

39 Détection de particules

Ce dossier contient :

- l'annonce de l'anomalie détectée publiée dans un quotidien ;
- une analyse de l'information publiée par un magazine scientifique grand public ;
- un schéma expliquant les dispositifs de détection de particules.

L'objectif de cet exercice est de rédiger une synthèse de documents afin :

- d'expliquer en quoi les résultats annoncés constituent une anomalie pour les scientifiques ;
- de relever et d'expliquer quelques arguments en faveur ou en défaveur d'une anomalie due à des erreurs de mesures ;
- de donner des pistes sur les conséquences d'une éventuelle confirmation des résultats.

Le texte rédigé, de 25 à 30 lignes, devra être clair et structuré et l'argumentation reposera sur les documents proposés.

DOCUMENT 1. Détection d'une anomalie

Le 24 septembre 2011 paraissait un article dans la presse quotidienne, annonçant un résultat enregistré au cours d'une expérience concernant la physique des particules. Ce résultat était si inattendu que, fait rare dans le domaine de la recherche fondamentale, tous les médias s'en sont fait l'écho auprès du grand public aussitôt l'annonce faite par des chercheurs du CERN. Ces chercheurs ont eux-mêmes tenu l'information secrète pendant six mois afin d'étayer leur résultat par de nombreux contrôles et calculs.

Le résultat a été observé au cours d'une série d'expériences désignée par l'acronyme OPERA menées par une équipe internationale. Ces expériences étaient destinées à étudier le comportement des neutrinos, particules de masse quasi-nulle et interagissant extrêmement peu avec la matière. Ces particules étaient émises au CERN à Genève et étaient détectées 730 km plus loin, au laboratoire souterrain du Gran Sasso en Italie (compte tenu de la faiblesse des interactions, le voyage des neutrinos se fait sans problème à travers la Terre).

Le physicien Dario Autiero a eu l'idée de vérifier le temps de parcours de ces particules. La longueur du parcours a été mesurée à 20 cm près et le temps de parcours à 10 ns près. Tous les effets parasites ont été pris en compte, jusqu'à ceux dus à la dérive des continents. Or, l'équipe de chercheurs a trouvé que les particules se déplaçaient à une vitesse dépassant de 0,002 % la vitesse de la lumière dans le vide. Le caractère indépassable de la lumière, un des piliers de la physique, serait donc ébranlé.

39 Détection de particules

DOCUMENT 2. Analyse de l'information publiée

Faut-il vraiment y croire ?

Depuis le 23 septembre, la question court dans les laboratoires. Des particules nommées neutrinos ont-elles réellement voyagé plus vite que la lumière, entre l'accélérateur du CERN à Genève et le laboratoire de physique des particules du Gran Sasso, à 730 km de là ?

Si c'est le cas, le « petit neutre » vient de briser le sacro-saint principe d'inviolabilité de la vitesse de la lumière, au coeur de la physique depuis Einstein.

À l'image de Stavros Katsanevas, certains physiciens sont enthousiastes : « *Qu'il soit confirmé ou pas, le résultat de l'expérience Opera est très excitant. Je suis persuadé que nous en apprendrons beaucoup* », confie le directeur scientifique de l'IN2P3. Pierre Binétruy, directeur du laboratoire Astroparticule et cosmologie, partage le même avis et explore d'ores et déjà les pistes théoriques qui pourraient l'expliquer. D'autres chercheurs, en revanche, pensent que ce résultat sans validation indépendante n'aurait jamais dû être rendu public. Sans aller jusque-là, Peter Wolf se déclare sceptique : « *Depuis un siècle, il y a eu de nombreuses annonces de ce genre et aucune n'a été confirmée* », rappelle ce spécialiste de la mesure du temps au laboratoire LNE-Syrte. Tous, quoi qu'il en soit, s'accordent sur ce constat : soit une erreur se niche dans l'expérience, soit la physique du neutrino est mal comprise et mystifie les physiciens, soit ces particules ont réellement dépassé la vitesse de la lumière et il faudra bien l'expliquer.

Bien que l'équipe d'Opera ait passé plusieurs mois en vérifications, une source d'erreur cachée a pu leur échapper. Sur le principe, la vitesse des neutrinos est le rapport entre la distance qu'ils ont parcourue et la durée du trajet. Selon Dario Autiero, qui a conduit l'expérience Opera, la distance entre le Cern et le Gran Sasso a été mesurée à 20 cm près grâce à des GPS. À l'aide d'horloges atomiques, le temps de parcours des neutrinos a, lui, été chronométré avec une précision de 10 milliardièmes de seconde. « *C'est tout à fait faisable, mais il faut savoir que, dans une chaîne de mesure, chaque appareil, chaque câble induit un retard électronique dont il faut tenir compte soigneusement*, précise Peter Wolf. *Le moindre oubli expliquerait facilement l'avance apparente des neutrinos !* » L'effet de la Lune et du Soleil, par les marées, peut jouer aussi sur la distance entre le CERN et le Gran Sasso. Idem pour la rotation et la gravité de la Terre, qui influent sur l'estimation du temps mis par la lumière pour faire ce trajet en ligne droite.

La « grande confiance » que Dario Autiero et ses collègues accordent à leur résultat invite malgré tout à envisager une autre piste : et si le neutrino nous mystifiait ? Après tout, c'est une particule bizarre.

[...]

Si l'on en croit les chercheurs qui ont détecté la bouffée de neutrinos issus de la supernova du Nuage de Magellan, en 1987, le résultat d'Opera est forcément faux. À l'époque, malgré la distance phénoménale de l'explosion, ces neutrinos avaient atteint la Terre pratiquement en même temps que le flash lumineux. Ils auraient dû avoir trois ans d'avance... « *Sauf que les neutrinos d'Opera sont mille fois plus énergétiques que ceux de la supernova 1987A* » tempère Pierre Binétruy. Il est possible que la violation de la vitesse de la lumière dépende de l'énergie des neutrinos –comme des théoriciens l'ont imaginé il y a deux ans–.

Pour de nombreux physiciens, l'existence de neutrinos supraluminiques est quand même difficile à accepter. L'inviolabilité de la vitesse de la lumière est le pivot de la théorie de la relativité restreinte. Or celle-ci est testée dans les laboratoires « *à la précision de 10^{-17}* », souligne Peter Wolf. En 2015, l'horloge à atomes froids PHARAO (la plus précise du monde), conçue par le CNES avec le LNE-Syrte, sera expédiée dans l'espace pour la préciser davantage.

Mais cela n'empêchera pas les théoriciens de réfléchir aux résultats d'Opera. « *Les lois fondamentales et les faits les plus importants de la science ont tous été découverts, et ils sont désormais si fermement*

39 Détection de particules

établis que la possibilité qu'ils soient un jour supplantés à la suite de nouvelles découvertes est excessivement réduite », écrivait le physicien américain Albert Michelson en 1899, six ans avant qu'Einstein ne révolutionne la connaissance. Confrontés à des problèmes qui leur rappellent sans cesse que la physique n'est pas achevée, les chercheurs contemporains ont retenu la leçon. Voilà pourquoi, dans la suite, nous avons choisi d'explorer cette dernière hypothèse, la plus incertaine mais aussi la plus excitante. Et si les neutrinos détectés par Opera avaient effectivement voyagé plus vite que la lumière ?

[...]

Quelles conséquences pratiques peut-on imaginer à l'existence de particules plus rapides que la lumière ?

L'histoire nous apprend que les théories physiques les plus efficaces à décrire le monde, même lorsqu'elles traitent d'objets fort différents de notre quotidien, se traduisent souvent par des applications pratiques généralement très éloignées des motivations initiales des physiciens ! La relativité restreinte d'Einstein (1905), qui traite des notions fondamentales d'espace et de temps, a rendu possible l'existence quarante ans plus tard de la bombe atomique. Sans la relativité générale (1915), qui a révolutionné notre conception de la gravitation, le GPS n'aurait jamais été inventé dans les années 1970. La physique quantique, conçue dans les années 1920 pour décrire le monde subatomique, a pour sa part donné naissance au laser. Si l'observation d'Opera aide à faire naître une théorie nouvelle, celle-ci aura probablement des conséquences pratiques. Mais nul ne peut dire lesquelles.

D'après *Ciel et Espace*, David Fossé, novembre 2011

39 Détection de particules

DOCUMENT 3. Dispositif de détection de particules

