

Les phoques ont la grippe

On a montré que les phoques peuvent être infectés par le virus B de la grippe. On sait que le virus A de la grippe contamine certains oiseaux, le virus C les porcs, mais on ne connaissait pas



de réservoir naturel du virus B. Une équipe hollandaise a montré que le virus qui a infecté les phoques, en 1999, ressemblait beaucoup à celui qui a infecté l'homme en 1994-1995. Ces animaux seraient-ils des réservoirs des virus qui ont contaminé l'homme par le passé, et ces virus emmagasinés pourraient-ils menacer l'homme à nouveau?

Des pandas défaillants

En Chine, les pandas sont en voie de disparition (il ne reste aujourd'hui qu'environ 1 000 individus, à l'abri du braconnage dans des parcs naturels), et leur ardeur sexuelle ne va pas contribuer à les sauver : le mâle de cette espèce ne s'accouple que pendant 10 à 20 secondes, laissant ainsi peu de chance à l'ovule de la femelle d'être fécondé. Des zoologues chinois ont traité ce manque d'appétit par le Viagra® : ce traitement prolonge les rapports des pandas jusqu'à 20 minutes. La pilule bleue réussira-t-elle là où l'éthologie a échoué?

Contre la stérilité

Certaines stérilités féminines résultent d'une anomalie du cytoplasme, le matériau qui entoure le noyau de toute cellule et, notamment, de l'œuf. Les femmes atteintes peuvent bénéficier de dons d'ovules, mais les chercheurs ont mis au point une méthode qui leur permettrait de transmettre leur propre patrimoine génétique. La méthode consiste à transférer le noyau d'un œuf de la mère dans un œuf dont on a retiré le noyau. Cet œuf hybride constitué du noyau de la mère et du cytoplasme d'une autre femme, subirait ensuite une fécondation *in vitro*. Le patrimoine génétique de l'enfant serait constitué du génome du père, du matériel génétique nucléaire de la mère, mais aussi du génome extranucléaire de l'autre femme ; en effet quelques gènes, les gènes mitochondriaux sont présents dans le cytoplasme et – normalement – transmis par la mère.

données, les astronomes de la collaboration *Boomerang* ont présenté une carte plus précise : la gamme d'échelles angulaires étudiées s'étend de quelques dizaines de minutes d'angle à quelques degrés.

Comment comparer cette carte des fluctuations aux modèles cosmologiques ? À l'aide d'une fonction qui mesure l'amplitude des fluctuations de température à chaque échelle angulaire, nommée spectre de puissance angulaire. Les oscillations de l'époque du découplage se traduisent dans cette fonction par deux pics : le premier pic reflète la compression sous l'effet de la gravité, le second pic correspond à une dilatation due à la pression de radiation.

Bien que l'expérience *Boomerang* n'ait couvert qu'un pour cent du ciel, les astronomes ont détecté les deux premiers pics. Le premier se trouve à une échelle angulaire d'environ un degré. Grâce à ce pic, on connaît la taille des fluctuations de densité initiales, que l'on peut relier, à l'aide d'un modèle, à la quantité de matière de l'Univers et donc à sa courbure (Albert Einstein a montré que la matière courbe l'espace). Ce pic permet aux astronomes d'affirmer que l'Univers est plat.

Quelle est l'origine des fluctuations initiales ? Des fluctuations quantiques apparues lors d'une phase d'inflation cosmique où, quelques instants après le Big Bang, l'Univers croît de façon quasi exponentielle. Toutefois, en se fondant uniquement sur la position du premier pic, et avec les incertitudes des mesures expérimentales, les germes des premières structures pourraient aussi résulter de perturbations engendrées par des défauts topologiques, des concentrations d'énergie issues des transitions de phase que l'Univers a traversées au cours de son expansion. Le présence d'un second pic permet la distinction : les modèles de défauts topologiques ne prédisent pas de pics secondaires.

Pour l'instant, quelques pour cent seulement des données obtenues par *Boomerang* ont été utilisées. Un long travail d'analyse attend encore les astronomes. D'autres expériences détailleront la situation : l'expérience ballon MAXIMA publiera dans quelques semaines des résultats montrant des spectres à des échelles légèrement inférieures et surtout le satellite MAP, qui sera lancé au printemps 2001, précisera la position et l'amplitude des pics secondaires et mesurera ainsi plusieurs paramètres cosmologiques fondamentaux. Grâce à la sensibilité des détecteurs, sans cesse améliorée, la cosmologie change de statut : de science théorique, elle devient science d'observation.

Alejandro GANGUI,
Observatoire de Paris-Meudon
Laurent VERSTRAETE,
Institut d'astrophysique spatiale, Orsay.

La matière noire dans tous ses états

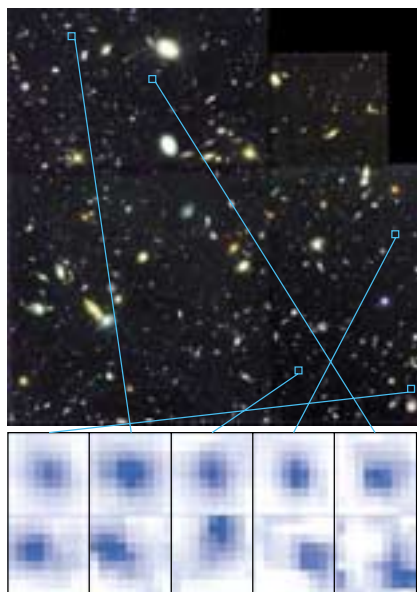
De la matière noire à grande échelle et dans le halo galactique.

De quoi est fait l'Univers ? En partie de matière lumineuse, mais aussi de matière noire dont les astronomes ignorent jusqu'à la nature. La recherche de cette matière vient de franchir une étape : l'équipe de Yannick Mellier, à l'Institut d'astrophysique de Paris, a décelé de la matière noire à l'échelle de l'Univers et une équipe franco-allemande a montré que, dans le halo de notre Galaxie, une partie de la matière noire est constituée de naines blanches, des étoiles très peu lumineuses.

Dans les années 1930, Fred Zwicky montre que le mouvement des galaxies dans les amas ne s'explique pas à partir de la seule présence de matière dans les objets lumineux. Autrement dit, pour expliquer en termes de mécanique céleste les vitesses mesurées des galaxies, on doit supposer la présence dans les amas d'une matière invisible. C'est la «naissance» de la matière noire. Plus tard, dans les galaxies elles-mêmes, des arguments dynamiques analogues indiqueront la présence de matière noire.

Portant sur de la matière noire lointaine (l'Univers à grande échelle), la première découverte utilise la déviation de la lumière par la matière, effet prédit par Einstein il y a presque un siècle. En particulier, l'interposition entre les galaxies lointaines et la Terre de grandes quantités de matière, même invisible, distribuée non uniformément, déforme faiblement l'image des galaxies. Ces déformations correspondent à un effet de lentille gravitationnelle nommé astigmatisme cosmique.

Par cette méthode, les astronomes ont mis en évidence la présence de matière noire dans l'Univers à très grande échelle, c'est-à-dire à l'échelle des regroupements d'amas de galaxies. À l'aide du télescope CFH d'Hawaii, les astronomes ont cartographié une portion du ciel équivalant à 16 fois la surface de la Lune et ils ont mesuré la déformation de 200 000 galaxies. La difficulté de la mesure consiste à séparer la déformation intrinsèque des galaxies, due à leur projection sur la voûte céleste (les galaxies sont des objets tridimensionnels que nous voyons en deux dimensions), de la déformation due à l'astigmatisme. Cette dernière oriente l'image des galaxies comme un aimant oriente la



Cette image (en haut), obtenue après une semaine de temps de pause, recense des objets de faible luminosité. La vaste majorité des objets sont des galaxies très éloignées, mais cinq traces bleues ont bougé lorsque l'on compare cette image à une image analogue prise deux ans plus tard (sur la ligne supérieure, la position des objets en 1996, au-dessous, leur position deux ans plus tard). Ces objets sont des étoiles très faibles qui appartiennent vraisemblablement au halo de notre Galaxie.

limaille de fer selon les lignes de champ magnétique ou comme le verre cathédrale déforme les images. Ainsi, par une analyse statistique, les astronomes discriminent les deux effets.

En retranchant la déformation intrinsèque, les astronomes ont noté une déformation résultante qui s'explique par la présence de matière noire à très grande échelle. Sans la contribution dominante de cette matière, les grandes structures des amas et des superamas de galaxies ne dévierait pas suffisamment la lumière et on n'observerait pas tant de déformation des galaxies. Pour l'instant, l'effet a seulement été mis en évidence, mais, à terme, cette méthode donnera d'importants renseignements pour la cosmologie : d'une part, la quantité de matière noire modifie la dynamique de l'Univers dans son ensemble ; d'autre part, les mesures fondées sur cette technique permettront de déterminer la répartition de la matière noire à grande échelle, ainsi que la répartition de matière dans l'Univers, puisque la matière noire est la principale composante de l'Univers.

Si cette mesure indique la présence de matière noire à grande échelle, elle ne donne aucun renseignement sur sa nature. Dans notre Galaxie, les astronomes supposent depuis longtemps qu'une partie au moins de la matière noire serait constituée des restes des premières étoiles, situées

dans le halo qui entoure le disque de notre Galaxie. Une autre équipe d'astronomes s'est attelé à leur recherche.

Comme le fera le Soleil dans des milliards d'années, la plupart des étoiles terminent leur évolution après avoir épuisé leur combustible nucléaire. Les vestiges de ces étoiles, nommés naines blanches, se refroidissent et deviennent de moins en moins lumineux. Comment les repérer ? Grâce à leurs vitesses propres : les étoiles du halo, entraînées autour du centre de la Galaxie, ont des vitesses importantes, de sorte qu'on peut les voir bouger.

Pour déceler ces objets de faible luminosité, les astronomes ont comparé des photographies du ciel profond obtenues à deux ans d'intervalle par le télescope spatial *Hubble*. Ces photographies sont prises avec des temps de pose de l'ordre d'une semaine, de sorte que les objets très peu lumineux peuvent apparaître. En comparant ces images, les astronomes ont vu des objets qui ont bougé entre les deux prises de vue (voir la figure).

Intéressés par cette découverte, Rodrigo Ibata et ses collègues de l'Institut Max Planck de Heidelberg ont comparé de nombreuses plaques photographiques d'archives qui comportent des prises de vue réparties sur plusieurs dizaines d'années. Là encore, ils ont identifié trois objets, situés à 100 années-lumière qui s'étaient déplacés. En enregistrant leur spectre (ce qui n'était pas possible avec les objets vus par *Hubble*, trop peu lumineux), les astronomes ont montré que ces objets sont des naines blanches de couleur bleue qui ont atteint leur stade ultime d'évolution : elles se refroidissent depuis 12 milliards d'années, bien avant que notre Galaxie n'ait été totalement formée.

Cette population d'étoiles avait échappé aux astronomes qui pensaient que les vieilles naines blanches étaient rougies par l'âge : ils recherchaient des objets rouges. Or, les dernières théories d'évolution stellaire indiquent que les naines blanches âgées bleuissent, car elles produisent dans leur atmosphère de l'hydrogène moléculaire dont l'opacité modifie la couleur de l'étoile.

Si les échantillons découverts sont représentatifs d'une nouvelle population d'étoiles, cette dernière formerait une fraction notable de la matière noire de notre Galaxie, mais pas plus que 10 à 20 pour cent, et sans doute moins aux échelles des grandes structures mesurées par astigmatisme cosmique. L'astigmatisme cosmique confirme la présence de matière noire à grande échelle, mais la nature de près de 90 pour cent de la masse de l'Univers reste mystérieuse !

Christophe PICHON

Histoire en pièces

La monnaie raconte le passé économique de l'Arménie

Depuis l'antiquité, l'Arménie a été envahie, par les Romains, les Parthes, les Byzantins, les Arabes, les Turcs... Chacun a imposé sa monnaie, comme en témoignent les dizaines de milliers de pièces anciennes découvertes dans ce pays. En utilisant l'ensemble des informations sur les monnaies d'Arménie, des chercheurs ont reconstitué l'histoire économique de la région sur 17 siècles.

Georges Depeyrot, du Centre de recherches historiques de Paris, Anahit Mousheghian, de l'Institut d'histoire d'Erevan, et leurs collègues ont analysé les documents portant sur les monnaies découvertes en Arménie et sur celles des puissances qui l'ont occupée : ils ont consulté les articles scientifiques, les manuscrits non publiés et les archives des instituts de recherche et des musées de l'ex-Union soviétique. Puis, ils ont examiné les monnaies, ont relevé les indications qui y figuraient, les ont pesées, photographiées, ont déterminé leurs conditions de frappe et les ont rattachées à des types de monnaie déjà connus. Ils ont ainsi établi la chronologie des monnaies, les

quantités émises et cartographié la répartition des pièces découvertes. Les monnaies proviennent de trésors, constitués de centaines de pièces, ou sont des pièces isolées, retrouvées sur des sites archéologiques ou dans des champs.

À chaque conflit, le scénario se répétait : les habitants enfouissaient leurs trésors pour les protéger des pillages et ne les déterraient pas toujours, car beaucoup étaient exécutés par les soldats ennemis. Les envahisseurs récupéraient les pièces en circulation pour frapper leur propre monnaie, qui servait à payer les soldats et les commerçants. Ensuite ces pièces étaient disséminées sur les territoires voisins au rythme des échanges.

La monnaie apparaît pour la première fois dans la Grèce antique, au VII^e siècle avant notre ère, et, d'après G. Depeyrot, c'est au IV^e siècle avant notre ère que les premières monnaies à l'effigie d'Alexandre le Grand arrivent en Arménie. Les cartes des découvertes monétaires montrent que l'afflux de monnaie grecque cesse lorsque Alexandre le Grand meurt et que les Grecs quittent la région. Les pièces grecques sont remplacées par de grossières copies arméniennes et par les monnaies des empires voisins : l'Empire romain, à l'Ouest, et l'Empire parthe, à l'Est. Au I^{er} siècle avant notre ère, Tigrane II, roi d'Arménie, conquiert les territoires méridionaux entre ces deux empires, jusqu'à la Syrie et la Palestine. Les cartes de répartition des monnaies montrent que Tigrane ouvre

un atelier à Artashat, non loin d'Erevan, peu de temps après avoir conquis Antioche. Les drachmes à son effigie sont de bonne qualité : Tigrane a probablement utilisé les techniques de frappe des Grecs d'Antioche. Les numismates ont montré qu'un million de drachmes de Tigrane circulaient dans le territoire conquis.

En -66, les Romains conquièrent l'Arménie et imposent leur monnaie. Toutes les pièces d'or et d'argent de l'Empire romain sont alors fabriquées à Lyon. Les monnaies découvertes indiquent qu'entre l'an -2 et l'an 4, les Romains frappent leur monnaie dans un atelier qu'ils ont ouvert en Arménie. Ces pièces servent à payer les légions de soldats qui affrontent les Parthes. Après les victoires, chaque soldat reçoit une récompense d'environ 800 deniers, soit 3,2 kilogrammes d'argent. De telles quantités de monnaie auraient été trop lourdes à acheminer de Lyon jusqu'en Arménie et les convois auraient été trop souvent attaqués. Sur place, les Romains utilisaient l'argent récupéré lors de leurs pillages : les pièces parthes étaient fondues pour devenir des pièces romaines.

En Arménie et dans tout le Nord de l'Europe, les importantes concentrations de monnaie d'argent romaine datant du II^e siècle suggèrent que l'Arménie appartenait à la zone d'influence économique de l'Empire romain. Le commerce du fer, de l'ambre, des peaux, des esclaves, ainsi que l'enrôlement de mercenaires au service de Rome, approvisionnait l'Arménie en monnaie romaine.

Au III^e siècle, les Sassanides, d'origine iranienne, succèdent aux Parthes, à l'Est de l'Arménie, et repoussent les Romains jusqu'à Antioche. Les cartes de répartition des monnaies sassanides révèlent que cette dynastie avait ouvert un atelier monétaire à Duin, l'ancienne capitale de l'Arménie. Au VII^e siècle, les Byzantins, qui ont remplacé les Romains à l'Ouest de l'Arménie, occupent la région, mais les Arabes la conquièrent en 640. Ces derniers installent aussi un atelier monétaire en Arménie. Ils y frappent des dirhams d'argent, qui circulent de l'Arabie Saoudite à la Scandinavie.

Aux XI^e et XII^e siècles, l'Arménie utilise les pièces des pays voisins, la Géorgie et l'Azerbaïdjan, avant d'être dévastée, au début du XIII^e siècle, par les Mongols, lesquels ne connaissent pas la monnaie. Les monnaies géorgiennes et azerbaïdjanaises s'arrêtent de circuler respectivement en 1203 et 1223 : ces dates correspondent aux deux offensives par lesquelles les Mongols se rendent maîtres de la région. Ainsi, les numismates précisent une chronologie ignorée des historiens...



La monnaie d'argent à l'effigie de Tigrane II, roi d'Arménie (en haut à gauche, pièce du I^{er} siècle avant notre ère), circulait (points rouges sur la carte) dans tout le territoire qu'il avait conquis (délimité par les traits bleus). L'abondance des deniers d'argent romains datant du I^{er} siècle (dans les territoires hachurés) et du II^e siècle (dans les territoires en orangé), indique que, pendant ces périodes, un second atelier monétaire romain avait été ouvert en Arménie (le premier se trouvait à Lyon). À partir du III^e siècle, les Sassanides, qui avaient envahi l'Arménie, y frappèrent leur monnaie (en haut, à droite, pièce du VII^e siècle), puis, à partir de 640, les Arabes firent de même. Leurs dirhams (en bas à gauche, pièce du VIII^e siècle) circulèrent de la Scandinavie à l'Arabie saoudite (carrés marron sur la carte).