

OSCILLATIONS TEMPORELLES DU NEUTRINO

Russell Bagdoo
rbagdoo@gmail.com
rbagdoo@yahoo.ca

Sommaire

Nous conjecturons l'existence de neutrinos sans masse qui sont dans la ligne du modèle standard (vitesse de la lumière c), mais qui possèdent des fonctionnalités non représentées par le modèle standard : ils utilisent un chemin radial plus court que le photon et possèdent des saveurs bosoniques. Ils seraient considérés comme des bosons au lieu de fermions. Nous appelons cette théorie « oscillations temporelles du neutrino ». Confrontée à quelques comparaisons expérimentales – neutrinos solaires, neutrinos de SN1987A, neutrinos cosmologiques –, la théorie donne de meilleurs résultats et des explications plus sensées que la théorie compliquée de l'oscillation du neutrino (transformisme). L'expérience « OPERA » qui a mesuré la vitesse des neutrinos en 2011 a abouti, après une saga « supraluminique », à des données que ne peuvent expliquer les trois types de neutrinos existants, au résultat final d'un quatrième neutrino « stérile » avec interaction non standard. La physique des neutrinos semble malade. L'oscillation temporelle du neutrino, en montrant le raccourci que prennent des neutrinos sans masse dans l'espace-temps à trois dimensions spatiales que nous connaissons, représente dans le modèle standard une fenêtre ouverte sur une « nouvelle physique » qui a un rapport avec la réalité physique.

Mots clé : neutrinos apparemment superluminiques, relativité générale, oscillations temporelles du neutrino, chemin radial (longitudinal), chemin transversal, onde longitudinale.

1 Introduction

1.1 Histoire du neutrino

En 1930, Wolfgang Pauli sauve la conservation de l'énergie en émettant l'hypothèse d'une particule invisible qui emporte l'énergie manquante de certaines désintégrations radioactives. Enrico Fermi en 1933 formule la théorie de la désintégration bêta qui incorpore la particule de Pauli, appelé le neutrino (le petit neutre). Frederick Reines et Clyde Cowen détectent les premiers le neutrino en 1956 et à Brookhaven en 1962, le premier faisceau de l'accélérateur de neutrinos prouva la distinction entre électrons-neutrinos et muons-neutrinos. En 1969, Raymond Davis, Jr., mesura le premier les neutrinos provenant du soleil, en utilisant 600 tonnes de liquide de nettoyage dans une mine de Homestake, SD. Le lepton tau et quark b sont découverts en 1975-1977, révélant une troisième génération de quarks et de leptons. Les bosons W et Z⁰ sont découverts au CERN en 1983 : ils sont porteurs de la force faible, qui intervient lors des réactions de neutrinos. Le taux de décroissance du Z⁰ a été mesuré au SLAC et au CERN en 1989, établissant qu'il y a seulement trois générations de neutrinos actifs. En 1987, l'IMB et les expériences de désintégration du proton de Kamiokande détectèrent 19 neutrinos de la supernova 1987A dans le Grand Nuage de Magellan [1].

1,2 La théorie des oscillations du neutrino

La théorie de l'oscillation des neutrinos surgit à la fin des années 1990. On trouva que les neutrinos avaient une masse de repos et une vitesse sous la vitesse de la lumière après avoir cru le contraire pendant des décennies. Depuis lors, les neutrinos se métamorphosent : ils changent d'identité entre les trois types de neutrinos connus. Comme ils se propagent presque à la vitesse de la lumière à travers l'espace, les corps célestes, ou notre corps, ils changent souvent de variété, oscillant entre trois saveurs leptoniques, l'électron, le muon et le tau. La mécanique quantique permet au neutrino d'osciller entre les saveurs que si elles ont une masse et si chaque saveur a une masse différente. Super-K en 1998 assembla les preuves de l'oscillation des neutrinos en utilisant les neutrinos atmosphériques [2].

1,3 La disparité cosmologique laisse entrevoir l'existence d'un neutrino énormément lourd ou d'un neutrino stérile très léger

Tous les neutrinos sont classifiés comme leptons, ce qui signifie qu'ils ne sentent pas la force forte et, dépourvus de charge électrique, ils ne sentent pas non plus de forces électromagnétiques. Cela laisse l'interaction faible et la force de gravité pour les trois saveurs connues. Les neutrinos doivent être gauchers pour sentir la force faible, responsable de la désintégration radioactive. Les théoriciens savent qu'ils ont une masse (une masse de repos si on se réfère à la masse dont la matière est constituée) mais ignorent combien, qu'ils s'amènent en au moins trois saveurs, mais qu'il peut y en avoir plus. Ils laissent entendre qu'un quatrième type de neutrino inédit existe. Même si les physiciens des particules préféreraient un nouveau type de neutrino énormément lourd, les théoriciens les perçoivent avec peu de masse, assez pour avoir la possibilité d'échanger des saveurs. Récemment, des expériences très sensibles ont révélé que les neutrinos ont une très petite masse non nulle de repos. Par conséquent, ils voyagent à une vitesse très proche de c mais légèrement inférieure [3].

1,4 Neutrinos avec une masse nulle

En 2007, une expérience au Fermilab dans l'Illinois sur des neutrinos créés puis dirigés à travers la Terre vers Soudan Mines au Minnesota a montré que les vitesses de neutrino étaient compatibles avec la vitesse de la lumière. Par ailleurs, les mesures des neutrinos émis par une supernova dans le Grand Nuage de Magellan en 1987 ont suggéré que leurs vitesses différaient de la lumière par moins d'une part par milliard. Cela laisse supposer l'existence de neutrinos sans masse de repos, tel qu'initialement prévu. Une fois pensé pour être sans masse et voyager à la vitesse de la lumière, les neutrinos peuvent naviguer à travers les murs et les planètes comme le vent à travers une porte grillagée. Selon l'équation d'Einstein $E = mc^2$, l'énergie totale d'une particule ou la masse-énergie comprend la masse de repos et la quantité de mouvement. Lorsqu'un noyau passe par le processus de désintégration bêta, les électrons qui sont émis ont une gamme d'énergies cinétiques. Cette variation confirme l'existence d'une particule supplémentaire dans le mélange. Si les neutrinos ont une masse de repos non nulle, alors la fin du spectre d'énergie des électrons sera légèrement déformée, et l'énergie la plus élevée de l'électron sera inférieure à l'énergie maximale possible par une très petite quantité – la petite masse du neutrino. Jusqu'à présent, les enquêteurs ont échoué à observer n'importe quelle distorsion significative à l'extrémité du spectre d'énergie. Par conséquent, nous pouvons

encore considérer que la masse-énergie d'un neutrino mouvement provient de sa quantité de mouvement [4]. Les neutrinos ont une masse nulle dans le modèle standard de Glashow-Salam-Weinberg [5, 6, 7].

Pendant les années 2009-2011, des faisceaux de neutrinos étaient tirés à répétition depuis le CERN vers un détecteur dans le tunnel du Gran Sasso en Italie, quelques 4° sud et 7° à l'est du CERN, à une distance de 730 kilomètres (km), en forme de courtes grappes de particules. Leur temps de vol (2,5 msec) a été mesuré avec une grande précision (nsec) avec des horloges césium. En 2011, l'équipe de CNGS trouvé un déficit de 61 nsec par rapport à la propagation à la vitesse de la lumière, et a annoncé une vitesse supraluminique, de l'ordre de $10^{-4.6}$. En 2012, les scientifiques italiens de l'expérience OPERA ont rapporté que les neutrinos « respectent la limite de vitesse cosmique » et qu'il y avait une erreur dans la mesure de vitesse en raison d'un câble défectueux du système de minutage à fibre optique de l'expérience [8]. Nous ne sommes pas convaincus de cette contre-expertise d'OPERA. Souvent les expérimentateurs ne veulent pas que de fâcheux résultats heurtent la fragilité des hypothèses sur lesquelles reposent certaines théories contemporaines dont les résultats sont considérés comme des vérités démontrées. De même, les théoriciens considèrent parfois comme acquies les conclusions de certains contre-essais parce qu'ils sont hors d'état de critiquer les méthodes employées et qu'ils apprécient les erreurs qui confortent leurs conceptions définitives de la science. Nous avons exposé ce point de vue dans l'article *Relativité recyclée* [9]. À cet égard, nous présentons dans la section 2 une formule *ad hoc* pour les neutrinos apparemment supraluminiques du Cern tout en respectant le principe de la vitesse limite de la lumière. Dans la section 3, nous présentons la théorie des oscillations temporelles du neutrino. Dans la section 4, nous confrontons la théorie avec les observations expérimentales. Dans la section 5, nous exposons les nouvelles saveurs. Discussion dans la section 6 : analyse de la théorie proposée des neutrinos et de la théorie actuelle. Conclusion dans la section 7.

2 Formule *ad hoc* pour les neutrinos apparemment supraluminiques du Cern

Allons-nous croire une mesure de complaisance ? Rappelons que la physique n'est pas achevée, aussi bien que ces expériences, et nous voulons explorer l'hypothèse suivante : les neutrinos détectés par Opera auraient apparemment voyagé plus rapidement que la lumière, tout en respectant l'inviolabilité de la vitesse de la lumière qui est le pivot de la relativité. Nous suggérons la formule *ad hoc* suivante pour montrer que l'apparente vitesse supraluminique du neutrino traduit un temps de trajet plus court effectué par un neutrino allant à la vitesse de la lumière

$$v_0 = c / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} = c / [1 - GM_t / (R \sin x c^2)]^{1/2}. \quad (1)$$

(GM_t / c^2 est le rayon de Schwarzschild, ou l'intervalle d'espace ds^2 ; v_0 est la vitesse supraluminique apparente du neutrino ; c est la vitesse statique de propagation ; v est la vitesse de la source ; R est la distance parcourue par le photon entre l'émetteur et le récepteur ; $R \sin x$ est la distance parcourue par le neutrino entre l'émetteur et le récepteur.)

Puisque l'on connaît la distance parcourue (730 km), le temps du trajet (2,4 millisecondes) et l'anticipation des neutrinos de 60 nanosecondes sur cette distance par rapport aux photons, on peut exprimer les 60 nsec en termes de distance sur la distance de 730 km, soit 18,25 m (730 km x 60 nsec / 2,4 msec).

Nous supposons que la vitesse supraluminique apparente du neutrino v_0 à la fin du trajet de 2,4 millisecondes est d'au moins 299792476,3 m/s ($v_0 = c + 18,25 \text{ m} = 299792476,3 \text{ m/s}$).

$299792476,3 \text{ m/s} = c / (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$; v^2 équivaut à 105 km/s au carré. En relativité générale, v^2 fait office de potentiel gravitationnel

$$299792476,3 \text{ m/s} = c / (1 - \Phi / c^2)^{1/2} = c / (1 - GM_t / Rc^2)^{1/2}$$

Bien que GM_t / c^2 soit le rayon de Schwarzschild, ou l'intervalle d'espace ds^2 , R n'est pas le rayon de la Terre mais représente un trajet de 730 km qu'accomplirait un photon s'il partait du centre terrestre. Cependant un neutrino ne suivrait pas le chemin transversal du photon mais un chemin radial qui serait $730 \sin x$ km.

$$299792476,3 \text{ m/s} = c / (1 - GM_t / 730000 \sin x c^2)^{1/2} = c / (1 - G 5,98 \times 10^{24} \text{ kg} / 730000 \sin 2,85^\circ c^2)^{1/2}$$

$x = 2,85^\circ$ indique un trajet radial. $730000 \sin 2,85^\circ$ réduit à 36,3 km le chemin parcouru radialement par le neutrino avec une vitesse qui semble supérieure à la lumière.

On peut difficilement imaginer qu'un neutrino franchisse radialement 36,3 km à travers les courbures superposées de la Terre afin d'arriver légèrement avant un photon ayant parcouru 730 km. Bien qu'elle puisse sembler bancal, la formule a le mérite de laisser la vitesse de la lumière apparemment surpassée et illustre la tendance du neutrino à suivre un chemin radial écourté plutôt qu'un chemin transversal. Elle prélude « l'oscillation temporelle du neutrino » qui se démarque avec une vitesse c insurpassée.

3 Théorie des oscillations temporelles du neutrino

3,1 Incertitude de l'oscillation du neutrino

Les scientifiques du neutrino ne connaissent pas la masse du neutrino, pas son énergie, non plus la distance qu'il parcourt, et s'ils la connaissent entre deux points, ils sont incapables de dire quel chemin il a parcouru. De plus, ils ignorent sa vitesse. Que savent-ils ? Des moyennes statistiques. Et une belle théorie, celle de l'oscillation du neutrino disant qu'il a une masse et la capacité de se métamorphoser. Comme toutes les particules de matière élémentaires, les neutrinos sont disponibles en trois versions, appelées saveurs. L'électron (e) dispose de deux répliques plus lourdes, le muon (μ) et le tau (τ), et chacun a un partenaire de neutrinos: l'électron-neutrino (ν_e), le muon neutrino (ν_μ) et le tau-neutrino (ν_τ). Mais tandis que l'électron, le muon et le tau ont des masses spécifiques, les trois saveurs de neutrinos n'en ont pas. Si vous mesurez la masse d'un neutrino avec une saveur donnée, vous obtenez l'une des trois réponses au hasard, avec une certaine probabilité pour chacun. Inversement, si vous mesurez la saveur d'un neutrino avec une

masse donnée, vous obtenez l'une des trois réponses. Un neutrino peut avoir soit une saveur spécifique ou masse spécifique mais pas les deux en même temps. Les neutrinos violent ainsi une intuition fondamentale que nous avons sur les objets [10]. Avec la glorieuse incertitude de cette théorie dominante, une théorie alternative ou complémentaire ne serait pas superflue.

3,2 Oscillations temporelles du neutrino

On appelle « oscillation temporelle » une économie de temps générée par une ondulation intrinsèquement moins large que l'ondulation standard. C'est aussi un phénomène de la mécanique quantique, selon lequel un neutrino créé avec une certaine saveur bosonique (neutrino-photon, neutrino-graviton) peut être mesuré plus tard en ayant une saveur différente. Les saveurs seront abordées à la section 5. Voyons d'abord la première partie de la définition.

3,3 Quelle est la ligne la plus courte ? Chemin transversal pour les photons et chemin longitudinal écourté pour les neutrinos

En ce moment, le chemin pris par un photon définit effectivement ce qui est une ligne droite. Mais est-ce la distance la plus courte entre deux points ? Concernant une ondulation, nous pensons que c'est le plus long chemin. En gros, nous considérons deux types de chemins pour une particule à la vitesse de la lumière : chemin transversal et chemin longitudinal (ou radial). La science capte les ondes électromagnétiques et mesure ainsi l'univers. Elles suivent une trajectoire transversale. Il existe une onde transversale lorsque le mouvement d'oscillation d'une partie du système est perpendiculaire à la direction dans laquelle l'onde se déplace. Il existe une onde longitudinale lorsque le mouvement d'oscillation d'une partie du système se propage dans la même direction que l'onde.

La sinusoïde ACBDE du dessin suivant

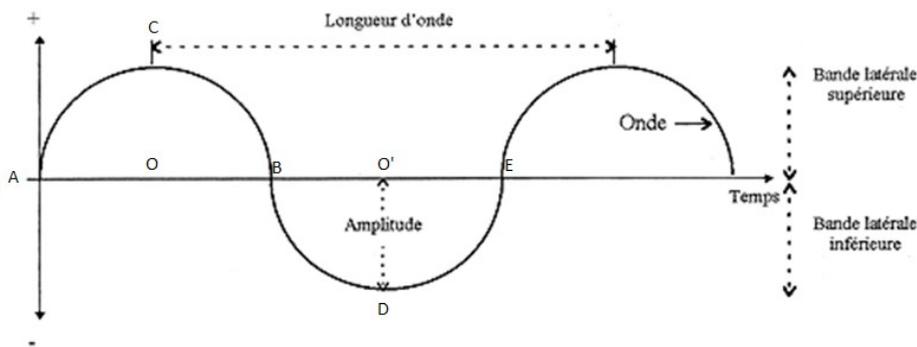


Figure 1

montre deux demi-circonférences ACB et BDE. Les deux demi-circonférences, l'une au-dessus de l'autre, forment un cercle concentrique. Le diamètre d (AOB = BO'E) divise la circonférence et le cercle en deux parties égales. Les rayons OC, OB, O'B, O'D sont égaux.

Le photon suit une onde transversale à la vitesse de la lumière. Sa mesure entre A et E est celle de la sinusoïde ACBDE, ou de la circonférence du cercle concentrique ayant O (ou O') en son centre. Nous postulons qu'il y a une sorte de neutrinos avec une masse analogue à la masse de la lumière, la plus légère masse connue. La mesure des neutrinos à la vitesse de la lumière entre A et E est la ligne radiale (ou longitudinale) AOB O'E. Lorsque le photon a voyagé la métrique de la sinusoïde ACBDE équivalente à la circonférence d'un cercle avec O (ou O') au centre, le neutrino a parcouru radialement πd , comme si nous défaisions la circonférence pour l'étirer en une ligne droite (fig. 2). Nous associons le photon à la circonférence et le neutrino au diamètre.

En d'autres termes, nous prétendons que le neutrino suit la voie longitudinale (ou radiale) tandis que le photon suit le chemin transversal. $t_0 c$ représente une onde longitudinale et $1 \text{ sec } (t_0)$ est la seconde du neutrino associée au chemin longitudinal. $t c$ signifie une onde transversale et $1 \text{ sec } (t)$ est la seconde de la particule associée au chemin transversal. En temps circulaire (ou temps newtonien), qui est celui que nous utilisons, 1 seconde correspond à π secondes linéaires : $1 \text{ sec } (t) = \pi \text{ sec } (t_0)$. La seconde ordinaire transversale t est 3,1416 fois plus longue que la seconde longitudinale t_0 . Les deux particules vont à la vitesse de la lumière, ainsi

$$t_0 c / t_0 = \pi t_0 c / \pi t_0 = t c / t = c. \quad (2)$$

Cela signifie que si une particule doit parcourir la distance $AB = \lambda = t_0 c$, cela prendra le temps t_0 , si l'onde et la particule se propagent à la vitesse de la lumière et si la direction dans laquelle l'onde se déplace et la ligne du mouvement oscillatoire de la particule font une seule ligne. Mais si le mouvement oscillatoire de la particule est perpendiculaire à la direction dans laquelle l'onde se déplace, le temps nécessaire pour la particule de se déplacer de A à B est de πt_0 . C'est parce que la particule couvre la distance $\pi t_0 c$, naviguant en cercle autour de la ligne AB. Notez que nous devrions dire environ π , ou environ 3, parce que nous devons envisager l'encercllement d'une structure en spirale au lieu d'un cercle fermé en deux dimensions.

3,4 Discussion : gamme d'ondes longitudinales et la règle du déplacement des nœuds en raison de l'inverse du sinus angulaire

Nous supposons que dans la plupart des cas, le neutrino suit un trajet différent du photon pour parcourir la même distance, même s'il maintient la vitesse de la lumière. Cela signifie que la sinusoïde parcourue par le neutrino aplatis, devient « radiale », ce qui pousse les nœuds plus loin sur la droite AF (fig. 2). La sinusoïde étant complètement étalée sur la ligne radiale, nous pouvons dire que lorsqu'un photon parcourt un rayon par rapport à la circonférence, le neutrino navigue linéairement π fois cette distance, ce qui revient à une demi-circonférence ; lorsque le photon parcourt un diamètre, le neutrino sillonne radialement π diamètres, soit l'équivalent d'une circonférence.

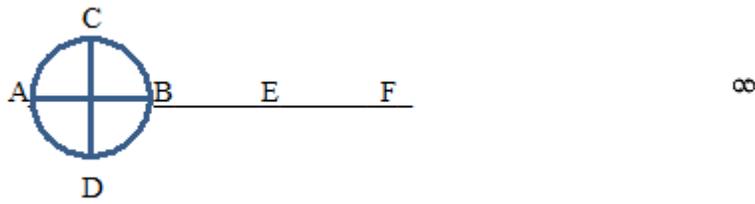


Figure 2

La majorité des physiciens du neutrino pensent que le neutrino suit le même chemin que le photon et que le chemin transversal du photon constitue la ligne droite. Or le chemin longitudinal du neutrino s'avère être la ligne droite. Il s'ensuit qu'un observateur en B, qui s'attend à recevoir de A un flux complet de neutrinos en une seconde ordinaire (transversale), s'étonnera d'en recevoir environ le tiers, les deux autres tiers étant déjà radialement rendus à F. Cependant, on présume qu'il y a une gamme de longueur d'onde entre l'onde transversale et l'onde radiale. Le neutrino de la théorie actuelle de l'oscillation (transformisme) suit la voie transversale perpendiculaire à la direction radiale de l'onde. Dans ce cas, le neutrino, animé de la vitesse c , suit la même sinusoïde que le photon entre les nœuds A et E (fig. 1) et parcourt le même métrage en même temps. La seconde du photon équivaut alors à la seconde du neutrino et on peut le figurer en employant une sorte de règle du déplacement des nœuds en raison de la fonction trigonométrique cosécante définie comme l'inverse du sinus. Cette règle d'une cosécante angulaire est une simple supposition. Ainsi, pour le facteur temps, $1 \text{ sec } t_0$ pour le neutrino (ν) / $\sin 90^\circ = 1 \text{ sec } t$ pour le photon (γ). On veut ainsi dire que le photon se rend de A à B, en passant par C, en 1 sec transversale et que le neutrino se rend de la même manière de A à B en 1 sec transversale. $\sin 90^\circ$ indique qu'ils suivent le même chemin transversal, ou *spiralé*. Pour le facteur distance, le mètre du photon équivaut au mètre du neutrino et nous pouvons écrire $1 \text{ m } t (\gamma) / \sin 90^\circ = 1 \text{ m } t_0 (\nu)$.

Si nous supposons en termes de temps un déplacement des noeuds en raison de l'inverse du sinus angulaire 85° , on obtient $1 \text{ sec } t_0 (\nu) / \sin 85^\circ = 1,0038198 \text{ sec } t (\gamma)$. Donc, nous pouvons dire que pour aller de A à F (en raison du sinus 85°), le neutrino utilise 1 sec longitudinale alors que le photon utilise 1,0038198 sec transversale. En termes de longueur, nous pouvons dire $1 \text{ m } t (\gamma) / \sin 85^\circ = 1,0038198 \text{ m } t_0 (\nu)$.

Prenons la distance de 730 km du CERN en Suisse pour le laboratoire souterrain de Gran Sasso en Italie. Supposons que les photons et les neutrinos partent au même moment et font le voyage en ligne droite. La ligne droite convenue est celle du photon transversal. Tandis que le photon complète 730 km, le neutrino longitudinal passant à travers la Terre à la vitesse de lumière aurait parcouru 2294 km ($730 \times \pi$). Si nous appliquons en termes de distance le déplacement des noeuds en raison de l'inverse du sinus, $1 \text{ m } t (\gamma) / \sin 18^\circ,56075 = 3,14159 \text{ m } t_0 (\nu)$. Tandis que le photon parcourt un cercle qui semble se confondre avec un diamètre en direction radiale de propagation, le neutrino fait 3,14159 m ; la longueur de la ligne droite des neutrinos est de $730 \text{ km } t / \sin 18^\circ,56075 = 2294 \text{ km } t_0$. Cela signifie que le chemin sinueux mesurant 730 km de la particule électromagnétique est étiré radialement sur une distance de 2294 km. En termes de temps, $1 \text{ sec } t_0 (\nu) / \sin 18^\circ,56075 = 3,14159 \text{ sec } t (\gamma)$, ce qui veut dire que le photon va de

A à B le long d'un chemin transversal (sinusoïde ACBDE, fig. 1) en 3,1415917 sec radiales tandis que le neutrino se déplace de A à B le long d'un chemin longitudinal en une sec radiale. Nous pouvons également dire que le photon se déplace de A à B le long d'un chemin transversal (équivalent à la droite ABEF, fig. 2) en 1 sec t tandis que le neutrino va radialement de A à B en 1 sec t / π .

3,5 À propos de l'onde longitudinale

En sondant l'histoire des ondes longitudinales et transversales nous remarquons un type de cycle, les périodes d'ondes longitudinales en alternance avec les périodes d'ondes transversales. La théorie de Huyghens, contemporain de Newton, s'appuyait sur une profonde analogie entre la lumière et les ondes sonores. Cent cinquante ans après, Fresnel fut amené à supposer que la lumière consistait en vibrations non pas longitudinales, telles celles du son dans l'air, ainsi que le pensait Huyghens, mais transversales, et que seul pouvait les véhiculer dans l'espace universel un milieu spécial possédant les propriétés d'un corps dur. Poisson découvrit que les ondes dans un solide élastique sont de deux sortes : transversales et longitudinales. Pour écarter les contradictions qui, dans une série de cas naissaient des deux théories, Maxwell jugea que la lumière consistait non en ondes longitudinales de Huyghens ni en ondes transversales d'éther de Fresnel, mais en ondes d'un champ électromagnétique absolument autonome. H.A. Lorentz montra que la théorie électromagnétique de Maxwell, expliquée par la théorie mécanique de l'éther, exigeait l'introduction, en plus des ondes lumineuses, d'ondes d'éther longitudinales [11, 12, 13].

Bien qu'il soit admis que les ondes longitudinales se propagent dans l'air, le liquide et le solide, la technologie moderne a été optimisée pour traiter uniquement avec les ondes transversales et est grandement incapable de mesurer, sans parler de la détection, les ondes longitudinales. On trouve quand même quelques livres en physique électronique qui introduisent des théories longitudinales, comme la théorie longitudinale de l'onde d'espace-charge [14].

Depuis qu'Einstein a rejeté l'éther comme superflu, seules les ondes transversales se propagent dans le vacuum. Les physiciens considèrent qu'il est mathématiquement et géométriquement impossible pour une onde longitudinale d'avoir à la fois des composants électriques et magnétiques simultanément. Pour cette raison, les physiciens rejettent la possibilité d'ondes électromagnétiques longitudinales dans le vide. Un changement de champ de tension peut donner lieu à des ondes de concussion rayonnées dans la direction de propagation. Les fluctuations, avec un potentiel de vecteur libre et sans champs magnétiques, sont longitudinales plutôt que transversales. Ces ondes longitudinales sont ce que Maxwell nommait courant de *déplacement*. Elles ne violent pas les équations de Maxwell qui postule qu'il doit y avoir un champ magnétique induit pour chaque changement dans le domaine électrique. Il y a une onde électromagnétique longitudinale lorsque *tous les champs magnétiques s'annulent et que subsiste encore un courant de déplacement*. Le courant ordinaire est défini comme un flux de charges, mais à travers un condensateur constitué de deux conducteurs séparés par un isolant qui interdit le passage des charges, l'énergie oscillante peut encore être transférée. Mis à part un changement de champ de tension, les flux actuels d'une grande plaque de métal plate chargée à une haute tension constante peuvent donner lieu à un champ électrique stationnaire dirigé à l'opposé et loin de la plaque dans la direction du rayonnement.

L'onde résultante, qui fluctue également dans le sens de la propagation, est longitudinale.

Les équations de Maxwell permettent deux possibilités : les ondes transversales des EM et les ondes longitudinales EM. Ces dernières sont tout aussi réelles que les ondes transversales EM, mais plus difficiles à détecter. L'hypothèse que « ce qui ne peut être mesuré n'existe pas » ne prend pas en compte que la lacune pourrait être issue de la technologie plutôt que de la réalité.

4 Comparaisons avec observations expérimentales

4,1 Neutrino solaire

Dans les années 1929-1930, les scientifiques ont proposé [15, 16, 17] que les réactions de fusion nucléaire entre les éléments légers se produisent près du centre du Soleil et fournissent l'énergie solaire émise depuis quatre milliards et demi d'années [18]. La plus simple de toutes les réactions possibles est la réaction nucléaire venant des collisions proton-proton (p-p), ce qui donne des neutrinos de basse énergie : $H + H = D + e^+ + \nu$. Les deutérons formés vont rapidement enchaîner, et le produit final de la réaction p-p d'hydrogène est l'hélium. 98 pour cent de l'énergie du Soleil provient de la réaction nucléaire en chaîne p-p [19]. Alors que la majeure partie de cette énergie aboutit en rayonnement électromagnétique issu de la surface, environ trois pour cent sont tenus comme émis directement à partir du centre du Soleil sous forme de neutrinos [20].

Connaissant l'énergie rayonnée par le Soleil et la partie de l'énergie de fusion emportée par un neutrino, on en déduit facilement la quantité de neutrinos s'échappant du Soleil par unité de temps. On en déduit donc, connaissant la distance Terre-Soleil, le flux théorique de neutrinos par unité de surface et par unité de temps au niveau de la Terre. Enfin, à partir des caractéristiques du détecteur, on trouve la quantité de neutrinos que l'on doit détecter par jour dans ce flux. Or, toutes les expériences (sur différentes échelles de temps, avec plusieurs détecteurs reposant sur des principes différents) ont montré que ne parvient sur Terre en fait qu'entre la moitié et les deux tiers des neutrinos attendus, ce qui sort de toutes les incertitudes acceptables.

Quelques expériences distinctes pour détecter les neutrinos en provenance du Soleil qui ont confirmé un déficit dans le flux relativement aux prédictions des théories standards de la physique nucléaire, ont conduit à suggérer que les neutrinos peuvent avoir de petites masses et peuvent osciller entre les différents types. En 1968, Pontecorvo proposa que si les neutrinos avaient une masse, ils pourraient changer d'un type à l'autre [21]. Essentiellement, les neutrinos solaires « manquants » pourraient être des neutrinos électrons qui ont été changés en d'autres types le long du chemin vers la Terre et qui étaient par conséquent invisibles pour les détecteurs dans la mine Homestake à la fin des années 1960 et le sont toujours pour les observatoires contemporains de neutrinos. Ainsi, la contradiction entre les mesures du nombre de neutrinos passant à travers la Terre et les modèles théoriques de l'intérieur solaire, qui perdura depuis le milieu des années 1960 à environ 2002, aurait vraisemblablement été résolue depuis par une nouvelle compréhension de la physique des neutrinos, qui a nécessité une modification du modèle standard de la physique des particules – spécifiquement, l'oscillation des neutrinos.

Cela dit, nous pensons qu'une alternative significative pourrait expliquer pourquoi les mesures des flux de neutrinos solaires sont tous en accord avec les attentes théoriques à

l'intérieur d'un facteur deux ou trois et pourquoi les déficits de neutrinos électroniques persistent dans toutes les expériences de neutrinos solaires. Selon notre hypothèse, l'erreur fondamentale est de croire que le neutrino et le photon suivent un même parcours transversal, et que celui-ci est le plus court des chemins. Le chemin longitudinal (la droite) est ici plus court que le chemin transversal (la courbe). Le neutrino solaire aurait une onde longitudinale et son temps serait d'environ un tiers du temps du photon. La seconde du neutrino est donc environ le tiers de la seconde du photon (ou la seconde newtonienne). Si $1 t_0$ est la seconde du neutrino, alors $1 \pi t_0$ ($1 \pi t_0 = 1 t$) est la seconde du photon. Au cours d'une seconde du photon, le neutrino aura voyagé $1 \pi t_0 c$, disons π fois plus de distance en ligne droite que le photon ($1 t / \pi = 1 t_0 c$). Comme la physique utilise la seconde transversale ordinaire du photon – qui est $\sim 3,1416$ fois plus longue que la seconde longitudinale – pour calculer le flux de neutrinos, il appert que le flux de neutrinos pour la distance radiale $1 t_0 c$ sera environ trois fois moins dense, parce que le flux attendu de neutrinos durant la seconde ordinaire de la lumière est réparti sur un trajet radial deux à trois fois plus éloigné.

Somme toute, en une seconde ordinaire, les physiciens avaient prédit détecter un nombre de neutrinos électroniques compatible avec les modèles de l'intérieur du Soleil. Seul un tiers à la moitié du nombre prédit de neutrinos a cependant été détecté. La théorie de l'oscillation temporelle du neutrino, sans exiger une masse de repos au neutrino, explique ainsi l'écart : le flux de neutrinos voyage radialement, et non transversalement, ce qui équivaut à un flux de neutrinos solaires attendu en une seconde ordinaire divisé par un nombre entre deux ou trois.

4,2 Supernova 1987A

En février 1987, SN1987A était la première supernova à proximité qui pouvait être aussi bien vue depuis 1604. Elle était localisée dans le Grand Nuage de Magellan, petite galaxie gravitationnellement liée à la Voie lactée. L'énergie produite calculée à partir de l'effondrement d'une supernova de type II est près de 1000 fois plus grande que celle observée sous forme de lumière. La théorie astrophysique standard indique que plus de 99 pour cent de l'énergie est émise sous forme de neutrinos [22] et prévoit que l'effondrement de l'étoile devrait libérer une bouffée de neutrinos avant la lumière de l'explosion.

L'équipe du Mont-Blanc croyait qu'elle avait découvert une telle bouffée. Le 24 février 1987, la collaboration italienne/soviétique fut la première à signaler une bouffée de neutrinos de SN1987A, détectée à leur observatoire souterrain du Mont-Blanc, après que d'autres astronomes eurent signalé l'observation optique de la supernova [23]. Mais quatre heures (h) et demi après la bouffée du Mont-Blanc, qui se composait de cinq événements en plusieurs secondes, une deuxième bouffée fut enregistrée de façon indépendante par deux détecteurs Cherenkov à eau, Kamiokande [24] au Japon, IMB [25] aux États-Unis et par le détecteur Baksan en Russie. Au total : 24 neutrinos. Compte tenu des deux bouffées, 7,7 h se sont écoulées avant l'observation de la première lumière [26, 27].

Selon la théorie fondamentale de l'effondrement stellaire, il y a un délai de temps prévu d'environ 3 h entre l'effondrement du noyau et la production de la lumière visible à la surface de l'étoile, en raison de la propagation de l'onde de choc à travers la matière

stellaire. Comment se fait-il que les premiers neutrinos de la supernova 1987A soient arrivés 7,7 h avant les premiers photons ? L'interprétation actuellement acceptée de ces données est que la première bouffée de neutrinos ne doit pas avoir été associée à la supernova parce qu'il n'y a aucune explication conventionnelle pour la façon dont les neutrinos auraient pu arriver à ce moment-là. De plus, le fait que la première bouffée de neutrinos a été détectée uniquement par le détecteur Mont Blanc et pas par les deux autres détecteurs reconnus à haute sensibilité à l'époque, suggère également que la première bouffée de neutrinos doit avoir été une anomalie qui n'était pas associée à la supernova 1987A. Ce qui porte à croire que la première observation de la lumière visible de la supernova est compatible seulement avec la seconde bouffée de neutrinos survenue environ trois h. avant, ce qui correspond au temps pour toute particule avec la vitesse de la lumière produite à l'intérieur de l'étoile, d'être empêchée, en raison de la diffusion, d'atteindre immédiatement la surface.

Néanmoins, nous sommes d'accord avec certains experts dans le domaine qui considèrent que l'origine de la première bouffée de neutrinos est une question ouverte parce que la probabilité d'un tel événement ayant eu lieu au hasard a été estimée à moins de 10^{-4} [28, 29]. Le matériau utilisé dans le détecteur du Mont Blanc différait de ceux utilisés dans les deux autres détecteurs et la sensibilité de détection prévue pour le type de neutrinos du premier éclat a été estimée être d'un facteur 20 plus élevé dans le détecteur du Mont Blanc que les autres détecteurs, ce qui est cohérent avec les observations [29].

4,2,1 Scénario d'un double effondrement

On a émis la possibilité que les deux détections, celle du Mont-Blanc et les bouffées ultérieures enregistrées simultanément aux États-Unis et au Japon, aient pu être de véritables événements liés à SN1987A [28]. Cela nécessiterait que l'étoile se soit initialement effondrée en étoile à neutrons, libérant les neutrinos de faible énergie recueillis au Mont Blanc, mais en dessous du seuil d'énergie des dispositifs IMB et Kamiokande. Un deuxième effondrement en un trou noir expliquerait alors la bouffée de neutrinos enregistrée par IMB et Kamiokande. Au Mont-Blanc, cette bouffée pourrait avoir été confondue avec le bruit de fond [30, 31].

Ce scénario n'est pas attendu par les modèles qui prédisent une seule bouffée de neutrinos d'une étoile en effondrement et qui prévoient la première observation de la lumière visible de la supernova environ 3 h après la bouffée de neutrinos. C'est le délai prévu entre l'effondrement du noyau et l'apparition de la lumière visible à la surface de l'étoile en raison de la propagation de l'onde de choc à travers la matière stellaire. L'interprétation habituelle de ces données est que la première explosion de neutrinos ne doit pas avoir été associée à la supernova parce qu'il n'y a aucune explication conventionnelle de comment les neutrinos pourraient être arrivés à ce moment-là. Seules les trois h observées par IMB et Kamiokande concordent avec les modèles conventionnels.

4,2,2 La théorie de l'oscillation temporelle des neutrinos justifie le scénario d'un double effondrement

La théorie de l'oscillation temporelle des neutrinos offre une explication idoine à la possibilité d'un double effondrement du noyau et aux observations associées à SN1987A. Selon cette théorie, le neutrino se déplace en une onde longitudinale, ce qui veut dire que le mouvement d'oscillation du neutrino se déplace dans la direction de propagation de l'onde. Comme mentionné précédemment, la seconde du neutrino appartient à l'onde longitudinale, et représente environ un tiers ($1 / \pi$) de la seconde newtonienne liée à l'onde transversale. Cela veut dire que le neutrino parcourt π fois plus de longueur en parcourant un chemin radial que le photon qui suit un chemin transversal.

Les deux bouffées de neutrinos provenant de SN1987a ont été capturées en temps longitudinal, c'est-à-dire en temps associé à l'onde longitudinale, alors que les physiciens croyaient les avoir capturées en ondes transversales qui relèvent de l'onde électromagnétique transversale. Ce qui signifie que les 7,7 h entre la première bouffée du Mont Blanc et l'apparition de la lumière sont en temps longitudinal et non en temps transversal. Les 7,7 h longitudinales se traduisent en 2,45 h transversales ($7,7 \text{ h } t_0 / \pi = 2,45 \text{ h } t$). Ces 2,45 h correspondent au temps que prévoient les modèles standard, soit les 3 h. approximatives pour que la lumière se manifeste à la surface. C'est l'effondrement prévu de l'étoile en étoile à neutrons.

Il s'est écoulé 4,7 h entre la première bouffée de neutrinos observée au Mont Blanc et la deuxième bouffée de neutrinos observée par IMB et Kamiokande. Ces 4,7 h longitudinales se traduisent en 1,5 h transversales ($4,7 \text{ h } t_0 / \pi = 1,5 \text{ h } t$). Cela veut dire que le deuxième effondrement du noyau, celui de l'étoile à neutrons en trou noir, commence 1,5 h après le premier effondrement. La seconde bouffée de neutrinos, 4,7 h après la première, 3 h avant la lumière, a marqué le deuxième effondrement du noyau. Cette seconde bouffée de neutrinos devrait être associée à une deuxième production de lumière visible par l'augmentation de son intensité environ 4,7 h après l'apparition initiale de la lumière.

4,2,3 Confusion des temps qui courent

À notre avis, les 3 h entre la deuxième bouffée de neutrinos observée par IMB et Kamiokande et l'arrivée de la lumière ont été erronément jumelées aux 3 h pour que l'onde de choc provenant du cœur de la supernova atteigne la surface. Parce que les observations d'IMB et Kamiokande s'intégraient bien avec les prédictions théoriques qui reposent uniquement sur le chemin transversal du photon, la perception générale des astrophysiciens fut que la bouffée du Mont-Blanc relevait d'un bruit de fond, causé probablement par la radiation à travers la roche environnante, attendu environ une fois tous les trois ans selon les fluctuations aléatoires [22]. En outre, la détection de deux signaux distincts implique que la théorie qui prédit une seule bouffée de neutrinos lors de l'effondrement d'une étoile n'est pas juste, ce qui a suggéré que la première bouffée de neutrinos devait avoir été une anomalie non associée à la supernova 1987a [26]. Selon notre théorie, ce sont les 7,7 h longitudinales, qui équivalent à 2,45 h transversales, qui doivent être jumelées aux ~ 3 h prévues à l'onde de choc vers la surface de la supernova.

Les 2 bouffées de neutrinos correspondent aux 2 effondrements de la supernova. Ainsi, le temps d'arrivée de la première bouffée de neutrinos devient conforme avec la courbe

observée de lumière [26], et le second effondrement du noyau aurait produit une augmentation de l'intensité de la lumière visible peu après l'arrivée des premiers photons. Ceci est compatible avec l'observation que le signal de la lumière augmente plus rapidement que ce que l'on se serait autrement attendu pendant cet intervalle de temps. La théorie de l'oscillation temporelle de neutrino est donc en accord raisonnable avec les observations expérimentales et fournit une explication possible pour la première bouffée de neutrinos laquelle est incompatible avec le modèle conventionnel de la supernova.

4,3 Neutrinos « cosmologiques »

On peut imaginer que lorsque l'univers primordial était chaud et dense, les neutrinos se déplaçaient à la vitesse de la lumière. Dans cet état, ils n'étaient pas agglomérés sous la force de leur propre attraction gravitationnelle. Cependant, après que l'univers eût refroidi et franchi le seuil de l'énergie, les neutrinos seraient devenus relativistes, auraient ralenti et commencé à se déplacer avec des vitesses subluminiques. Les trois types ou « saveurs » connus de neutrinos, auraient acquis dès lors une faible masse et ladite capacité de se transformer d'une saveur à l'autre.

Il existerait, selon nous, un quatrième type de neutrino, dit « stérile », qui n'aurait pas ralenti après le refroidissement de l'univers et qui continuerait de se propager à la vitesse de la lumière. Il ne serait pas en mesure de changer de saveurs leptoniques, comme les trois types de neutrinos de masse (neutrino-électronique, neutrino-muonique, neutrino-tauique), mais il serait en mesure de changer de *saveurs bosoniques* avec le photon et le graviton [32]. Il interagirait moins avec la matière ordinaire que les saveurs connues, lesquelles étaient devenues déjà très réticentes à le faire après le refroidissement de l'univers.

Ce neutrino ne serait pas le neutrino massif présagé par les théoriciens qui pensent que l'on pourrait expliquer la disparité entre les observations d'amas de galaxies et le fond diffus cosmologique (CMB) si les neutrinos étaient plus massifs que ce qui est généralement pensé [33]. Ils laissent entendre la possibilité de découvrir des neutrinos droitiers imperméables à la force faible avec une énorme masse qui n'interagit pas avec le champ de Higgs, ou de déceler une saveur lourde qui pourrait émerger d'un mécanisme tout à fait différent aux extrêmement hautes énergies de grande unification [2]. Il s'apparenterait au concept du neutrino sans masse du modèle standard originel. Tout au long de l'expansion, toujours à la vitesse de la lumière, la fréquence de ces neutrinos stériles insaisissables diminue. L'énergie perdue est transformée en masse qui se rassemble avec le reste de la matière, faisant une contribution plus importante à la densité totale de l'univers. En plus d'être un caméléon cosmique pouvant changer d'identité bosonique, ce neutrino aurait la particularité de suivre une onde longitudinale. Ainsi, si l'âge de l'univers se situait autour de 5 milliards années-lumière (a-l) transversales (ou électromagnétiques), cela équivaldrait à plus de 15 milliards a-l longitudinales (5 milliards a-l $\times \pi$). Comme on sait que, de diverses façons, mais fondé sur des ondes électromagnétiques, les astrophysiciens ont établi l'âge de l'univers autour d'une quinzaine de milliards a-l, cela signifierait qu'il existe des ondes neutriniques qui ont voyagé radialement plus de 45 milliards a-l, et le rayon linéaire de l'univers mesurerait plus de 45 milliards a-l (15×10^9 a-l $\times \pi = \sim 47 \times 10^9$ a-l t_0).

Nous avons remarqué que cette dernière longueur avait un lien avec une particularité intrigante dans les cartes cosmiques de WMAP [34] : l'univers primordial est sans voix sur les grandes longueurs d'onde et ne sonne pas comme il le ferait si l'espace était apparemment euclidien et infini. Pour expliquer, disons que les fluctuations de température du rayonnement fossile peuvent être décomposées en une combinaison d'harmoniques sphériques. L'amplitude relative de chaque harmonique sphérique fixe le « spectre de puissance » contenant une signature de la géométrie de l'univers et des conditions qui prévalaient au moment de l'émission du rayonnement. Le spectre de puissance exhibe un ensemble de pics lorsque l'écart est mesuré entre des régions du ciel de petites et moyennes dimensions. Dans l'analyse harmonique de WMAP, ces pics sont conformes à ce qui est prévu par le « modèle standard » pour les petits angles. Pour les régions séparées de plus de 60° , il y a une perte de puissance qui ne concorde pas avec les prédictions du modèle standard. WMAP a observé un quadripôle (harmonique qui correspond à un angle d'observation de 90°) sept fois plus faible que ce qui est attendu, avec probabilité 0,2% que cet écart se produise par hasard [35]. La faible valeur du quadripôle signifie qu'il manque les ondes de grande longueur.

Certains cosmologistes ont proposé d'attribuer cette anomalie à des lois physiques non encore découvertes qui auraient régi l'univers primordial. Notre explication de ce phénomène, qui nous paraît géométrique, se fonde sur un modèle d'espace dans lequel les grandes échelles angulaires renferment les grands « vides » dont la taille de l'espace impose une longueur maximale aux longueurs d'ondes longitudinales, d'où le ~ 45 milliards $a-l t_0$.

5 Nouvelles saveurs « bosoniques »

Nous envisageons l'existence de neutrinos stériles sans masse, sans charge, à la vitesse de la lumière, sous l'aspect d'une famille autre que celle des leptons, plutôt celle des bosons. Il n'y a pas d'arguments théoriques qui interdisent les neutrinos de ne pas avoir de masse au repos ou d'avoir des transitions entre les différentes sortes de bosons. Bien qu'ils demeurent sans masse de repos, ils ont une masse intrinsèque (ou masse de mouvement) qui leur permet d'osciller.

Si on considère que les neutrinos stériles se propagent à la vitesse de la lumière, dans l'espace ou la matière, rien ne les défend de changer souvent d'identité, d'osciller entre deux types de neutrinos bosoniques : photon et graviton. L'oscillation requiert l'existence de diverses saveurs de bosons-neutrinos et des différences entre les masses intrinsèques des saveurs. Ces écarts sont liés à la fréquence de l'oscillation, de sorte que de nouvelles mesures d'oscillations dans l'avenir pourraient suggérer la taille des dissemblances. Ainsi, les photons et les photons-neutrinos auraient la saveur photon, les gravitons et les gravitons-neutrinos auraient la saveur graviton. La métamorphose d'une saveur bosonique à une autre pourrait fournir une explication cohérente au modèle des ondes cosmologiques (ondes électromagnétiques, ondes gravitationnelles, ondes du neutrino) [32].

6 Discussion

Nous pensons que l'expérience controversée de 2011, effectuée sur une courte distance, aurait établi l'existence de ces neutrinos stériles sans masse, sans charge, à la vitesse de la lumière. Au cours de ces oscillations les neutrinos ont disparu de vue. Qu'ont-ils fait pendant ce cours laps de temps où ils étaient indétectables ?

Des scientifiques pensent que le photon et neutrino suivent invariablement le même chemin, mais que la vitesse du neutrino est véritablement « supraluminique ». D'autres ont émis la possibilité que les neutrinos aient pris un raccourci dans l'espace-temps. Cela fait déjà quelques décennies que la communauté scientifique envisage l'existence de dimensions autres que les trois que nous percevons. Pour comprendre de quoi il s'agit, imaginez que nous vivions sur une feuille de papier à deux dimensions, sans que nos sens nous révèlent la troisième dimension d'espace. Cette feuille est courbée et, pour aller d'un point A à un point B, nous sommes obligés de suivre sa courbure. Alors que si l'on pouvait empruntant une troisième dimension, le chemin de A à B serait écourté. Ainsi, si les neutrinos connaissent une (ou des) dimension supplémentaire à celles que nous percevons, ils ont pu suivre un chemin plus court que la lumière. D'où leur apparente célérité.

Selon la théorie de « l'oscillation temporelle du neutrino », les neutrinos à la vitesse constante de la lumière suivraient un raccourci *dans l'espace-temps à trois dimensions spatiales que nous percevons*. Ce qui n'est pas la même chose que de prendre un chemin de traverse dans des dimensions supplémentaires. Imaginez que nous vivions dans un tunnel à trois dimensions, avec nos sens conditionnés à toujours utiliser les trois dimensions d'espace. Que le tunnel soit droit ou courbé, pour aller de l'avant d'un point A à un point B, nous sommes obligés de suivre la règle des trois dimensions qui veut que nous écartions simultanément nos jambes à gauche et à droite, les ramenions puis effectuons un petit saut en avant, et ainsi de suite jusqu'au point B. Alors que si on pouvait simplement mettre un pied devant l'autre pour emprunter une seule dimension, le chemin serait diminué. Ainsi, contrairement à la lumière (photons), certaines particules (neutrinos) seraient capables de passer par une (ou deux) des trois dimensions spatiales que nous percevons. Les neutrinos auraient voyagé plus vite que le photon, non parce qu'ils sont plus rapides, mais parce qu'ils ont suivi un raccourci à travers une dimension parmi celles que nous percevons. Ce plus court chemin du monde à trois dimensions spatiales s'apparente à une onde longitudinale.

Cependant, il appert que l'explication la plus triviale soit celle de l'oscillation de neutrinos massifs. Ce phénomène serait profondément connecté à celui de la disparition du neutrino : nous ne pouvons pas voir les neutrinos pendant les oscillations quantiques, parce qu'ils se déplacent en se métamorphosant à une vitesse sous c , laquelle reste dans l'imprécision mais donne la certitude d'une masse, ce qui ne violerait pas la causalité fondée sur la flèche radiale du temps de la relativité restreinte.

En physique strictement déterministe, l'oscillation du neutrino massif est aussi étrange que son comportement fantomatique. Il est légitime de se demander si l'interprétation actuellement admise en dessous de la vitesse de la lumière est vraiment définitive et si, derrière la rigueur apparente des contre-essais, les expériences ne dissimulent pas une

partie de la véritable nature profonde du neutrino. Il ne s'agit non seulement de contester la valeur statistique des formalismes élégants et imprécis avec lesquels jonglent les théoriciens des neutrinos, mais aussi de se demander si l'interprétation proposée de l'expérience 2011-2012 a bien un caractère définitif et a atteint le fond des choses. Plusieurs observateurs ont été amenés par le biais des médias à suivre de près la saga ayant conduit à l'interprétation actuelle d'une vitesse du neutrino sous c . Ils ont pu trouver certains points faibles, comme les erreurs du câble optique qui ont d'abord réduit la vitesse de propagation du neutrino à celle de la lumière, et que l'on s'est ensuite empressé de mettre légèrement inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide. Cela suggère une contre-expérience ayant été orientée par le formalisme des postulats de la relativité qui, peut-être, paradoxalement, ne correspond pas à la réalité physique.

Dans sa formulation actuelle, le modèle standard n'a pas d'explications pour la masse des neutrinos. Le modèle standard d'origine interdisait une masse de repos aux neutrinos. Trois types de neutrinos ont été établis depuis longtemps et, quoique par preuve tout à fait indirecte, ils semblent se transformer l'un dans l'autre. En 1997-98, les physiciens ont théorisé qu'un neutrino devait avoir une masse au repos en faisant valoir que le mécanisme de transformation ne permet pas de particules sans masse. L'énergie totale d'une particule ou sa masse-énergie comprend la masse au repos et la quantité de mouvement. Déterminer quelle partie de la masse-énergie d'une particule en mouvement provient de sa masse au repos et quelle partie vient de la quantité de mouvement se révèle être un problème épineux avec les neutrinos. En fait, on doit se contenter de dire que les neutrinos oscillent : ils changent d'une saveur à une autre. Pour cela, il doit y avoir des différences liées à la fréquence de l'oscillation entre les masses des différentes saveurs ; de sorte que les nouvelles mesures d'oscillation suggèrent de quelle taille les différences pourraient être. Les physiciens du neutrino observent les oscillations de deux façons : par la disparition ou l'apparition du neutrino. S'ils font un faisceau de neutrinos avec une seule saveur, puis trouvent que certains des neutrinos du faisceau ont disparu, ils peuvent deviner que les neutrinos ont « oscillé » en une saveur insensible au détecteur. Les expériences d'apparition sont plus satisfaisantes mais beaucoup plus rares : dans ce cas, ils détectent une nouvelle saveur des neutrinos qui n'a pas été produite par la source originale. Dans les deux cas, la preuve est plus convaincante si le nombre de neutrinos varie en fonction de la distance parcourue et de l'énergie selon la prédiction [4]. La stratégie de base pour mesurer les oscillations des neutrinos semble donc très simple : on prend une source de neutrinos, naturels ou artificiels, on laisse les neutrinos se propager sur une distance connue, et puis on mesure autant qu'on peut leur énergie et saveur. Si la quantité d'une saveur donnée (en fonction de l'énergie et de la distance) se révèle être conforme à la prédiction de la mécanique quantique qui découle de l'hypothèse d'oscillation, on a eu droit à un changement spontané de saveur.

La vérité est que les scientifiques sont incapables de mesurer l'énergie d'un neutrino et de savoir jusqu'où il a voyagé. Ne sachant pas où il a terminé dans le cycle d'oscillations, ils ne peuvent calculer les proportions relatives des trois saveurs. Sur de grandes distances et de longues périodes, les neutrinos oscillent tellement de fois qu'ils ne peuvent pas obtenir la traçabilité du mélange de saveur – cela leur semble flou. Au lieu de cela ils prennent une « moyenne statistique », décrite par une soi-disant matrice de propagation de saveur. De cette matrice, les astronomes peuvent déduire quel devait être le ratio observé à

l'origine [10]. La précision leur manque sur de grandes et petites distances, ce qui donne autant de certitude pour une masse de repos que pour une masse intrinsèque.

7 Conclusions

Nous supposons l'existence de neutrinos non stériles et stériles, très légers, conformes au modèle standard (le modèle original excluait les masses de repos aux neutrinos), mais qui ont deux fonctionnalités inédites : ils utilisent un chemin radial plus court que le photon et possèdent des saveurs bosoniques. Nous nommons ce phénomène « oscillations temporelles du neutrino ». C'est une alternative à l'hypothèse de l'oscillation des neutrinos. Cette dernière donne une explication compliquée de la disparition périodique de neutrinos en permettant aux trois types de neutrinos – électronique, muonique et tauique –, tous supposés de masses différentes, de se métamorphoser l'un en l'autre. Les mesures des observations de neutrinos et antineutrinos, basées sur le calcul des probabilités d'oscillation, mettent en jeu plusieurs paramètres : les différences de masse d'une saveur à l'autre, les angles de mélange entre les différentes saveurs et autres nombres complexes. Elles montrent plus de neutrinos visibles qui disparaissent que des invisibles qui apparaissent. La preuve tout à fait indirecte de métamorphoses transgenres au cours de la traversée s'est transformée en une preuve concluante. La théorie de l'interprétation de l'oscillation temporelle des neutrinos, qui implique une masse intrinsèque des particules, donne à la disparition périodique de neutrinos une explication plus sensée et compatible avec les faits. Elle n'utilise pas une vitesse supraluminique, pas plus que les membranes de l'univers à onze dimensions de la théorie-M, non plus les cordes de la théorie des cordes. Son interprétation a le mérite de faire apparaître l'onde longitudinale qui manque cruellement à la physique actuelle tout en respectant l'inviolabilité de la vitesse de la lumière de la relativité restreinte dans notre univers quadridimensionnel.

Références

- [1] Kearns, Edward, Kajita, Takaari, Totsuka, Yoji, *Detecting Massive Neutrinos*, Scientific American, 65,68,69, August 1999.
- [2] Hirsch, Martin, Päs, Heinrich, Porod, Werner, *Ghostly beacons of new physics*, Scientific American, 42, 43, 45, 47, April 2013.
- [3] Overbye, Dennis, *Tiny Neutrinos May Have Broken Cosmic Speed Limit*, IIT-BHU Chronicle, September 22, 2011.
- [4] Kaneyuki, Kenji, Scholberg, Kate, *Neutrino Oscillations*, American Scientist, Vol 87 #3, 222, May-June 1999.
- [5] Glashow, S. L., *Partial symmetries of weak interactions*, Nucl. Phys., 22, 579 – 588 (1961).
- [6] Weinberg, S., *A model of leptons*, Phys. Rev. Lett., 19, 1264–1266 (1967).
- [7] Salam, A., *Weak and electromagnetic interactions*, 1969, Proc. of the 8th Nobel Symposium on Elementary particle theory, relativistic groups and analyticity, Stockholm, Sweden, edited by N. Svartholm, p.367- 377 (1968).
- [8] Brumfiel, Geoff, *Neutrinos not faster than light*; Nature, 16 March 2012.

- [9] Bagdoo, Russell, *Relativité recyclée*, The General Science Journal, viXra, Internet Archive, ResearchGate, Academia. edu, (2015).
- [10] Gelmini, GHRaciela B., Kusenko, Alexander, Weiler, Thomas J., *Through Neutrino Eyes*, Scientific American, 38, 41, 44, May 2010.
- [11] Maitte, Bernard, *La lumière*, Points, Édition du Seuil (1981).
- [12] Whittaker, E.T., *A History of the Theories of Aether and Electricity from the Age of Descartes to the Close of the Nineteenth Century*, Dublin University Press Series (1910).
- [13] Radounskaïa, I., *Idées folles*, Éditions MIR, Moscou, 15-17, 23, 56 (1972).
- [14] Trotman, R.E., *Longitudinal Space-Charge Waves*, Chapman and Hall Ltd (1966).
- [15] Bethe, H. A., Physical Review, **55**, 434-456 (1939).
- [16] Gamow, G., Physical Review, **53**, 595-604 (1938).
- [17] Trefil, J., *The Darkside of the Universe*, Anchor Books, Doubleday, New York, 156-157 (1988).
- [18] Bahcall, John N., *et al*, *Progress and prospects in neutrino astrophysics*, Nature, Vol. **375**, 29, 4 May (1995).
- [19] Bethe, H. A., *The Road from Los Alamos*, Touchtone Book, Simon & Schuster, New York, 246-251 (1991).
- [20] Bahcall, John N., *Neutrino Astrophysics*, Cambridge University Press (1989).
- [21] Close, Frank, *Neutrino*, Oxford University Press, 29-35 (2010).
- [22] Bethe, H.A., Brown, G., Scientific American, 252, 60-68 (1985).
- [23] Aldhous, Peter, Nature, **350**, 643, 25 April (1991).
- [24] Hirata, K. S., *et al*, Physical Review Letters, **58**, 1490-1493 (1987).
- [25] Bionta. R. M., *et al*, Physical Review Letters, **58**, 1494-1496 (1987).
- [26] Arnett, W.D., Bahcall, J.N., Kirshner, R.P. and Woosley, S.E., Annual Review of Astronomy and Astrophysics **27**, 629 (1989).
- [27] Franson, J.D., *Apparent Correction to the Speed of Light in a Gravitational Potential*, arxiv.org/pdf/1111.6986 (2011).
- [28] Panagia, N., Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics, **8**, 155 (2008).
- [29] Saavedra, O., *Proceedings of the 22nd Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*, Stanford, California, Dec. 13-17, 2004.
- [30] Imshennik, V.S., Ryazhskaya, O.G., Astronomy Letters **30**, 14 (2004).
- [31] Lychkovskiy, Oleg, *Analysis of the SN1987A two-stage explosion hypothesis with account for the MSW neutrino flavour conversion*, arXiv:0707.2508 (2008).
- [32] Bagdoo, Russell, *The Pioneer Effect: a new Theory with a new Principle*, Scisprint, Gravitationalanomalies (2008), Issuu, Scribd (2010), General Science Journal (2011), viXra (2012).
- [33] Jayawardhana, Ray, *Neutrino Hunters*, 14, 110, 172, Harpercollins publishers ltd, (2013).
- [34] Smoot, George, Davidson, Keay, *Les rides du temps*, Champs, Flammarion, 321, 327-8, (1994).
- [35] Luminet, Jean-Pierre, *L'Univers chiffonné*, Folio essais, 444-446, (2001).