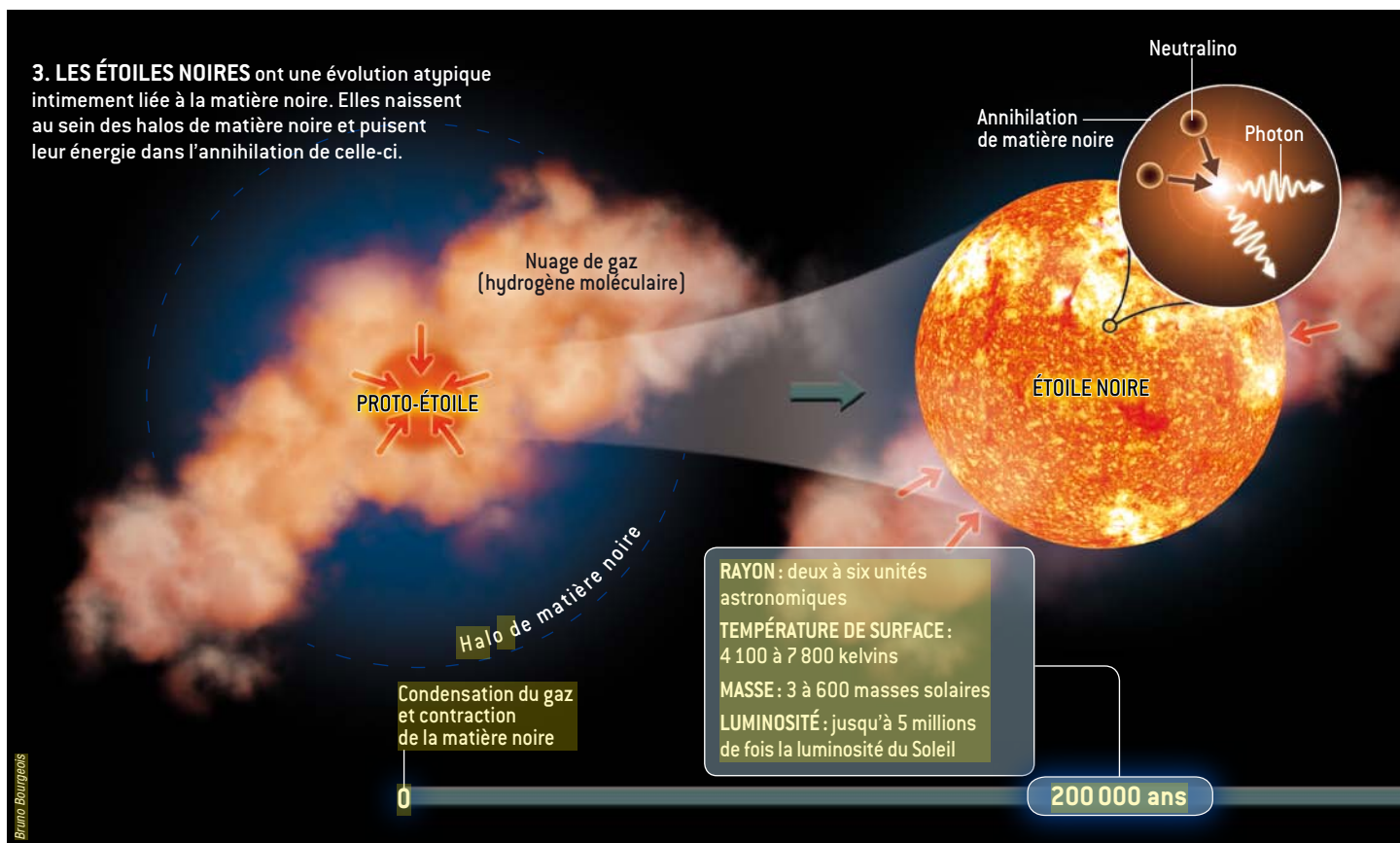


3. LES ÉTOILES NOIRES ont une évolution atypique intimement liée à la matière noire. Elles naissent au sein des halos de matière noire et puisent leur énergie dans l'annihilation de celle-ci.



Pauli en 1930 pour assurer la conservation de l'énergie dans la radioactivité bêta. Leur existence a été confirmée en 1956. Dans les années 1960, l'Américain Raymond Davis a mesuré le flux de neutrinos provenant du Soleil. Le résultat était trois fois inférieur à celui prévu par John Bahcall, théoricien à Princeton. Ce dernier avait calculé le flux de neutrinos solaires à partir de l'analyse des réactions thermonucléaires qui produisent des neutrinos au sein de l'étoile.

B. Press et D. Spergel ont expliqué le déficit observé par Davis en invoquant les neutralinos, qui emportent une partie de l'énergie du cœur de l'étoile. Ce processus diminue la température du cœur, réduit le nombre de réactions thermonucléaires et, par conséquent, le flux de neutrinos. Cependant, ce modèle se heurtait à une autre contrainte soulignée par l'un de nous (K. Freese) : comme les neutralinos s'annihilent entre eux, ils ne réduiraient pas assez le flux de neutrinos.

L'hypothèse des neutralinos pour résoudre le problème des neutrinos solaires est aujourd'hui obsolète. On sait désormais que les neutrinos, qui existent sous trois types, peuvent passer d'un type à l'autre, phénomène nommé oscillation. Le résultat

de Davis s'explique par la transmutation partielle des neutrinos de type électronique en une autre espèce de neutrinos au cours de leur voyage du Soleil à la Terre.

Néanmoins, l'idée que la matière noire pouvait altérer les scénarios standards d'évolution stellaire a inspiré de nombreux travaux. En 1989, l'un de nous (P. Salati) et Joseph Silk, de l'Université de Berkeley, ont établi que certaines étoiles immergées dans une région où la matière noire est dense – par exemple au centre des galaxies – produiraient tellement d'énergie qu'elles gonfleraient et deviendraient des géantes rouges.

Cependant, toutes ces analyses reposaient sur des probabilités relativement élevées de collision entre un neutralino et un noyau au cœur de l'étoile. Or, aujourd'hui, les expériences dites de détection directe, qui cherchent précisément ce type de collisions sur Terre, excluent les valeurs de probabilités d'interaction nécessaires. Autrement dit, les effets stellaires des neutralinos semblaient si négligeables que le sujet est tombé en désuétude pendant une vingtaine d'années. Toutefois, deux d'entre nous (K. Freese et P. Gondolo) et Douglas Spolyar, de l'Université de Santa Cruz, le réexaminèrent en 2007 sous un jour nouveau.

L'idée était d'étudier des régions susceptibles d'héberger des étoiles et où la densité de matière noire est forte. La piste que nous avons explorée a été de regarder dans le passé, lorsque la densité de l'Univers, donc la concentration de matières baryonique et noire, était plus élevée qu'aujourd'hui.

Des germes pour les premières étoiles

À la fin de l'âge sombre, la densité moyenne de la matière noire était 8 000 fois plus élevée. Les premières structures formées par la matière noire étaient des halos 200 fois plus denses encore, ayant une masse d'un million de fois celle du Soleil et un rayon de l'ordre de 300 années-lumière. Un tel halo offrit un site privilégié pour la formation des premières étoiles, le gaz de matière baryonique environnant y étant fortement attiré.

Les calculs hydrodynamiques effectués en 2001 par Tom Abel, au Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian aux États-Unis, et ses collègues, montrèrent qu'au centre d'un tel nuage de gaz froid, un cœur d'une centaine de masses solaires a commencé à se condenser, entraînant dans sa chute une partie du reste du nuage. La remarque