



Pour réagir aux articles : courrier@pouirlascience.fr
ou directement sur les pages correspondantes du site www.pouirlascience.fr

✓ OSCILLATIONS ET ÉJECTION

Dans l'article *L'astérosismologie : voir battre le cœur des étoiles* (*Pour la Science* n° 409, novembre 2011, http://bit.ly/409_asterosismologie), l'éjection de matière par certaines étoiles n'est pas évoquée. Ce phénomène peut-il être provoqué ou amplifié par des oscillations de grande amplitude ?
Félicia Berthaud

→ RÉPONSE D'ÉRIC MICHEL

C'est une question que l'on se pose pour divers types d'étoiles, notamment les étoiles massives et les géantes rouges pulsantes de grande amplitude, telle Mira.

Les étoiles Be sont des étoiles massives qui tournent sur elles-mêmes à une vitesse proche du seuil au-delà duquel la matière s'échappe de l'équateur sous l'effet de la force centrifuge. Cette vitesse ne peut cependant expliquer à elle seule leurs épisodes éruptifs. Plusieurs étoiles Be ont été observées par CoRoT. Anne-Laure Huat, de l'Observatoire de Paris, et des collègues, ont pu suivre pour la première fois une éjection en même temps que l'on mesurait les oscillations de l'étoile. L'éruption apparaît corrélée à une diminution d'amplitude des modes de pression au profit des modes de gravité.

De même, une oscillation d'une période de 37 jours a été mise en évidence dans l'étoile supergéante HD50064 (environ 45 masses solaires), dont les variations d'amplitude semblent coïncider avec une perte de masse.

À ce stade, on ne peut cependant en conclure que les interférences constructives des oscillations déclenchent les éjections de matière.

✓ INSAISSABLE PERGÉLISOL

Dans l'article *Le dernier grand réchauffement climatique* (pls 408, octobre 2011, http://bit.ly/408_rechauffement), l'auteur suggère que le dégel du pergélisol pourrait avoir contribué de façon importante au réchauffement climatique de la limite Paléocène-Éocène, il y a 56 millions

d'années. Où y avait-il du pergélisol à cette époque ?
Anne-Laure Legrand

→ RÉPONSE DE FLORENCE QUESNEL

Le pergélisol est un sol gelé en permanence. Au pôle Nord, il ne pouvait pas y en avoir, étant donné la présence d'*Apectodinium* (dinoflagellé des mers tropicales) en quantité dans les couches enregistrant le maximum thermique dans les carottes de l'Arctique, et la présence de fossiles de crocodiles ou de palmiers au voisinage du pôle. Au pôle Sud, les données ne sont pas très nombreuses, mais on a trouvé beaucoup d'*Apectodinium* dans les forages océaniques proches du continent Antarctique et en Nouvelle-Zélande, ainsi que des indices d'océan très chaud. J'ai donc du mal à imaginer la présence de pergélisol en Antarctique à l'époque, à moins que ce ne soit sur de très hauts plateaux. On peut aussi envisager des hauts plateaux en Asie centrale, où il a récemment été montré que le bourrelet de l'Himalaya était déjà en formation durant le Paléocène. Toutefois, ces hypothèses restent à confirmer.

✓ COUP DE CHAUD CONTRE LES VIRUS

Votre article *Tombe-t-on malade quand on prend froid ?* (*Pour la Science* n° 408, octobre 2011, http://bit.ly/408_vraioufaux) ne fait pas état des recherches qui concluent que l'échauffement du corps lors de trajets à vélo peut neutraliser l'incubation des agents pathogènes. Qu'en est-il ?
L. Watine

→ RÉPONSE DE LUC DE SAINT-MARTIN

L'hyperthermie est à la fois la conséquence d'une infection, qui agit sur la régulation de la température au niveau de l'hypothalamus, et un mécanisme de protection contre l'infection, par augmentation du métabolisme cellulaire. Toutefois, cette protection nécessite une certaine durée pour être efficace.

Dans le cadre d'un effort physique, le corps cherche à maintenir sa température à 37°C et, sauf

état pathologique particulier ou conditions extrêmes, il y parvient. Le corps ne se trouve ainsi jamais plus de quelques minutes en hyperthermie vraie.

Il est donc improbable que la pratique du cyclisme ait un effet direct sur l'incubation des pathogènes. Cependant, l'effort, en lui-même, accélère le métabolisme cellulaire, augmente le travail cardiaque, et améliore le drainage bronchique, ce qui est favorable à la lutte contre l'infection.

✓ RAISONNEMENT PANGLOSSIEN

Je suis surpris de trouver autant de légèreté dans l'argumentation de l'article *Seuls dans l'univers ?* (*Pour la Science* 408, octobre 2011, http://bit.ly/408_extraterrestres).

La plupart des arguments de Howard Smith sont de type panglossien : tout attribut terrestre est supposé nécessaire à la vie, qu'il soit régularisant (comme l'orbite circulaire) ou dynamique (comme l'alternance des saisons, ou la tectonique). Ainsi l'auteur suppose-t-il implicitement une vie en surface et donc une atmosphère, alors que la vie sur Terre a commencé sous l'eau et y existe toujours. Le rôle de l'ensoleillement devrait également être relativisé par la découverte des biotopes dans les grands fonds océaniques. La notion de « zone habitable » fait de l'eau liquide en surface un prérequis, alors que Europe et Titan, hors de cette zone, pourraient abriter un océan liquide sous une épaisse calotte de glace. Plus surprenant encore, l'auteur affirme que l'obliquité de la Terre serait défavorable si elle était différente. En quoi une obliquité nulle serait-elle non viable ? Et même si c'était vrai en surface, qu'en est-il des océans ? De la même façon, toute ellipticité est jugée rédhibitoire sans plus de détails. Dans le domaine de la biologie, là aussi, il faudrait suivre scrupuleusement les étapes menant du poisson au mammifère, puis au bipède terrestre intelligent...

Bref, si l'on décide au départ que la vie ne peut exister que sous une forme identique à la nôtre, sur une planète identique à la nôtre, et que tous les paramètres de l'histoire terrestre sont optimaux, on crée effectivement de toutes pièces les conditions de notre « solitude dans l'Univers ».
Fabrice Neyret, Observatoire Zététique



La matière noire est l'une des plus grandes énigmes astronomiques. Mais pour expliquer certaines caractéristiques de la Voie lactée et de ses satellites, c'est aussi un élément de réponse.

Le côté obscur de la





Don Dixon

L'ESSENTIEL

✓ La nature de la matière noire, invisible mais qui représente les trois quarts de la matière dans l'Univers, est l'une des plus grandes énigmes de la cosmologie.

✓ Cependant, son existence explique de nombreux mystères astronomiques. Le disque externe de la Voie lactée est par exemple déformé. Cette déformation pourrait résulter d'une amplification par la matière noire de l'effet gravitationnel des galaxies satellites les plus massives.

✓ La matière noire explique aussi le faible nombre de galaxies satellites connues par rapport aux prédictions des modèles. Nombre d'entre elles seraient en fait principalement formées de matière noire, et donc difficiles à détecter.

VOIE LACTÉE

Leo Blitz



1. LE DISQUE DE LA VOIE LACTÉE présente un gauchissement. Il s'agirait d'une déformation dynamique, semblable à la vibration d'une peau de tambour, dont la période est de quelques centaines de millions d'années *[de gauche à droite et de haut en bas]*. Cette ondulation serait engendrée par des perturbations au sein de la distribution de matière noire de la Galaxie, elles-mêmes provoquées par le mouvement de galaxies satellites *[taches bleues pâles]*.

Les astronomes ont mis du temps à se rendre compte de l'importance de la matière noire. Pour ma part, j'en fus convaincu dès mon premier projet en tant que postdoctorant à l'Université de Californie à Berkeley, en 1978. Je mesurais la vitesse des nuages moléculaires géants – où se forment les étoiles – dans les régions externes de la Voie lactée, avec une méthode que j'avais mise au point et qui était alors la plus précise. Deux spécialistes de la Voie lactée, Frank Shu et Ivan King, étaient présents lorsque j'ai commencé à reporter sur un graphique les vitesses de rotation autour du centre galactique des nuages les plus éloignés. Ces vitesses mettaient en évidence que la Voie lactée regorge de matière noire, en particulier vers l'extérieur. Perplexes, nous avons essayé d'imaginer quelle était la nature de cette matière noire. Toutes nos idées se sont rapidement révélées fausses.

Cette étude et de nombreuses autres dans les années 1970 et 1980 ont obligé les astronomes à admettre que non seulement la matière noire, une substance mystérieuse qui n'émet pas de lumière, n'interagit pas avec cette dernière et ne se trahit que par son influence gravitationnelle, existe bel et bien, mais qu'en plus elle est largement dominante dans l'Univers. Les mesures du fond diffus cosmologique indiquent que la matière noire représente cinq fois plus de masse que la matière ordinaire, ou baryonique (protons, neutrons, électrons, etc.). Cependant, on ne sait toujours pas quelle est la nature de cette substance. Disons simplement que, d'après l'hypothèse la plus prudente, la matière noire est formée de particules exotiques qui n'ont pas encore été détectées dans les accélérateurs, prédites par des théories n'ayant pas encore été vérifiées. L'hypothèse la plus radicale est que la théorie de la gravitation de Newton comme la théorie de la relativité d'Einstein seraient fausses, ou tout au moins nécessiteraient des corrections majeures.

Quelle que soit sa nature, la matière noire apporte néanmoins des clés pour résoudre des énigmes concernant certaines caractéristiques de la Voie lactée. On sait par exemple depuis plus de 50 ans que les régions externes de la galaxie sont gauchies, comme un disque en vinyle oublié sur un radiateur. Les astronomes ne parvenaient pas à élaborer de modèle satisfaisant pour expliquer ce gauchissement, jusqu'à ce qu'ils prennent en compte les effets de la

matière noire. De même, les simulations numériques de la formation des galaxies s'appuyant sur les propriétés supposées de la matière noire prédisent que notre Galaxie devrait être entourée de centaines, voire de milliers, de petites galaxies satellites. Mais les observateurs n'en voyaient qu'une vingtaine. Or plusieurs équipes ont récemment découvert quantité de galaxies naines satellites, ce qui réduit le désaccord avec les simulations. Ces nouveaux satellites contribuent non seulement à résoudre un mystère de longue date concernant la structure galactique, mais ils pourraient nous révéler des informations sur l'inventaire total de la matière cosmique.

Un 33 tours oublié sur un radiateur

Pour comprendre ce que la matière noire nous dit sur la Voie lactée, une première étape consiste à dresser un tableau général de l'organisation de la Galaxie. La matière ordinaire (les étoiles et le gaz) se trouve regroupée au sein de quatre structures majeures : un disque mince (qui inclut les bras spiraux, et incidemment le Soleil), un noyau dense (qui abrite un trou noir supermassif), un bulbe allongé que l'on nomme la « barre », et un « halo » grossièrement sphérique de vieilles étoiles et d'amas stellaires qui enveloppe le reste de la Galaxie. La matière noire a une répartition très différente. Bien que nous ne puissions pas l'observer, nous pouvons le déduire à partir de ses effets gravitationnels sur le matériau visible, et plus précisément sur la vitesse de rotation d'ensemble des étoiles et du gaz. Les vitesses observées suggèrent que la matière noire est distribuée de façon à peu près sphérique et s'étend bien au-delà du halo stellaire, avec une densité qui est maximale au centre et décroît approximativement comme le carré de la distance. Une telle distribution serait le résultat naturel de la « fusion hiérarchique », hypothèse selon laquelle dans l'enfance de l'Univers, les petites galaxies se sont accrétées pour en former de plus grosses, comme la Voie lactée.

Pendant des années, les astronomes sont restés bloqués sur ce tableau grossier de la répartition de la matière noire : une gigantesque boule non différenciée de matière inconnue. Plus récemment, cependant, nous avons réussi à collecter plus de détails, et la matière noire s'est révélée être

Le disque contient l'essentiel des étoiles et du gaz de notre Galaxie. Sa taille et son épaisseur sont proportionnellement proches de celles d'un 33 tours. Ce disque est tordu, un peu comme un 33 tours oublié sur un radiateur.

Une vieille hypothèse revisitée

Une hypothèse datant des années 1950 attribuait le gauchissement du disque à la gravité de deux galaxies satellites, le Grand et le Petit Nuage de Magellan. Elle a été abandonnée, car ces satellites sont trop légers pour avoir des effets notables sur notre Galaxie. Cependant, on sait aujourd'hui que la partie visible de la Voie lactée est plongée dans un énorme halo sphérique de matière noire. Il a été montré que la matière noire peut amplifier l'influence gravitationnelle des Nuages de Magellan, ce qui expliquerait le gauchissement.

