



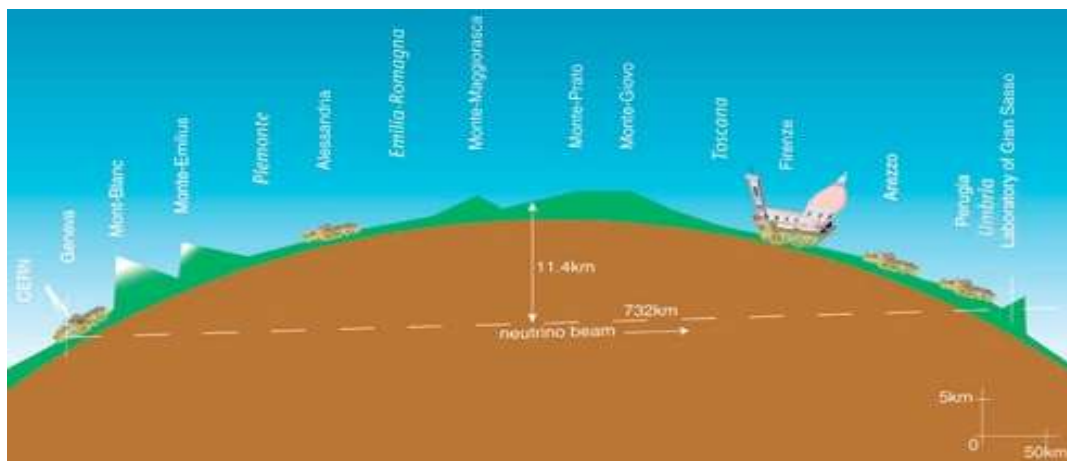
Le 23 septembre 2011, le mot **neutrino** avait un succès fou sur les moteurs de recherche d'internet. Bizarre ? Non, tout plein de curieux qui voulaient voir une vidéo où un physicien **Dario Autiero**, de l'Institut de physique nucléaire de Lyon, expliquait une étrange observation d'une expérience de physique absconse.

En effet, à 2 heures du matin a été mis en ligne un article signé par des dizaines de physiciens. Ils y annoncent un truc à faire se retourner dans sa tombe leur grand maître, **Albert Einstein** : ils ont mesuré des particules – des **neutrinos** - se déplaçant plus vite que la lumière dans le vide. Et mettent au défi, voire supplient, leurs collègues du monde entier: voici nos observations, elles sont extraordinaires puisqu'elles contredisent un siècle de physique, prouvez que nous avons tort !

Avec un sens aigu de la litote, **Pierre Fayet**, un théoricien de haut vol officiant à l'Ecole normale supérieure lâche: «*C'est vraiment surprenant.*» Puis précise: «*La physique est une science expérimentale, donc, si un fait est scientifiquement établi, j'y crois. C'est ce qu'il va falloir vérifier avec minutie parce que cette observation défie l'entendement.*»

Les premières réactions hyper sceptiques des théoriciens s'expliquent aisément. Cet excès de vitesse viole en effet une loi de la physique gravée dans le marbre par les articles fondateurs d'Einstein en 1905. Selon lui, rien ne peut dépasser une vitesse limite, baptisée c du latin *celeritas*, rendue célèbre par la formule qui relie énergie, masse et vitesse de la lumière dans le vide: $E = mc^2$. Une vitesse pour le moins élevée: 299 792 458 mètres par seconde selon le Bureau international des poids et mesures de Sèvres, gardien du temple de la métrologie.

Cet excès de vitesse a été dressé dans un tunnel de montagne, celui qui passe sous le Gran Sasso, dans le massif des Abruzzes, à 120 km de Rome. Là, dans une grande caverne, creusée sous les 1400 mètres de roches qui les protègent des rayonnements cosmiques, se trouvent des instruments de physique traquant des particules fantômes qui pourraient être liées à des mystères profonds comme la «masse manquante» du cosmos sur laquelle les astrophysiciens se cassent les télescopes depuis un demi-siècle.



Parmi eux, le détecteur **Opera**, une expérience conduite par 160 physiciens de onze pays. Elle se charge de capter le passage de neutrinos fabriqués à 730 kilomètres de là, au Cern¹, le plus grand laboratoire mondial de physique des particules, installé sous la frontière franco-suisse.

Parmi l'appareillage sophistiqué de l'expérience, se trouve la mesure du «*temps de vol entre le Cern et le détecteur du Gran Sasso*», dont le responsable est **Dario Autiero**. Un «vol» qui se passe en totalité sous terre, faut-il préciser. Des milliards de milliards de neutrinos sont émis, une trentaine par jours détectés depuis 2006 et de manière stable depuis 2008. Or, en mars, Dario Autiero et ses collègues regardent de près les mesures... et en restent sur le cul. Comme la quasi-totalité des physiciens (et surtout des expérimentateurs), il ne «*s'attendait pas du tout à voir autre chose que la vitesse de la lumière*». J'avais «*un préjugé*», admet-il.

¹ Le Cern est surtout connu pour sa machine circulaire de 27 km –le «Seigneur des Anneaux»–, où filent des protons à la recherche du [mystérieux boson de Higgs](#) censé expliquer la masse des particules élémentaires. On y procède aussi à d'autres expériences. L'une d'elles consiste à fabriquer un faisceau de neutrinos et à le diriger vers le Gran Sasso.

Qu'est-ce qu'un neutrino? Les neutrinos («*petit neutre*»), sont des entités étranges dont l'existence a été postulée par le physicien italien Enrico Fermi dans les années 1930. Ils ont été mis en évidence pour la première fois en 1956, mais ces particules élémentaires sont très mal connues et leur comportement est très mystérieux. Il existe en fait trois familles de neutrinos différentes et pendant longtemps, on a cru que leur masse était nulle (comme les photons). On sait aujourd'hui qu'elle est très faible mais non nulle.

Lorsque Dario Autiero découvre le pot aux roses, «*il n'y croit pas*» et pense d'abord à une erreur. Il conduit de premières vérifications. Ne trouve rien d'évident qui puisse expliquer «*l'erreur de mesure*» supposée. Tout y passe. On vérifie les horloges atomiques qui synchronisent les temps du Cern et de Gran Sasso, le système GPS utilisé, les circuits électroniques, la chaîne de calculs, on recherche un effet subtil dans la physique des détecteurs... en vain.

Résultat? «*Le temps de vol théorique à la vitesse de la lumière est de l'ordre de 2,4 millisecondes. La longueur du trajet de 730 km est connue à 20 cm près. Les neutrinos font le trajet 60 nanosecondes plus vite que la vitesse de la lumière dans le vide. Cette mesure est précise à 10 nanosecondes près, si l'on additionne toutes les incertitudes connues sur les 15000 événements analysés –correspondant à autant de neutrinos détectés*», résume Dominique Duchesneau. Autrement dit, si des photons (les particules de lumière) et ces neutrinos-là pouvaient faire la course, les neutrinos grifferaient les photons de 20 mètres sur la ligne d'arrivée pour une telle distance.

Ce qui impressionne le plus les physiciens, c'est ce rapport entre **60 nanosecondes et 10 nanosecondes**.

Les signataires de l'article publié se refusent à toute interprétation de leurs résultats. Et insistent eux-mêmes pour que le journaliste n'utilise pas le mot «*découverte*» pour les qualifier. Une prudence extrême qui s'alimente d'abord aux leçons des annonces spectaculaires mais sans suite, dont la physique nous a déjà gratifiés. Les théoriciens en profite pour passer un message au public: «*Si la science ne se trompait jamais, que toutes les expériences donnaient des résultats parfaits, ce serait suspect. La présence de résultats absurdes et d'erreurs ensuite corrigées, finalement, c'est la différence entre la science et la magie.*» Erreur? S'il y en a une, elle doit être vraiment «*subtile*», répond Dominique Duchesneau.

Une prudence qui s'explique aussi par la contradiction avec d'innombrables mesures effectuées depuis un siècle. En effet, la relativité d'Einstein est une théorie qui a toujours été confirmée par les observations. Pour citer un exemple relativement récent, lors de l'explosion de la supernova SN 1987A², les neutrinos et les photons créés par le cataclysme stellaire ont mis exactement le même temps pour nous atteindre, ce qui contredit les résultats d'OPERA.

Des incertitudes demeurent

En présentant ces résultats à la communauté scientifique vendredi soir, Dario Auterio, le coordinateur du projet, a été ovationné par les scientifiques du CERN. Mais de très nombreuses incertitudes subsistent. La vitesse des neutrinos a été calculée en divisant la distance parcourue (730 km) par le temps de vol (2,4 millisecondes). Mais la précision de mesure de ces deux paramètres est sensible à de nombreux facteurs extérieurs comme l'effet de marée de la Lune, la température du sol ou la rotation de la Terre (pour la distance) et la précision intrinsèque du GPS (pour le temps). Prudents, les chercheurs estiment qu'en attendant confirmation, ces résultats doivent être considérés comme des «*anomalies*». **Cet écart «*faible mais significatif*» est pour l'instant inexplicable.**

Les physiciens ont fait et refait leurs calculs, mesuré la distance parcourue par le faisceau de neutrinos à 20 centimètres près, déterminé la durée du parcours à moins de 15 nanosecondes près, etc.

Pour l'écart relatif $(v - c)/c$ de la vitesse v des neutrinos par rapport à celle (c) de la lumière, l'équipe d'OPERA obtient la valeur $(2,48 \pm 0,58) \times 10^{-5}$, ce qui correspond à une vitesse des neutrinos qui dépasse celle de la lumière d'environ 6 kilomètres par seconde.

Une collaboration japonaise, T2K, envisage aussi de faire des tests sur ses neutrinos mais sur 300 kilomètres seulement, ce qui complique la vérification.

Si aucune faille ne peut être trouvée et d'autres expériences confirment le résultat, il faudra bien accepter sa validité et chercher une explication. ...

² SN 1987A est le nom d'une supernova du Grand Nuage de Magellan, une galaxie naine proche de la Voie lactée visible depuis l'hémisphère sud. Les premières observations du phénomène ont été faites quelques heures à peine après que son éclat ait atteint la Terre, dans la nuit du 23 février 1987 par plusieurs astronomes amateurs et professionnels d'Amérique du Sud, Australie et Nouvelle-Zélande.

Quelques pistes de travail:

1. Chercher les définitions des mots que vous ne comprenez pas dans ce texte
2. Relevez tous les termes liés aux doutes des physiciens (champ lexical)
3. Vérifiez par un calcul correctement expliqué la vitesse des neutrinos
4. Calcul l'écart relatif de cette vitesse par rapport à celle de la lumière
5. Expliquez avec vos mots pourquoi les scientifiques ne considèrent pas encore ce résultat comme une valeur établie.
6.

- 🌀 **Une restitution orale de vos résultats vous sera demandée devant le reste du groupe.**
- 🌀 **Vous présenterez donc vos résultats dans un document tel que définit en début d'année**
- 🌀 **Selon le temps dont vous disposerez, il pourra également vous être demandé de présenter vos résultats à l'aide d'un diaporama » (une diapo par question).**