

Matière noire :

la piste des particules cosmiques

David Fossé

L'expérience spatiale Pamela vient-elle de détecter l'énigmatique matière noire ?

L'annonce, en avril, de la détection d'un excès d'antimatière dans le flux de particules qui bombarde la Terre en permanence pourrait être une piste.

POUSSÉE de fièvre chez les astrophysiciens. Après moins de trois années passées en orbite sur le satellite Resurs-DK1, l'expérience italo-russe Pamela vient de détecter une bizarrerie dans le flot de particules cosmiques qui douche la Terre en continu. Dans une certaine gamme d'énergies, entre 1,5 et 100 GeV⁽¹⁾, les positrons sont jusqu'à 100 fois plus abondants que la théorie ne le prédit ! Pour le moment, cet excès d'antiparticules de masse égale et de charge opposée à l'électron ne porte que sur 9 430 spécimens. Autant dire une poignée. *"Mais tout le monde s'excite beaucoup sur le sujet"*, confie Pierre Salati, astrophysicien du Lapp⁽²⁾ qui travaille sur ce résultat à Princeton (États-Unis).

Car si l'excès de positrons se confirme, il pourrait correspondre tout simplement à la première détection de la matière noire ! Ces quelques particules ultralégères nous diraient enfin où et comment se cache l'essentiel de la masse de l'Univers. Et l'un des plus grands mystères de l'astrophysique, vieux de 75 ans (voir encadré), serait sur le point d'être résolu.

À Rome, c'est en tout cas l'espoir de Piergiorgio Picozza, le concepteur de Pamela. *"En théorie, les rayons cosmiques*

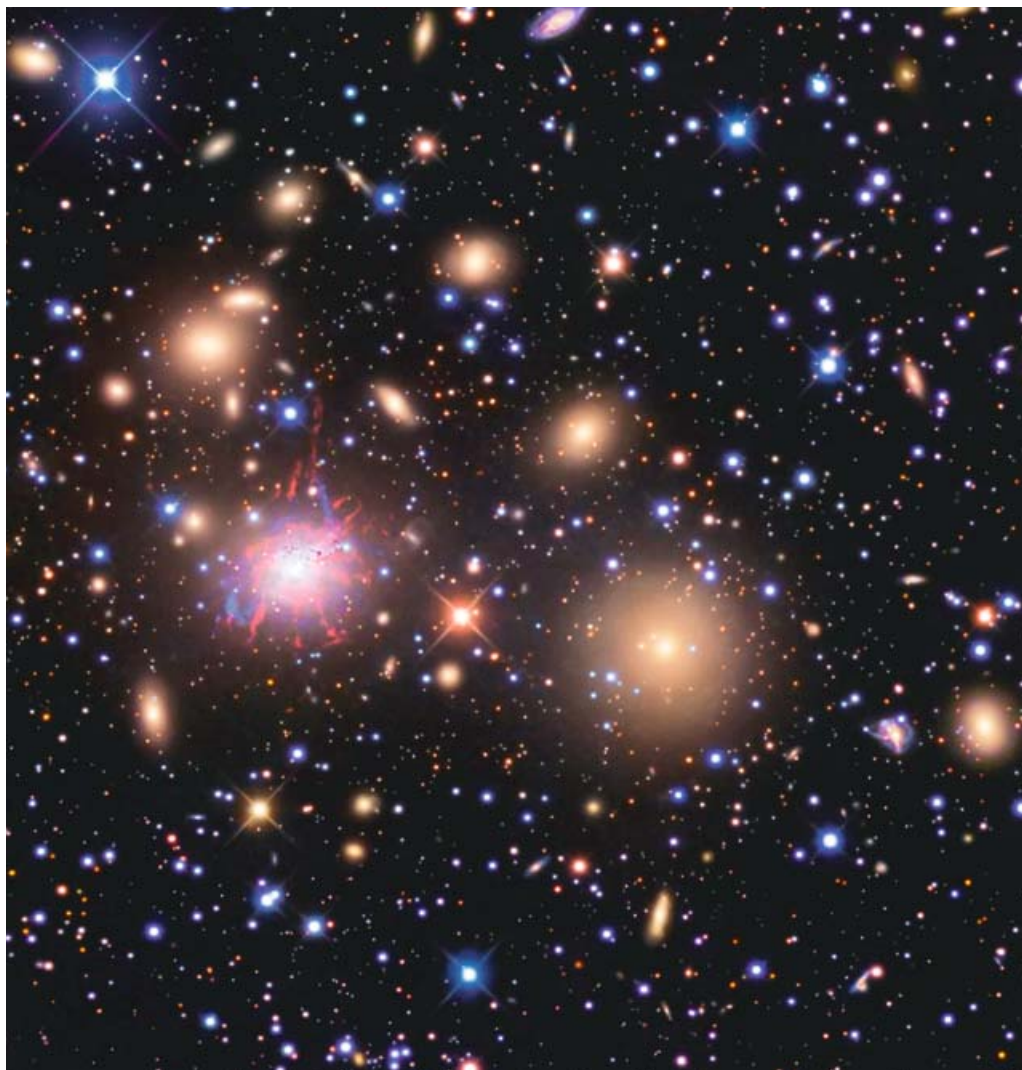
qui nous atteignent sont produits lors de la collision de noyaux accélérés avec des atomes du milieu interstellaire. C'est le mécanisme de spallation", précise Pierre Salati. Or jus-

tement, pour le chercheur italien et son équipe, *"l'excès d'abondance découvert par Pamela est incompatible avec ce mécanisme"*. Il s'explique parfaitement, en revanche, si



POUR EN SAVOIR PLUS

→ Matière noire, énergie sombre : à l'aube d'une révolution cosmologique, une série de www.cieletespaceradio.fr



la matière noire est présente dans l'Univers sous forme de particules exotiques qui se désintègrent en particules plus "classiques", dont les positrons. Existent-elles, ces particules miracles dotées de masse et qui ne doivent que très peu interagir avec la matière normale ? Oui, mais pour l'heure uniquement dans les cerveaux des théoriciens, qui les ont baptisées wimps⁽³⁾. "Aujourd'hui, les wimps, ces 'particules massives interagissant faiblement', sont les candidates les plus sérieuses pour la matière noire", explique Pierre Salati. Pour autant, malgré plusieurs expériences menées sous terre, dans la mer et sous la glace polaire, la preuve de leur existence n'a toujours pas été apportée. Et selon le chercheur, pas davantage par Pamela que par un autre chasseur de wimps : "D'abord, il faut être certain que l'expérience mesure bien un excès de positrons." Car souvent, un proton peut être pris pour un positron ! D'autant que Pamela n'a accès qu'à une quantité relative : le rapport du nombre de positrons sur le nombre total d'électrons et de positrons. Enfin, le modèle canonique auquel les mesures sont comparées est loin d'être parfait.



J.Gabary/C&E Photos

La plupart des particules qui nous atteignent, c'est entendu, sont produites par spallation. Mais quelles interactions au juste produisent telle ou telle particule secondaire ? Et dans quelle proportion ? Par ailleurs, comment les rayons cosmiques se propagent-ils dans la Galaxie en fonction de leur masse, de leur charge ? Et dans le Système solaire, quelle est l'influence du Soleil, en particulier de son activité magnétique, sur le flux de particules électrisées qui atteint nos satellites ? Bien que les chercheurs aient travaillé dur sur chacun de ces points, ils sont loin de les comprendre parfaitement. Du coup, la réalité de l'excès de positrons doit elle-même être prise avec des pincettes.

En admettant que cet excès soit confirmé par l'expérience européenne AMS, plus performante que Pamela et qui devrait voler en 2010 sur la station spatiale internationale, il faudra s'interroger sur un autre résultat italo-russe moins médiatisé : le flux d'antiprotons dans le rayonnement cosmique, lui, paraît tout à fait conforme à la théorie de la spallation. Au grand dam des tenants des wimps, il ne nécessite aucune production supplémentaire par de la matière noire. Et pourtant, les wimps sont censés former autant de positrons que d'antiprotons ! Alors ? Certains théoriciens explorent déjà des modèles dits "leptophiles", dans lesquels la matière noire ne peut se désintégrer qu'en leptons (la famille de particules dont le positron fait partie, mais pas l'antiproton). Reste que, pour beaucoup, c'est aller un peu vite en besogne. D'autant que le bestiaire des astronomes possède au moins un objet capable de produire des positrons en masse...

"Les gens se sont jetés à bras raccourcis sur la matière noire, mais un pulsar à moins de 3 000 années-lumière expliquerait assez bien le résultat de Pamela", précise Pierre Salati. Dans leur publication, Piergiorgio Picozza et ses collègues n'en font d'ailleurs pas mystère. Pourquoi ont-ils alors mis l'accent sur la matière noire ? "Parce que c'est beaucoup plus excitant !" répond un brin candide le chercheur italien, avant d'avouer qu'il n'a pas d'argument "ferme" en faveur des wimps. Il reste donc désor-

Difficile à croire, mais sur la photo ci-contre, les neuf dixièmes de la masse de l'amas de Persée sont invisibles au regard. Ils sont constitués de matière noire, dont la nature demeure énigmatique. Cet amas de galaxies, situé dans la constellation de Persée, est éloigné de 250 millions d'années-lumière.

Une brève histoire de la matière noire

1933

Le Suisse Fritz Zwicky mesure la vitesse des galaxies de l'amas de Coma et en déduit que la masse de cet amas est des centaines de fois plus importante que sa lumière ne le laisse paraître. Il conclut à la présence d'une vaste quantité de matière invisible.

1970

Vera Rubin et Kent Ford montrent que les étoiles de la périphérie de la galaxie M31 filent bien plus vite qu'elles ne le devraient. Oubliée depuis des décennies, la matière noire refait surface.

1982

Selon Heinz Pagels et Joel Primack, la matière noire pourrait être constituée de gravitinos, des particules issues de la supersymétrie. La recherche des particules exotiques prend son envol.

Années 1990

Les observations du fond diffus cosmologique ou l'étude de la nucléosynthèse primordiale indiquent que la matière ordinaire (celle dont nous sommes faits) compte pour presque rien dans la masse totale de l'Univers. Parallèlement, les grands programmes de recherche de naines brunes ou autres objets froids, envisagés comme matière noire, font chou blanc. Celle-ci est sans doute de nature exotique.

Années 2000

Les simulations numériques mimant la naissance des galaxies montrent que celles-ci ne peuvent se former sans la présence de vastes quantités de matière invisible.

mais à débusquer un pulsar proche qui nous aurait échappé jusqu'ici. Justement, le satellite Fermi devrait être capable de voir l'émission gamma de la surface surchauffée d'une telle étoile à neutrons. Et comme il a lui-même repéré récemment un excès d'électrons dans le rayonnement cosmique, explicable par la présence d'un pulsar, nul doute qu'il est déjà en chasse ! Sa détection de matière noire n'est pas encore totalement écartée, mais pour Pamela le compte à rebours a sans doute commencé. ●

(1) Un gigaelectronvolt (GeV) vaut un milliard d'électronvolts, cette unité correspondant à l'énergie d'un électron accéléré dans un champ électrique de 1 volt.

(2) Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules.

(3) Acronyme de weakly interacting massive particles.