

Les neutrinos sont de bien étranges particules fondamentales. Absents des atomes, ils ne jouent aucun rôle en chimie ; ce sont les seules particules élémentaires de matière dépourvues de charge électrique ; leurs masses sont inférieures au millionième de la masse de l'électron ; pire encore, ils sont inconstants par nature, puisqu'ils passent leur temps à « osciller » entre trois « saveurs », les saveurs électronique (associée à l'électron), muonique (associée au muon, sorte d'électron lourd) et tauique (associée au tau, encore plus lourd que le muon).

L'étude des neutrinos s'effectue en divers endroits du monde à l'aide de réacteurs nucléaires, d'accélérateurs de particules et d'immenses laboratoires souterrains. Les physiciens espèrent lire dans les bizarreries des neutrinos les indices dont ils ont besoin pour progresser vers une théorie cohérente des trois interactions fondamentales auxquelles sont soumises les particules subatomiques : l'interaction électromagnétique, l'interaction faible (à l'origine de la radioactivité bêta) et l'interaction forte (responsable de la cohésion des noyaux atomiques). Dans cette quête vers ce que l'on nomme une théorie de grande unification, on en est à l'étape du modèle standard, théorie efficace mais n'intégrant pas toutes les propriétés étranges des neutrinos, et qui doit donc être étendue.

Les neutrinos sont des leptons, c'est-à-dire des particules participant aux interactions faibles, mais pas aux interactions fortes. Dans le modèle standard, les théoriciens n'ont introduit que les seuls neutrinos qui participent aux interactions faibles : les neutrinos « gauches », c'est-à-dire dont le spin (le moment cinétique intrinsèque) et la quantité de mouvement sont de sens opposés. Les neutrinos « droits », c'est-à-dire dont le spin et la quantité de mouvement sont de même sens, ne participent ni aux interactions électromagnétiques ni aux interactions faibles.

Des neutrinos droits et des neutrinos gauches

De ces constatations, il résulte que les neutrinos droits – s'ils existent – sont encore plus évanescents que les neutrinos gauches, dont l'existence est prouvée par des expériences... Pour autant, l'existence de neutrinos droits serait bienvenue, car elle fournirait peut-être une explication à l'énigme de l'extrême petitesse des masses des neutrinos gauches, qu'ils soient électroniques, muoniques ou tauiques.

Dans la vision qui sous-tend le modèle standard, les particules acquièrent leur masse en interagissant avec l'omniprésent

champ associé au boson de Higgs, particule découverte au CERN en 2012. Ce boson est la particule associée au champ de Higgs, tout comme le photon est la particule associée au champ électromagnétique. Lorsqu'une particule interagit avec le champ de Higgs, un boson de Higgs emporte sa « charge faible », une grandeur jouant dans l'interaction faible un rôle analogue à celui joué par la charge électrique dans l'interaction électromagnétique.

Puisqu'ils ne participent pas à l'interaction faible, les neutrinos droits n'ont pas de charges faibles et n'interagissent pas avec le champ de Higgs. Dès lors, leurs masses doivent résulter d'un mécanisme différent, à l'œuvre seulement aux très hautes énergies nécessaires à la grande unification des interactions. On s'attend donc à ce que la masse des neutrinos droits soit très élevée.

Selon certains physiciens, des effets quantiques entraîneraient un partage très asymétrique de la masse entre les neutrinos droits et gauches. Ils qualifient ce type de mécanisme de *seesaw*, c'est-à-dire de « balançoire à bascule », pour évoquer l'idée d'une masse importante située au bout d'un court bras de levier, qui contrebalance une petite masse placée à l'extrémité d'un long bras de levier.

CHANGER DE NATURE EN PLEIN VOL

Les neutrinos se propagent à une vitesse proche de la lumière en interagissant très peu avec la matière, tout en changeant souvent de nature. En effet, leur « saveur » bascule de l'une à l'autre [parmi trois saveurs] selon une probabilité variant de

façon périodique. Pour étrange que soit ce comportement, les propriétés des neutrinos connus des physiciens leur permettent de calculer la probabilité qu'ils aient telle ou telle saveur à telle ou telle distance de leur source.

Palette de saveurs

On connaît des neutrinos de trois saveurs différentes : électronique, muonique et tauique. Certains physiciens soupçonnent l'existence d'un quatrième type de neutrinos.

- Neutrino muonique 
- Neutrino électronique 
- Neutrino tauique 
- Quatrième type de neutrino ? 

Ci-dessous, la probabilité de métamorphose d'un neutrino muonique est tracée en fonction de la distance parcourue. Les distances d'oscillation dépendent de l'énergie du neutrino.

