



Héliosismologie

Héliosismologie L'héliosismologie est une jeune discipline de l'astrophysique qui a pris naissance à partir d'une découverte concernant le Soleil en 1960. Toute son importance n'a été comprise qu'à partir des années 1970, quand des astrophysiciens tentant de percer les secrets de notre étoile ont montré qu'ils pouvaient jouer à un jeu comparable à ceux de leurs collègues géophysiciens sur Terre, avec la résolution de problèmes inverses avec les mesures du champ de gravité, du champ magnétique mais précisément dans ce cas avec des ondes sismiques. L'idée commune est simple à comprendre. Elle équivaut à reconstituer la taille, la forme et la composition d'un instrument de musique en analysant de plus en plus précisément, et complètement, l'ensemble des fréquences et amplitudes contenues dans les sons que cet instrument peut émettre. Comme tout problème inverse, il s'agit de remonter des données de signaux à leur source et donc de faire l'inverse de la prédiction de signaux à partir des caractéristiques de cette source. La technique est particulièrement efficace avec les séismes qui se produisent sur Terre et est évidemment plus délicate à mettre en oeuvre dans le cas du Soleil. Jean-Pierre Luminet nous parle de l'héliosismologie. © Jean-Pierre Luminet, YouTube Il est pourtant possible de le faire et il faut pour cela mesurer des décalages spectraux produits par l'effet Doppler provenant de la matière à la surface du Soleil, qui vibre comme la membrane d'un tambour. C'est en 1960 que des pulsations extrêmement faibles du Soleil d'une période de cinq minutes ont été mises en évidence de cette façon pour la

première fois par Robert B. Leighton (dont le nom est associé au fameux cours de son collègue Richard Feynman au Caltech). Plus généralement, les vibrations que l'on peut détecter sont la manifestation des modes de deux types d'ondes, qui sont elles-mêmes produites, notamment, par les mouvements turbulents du plasma solaire dans sa zone convective, comme ont commencé à le comprendre une décennie plus tard Roger Ulrich, Robert Stein et John Leibacher. Pour mieux le comprendre, il faut savoir que le Soleil possède une structure que l'on peut diviser en deux et qui correspond à deux modes de transfert de la chaleur dans la fournaise solaire. Il y a : - une zone dite « radiative », qui occupe environ 70 % du rayon du Soleil depuis son centre ; - une zone dite « convective », qui enveloppe la première. Les ondes de gravité (à ne pas confondre avec les ondes gravitationnelles qui sont des vibrations de l'espace-temps) se propagent essentiellement dans la zone radiative alors que les ondes acoustiques se propagent dans les deux zones du Soleil. Les ondes de gravité, clé de la structure interne du Soleil. Comme leur nom l'indique, les ondes de gravité correspondent à des mouvements de la matière qui oscille en reprenant sa position d'équilibre sous l'effet de la force de gravité (via la poussée d'Archimède), alors que pour les ondes acoustiques, la force de rappel est la pression. Les ondes acoustiques sont de mieux en mieux mesurées et étudiées depuis quelques décennies, mais les progrès sont plus lents en ce qui concerne les ondes de gravité. Ce schéma montre les différentes couches de l'atmosphère et de l'intérieur du Soleil. Les ondes acoustiques (p-modes, en anglais sur le schéma) peuvent se propager dans tout le Soleil mais elles prennent naissance, et se trouvent surtout, dans la zone convective (Convection zone) et ses mouvements turbulents. Les ondes de gravité (g-modes) sont confinées pour l'essentiel dans la zone radiative (Radiative zone) et le coeur du Soleil (Core). Les ondes de gravité ont été fermement observées et mesurées indirectement par l'effet de modulation qu'elles produisent sur le temps de parcours mis par les ondes acoustiques pour effectuer l'aller-retour le long du diamètre solaire en passant par son centre (environ 4 h 7 mn). © CEA Les résultats obtenus ont toutefois été spectaculaires. En effet, en posant de sérieuses contraintes sur les modèles de structure interne du Soleil (en particulier ceux expliquant la genèse de son énergie grâce à des réactions thermonucléaires dans son coeur), il a été possible de les confirmer. Ce faisant, on ne pouvait plus expliquer la fameuse énigme du déficit des neutrinos solaires par une mauvaise compréhension de ce qui se passait dans ce coeur. Le recours à une nouvelle physique, en l'occurrence le mécanisme d'oscillation des neutrinos, devenait inévitable et les programmes de recherche qui allaient conduire à la découverte de ce mécanisme devenaient de plus en plus impératifs. Le Soleil était donc bien plus qu'un laboratoire de physique nucléaire et des plasmas, mais aussi un laboratoire d'astroparticules. En France, l'un des célèbres pionniers de l'héliosismologie est Éric Fossat, astronome émérite au Laboratoire Lagrange, de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA). L'héliosismologie a beaucoup progressé grâce aux d'observations patientes du Soleil rendues possible par l'instrument Golf (Global Oscillations at Low Frequencies) équipant le satellite Soho (Solar and Heliospheric Observatory), une mission spatiale conjointe de l'ESA et de la Nasa lancée sur orbite en 1995. Les méthodes de l'héliosismologie ont pu être étendues aux étoiles faisant naître ce que l'on appelle désormais l'astérosismologie Source web : futura sciences Plaquette de l'AMDGJB-Geoparc Jbel Bani