'autant plus qu'à la fin du Miocène, ce n'était pas encore une île, mais là encore, difficile de trancher, car on ne connaît *Graecopithecus* que par des fragments de dents et de mâchoires... L'enquête continue et elle va sans doute bousculer des idées que l'on croyait acquises. ■

G. GIERLIŃSKI ET AL., *PROCEEDINGS OF THE GEOLOGISTS' ASSOCIATION*, VOL. 128, PP. 697-710, 2017.



Cette trace de pas a été laissée en Crète il y a 5,7 millions d'années, mais par qui?

Le microbiote en mouvement

L'intestin et le microbiote ont tissé des liens étroits que le Hors-Série n° 95: «Intestin, l'organe qui révolutionne la médecine» détaillait. Andrea Murillo-Rincón, de l'université de Kiel, en Allemagne, et ses collègues en ont découvert un pour le moins inattendu. Ils ont montré que le microbiote pourrait intervenir dans le contrôle des mouvements péristaltiques de l'intestin, ces contractions musculaires qui favorisent la progression du contenu de l'organe. Ce rôle a été mis en évidence chez l'hydre, un organisme aquatique peu évolué: sans bactérie, ses mouvements péristaltiques étaient moins intenses et irréguliers. Des investigations chez l'humain s'imposent, et on peut imaginer qu'un tel mécanisme ait été conservé dans le règne animal au cours de l'évolution. De fait, les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (Mici) sont associées à des perturbations du péristaltisme.

A. MURILLO-RINCÓN ET AL., *SCIENTIFIC REPORTS*, VOL. 7, ART. 15937, 2017.

Un trou noir embarrassant

Branle-bas de combat chez les astrophysiciens, en particulier ceux qui se penchent sur les débuts de l'Univers, le thème du Hors-Série n° 97: «Et si le Big Bang n'avait pas existé?» Ils se perdent en conjectures devant un objet, un trou noir de 800 millions de masses solaires et âgé de 13,1 milliards d'années. Aucune théorie ne prévoit qu'un trou noir si gros ait pu se former seulement 690 millions d'années après le Big Bang, pendant la réionisation de l'Univers. On doit revoir ce que l'on croyait savoir de la croissance de tels monstres et supposer dorénavant qu'elle pouvait être plus rapide qu'on ne le pensait.

E. BAÑADOS ET AL., *NATURE*, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2017.