

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 9 (1964)
Heft: 85

Artikel: Neutrino-Astronomie
Autor: Egger, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900233>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

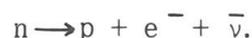
NEUTRINO – ASTRONOMIE

Le neutrino est une particule élémentaire dont l'existence, prédite il y a 30 ans par Wolfgang Pauli, fut prouvée par les physiciens américains F. Reines et C. L. Cowan à Los Alamos en 1953. Le neutrino, comme l'indique son nom, ne possède aucune charge électrique; sa masse au repos est nulle. Comme le photon, la seule autre particule élémentaire sans masse et sans charge, le neutrino n'a d'énergie qu'en vertu de son mouvement, lequel d'ailleurs s'effectue à la vitesse de la lumière; ainsi, le photon associé à la lumière visible possède une énergie de quelques électrons-volts* et le neutrino issu des réactions nucléaires à l'intérieur des étoiles est doué d'une énergie de l'ordre du million eV (MeV). Tandis que les photons – la lumière – entrent assez facilement en interaction avec la matière, trahissant ainsi leur présence, les neutrinos peuvent traverser des millions de kilomètres de matière sans être arrêtés. C'est aux photons que nous devons toutes nos connaissances sur l'univers loin de la terre: une étoile que l'oeil aperçoit tout juste n'est visible que grâce aux quelques mille photons par seconde qui impressionnent la rétine; les signaux captés par les grands radiotélescopes sont aussi des photons, mais d'énergie plus petite.

S'il était possible de compter les neutrinos, nous obtiendrions des renseignements « directs » sur les phénomènes qui se produisent au centre du soleil et des étoiles.

Le neutrino (ν) et son antiparticule l'antineutrino ($\bar{\nu}$) naissent à l'occasion de deux genres de réactions :

- a) désintégration du méson pi et formation d'un méson mu; ce processus ne nous intéresse pas ici.
- b) radioactivité β : désintégration nucléaire où sont impliquées des particules β , électrons négatifs (e^- ou positifs « positrons » (e^+). Un exemple nous en est donné par la « désintégration » d'un neutron (n , particule neutre de masse à peu près égale à celle du proton p ou noyau d'hydrogène):



* L'électron-volt (eV) est défini comme étant l'énergie acquise par une particule qui, transportant une charge électrique élémentaire, subit dans un champ électrique l'accélération correspondant à une différence de potentiel de un volt; $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Ws}$ (watt.sec ou joule).

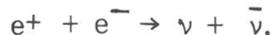
La réaction est extrêmement lente, caractéristique des processus neutrino (durée environ 10 min) créant un antineutrino de 750 000 eV d'énergie. Une grande partie de l'énergie rayonnée par notre soleil provient d'une réaction analogue :



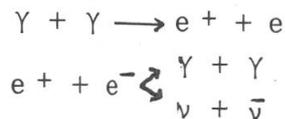
où la fusion de deux noyaux d'hydrogène donne du deutérium (d, hydrogène lourd) dont le noyau est formé d'un neutron et d'un proton, le premier produit par la réaction



L'annihilation d'une paire d'électrons de charges opposées (e^- , e^+) produit généralement un photon, mais elle peut également engendrer des neutrinos :



A l'intérieur des étoiles chaudes de telles paires d'électron-positron peuvent être créées assez fréquemment par l'annihilation du rayonnement (photons γ):



L'énergie des photons γ est tout de suite absorbée par les particules voisines et utilisée pour la formation de nouvelles paires d'électrons; elle se fraie un chemin vers la surface stellaire qu'elle atteint au bout de quelques millions d'années. Le photon initial, de très haute énergie, associé aux rayons X, s'est fractionné en photons de lumière ultraviolette et visible d'énergie beaucoup plus petite. Les neutrinos qui sont formés de temps en temps ne sont nullement gênés par la matière extrêmement dense au centre des étoiles (température centrale 20 millions de degrés, densité 100g/cm³) et quittent celles-ci par le chemin le plus court, emportant une quantité d'énergie non négligable: l'énergie-neutrino du soleil est à peu près 10% de celle rayonnée en lumière visible. La proportion d'énergie-neutrino croît rapidement avec la température et la densité centrales de l'astre. Quand une étoile, au cours de son évolution, arrive au stade de géante rouge avec une température centrale d'environ un milliard de degrés et une densité de 10⁵g/cm³, elle rayonne autant d'énergie sous forme de

neutrinos qu'en lumière. Cette perte d'énergie entraîne, dans les étoiles massives, une contraction des régions centrales, créant ainsi des conditions encore plus favorables à l'émission de neutrinos qui s'évanouissent dans les profondeurs de l'univers, sans pouvoir être détectés. On pourrait supposer que durant la dernière phase de leur évolution, les étoiles rayonnent essentiellement des neutrinos, ce qui accélérerait de plus en plus l'effondrement final et rare qui conduit à l'explosion des supernovae. A l'aide d'un « télescope-neutrino » on serait donc en mesure de trouver des « étoiles-neutrino » prédestinées à devenir des supernovae.

Mais voilà où les choses se gâtent : pour détecter des neutrinos il faut qu'il y ait interaction de ceux-ci avec de la matière. Nous avons déjà vu que la probabilité pour qu'un neutrino soit arrêté lors de son voyage à travers le soleil n'est que d'environ 1/10 000. La réaction qui semble avoir une certaine chance de permettre la détection des neutrinos est la transformation du chlore-37 en argon-37, gaz qu'on peut accumuler :



Mais les neutrinos doivent avoir une énergie d'au moins 0.8 MeV. On connaît deux réactions à l'intérieur du soleil qui produisent des neutrinos d'énergie supérieure à 0.8 MeV [$\text{B}^7 (e, \bar{\nu}) \text{Li}^7$ et $\text{B}^8 (e, \nu) \text{Be}^8$]. Il suffit de prendre un volume assez grand de tétrachlorure de carbone (CCl_4) et de l'exposer à la pluie des neutrinos venant du soleil : par atome de Cl^{37} il y aurait alors 4×10^{-35} réactions par seconde ou pour 500 m³ de CCl_4 , absolument pur on pourrait s'attendre à enregistrer environ 10 neutrinos par jour. Un résultat même médiocre de cette expérience, qui a été tentée en Californie, serait un succès, car il nous renseignerait sur la validité des théories appliquées. Une mesure du flux des neutrinos solaires, évaluée à 50% près seulement, suffirait pour déterminer à 10% près la température centrale du soleil, et ceci d'une manière directe, puisque les neutrinos nous arrivent sans avoir subi de collisions ou de transformations en route.

Il résulte de toutes ces recherches que les neutrinos peuvent être tenus pour responsables d'un certain nombre de phénomènes à l'intérieur des étoiles et qu'ils déterminent dans une large mesure l'allure de leur évolution, intervenant vraisemblablement dans les catastrophes telles que les supernovae. Il est fort probable que nous baignons, sans nous en rendre compte, dans un océan de neutrinos (les estimations vont de 1 à 10^{18} neutrinos par cm³), car la quasi-totalité des neutrinos créés par toutes les étoiles de l'univers depuis que celui-ci existe, soit depuis environ 10 milliards d'années, s'y

trouverait encore; ces neutrinos, de haute énergie à leur origine, auraient subi, comme les photons, le décalage vers le rouge et n'auraient plus qu'une énergie de quelques 10 eV, restant ainsi pour toujours impossibles à détecter.

Cet article contient en partie le résumé de la conférence faite le 24 février 1964, lors d'un colloque à l'Université de Genève, par le professeur E. SCHATZMANN, de Paris.

F. Egger

JAHRESVERSAMMLUNG DER SCHWEIZERISCHEN ASTRONOMISCHEN GESELLSCHAFT VOM 14. UND 15. MÄRZ 1964 IN BASEL

Gegen hundert Mitglieder der S.A.G. versammelten sich am Nachmittag des 14. März im Kollegiengebäude der Universität Basel, um zunächst drei Vorträge über die veränderlichen Sterne anzuhören. In seiner Begrüssung konnte der Präsident, Fritz Egger, als Gast Herr Gunnar DARSENIUS, Leiter einer Veränderlichen-Beobachtergruppe in Stockholm, neben weiteren Gästen aus Deutschland, willkommen heissen.

Paul WILD, Bern, eröffnete die Reihe der Vorträge mit einer Uebersicht über die verschiedenen Arten von veränderlichen Sternen. Man konnte dabei erfahren, dass etwa ein Viertel der 150 hellsten Sterne Lichtschwankungen zeigt, und dass der Amateur mit seinem 15 cm-Spiegel rund eine halbe Million Veränderliche bis zur 12. Grösse beobachten könnte. Viele Sterne ändern ausser ihrer Helligkeit auch noch die Periode zum Teil sprunghaft, und fast tausend Veränderliche sind bekannt, bei denen die Periode des Lichtwechsels noch nicht genau bestimmt werden konnte. (S. Orion Nr. 85, 1964, Seite 133).

Im zweiten Vortrag erläuterte Dr. Emil LEUTENEGGER, Frauenfeld, die beiden gebräuchlichsten Methoden, mit denen man Veränderliche visuell verfolgen kann. Die Stufenschätzungsmethode von Argelander