

de l'atome. Pour de gros atomes, le calcul est fastidieux.

Dans les années 1930, Eugène Wigner, qui reçut le prix Nobel en 1963, a proposé d'utiliser les matrices aléatoires pour calculer le spectre de gros atomes, tels que l'uranium. Cette technique est fondée sur le principe ergodique, mis au point par Josiah Gibbs, qui stipule que l'étude d'un grand nombre d'états d'un atome – en fonction de l'énergie – est identique à l'étude du même grand nombre d'atomes à un instant donné. L'état de chacun des atomes est représenté par une matrice. Un gros atome peut être dans de nombreux états selon celui de chacune des particules qui le composent (par exemple, un atome d'uranium est composé de 714 quarks et de 92 électrons) : les matrices sont alors considérées comme aléatoires. En calculant les valeurs propres de certaines

de ces matrices aléatoires ayant une symétrie par rapport à leur diagonale, les physiciens calculent statistiquement le spectre des gros atomes.

L'énigme de la répartition des valeurs propres des matrices aléatoires sera-t-elle résolue grâce au jeu de solitaire ou à la physique quantique des gros atomes ? Les mathématiciens des nombres espèrent aussi beaucoup de l'élucidation de cette loi de probabilité. En effet, en 1859, Bernhard Riemann a défini une fonction décrivant la répartition des nombres premiers (divisibles seulement par 1 ou par eux-mêmes) dans l'ensemble des entiers. L'espacement des nombres premiers est défini par les solutions d'une équation à deux inconnues où intervient cette fonction. Sans pouvoir le prouver, Riemann avait établi une condition numérique sur l'une des inconnues de cette

équation. Aujourd'hui, les ordinateurs confirment cette condition, mais la démonstration résiste encore aux mathématiciens.

D'après Andrew Odlyzko, des Laboratoires AT&T, les solutions de la deuxième inconnue de cette équation se répartissent de la même façon que les valeurs propres des matrices aléatoires. Le mathématicien en conclut que ces solutions seraient les valeurs propres d'un ensemble de matrices aléatoires encore inconnu.

Avec une certaine ironie, un outil mathématique dont le comportement est encore inexplicable, expliquerait les comportements aussi variés que ceux des gros atomes, de certains jeux de cartes, de lois économiques, et des solutions d'un problème d'arithmétique que les mathématiciens tentent de résoudre depuis 140 ans.

Mystérieux nuages

Au cœur de la Galaxie, des nuages de gaz révélés par les pulsars.

Depuis la découverte des pulsars, en 1967, les astronomes étudient ces astres en rotation rapide dont le rayonnement radio balaye la Terre, comme le faisceau d'un phare balaye les flots. Ces études ne révèlent pas seulement les caractéristiques de ces objets, mais aussi celles du gaz situé entre nous et les pulsars observés. Ainsi, nous avons observé, dans le domaine radio, une scintillation d'un pulsar due au passage de gigantesques nuages de gaz ionisés sur la ligne de visée du pulsar.

Lorsque l'on observe les étoiles, leur lueur nous apparaît vacillante : elles scintillent en raison de la turbulence dans l'atmosphère terrestre. De même, la scintillation de l'émission radio des pulsars révèle la turbulence du milieu interstellaire, milieu ténu, principalement constitué d'hydrogène ionisé (une dizaine de protons ou d'électrons par litre).

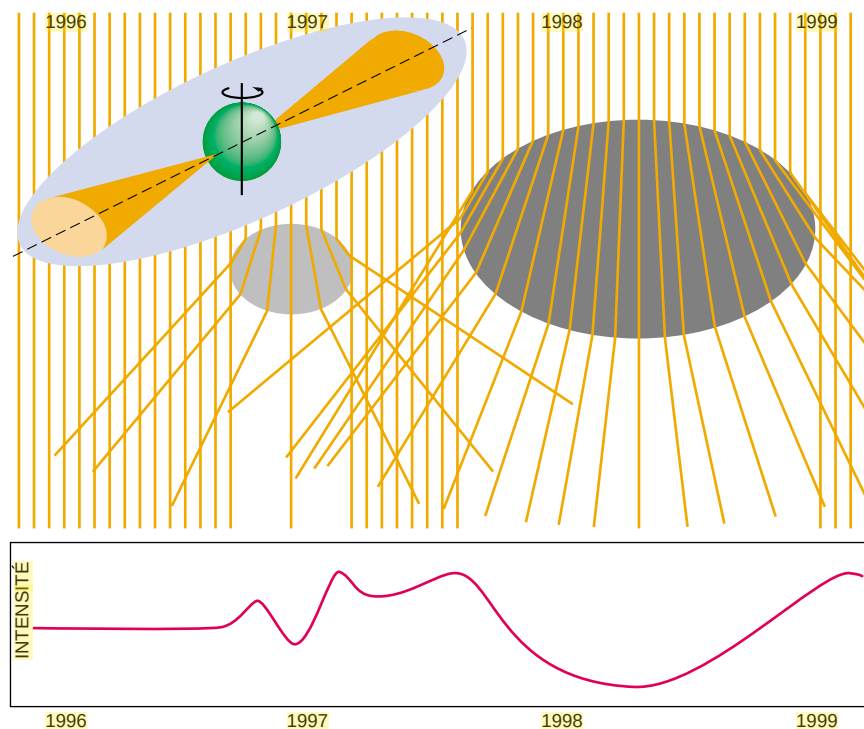
Depuis dix ans, afin d'étudier cette turbulence, les astronomes chronomètrent le rayonnement radio des pulsars les plus rapides, dont la période de rotation est de l'ordre de la milliseconde. Au radiotélescope de Nançay, notre équipe étudie le pulsar J1643-12 depuis trois ans. Voici deux ans, nous avons remarqué une forte diminution de l'intensité du rayonnement du pulsar. Quelles peuvent être les raisons de cette diminution ?

Cet événement, nommé scintillation forte, résulte vraisemblablement du pas-

sage entre le pulsar et la Terre d'un nuage ionisé, beaucoup plus dense que le milieu ambiant : lors de son passage, le nuage agit comme une lentille divergente qui réfracte le rayonnement radio du pulsar (l'indice de réfraction du nuage est supérieur à celui du milieu ambiant). Alors que l'on s'attendait à une remontée de l'intensité radio à son niveau initial après quelques mois d'affaiblissement, à notre grande sur-

prise, une diminution accrue a suivi une légère remontée. Finalement, après 24 mois, l'intensité est revenue à son niveau antérieur. Cette scintillation est la plus longue jamais observée.

À l'aide des lois de la réfraction de l'optique géométrique, applicables aux rayonnement radio, nous avons établi un modèle physique du «nuage-lentille» interposé entre le pulsar et la Terre. Pour rendre



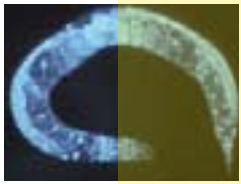
Le pulsar J 1643-12 est analogue à une balise radio qui envoie des signaux à intervalles réguliers (ovale violet). Les rayons radio émis à intervalles réguliers sont réfractés par des nuages de gaz ionisé, plus denses que le milieu ambiant, qui passent entre le pulsar et la Terre. Comme les nuages se déplacent, l'intensité reçue par le radiotélescope varie au cours du temps (courbe rouge).

Scorpions polyandres

Pour avoir une belle progéniture, une femelle doit-elle être versatile? La femelle d'un pseudoscorpion tropical *Cordyloderes scorpioides* féconde ses œufs avec du sperme provenant de différents mâles. Des biologistes américains ont observé que la femelle refusait de s'accoupler avec le même mâle dans les heures qui suivaient le premier accouplement, mais acceptait la copulation avec les autres. Cette discrimination disparaît 48 heures après le premier accouplement.

Un petit ver à tous

Les biologistes ont annoncé qu'ils avaient séquencé le code génétique complet d'un organisme, un ver microscopique dénommé *Caenorhabditis elegans*. Le génome de ce ver contient 97 millions de bases dans plus de 19 000 gènes. Ces informations, qui régissent le développement et le comportement du ver, devraient de plus éclairer l'évolution des organismes multicellulaires. Ce travail constitue un entraînement pour le décodage du génome humain, lequel sera séquencé complètement au début du siècle prochain.



Beurre tendre

Quoi de plus agaçant que d'essayer d'étaler sur une biscotte un morceau de beurre sorti du réfrigérateur? Une équipe australienne a éliminé cette difficulté en produisant un beurre appauvri en graisses saturées dures, s'étalant mieux que le beurre ordinaire. Pour cela, ils ont mis au point des aliments spéciaux pour les vaches, enrichis en graisses mono- et polyinsaturées. Un enrobage par des protéines empêche la dégradation de ces graisses dans la panse des vaches : on les retrouve alors dans le lait qui donne un beurre plus malléable.

Troupeaux de poissons

Les bancs de thons se rassemblent sous les objets flottant en pleine mer. Les pêcheurs sénégalais tirent avantage de ces caractéristiques : pendant la saison de pêche, de juillet à février, des bateaux se relaient pour maintenir sous eux les bancs de thons qui fréquentent la côte mauritanienne. Le poisson est ainsi plus facilement pêché à la canne, et les petits pêcheurs résistent à la concurrence des gros navires thoniers qui pêchent au filet.

compte des variations d'intensité du pulsar, nous avons modélisé la lentille divergente par deux nuages traversant successivement la ligne de visée.

Ainsi, nous avons établi que le premier nuage a une dimension transverse de deux milliards de kilomètres et que le second a une extension de neuf milliards de kilomètres, soit l'équivalent du diamètre de l'orbite de Jupiter. Leur densité est égale à respectivement 30 000 électrons par litre et 500 000 électrons par litre. D'autres explications, telle la turbulence du milieu interstellaire, ont été écartées : on a calculé que la probabilité que les tourbillons du milieu interstellaire expliquent les observations est inférieure à un millionième.

Comment des nuages denses survivent-ils dans un milieu aussi ténu? En fait, ils finissent par se dissiper. En estimant leur température à 8 000 kelvins, voisine de celle du milieu ambiant, on calcule que la pression à l'intérieur du nuage est 10 000 fois supérieure à ce qu'elle est à l'extérieur : les nuages se dissipent rapidement (une trentaine d'années pour le premier nuage).

D'autres nuages plus petits et plus nombreux avaient déjà été découverts auparavant dans les directions des deux pulsars millisecondes B1937+21 et B1821-

24 observés à Nançay. Sur ces lignes de visée, les événements détectés ont une durée moyenne d'un mois environ, la taille des nuages est donc inférieure (environ 100 millions de kilomètres), ce qui entraîne une durée de vie avant dissipation de l'ordre de six mois. Si l'on extrapole ces résultats à l'ensemble de la Galaxie, on en déduit que ces petits nuages sont très nombreux (quelques millions par année-lumière au cube) et qu'il s'en fabrique continuellement de nouveaux (près de dix millions par année-lumière au cube et par an). Quels mécanismes créent ces nuages en si grande quantité?

Le mécanisme le plus probable est la compression des enveloppes de nuage d'hydrogène atomique neutre par des ondes de choc qui se meuvent dans la Galaxie, que ces dernières résultent de l'explosion des étoiles en supernovae, de vents stellaires ou de novae (les étoiles dont les couches superficielles sont éjectées). Toutefois la statistique est encore incertaine : les astronomes ont vu de tels événements devant trois pulsars seulement. Pour confirmer ce mécanisme de formation ou pour en invoquer un autre, l'analyse de nouveaux événements sera nécessaire.

Véronique MAITIA, ARPEGES, Observatoire de Meudon

Un virus contre le cancer

Les parvovirus stoppent la progression tumorale chez l'homme.

Les parvovirus sont de tout petits virus qui se multiplient très rapidement dans certaines cellules qu'ils finissent par tuer : en quelque 48 heures, une unique cellule libère plus de 500 particules virales. Ces virus ont la particularité de se multiplier spécifiquement dans les cellules cancéreuses et, par conséquent de les détruire. Les premiers essais cliniques viennent de montrer qu'ils bloquent la progression des tumeurs chez l'homme.

Ces virus infectent tant les vertébrés que les invertébrés. Ils sont très résistants et persistent longtemps dans l'environnement. Les parvovirus animaux ne sont pas pathogènes pour l'homme, mais cinq pour cent de la population environ ont des anticorps contre ces virus, signe d'une infection passée.

Il y a une trentaine d'années, on avait observé que les parvovirus ont la capacité de faire régresser les tumeurs, chez

l'animal. Malgré les résultats obtenus, les expériences avaient été abandonnées en raison de la difficulté à fabriquer des particules virales en quantité suffisante.

L'équipe de Dominique Stéhelin et de Thierry Dupressoir, à l'Institut de biologie de Lille, a repris ces expériences en collaboration avec le groupe de Jean Rommelaere, du Centre anticancéreux de Heidelberg. Ainsi, les parvovirus infectent toutes les cellules, mais ne se multiplient que dans les cellules tumorales qu'ils détruisent. *In vitro*, les cellules tumorales sont détruites par les parvovirus, quasiment quel que soit le type de cellules tumorales (plus de 90 pour cent des lignées cellulaires cancéreuses sont sensibles).

Devant l'intérêt apparent de la méthode, des essais cliniques de phase I ont été entrepris chez l'homme (les essais de phase I ne visent pas à tester l'efficacité du traitement, mais son absence de toxicité). Ces premiers essais ont été pratiqués dans le service de Thomas Tursz, à l'Hôpital Gustave Roussy, à Villejuif, sur des malades cancéreux résistant à tous les traitements existants. Ils ont reçu jusqu'à trois injections intratumorales de parvovirus réparties sur un mois.