

Nouvelle lumière sur l'âge sombre de l'Univers

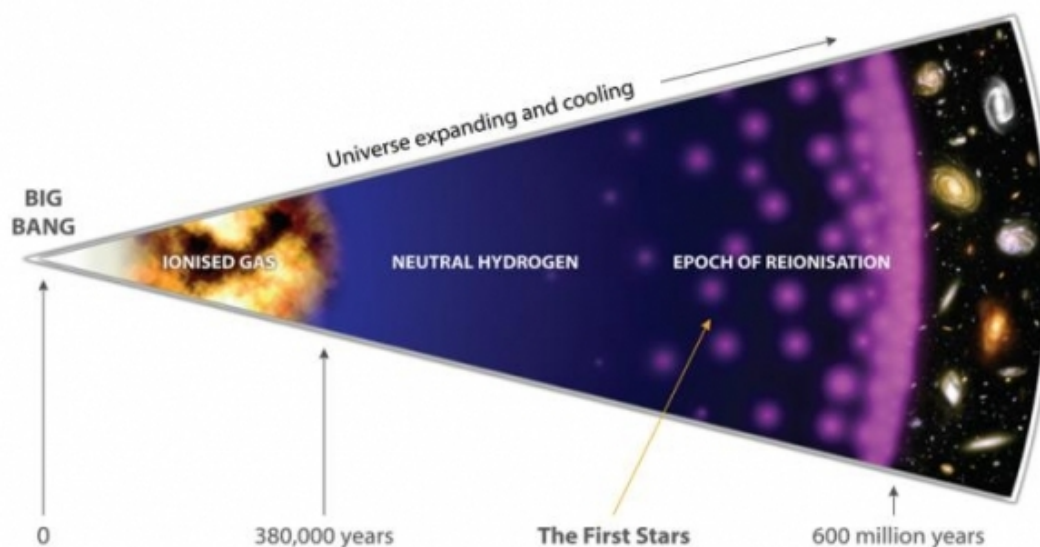


Date de mise en ligne : mercredi 3 juin 2015

**Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique**

Une équipe internationale menée par un chercheur du CNRS au laboratoire Galaxies, étoiles, physique, instrumentation (GEPI - CNRS/Observatoire de Paris/Université Paris Diderot), a découvert trois étoiles qui apportent un nouveau regard sur l'époque des premières étoiles appelée âge sombre. L'étude, publiée dans la revue *Astronomy and Astrophysics* du 26 mai 2015, s'appuie sur la découverte de trois étoiles anciennes de compositions et de tailles singulières qui montrent la nécessité de développer de nouveaux modèles théoriques de la formation de ces étoiles des premiers temps.

Lors de l'âge sombre, l'Univers était rempli d'hydrogène neutre et les étoiles n'étaient pas encore formées. Dans ce cadre, aussitôt que les étoiles ont commencé à se former elles ont « ré-ionisé » l'hydrogène, et les photons ont alors pu se propager pour éventuellement parvenir jusqu'à nous... Aujourd'hui nous pouvons observer la faible lueur de cette première génération d'étoiles.



Après 380 000 ans, le gaz ionisé produit par le big bang se refroidit et devient neutre, c'est le commencement de l'âge sombre. Les premières étoiles massives se forment et la lumière qu'elles produisent va peu à peu ré-ioniser l'univers. © Amanda Smith.

Les toutes premières étoiles de l'Univers sont massives et d'évolution rapide. Elles forment progressivement de - très - petites quantités d'éléments lourds (comme le carbone, le fer...) qu'elles répandent dans la matière interstellaire dans leur explosion finale. Les seules étoiles qui peuvent encore témoigner de l'âge sombre sont les étoiles de faible masse - plus faible que celle du Soleil : elles ont une évolution très lente, une durée de vie très longue et elles subsistent de nos jours. Leur matière primitive contient peu d'éléments lourds car ceux-ci se formaient à peine dans l'univers. Or la théorie prédit qu'il est difficile de former des étoiles de petites masses à partir de matière contenant

peu de métaux car ils sont nécessaires pour assurer le refroidissement de la matière qui se condense en étoile.

Les trois étoiles nouvellement découvertes datent de l'âge sombre (il y a 13 milliard d'année) et sont des étoiles de faible masse qui comportent cent mille fois moins de fer que le Soleil, contredisant les prédictions théoriques. Cela démontre que le mécanisme de formation des premières générations d'étoiles doit nécessairement pouvoir conduire aussi à la formation d'étoile de faible masse telles que le Soleil voire moins (tout en contenant peu d'éléments lourds).

L'étude des abondances relatives des éléments composant ces étoiles révèle qu'elles ont une importante abondance de carbone en comparaison à celle d'éléments plus lourds tels que le fer. Cela signifie que ces étoiles anciennes appartiennent à une classe particulière d'étoiles dont un premier « prototype » avait déjà été identifié en 1998 [1]. Or la présence d'une fraction importante de carbone pourrait être un ingrédient essentiel à la formation des étoiles de faible masse grâce à la grande efficacité du carbone sous toutes ses formes à refroidir le nuage primordial lorsqu'il se contracte.

Cependant, dans un autre étude, le même groupe a découvert l'étoile SDSS J102915+172927 [2] qui est particulièrement exceptionnelle car elle contient certes autant de fer que les 3 étoiles de la présente étude. Plus précisément elle ne présente pas de surabondance de carbone par rapport au fer.

Or si le carbone contribue fortement au refroidissement, celui-ci n'est pas, classiquement, suffisant pour permettre la formation d'étoiles de masse inférieure à 10 masses solaires. Pour franchir ce seuil et parvenir à la formation d'étoiles de la taille de celles observées ici, il faut un mécanisme de refroidissement supplémentaire plus important tel que le refroidissement par les poussières. C'est le seul processus qui peut amener le gaz du nuage primordial dans le bon régime de masses.

L'étude des éléments au sein de ces étoiles suggère donc un nouveau scénario de la formation des premières étoiles. Il faut également expliquer le taux de carbone particulièrement élevé observé dans une des étoiles. Les étoiles ne se forment pas isolément, mais en groupe, au sein de petits halos de matière sombre. Les étoiles massives en fin de vie, expulsent la matière qu'elles ont formée, mais une partie, notamment les éléments légers comme le carbone et l'oxygène retombe vers l'étoile. Certaines supernovae, de faible énergie d'explosion, n'expulsent que les couches plus externes, notamment celles qui contiennent les éléments légers comme le carbone et l'oxygène. Cela qui permet d'expliquer l'enrichissement particulier en carbone des étoiles formées ultérieurement à partir de cette matière expulsée.

Si ce scénario apporte un nouveau regard sur la formation des premières générations d'étoiles, avec ces observations les astronomes font aussi face à une nouvelle question car dans l'atmosphère de ces étoiles on pourrait s'attendre à observer du lithium, puisque celui-ci a été produit en même temps que l'hélium au moment du big bang. Pourtant aucune trace de lithium n'a été observée dans ces étoiles. Un mystère de plus qui fait de ces étoiles des premiers âges des objets d'autant plus fascinants à étudier.

Source

- TOPoS : II. On the bimodality of carbon abundance in CEMP stars - Implications on the early chemical evolution of galaxies, P. Bonifacio et al., *Astronomy and Astrophysics*, juin 2015.

[1] A carbon-rich extremely-metal-poor star, P. Bonifacio, P. Molaro, T.C. Beers, G. Vladilo, *Astronomy and Astrophysics*, v.332, p.672-680 (1998)
: CS 22957-027.

[2] An extremely primitive star in the Galactic halo, E. Caffau, P. Bonifacio, P. François, et al., *Nature*, Volume 477, Issue 7362, pp. 67-69 (2011)