

Les chasseurs souterrains de **matière noire**

Richard Taillet

Les physiciens recherchent les particules de matière noire à l'aide d'instruments installés dans d'anciennes mines.

La sensibilité des détecteurs augmente et l'étau se resserre autour de cette composante hypothétique de l'Univers.

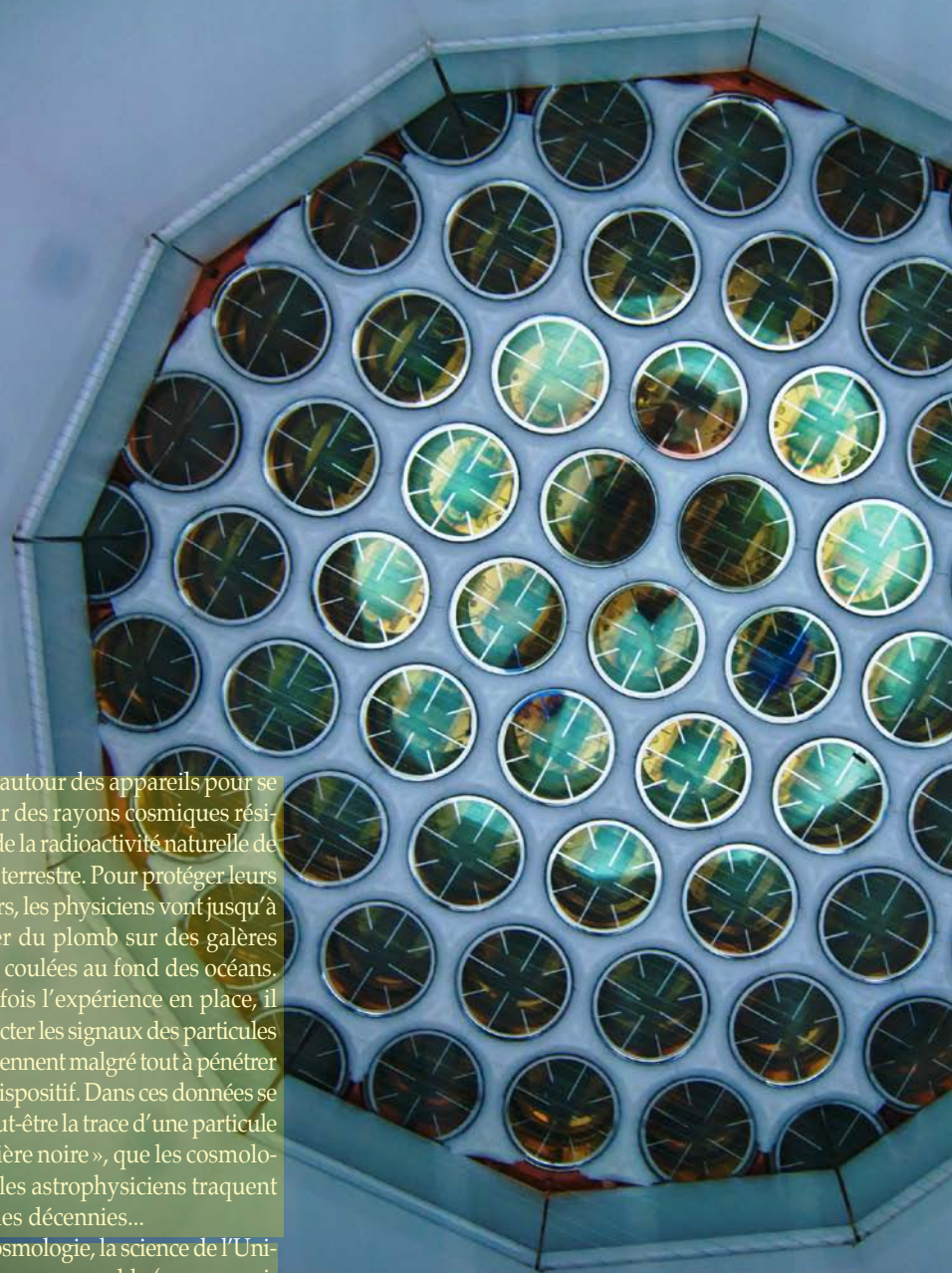
Dans de nombreux sites, les physiciens investissent d'anciennes mines pour y installer des détecteurs de particules, parfois à plus de 2000 mètres de profondeur. Très sensibles, ces détecteurs sont capables d'enregistrer une infime élévation de température, de capter le moindre éclat de lumière ou d'entendre des micro-bulles qui éclatent.

Mais le moindre signal parasite les perturbe. C'est pourquoi on les installe dans des souterrains. La roche fait office de bouclier contre les rayons cosmiques qui pénètrent dans l'atmosphère et qui traversent parfois le sol. Des blindages supplémentaires sont

installés autour des appareils pour se prémunir des rayons cosmiques résiduels et de la radioactivité naturelle de la croûte terrestre. Pour protéger leurs détecteurs, les physiciens vont jusqu'à récupérer du plomb sur des galères antiques coulées au fond des océans.

Une fois l'expérience en place, il faut collecter les signaux des particules qui parviennent malgré tout à pénétrer dans le dispositif. Dans ces données se cache peut-être la trace d'une particule de « matière noire », que les cosmologistes et les astrophysiciens traquent depuis des décennies...

La cosmologie, la science de l'Univers dans son ensemble (sa composi-



1. L'EXPÉRIENCE LUX,
aux États-Unis, traque depuis 2013
les rares interactions des particules
de matière noire avec le xénon
liquide contenu dans la cuve
du détecteur.



Carlos H. Falgar

tion et son histoire) est dans une situation paradoxale et embarrassante. D'une part, en s'appuyant sur la théorie de la relativité générale d'Einstein et la physique des particules, deux solides piliers de la physique fondamentale, elle rend compte de façon très précise et quantitative d'un grand nombre d'observations astronomiques. D'autre part, ce succès repose sur une hypothèse hardie, elle aussi confortée indirectement par de nombreuses observations astrophysiques, mais qui n'a encore jamais pu être vérifiée directement : l'Univers serait rempli d'une grande quantité de matière noire, c'est-à-dire d'une substance qui n'émet ni n'absorbe la lumière (elle est transparente plutôt que noire) et qui échappe donc à l'observation à travers les télescopes (voir l'article de V. Springel page 22). L'Univers contiendrait aussi une seconde substance hypothétique, l'«énergie sombre», mais dont on ne traitera pas ici (voir l'article de C. Deffayet page 38).

La physique des particules donne de bonnes raisons de penser que la matière noire pourrait être constituée de particules nouvelles, différentes de celles que l'on connaît aujourd'hui. Cette hypothèse est confortée par l'étude de la formation des noyaux atomiques dans l'Univers primordial, qui montre que la matière ordinaire ne représente qu'un cinquième de la masse qui emplit l'Univers. Le reste serait donc de la matière noire.

La matière noire se manifeste par ses effets gravitationnels à grande échelle. Mais si elle est constituée de particules, les physiciens espèrent la détecter comme on le fait avec les particules créées lors de collisions dans les accélérateurs. Depuis environ 30 ans, les astrophysiciens et les physiciens des particules ont développé des expériences pour mettre en évidence des particules de matière noire avec des techniques dérivées de celles utilisées dans les grands collisionneurs. On parle de recherche de matière noire par détection directe.

Le succès de ce type de recherche est conditionné par plusieurs facteurs que nous allons passer en revue : l'abondance des

particules de matière noire qui traversent la Terre, leur capacité à interagir avec la matière ordinaire (pour concevoir des détecteurs efficaces) et la nécessité d'avoir des outils performants d'analyse de données pour trier, parmi les particules détectées, celles qui relèvent de la matière noire.

Le premier est un facteur astrophysique sur lequel les expérimentateurs n'ont aucun contrôle : si les particules de matière noire sont nombreuses, les chances d'en détecter augmentent. Le deuxième dépend d'une part de la nature de la particule recherchée et d'autre part du dispositif expérimental – sa taille, le choix des matériaux, la durée

de prise de données... Le troisième facteur constitue le cœur de métier de la physique expérimentale : identifier la source de chaque signal, éliminer le bruit de fond qui comprend tous les signaux masquant les traces de la matière noire.

Ces dernières années, les physiciens ont amélioré la sensibilité de leurs dispositifs, ce qui permet de restreindre l'éventail des possibilités et des hypothèses. La difficulté principale est que, contrairement à la plupart des situations que l'on rencontre en physique des particules, on ignore la nature de la particule que l'on cherche à détecter. Imaginez la chasse d'un animal dont vous ne connaissez pas la taille, les habitudes, ni même s'il vole, rampe,

ou galope ! On dispose tout de même de certaines contraintes théoriques, comme nous le verrons.

Que savons-nous de la matière noire ? Elle ne fait pas partie du modèle standard de la physique des particules qui décrit les forces fondamentales et les constituants élémentaires connus de la matière. Ce modèle explique un très grand nombre de résultats expérimentaux, mais il présente aussi plusieurs défauts. C'est pourquoi les physiciens explorent des extensions possibles du modèle standard. Certaines de ces théories prédisent l'existence de nouvelles particules qui interagissent très faiblement avec la matière et qui sont donc d'excellents candidats pour la matière noire.

L'ESSENTIEL

■ Les particules de matière noire, si elles existent, interagissent très rarement avec la matière ordinaire.

■ Les physiciens tentent de les mettre en évidence au moyen de détecteurs souterrains.

■ Certains dispositifs présentent un signal interprété comme de la matière noire, d'autres excluent ces résultats.

■ Malgré de tels résultats contradictoires, les chercheurs cernent de mieux en mieux les caractéristiques possibles de la matière noire.