



Le Soleil observé à la longueur d'onde de 304 angströms par l'instrument *Extreme ultraviolet Imaging Telescope* embarqué sur le satellite SOHO. L'émission dans cette région du spectre montre la partie supérieure de la chromosphère, d'une température de l'ordre de 60 000 kelvins, et des protubérances dont certaines peuvent atteindre comme ici des altitudes se chiffrant en centaines de milliers de kilomètres.

SOHO (ESA/NASA)

## I. COMPRENDRE L'ASTRE SOLEIL

Même si nous savons à présent que la Soleil n'est pas le centre de l'Univers, mais une étoile fort banale, nous voulons comprendre comment il est né, comment il fonctionne. N'est-ce pas lui qui a permis la formation de la Terre et l'éclosion de la vie ? Ne sommes-nous pas des enfants du Soleil ?

Or notre compréhension de l'astre a fait d'énormes progrès ces dernières années.

La principale raison ? L'émergence d'une méthode extrêmement puissante, l'héliosismologie. Cette technique, décrite ici par Sébastien Couvidat et Rafael García, consiste à sonder l'intérieur du Soleil au moyen des ondes acoustiques observées à la surface, et d'obtenir ainsi les profils de la vitesse du son, de la densité et même de la rotation, en fonction de la profondeur. Depuis huit ans, trois instruments placés sur le satellite SOHO, dont un construit en collaboration avec le CEA, traquent le Soleil en permanence, épaulés par des réseaux au sol, eux aussi fruits de vastes collaborations internationales. À l'aide de ce diagnostic, nous sommes passés de la spéculation – certes guidée par l'intuition physique – à la construction de modèles bien plus fiables, ainsi que le démontre Sylvaine Turck-Chièze. Ces modèles sismiques ont atteint une telle précision qu'ils laissaient une seule explication pour le déficit de neutrinos solaires constaté au niveau de la Terre, à savoir que le neutrino recelait une propriété non prévue par la théorie standard. Michel Cribier explique comment cette propriété a été découverte, mettant un terme à un long débat entre astrophysiciens et physiciens des particules : contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, le neutrino possède une masse, et il oscille entre deux états, dont un seul est détecté par nos instruments. En tenant compte de cet effet, le flux de neutrinos mesuré est en excellent accord avec les modèles solaires sismiques les plus récents. La modélisation du Soleil vient de franchir un autre pas important, grâce à la puissance de calcul toujours croissante des super-ordinateurs : en devenant tridimensionnelle, et en atteignant une résolution suffisamment élevée, elle permet maintenant de décrire les mouvements turbulents qui se produisent dans la zone convective. Les simulations numériques présentées par Allan Sacha Brun font enfin comprendre pourquoi le Soleil tourne plus rapidement à l'équateur qu'aux pôles. Et laissent espérer une prochaine élucidation du mécanisme dynamo à l'origine du champ magnétique solaire, responsable des multiples facettes de son activité.

Nul ne s'étonnera de voir des équipes du CEA fortement impliquées dans la recherche solaire et contribuer activement à lui donner une impulsion nouvelle. Car comment le CEA, dont une priorité est la maîtrise de la fusion, pourrait-il se désintéresser de ce "réacteur thermonucléaire à confinement gravitationnel", pour reprendre la belle formule utilisée par Michel Cassé ?

> **Jean-Paul Zahn**  
Observatoire de Paris