

Des dispositifs directionnels : d'où vient le WIMP ?

La plupart des expériences mesurent l'énergie déposée par le WIMP lors de sa collision avec un noyau atomique. On tente aujourd'hui d'aller plus loin et de mesurer précisément la direction du recul du noyau, ce qui renseignerait sur la direction d'arrivée du WIMP.

Les particules de matière noire se déplaceraient dans le halo galactique avec des vitesses de l'ordre de 200 kilomètres par seconde dans des directions aléatoires. Le Système solaire se déplace dans la Galaxie, dans la direction de la constellation du Cygne, avec une vitesse du même ordre de grandeur. La matière noire se présente alors

comme un vent ayant une direction privilégiée du point de vue des détecteurs terrestres. Il est ainsi plus probable qu'une particule de matière noire provienne de la région du Cygne que de la direction opposée. En revanche, le bruit de fond est beaucoup plus isotrope.

L'idée d'utiliser l'information de la direction du signal a été

proposée par l'astrophysicien américain David Spergel en 1988, mais il a fallu attendre de nombreuses années avant de disposer de détecteurs permettant de la mettre en œuvre. C'est aujourd'hui le cas et plusieurs expériences sont dédiées à la détection directionnelle : *Mimac* conçu au LPSC à Grenoble, DMTPC aux États-Unis, *NewAge* au Japon. Pour déterminer la direction du vent de matière noire, les chercheurs veulent mesurer la direction de recul des noyaux dans les détecteurs, ce qui permettrait de distinguer de façon efficace

un signal de matière noire d'un phénomène terrestre mal compris.

Malheureusement, les contraintes expérimentales sont draconiennes : le détecteur doit contenir un gaz léger sous basse pression, pour que l'on puisse mesurer non seulement le recul, mais aussi et surtout la trace des particules. Cette contrainte limite fortement le nombre d'événements attendus, à moins d'équiper de capteurs des volumes immenses. Par exemple, *Mimac* envisage une cible gazeuse de 50 mètres cubes.

à éliminer certains candidats prévus par la supersymétrie.

Cependant, certaines expériences obtiennent des signaux troublants. En 1998, l'équipe de l'expérience DAMA, située au Laboratoire italien du Gran Sasso, a annoncé qu'elle enregistrait un signal périodique qui varie au rythme des saisons. DAMA enregistre *a priori* tous les signaux : bruit de fond et signal de matière noire. Les physiciens s'attendent à mesurer un signal lié à la matière noire qui présente une modulation annuelle, du fait du mouvement relatif de la Terre et du Soleil dans la Galaxie (voir l'encadré page 34). L'expérience a été améliorée au fil des années, et le résultat initial a persisté : le nombre de particules reçues varie périodiquement, avec un maximum en été, conformément à ce qu'on attend d'un signal dû à la matière noire.

D'autres expériences ont annoncé avoir observé chacune quelques événements que l'on pourrait interpréter comme des détections directes de particules de matière noire : CoGENT, CRESST et CDMS. Toutefois, les résultats de ces trois expériences ne sont pas compatibles entre eux en termes de caractéristiques du WIMP. Les masses déduites des mesures sont comprises entre quelques gigaélectronvolts et plusieurs dizaines de gigaélectronvolts et les sections efficaces couvrent trois ordres de grandeur.

Le désaccord entre ces résultats, ceux qui ne voient rien et ceux qui voient des choses différentes, est difficile à interpréter. En effet, les expériences s'appuient sur

des techniques variées. Les conférences internationales auxquelles participent les physiciens de ces expériences peuvent être houleuses lorsque les chercheurs confrontent leurs points de vue !

Par exemple, les physiciens n'ont pas tous la même analyse des mesures de DAMA. Certains avancent que l'hypothèse d'un bruit de fond constant – faite par l'équipe de DAMA – n'est pas correcte.

Dans plusieurs expériences, une variation annuelle du flux des muons (qui contribuent au bruit de fond) atteignant la surface de la Terre a été mesurée ; elle est due aux variations de température, et donc de densité, de l'atmosphère. Dans l'hémisphère Nord, le flux de muons est maximal en été et cet effet coïncide avec la modulation annuelle attendue pour des WIMP. En revanche, pour une expérience similaire à DAMA effectuée dans l'hémisphère Sud, cet effet devrait être décalé de six mois. Une telle expérience permettrait de déterminer si la modulation annuelle vient des variations atmosphériques ou des WIMP. L'expérience DM-ICE, un détecteur d'iodure de sodium au fond d'un puits de l'expérience *IceCube*, au pôle Sud, et le projet de laboratoire souterrain ANDES, qui sera installé dans un tunnel sous la Cordillère des Andes entre le Chili et l'Argentine, permettront d'identifier la source de la modulation annuelle du signal.

Jusqu'à présent, les expériences de détection directe n'ont pas mis en évidence de particules de matière noire de façon indis-

cutable. Cependant, les résultats négatifs permettent de contraindre avec une précision accrue les caractéristiques de ces éventuelles particules. L'expérience LUX, aux États-Unis, qui est aujourd'hui le dispositif le plus sensible, a ainsi éliminé de nombreux scénarios de WIMP supersymétriques.

Combiner les divers axes de recherche

La détection directe n'est pas la seule piste explorée dans la recherche de la matière noire. Le collisionneur LHC, au CERN, pourrait produire ces particules et apporter d'autres indices sur les théories allant au-delà du modèle standard. Par exemple, la découverte du boson de Higgs en 2012 et la mesure de sa masse – de l'ordre de 126 gigaélectronvolts – ont fourni des contraintes sur les modèles théoriques possibles.

La détection indirecte est encore une autre voie de recherche. Des détecteurs sont pointés vers les régions de la Galaxie potentiellement riches en matière noire. Dans ces zones, les annihilations entre WIMP donneraient naissance à d'autres particules que l'on peut espérer détecter – des anti-protons, des positrons, des photons, etc.

En combinant les résultats de la détection directe, de la détection indirecte et du LHC, les scientifiques parviennent à faire un certain tri parmi les modèles de la matière noire. Mais malgré plusieurs décennies de traque, la matière noire garde encore ses mystères. ■

Actuellement
en kiosque

DOSSIER POUR LA SCIENCE

LES 10 ANS D'OPPORTUNITY

Le rover a détecté
de l'eau sous
plusieurs formes
et en divers endroits



DOSSIER POUR LA SCIENCE - ASTRONOMIE - TECHNOLOGIE SPATIALE - EXOBIOLOGIE

Mars

Embarquement immédiat

NOUVELLE
FORMULE

LA VIE SUR MARS

La planète
a été propice
à l'apparition de la vie

LES MÉTÉORITES

Que nous apprennent
les morceaux de Mars
tombés sur Terre ?



N° 84 Juillet-Septembre 2014

pouirlascience.fr

Belgique : 12,90 € - Canada : 11,90 € - Danemark : 12,90 € - Espagne : 10,90 € - France : 6,95 € - Allemagne : 12,90 € - Grèce : 12,90 € - Hongrie : 12,90 € - Italie : 12,90 € - Japon : 12,90 € - Pays-Bas : 12,90 € - Royaume-Uni : 12,90 € - Suisse : 15,90 €

n° 84 - 120 pages - prix de vente : 6,95 €

www.pouirlascience.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale



Disponible sur

