



www.cnrs.fr

université  
**PARIS**  
DIDEROT  
PARIS 7



---

COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 26 AOUT 2014

**Attention ! Sous embargo jusqu'au 27/08/2014, à 19H (heure française)**

---

## Les neutrinos témoins directs de la production d'énergie au cœur du Soleil

Pour la première fois dans l'histoire de notre étoile, il a été possible de mesurer directement l'énergie solaire à l'instant même où elle est créée. Une expérience unique au monde, menée avec le détecteur Borexino, a permis d'observer quasiment en temps réel le flux de neutrinos de basse énergie émis par le Soleil et de montrer que l'activité solaire n'a pratiquement pas changé depuis plus de cent mille ans. Ces résultats obtenus par la collaboration Borexino<sup>1</sup>, à laquelle participe le laboratoire Astroparticule et cosmologie (CNRS/CEA/Université Paris Diderot/Observatoire de Paris), sont publiés le 28 août 2014 dans la revue *Nature*.

L'énergie du Soleil provient, pour plus de 99%, de la fusion de noyaux d'hydrogène (des protons) au cœur de l'étoile. Cette réaction primordiale transforme deux protons en un noyau de deutérium en émettant un positron et un neutrino de basse énergie appelé neutrino pp. Le détecteur Borexino, installé dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso, en Italie, a réussi la première mesure directe du flux de ces neutrinos pp.

Une fois produits, les neutrinos franchissent en quelques secondes le plasma solaire et arrivent sur Terre huit minutes plus tard. Au contraire, l'énergie produite par la réaction en même temps que les neutrinos est transportée sous forme de photons et va mettre une ou deux centaines de milliers d'années à traverser la matière dense du Soleil, avant de gagner notre planète. Les neutrinos observés au cours de cette étude sont donc les témoins directs de ce qui se passe au cœur de l'étoile aujourd'hui, alors que l'énergie solaire qui nous réchauffe a été produite il y a longtemps.

L'expérience a permis de mesurer un flux de neutrinos de  $6,6 \times 10^{10}$  neutrinos par  $\text{cm}^2$  par seconde. Cela équivaut à une puissance du Soleil de  $3,98 \times 10^{26}$  watts, une valeur équivalente aux chiffres obtenus lorsqu'on mesure l'énergie solaire à partir des radiations qui illuminent et chauffent la Terre ( $3,84 \times 10^{26}$  watts). La confrontation de ces deux mesures montre que le Soleil est en complet équilibre thermodynamique : son activité n'a pratiquement pas changé depuis plus de cent mille ans. Ces résultats confortent les connaissances actuelles sur la dynamique du soleil et confirment que notre étoile continuera à fonctionner de manière analogue pendant cent mille ans au moins.

---

*(1) L'expérience Borexino est le fruit d'une collaboration entre plusieurs pays européens (Italie, Allemagne, France, Pologne), les Etats-Unis et la Russie, qui regroupe plus de 100 physiciens, ingénieurs et techniciens. En France, les chercheurs du laboratoire Astroparticule et cosmologie (CNRS/CEA/Université Paris Diderot/Observatoire de Paris) ont rejoint la collaboration en 2000. Ils ont reçu le soutien de l'IN2P3, de l'Université Paris Diderot, du labex UnivEarthS et du laboratoire APC.*



www.cnrs.fr

université  
**PARIS**  
PARIS 7  
**DIDEROT**



Cette nouvelle mesure permet à l'expérience Borexino de compléter la spectroscopie des neutrinos solaires et de réaliser une performance unique. Ce détecteur est en effet le seul au monde à avoir mesuré le flux des neutrinos pp, les plus nombreux, mais les plus difficiles à détecter. De façon générale, les neutrinos, qui n'interagissent que par interaction faible, ne s'observent pas facilement et, pour la mesure effectuée cette fois-ci, la difficulté supplémentaire est due à l'énergie extrêmement faible des neutrinos pp. Le détecteur Borexino est particulièrement performant pour éliminer les bruits de fond qui perturbent les mesures à basse énergie. Il est abrité sous 1400 mètres de roches qui absorbent les rayons cosmiques et la haute technologie développée par l'expérience permet de supprimer les traces de radioactivité à un niveau encore jamais atteint (dix milliards de fois moins de radioactivité que dans un verre d'eau). Ce sont ces caractéristiques uniques qui ont permis cette première mondiale.



**Le détecteur Borexino**

© A. Brigatti, INFN



www.cnrs.fr

université  
**PARIS**  
PARIS 7  
**DIDEROT**



---

## Bibliographie

---

**Neutrinos from the primary proton-proton fusion process in the Sun**, Borexino Collaboration: G. Bellini, J. Benziger, D. Bick, G. Bonfini, D. Bravo, B. Caccianiga, L. Cadonati, F. Calaprice, A. Caminata, P. Cavalcante, A. Chavarria, A. Chepurinov, D. D'Angelo, S. Davini, A. Derbin, A. Empl, A. Etenko, K. Fomenko, D. Franco, F. Gabriele, C. Galbiati, S. Gazzana, C. Ghiano, M. Giammarchi, M. Göger-Neff, A. Goretti, M. Gromov, C. Hagner, E. Hungerford, Aldo Ianni, Andrea Ianni, V. Kobychhev, D. Korablev, G. Korga, D. Kryn, M. Laubenstein, B. Lehnert, T. Lewke, E. Litvinovich, F. Lombardi, P. Lombardi, L. Ludhova, G. Lukyanchenko, I. Machulin, S. Manecki, W. Maneschg, S. Marcocci, Q. Meindl, E. Meroni, M. Meyer, L. Miramonti, M. Misiaszek, M. Montuschi, P. Mosteiro, V. Muratova, L. Oberauer, M. Obolensky, F. Ortica, K. Otis, M. Pallavicini, L. Papp, L. Perasso, A. Pocar, G. Ranucci, A. Razeto, A. Re, A. Romani, N. Rossi, R. Saldanha, C. Salvo, S. Schönert, H. Simgen, M. Skorokhvatov, O. Smirnov, A. Sotnikov, S. Sukhotin, Y. Suvorov, R. Tartaglia, G. Testera, D. Vignaud, R.B. Vogelaar, F. von Feilitzsch, H. Wang, J. Winter, M. Wojcik, A. Wright, M. Wurm, O. Zaimidoroga, S. Zavatarelli, K. Zuber and G. Zuzel, *Nature*, 28 août 2014.

---

## Contact

---

**Chercheur** | Daniel Vignaud | T 06 71 54 09 93 | [vignaud@apc.univ-paris7.fr](mailto:vignaud@apc.univ-paris7.fr)

**Chercheur CNRS** | Davide Franco | T 01 57 27 69 62 / 06 04 41 30 88 | [dfranco@in2p3.fr](mailto:dfranco@in2p3.fr)

**Presse CNRS** | Lucie Debroux | T 01 44 96 43 09 | [lucie.debroux@cnrs-dir.fr](mailto:lucie.debroux@cnrs-dir.fr)