

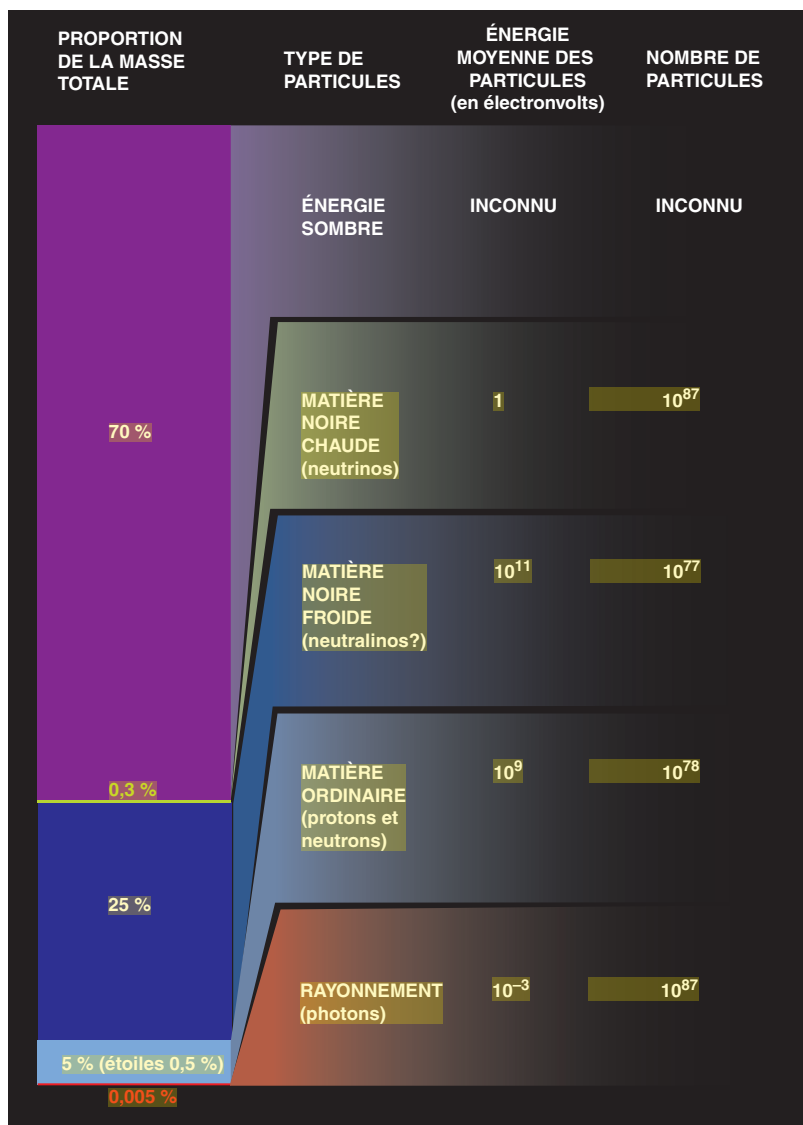
pour cela de « matière noire chaude ». Or, si l'essentiel de la matière noire avait été chaud, il aurait dispersé les grumeaux du plasma primordial qui ont, depuis, formé les galaxies et les amas de galaxies. Il faut donc que la majeure partie de la matière noire soit « froide » (c'est-à-dire que la vitesse moyenne des particules de matière noire ait été notablement inférieure à celle de la lumière aux premiers temps de l'histoire cosmique).

Ainsi, physiciens et astrophysiciens recherchent une particule non baryonique, électriquement neutre, c'est-à-dire ressemblant un peu au neutrino, mais beaucoup plus lente et massive. Leur problème est que le modèle standard de la physique des particules élémentaires ne prévoit rien de ce genre. Heureusement, certaines extensions du modèle standard, développées pour des raisons tout à fait indépendantes des besoins de l'astronomie, offrent, elles, de nombreux candidats plausibles. Parmi ces extensions, la plus étudiée étant, de loin, la supersymétrie, nous allons l'examiner de plus près.

Les physiciens des particules postulent l'existence d'une nouvelle symétrie dans la nature, la supersymétrie, qui associe à chaque particule de spin entier (ou boson) une particule de spin demi-entier (ou fermion), et réciproquement. Chaque particule connue étant ainsi dotée d'une « superpartenaire », la supersymétrie postule l'existence de particules entièrement nouvelles, ce qui la rend particulièrement attrayante pour les chasseurs de matière noire. De plus, d'après la théorie, les superpartenaires sont toutes plus lourdes que les particules connues et plusieurs rassemblent les caractéristiques que l'on attribue à la matière noire froide. Celle qui retient le plus l'attention est le neutralino, un fermion superpartenaire à la fois du photon (boson qui transmet la force électromagnétique) et du boson Z^0 (qui transmet une interaction nucléaire dite « faible »). Remarquons que le nom de neutralino est assez malheureux, car il ressemble à « neutrino », bien que ces deux particules n'aient aucun lien de parenté (même si elles partagent superficiellement quelques propriétés). Le neutralino est plus lourd que toutes les particules connues, mais c'est la plus légère des particules supersymétriques. Pour cette raison, le neutralino est nécessairement stable : une superparticule instable se désintègre en deux superparticules plus légères, ce qui est impossible pour le neutralino. Outre sa masse importante et sa charge électrique nulle, cette stabilité est une raison supplémentaire pour en faire la cible privilégiée des chasseurs de matière noire.

Dans le cadre du modèle du Big Bang, on sait estimer le nombre de neutralinos qui ont été créés à l'intérieur du plasma primordial, au tout début de l'histoire cosmique. Ce plasma était une soupe brûlante constituée de tous les types de particules. Aucune particule n'y survivait longtemps : elle entraînait en collision avec une autre particule et produisait de nouvelles entités, elles-mêmes vouées à de très brèves existences. Ainsi, par exemple, la collision de deux photons pouvait produire un électron et un positon, qui, chacun, n'allaient pas tarder à rencontrer dans la foule leur antiparticule, restituant alors leur énergie de masse sous la forme de photons semblables à ceux qui leur avaient donné naissance. À un instant donné, ces destructions et ces créations s'équilibraient et le nombre moyen de particules de chaque espèce était fixé. Toutefois, tandis que le plasma se diluait et se refroidissait, la probabilité des

collisions et leur énergie diminuaient. Ainsi, par exemple, il vint un moment où l'énergie moyenne des photons n'était plus suffisante pour produire des paires électrons-positons : les créations ne compensaient plus les destructions et ces paires se sont annihilées mutuellement. Les électrons que nous connaissons aujourd'hui sont les rares survivants de l'hécatombe qui a suivi ce « découplage » des électrons vis-à-vis du plasma primordial. Les neutralinos étant beaucoup plus massifs que les électrons et leur probabilité d'interaction avec d'autres particules étant beaucoup plus faible,



2. COMPOSITION DE LA MASSE totale de l'Univers, telle qu'elle apparaît aujourd'hui aux astrophysiciens. Les étoiles et la matière visible ne constituent que 0,5 pour cent du total. Le nombre de baryons (les protons et les neutrons) de l'Univers peut être déduit des abondances relatives des éléments légers (deutérium, hélium, lithium) synthétisés au cours des premières minutes de l'histoire cosmique : ces calculs montrent que la matière ordinaire (baryonique) ne représente que cinq pour cent de la masse totale du cosmos. Quant aux neutrinos (en vert), leur faible masse limite leur contribution à quelques dixièmes de pourcent. On en déduit qu'il existe d'énormes quantités de matière noire (dite froide), ce qui est confirmé par les modèles de formation des galaxies. Récemment, les astrophysiciens ont découvert que l'expansion universelle accélère, et que la géométrie de l'espace est quasi euclidienne : ils en déduisent une densité de masse-énergie telle qu'elle nécessite, en plus de la matière noire, la présence de 70 pour cent d'une substance encore plus mystérieuse, l'énergie sombre.