

Modèles stellaires :

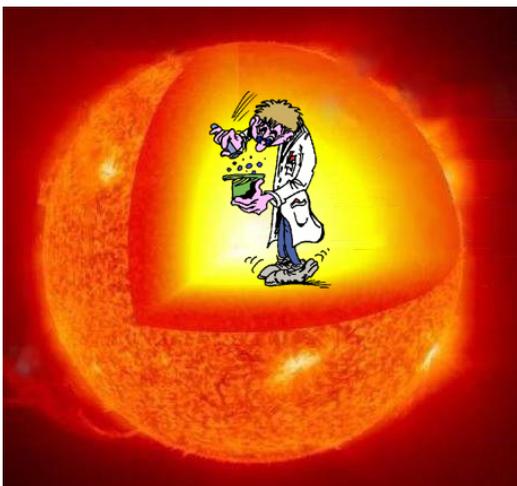
des laboratoires de physique extrême

Les étoiles que nous observons ne nous donnent accès qu'à leurs caractéristiques de surface. Pour comprendre la physique qui les gouverne, les modèles stellaires sont indispensables : ce sont les résultats de simulations numériques qui permettent de faire un lien entre les observables accessibles et la physique sous-jacente. Au fil des développements numériques, l'inclusion de mécanismes comme la perte de masse et les processus de transport des espèces chimiques ou du moment cinétique ont largement amélioré l'adéquation entre les phénomènes observés et les modèles, qui dorénavant reproduisent de manière satisfaisante les étoiles réelles.

Une fois les modèles stellaires ainsi validés, une approche prospective consiste à les utiliser comme des laboratoires de physique extrême. En incluant des hypothèses plus ou moins exotiques dans les modèles stellaires, on peut prédire les caractéristiques des étoiles soumises à ces conditions et tester la validité des hypothèses, voire éventuellement contraindre le domaine des paramètres possibles. C'est la démarche qui a été entreprise par les chercheurs du groupe d'évolution stellaire de l'Observatoire de l'Université de Genève dans deux études exploratoires distinctes.

La première étude a consisté tout d'abord à introduire les effets de l'annihilation de particules de matière noire au coeur des étoiles primordiales afin d'étudier les effets de l'adjonction d'une nouvelle source d'énergie de ce type sur l'évolution normale de ces étoiles. Les candidats matière noire étudiés sont les WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) avec une section efficace de collision de $1e-38$ cm². Si la densité de WIMPs dépasse $5,3e10$ GeV/cm³, les étoiles pourraient voir leur évolution "gelée", ce qui permettrait d'en observer encore aujourd'hui, alors que la théorie voudrait que ces étoiles très massives aient disparu depuis longtemps. Dans un deuxième temps, la même physique a été appliquée au cas du Soleil, afin d'étudier la modification du flux de neutrinos attendu lorsqu'on tient compte du transport d'énergie dû aux WIMPs. La densité de WIMPs adoptée dans ce cas est celle attendue à la localisation du Soleil dans la Galaxie, soit $0,38$ GeV/cm³. Seuls les modèles de matière noire dits asymétriques, et présentant de très faibles taux d'annihilations, pourraient avoir un impact détectable sur la production des neutrinos solaires.

La deuxième étude s'est intéressée à l'éventuelle variation de la constante de structure fine, cette constante qui détermine la force de l'interaction électromagnétique et joue ainsi un rôle, entre autre, dans la fabrication des éléments chimiques. L'étude a consisté à tester les valeurs possibles d'une telle variation grâce à l'impact qu'elle aurait sur la nucléosynthèse dans des modèles d'étoiles primordiales, soit à une époque où l'Univers n'était âgé que de quelques centaines de millions d'années. Selon la variation adoptée, la synthèse de l'oxygène pourrait être totalement inhibée, et une variation relative de plus de $1e-5$ a été exclue par les modèles.



Références :

M. Taoso, G. Bertone, **Georges Meynet** & **Sylvia Ekström** (2010) Physical Review D, vol.78, Issue 12, id. 123510

M. Taoso, F. Iocco, **Georges Meynet**, G. Bertone & **Patrick Eggenberger** (2010) Physical Review D, vol.82, Issue 8, id. 083509

Sylvia Ekström, A. Coc, P. Descouvemont, **Georges Meynet**, K. Olive, J.-Ph. Uzan & E. Vangioni (2010) Astronomy & Astrophysics 514, A62