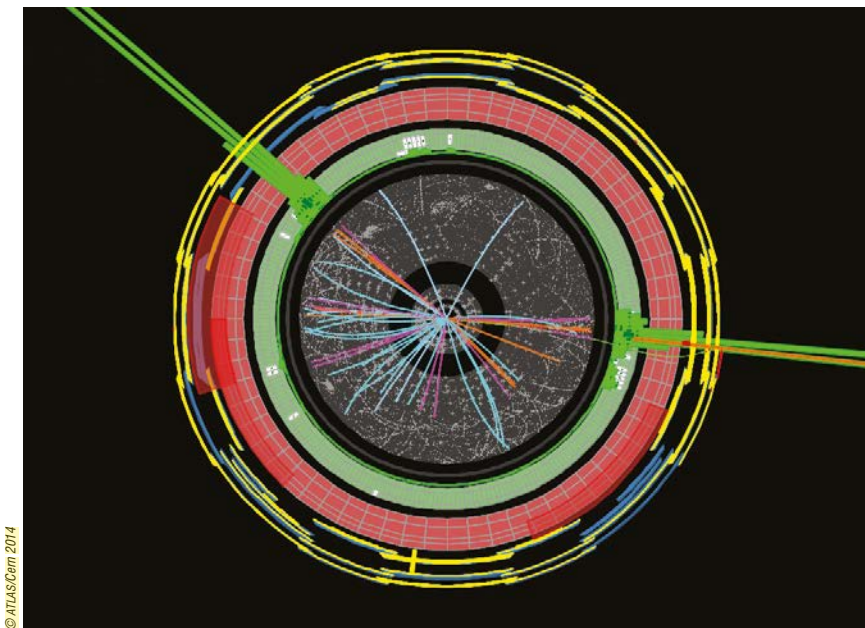




L'EXPÉRIENCE ATLAS DU LHC, le grand collisionneur de hadrons du Cern, pourrait détecter des signaux (tels ci-dessus) trahissant la production de particules de matière noire et confirmer ou infirmer des modèles théoriques postulant l'existence de photons sombres.

de matière noire doit être moins fréquent que l'échange de photons pour la matière ordinaire. L'une des raisons est la suivante. Au sein de la matière ordinaire, l'émission de photons permet aux particules d'échanger de l'énergie. Cela a une conséquence importante sur la formation des galaxies. Les nuages de gaz au sein d'une galaxie en formation rayonnent de l'énergie, ce qui a pour effet d'agréger la matière au sein des nuages. La conservation du moment cinétique (qui mesure une rotation) empêche la matière de se contracter jusqu'à un certain point, et la structure forme un disque. Si les particules de matière noire émettaient des photons sombres comme la matière ordinaire échange des photons, on aurait aussi des disques de matière noire. Or pour expliquer la forme des galaxies, la matière noire devrait être plutôt distribuée sous la forme d'un nuage sphérique, le « halo ».

Avec des échanges de photons noirs limités, la perte d'énergie du halo de matière noire serait minime. On peut cependant imaginer des modèles où une petite fraction de la matière noire échange des photons noirs en grande quantité, tandis que la majeure partie se comporterait plutôt comme de simples wimps. Les théoriciens, dont l'un de nous (Bogdan Dobrescu), étudient ces différentes possibilités en prenant en compte les limites imposées par les expériences actuelles. L'un des scénarios les plus simples implique deux

sortes de particules de matière noire et offre un aperçu de la physique qui pourrait être à l'œuvre dans ce domaine.

Imaginez un univers où il existe une particule avec une charge sombre positive et son homologue de charge négative. Dans ce modèle, il y aurait une forme d'électromagnétisme sombre, conduisant les particules de matière noire à émettre et absorber des photons sombres. Et de la même façon qu'une particule de matière ordinaire et son homologue d'antimatière, de charge opposée, s'annihilent en libérant des photons, deux particules de matière noire de charges sombres opposées s'annihileraient en photons sombres.

Le côté obscur des photons

Comme nous l'avons vu, ces échanges de photons sombres influeraient sur la forme des galaxies. Les physiciens utilisent ces contraintes pour estimer l'intensité de l'interaction électromagnétique sombre et la fréquence à laquelle se produit l'annihilation de la matière noire. Cette interaction ne doit pas être trop forte pour maintenir un halo sphérique autour des galaxies. En 2009, Lotty Ackerman, Matthew Buckley, Sean Carroll et Marc Kamionkowski, tous alors à l'Institut de technologie de Californie, ont montré que cette contrainte implique que la charge liée à l'interaction

sombre doit être très petite, environ 1 % de la valeur de la charge électrique.

Jusqu'à présent, nous avons décrit une version de la matière noire comportant simplement une particule sombre chargée et son homologue de charge opposée, qui échangent des photons sombres. Ce scénario reste simple comparé à la complexité de la matière ordinaire. À quoi ressemblerait un univers de matière noire avec plus de particules dotées de charges sombres ?

Un exemple intéressant a été proposé en 2013 à l'université Harvard par Jiji Fan, Andrey Katz, Lisa Randall et Matthew Reece. Ces chercheurs ont développé un scénario de « matière noire interagissant partiellement ». Ils ont supposé que l'essentiel de la matière noire était constitué de wimps, et qu'une petite composante comprenait deux types de particules, les unes lourdes et les autres légères. En outre, à l'instar des protons et des électrons, ces particules porteraient une charge sombre et échangeraient des photons sombres.

Il faut se garder de surinterpréter la correspondance, mais la situation proposée revient, à peu de chose près, à postuler un proton et un électron sombres, ainsi qu'un photon sombre pour porter l'électromagnétisme sombre qui les lie. Il n'est pas exclu que ces particules sombres se combinent pour créer des atomes sombres ou même des molécules sombres, avec toute une chimie associée.

Les auteurs de ce modèle ont calculé une limite supérieure à la fraction de matière noire qui pourrait interagir avec les photons sombres, au regard des contraintes imposées par les observations astronomiques. Ils ont déterminé que cette part de la matière noire aurait une masse globale comparable à celle de toute la matière visible. Dans ce modèle, la Galaxie aurait trois composantes : un grand nuage sphérique de particules de type wimps, qui représente 70 % de toute la matière, et deux disques aplatis, contenant chacun 15 % de la matière, l'un en matière ordinaire (la Voie lactée que nous voyons, par exemple), l'autre en matière noire interagissant fortement avec elle-même. Les deux disques seraient alignés ou à peine inclinés l'un par rapport à l'autre. Ainsi, une « galaxie » de matière noire coexisterait dans le même espace que la Voie lactée. Cependant, dans cette galaxie sombre, la matière noire ne formerait ni étoiles sombres ni grosses planètes sombres. En effet, de tels objets massifs seraient aisément détectés