

École Internationale d'Astrophysique Daniel Chalonge Héctor de Vega
Session Ouverte de la Culture Scientifique
Les dernières nouvelles de l'Univers
Observatoire de Paris
Paris 19 mai 2016

**La théorie de la relativité, les ondes gravitationnelles et leur
pionnier oublié: Henri Poincaré**

Hélios Jaime
Épistémologue
Chercheur en Linguistique
Dr. en Littérature comparée
Sorbonne

Dans les premiers mois de cette année, la presse scientifique confirmait un événement qui ouvre un nouvel horizon sur les recherches cosmologiques et sur la vision de l'Univers: la première détection directe des ondes gravitationnelles. Cette détection avait été réalisée, en septembre 2015, aux États Unis par les deux ensembles d'instruments dont l'étendue est considérable, chacun mesure 4 kilomètres, de l'Observatoire LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory).

En fait, si j'avais dû donner à mon intervention un titre en anglais, je l'aurais intitulée: *Against forgetting*, que l'on pourrait traduire en français par la périphrase: *ceux qui sont encore une fois oubliés*. Pourquoi la devrais-je intitulée de la sorte? Mais, vous allez mieux comprendre car, je vous parlerai de quelqu'un qui vous connaissez bien, mais qui est souvent oublié. Il s'agit d'un grand scientifique et philosophe des sciences dont la pensée garde toute sa vigueur, je me réfère à Henri Poincaré.

Bref aperçu sur les origines de la théorie de la relativité

C'est connu qu'en 1905, Albert Einstein publie les principes théoriques de la relativité, dans les *Annalen der Physik*. Le titre de son travail est *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*. Mais, c'est qui est moins

connu , du moins par le public cultivé qui a un intérêt pour la science, est le fait que Principe de la relativité avait été annoncé, trois ans avant, en 1902, par Henri Poincaré dans son traité, *La Science et l'Hypothèse*¹. Cet ouvrage est le recueil augmenté et corrigé des travaux et des recherches que Poincaré avait fait auparavant. C'est dans cet essai, qui prélude une nouvelle ère dans l'épistémologie, que Poincaré introduit les principes relativistes.

Toutefois, l'une des données importantes pour la conception de la théorie de la relativité a été fournie par les expériences faites, vers la fin du XIXe siècle, par Albert Michelson et par Edward Morley. Ils avaient démontré que deux vaisseaux naviguant à la vitesse de la lumière quoi qu'il en soit la direction prise, arrivaient tous les deux en même temps, ce qui rendait obsolète la vitesse attribuée à l'éther. Cette constatation rend explicite le fait qu'il faut considérer la vitesse de la lumière comme étant la même dans n'importe quel l'espace de l'Univers.

Mais revenons à l'apport de Poincaré. En 1904, Poincaré avait exposé le "principe relativiste" qu'il ajoutait à la liste des autres grands principes de la physique. D'ailleurs, dans son article, *Sur la dynamique de l'électron*, paru le 5 juin 1905 dans les *Comptes rendus de l'Académie de Sciences de Paris*, et surtout dans "Le Memoire de Palerme" dont l'article complet a été exposé et commenté, durant la Session de culture scientifique précédente, par Madame Norma Sanchez, Poincaré développe le formalisme mathématique permettant de concevoir le temps lié à l'espace et d'établir la quatrième dimension².

En fait, Poincaré plus qu'un excellent mathématicien, était un innovateur des sciences physiques et mathématiques. Lors de la séance du 31 octobre 1892 à l'Académie des sciences, Poincaré présente son travail, *Sur l'analysus situs*. Cet opuscule est d'une grande importance pour la naissance de la topologie. C'est dans ce travail qu'il développe les notions d'une nouvelle géométrie sur les espaces de plus de trois dimensions. Il présente également la notion d'homéomorphisme : deux formes sont homéomorphes, ou topologiquement équivalents, si l'une peut devenir, par des transformations en continuum, l'autre soit par étirement, soit par plissement ou par compression.

En physique, les recherches de Poincaré portent sur la lumière et les ondes électromagnétiques, mais également sur la théorie des quanta. En tenant compte de la profondeur de ses analyses et de la diversité thématique de ses

¹ *La Science et l'Hypothèse* a été réédité en 1968 à Paris par Flammarion.

² J.J.A. Mooij, *La philosophie des mathématiques de Henri Poincaré*, Gauthier, Paris, 1966.

études, ce n'est pas étonnant qu'il arrive à établir les principes de la relativité restreinte.

D'ailleurs, c'est lui qui donne aux formulations de Hendrik Lorenz, par lesquelles on peut passer d'un système de références à trois dimensions à un autre de quatre, le nom de transformations de Lorenz. En fait, la loi de transformation qui permet passer d'un système à un autre est une sorte de généralisation à quatre dimensions des lois de transformation des coordonnées ordinaires à deux ou trois dimensions. "Tous les référentiels à vitesse relative uniforme sont équivalents, la forme des lois physiques étant invariante sous les transformations de Lorenz"³. Celles-ci, gardent les équations de Maxwell et la propriété constante de la vitesse de la lumière.

Or, l'article par lequel Einstein commence à être connu dans le milieu scientifique, avait été publié en juillet 1905, c'est-à-dire, presque un mois après la publication du travail de Poincaré à l'Académie des Sciences et trois ans plus tard que la *Science et l'Hypothèse*. D'ailleurs, dans un autre livre, *La valeur de la science*, publié en 1905, Poincaré développe le principe de la relativité⁴. Poincaré avait déjà une renommée internationale.

Dans son livre, *Une brève histoire du temps*, Hawking essaye de pallier cette situation plutôt embarrassante. Il reconnaît l'apport incontournable de Poincaré à l'élaboration de la théorie de la relativité. Voici ce que dit Hawking: "Les arguments d'Einstein étant de nature plus physique que ceux de Poincaré – qui avait abordé le problème en mathématicien – Einstein est habituellement crédité de la nouvelle théorie, mais on doit se souvenir de Poincaré comme un nom attaché à une partie importante de cette théorie"⁵.

Pourtant, dans une théorie de cette importance, je ne vois pas bien pourquoi l'apport mathématique serait-il moins important que les données physiques. Ce qui augmente ma perplexité, c'est le fait connu que toute théorie physique ne peut pas, pour ne pas dire exister, prendre forme sans la mathématique. En tant que linguiste, je donne un exemple comparatif: cela serait comme concevoir une pensée sans langage.

Quoi qu'il en soit, c'est Poincaré qui, en 1905, propose le formalisme mathématique permettant, quelques années plus tard, en 1908, à Hermann Minkovski de l'employer pour assimiler le temps à l'espace⁶.

³ Jean-Pierre Luminet, *L'invention du Big Bang*, Seuil Sciences, Paris, 2004, p. 25.

⁴ Voir *La valeur de la science*, Flammarion, Paris, 1970, p. 132 et sqq.

⁵ *Une brève histoire du temps*, Flammarion, Paris, 1989, p. 42.

⁶ *Le destin de l'Univers*, T I, p. 77.

Ondes gravitationnelles

À présent, je rappellerai certaines données que vous connaissez mais qui, d'une part, font penser à l'existence des ondes gravitationnelles, et d'autre part, elles rendent plus précis l'apport de Poincaré et le rôle d'Einstein pour leur prévisions.

Vous savez bien que, par l'effet de rotation sur elles-mêmes, les étoiles ne sont pas sphériques mais elles sont aplaties aux pôles. Leur champ gravitationnel, comme leur vie, évolue dans le temps. Ainsi, la courbure que le champ gravitationnel, par son action, impose graduellement à l'espace-temps doit correspondre avec chaque moment des changements de la structure de la matière. Tout cela se passe à la vitesse de la lumière. Cependant, les ondes gravitationnelles émises par l'étoile deviennent de plus en plus intenses au fur et à mesure qu'elle s'effondre. Le moment le plus intense de l'émission des ondes gravitationnelles arrive quand l'étoile commence à devenir un trou noir.

Or, toute hypothèse ou théorie scientifique ne jaillit pas par génération spontanée. L'une et l'autre sont les conséquences de l'évolution des connaissances et du génie visionnaire de certains scientifiques. En fait, l'existence des ondes gravitationnelles avait été prévue dans les premières années du XXe siècle.

Bien que, à cause de la brièveté de l'intervention, nous ne puissions pas étudier en détail comment on est arrivé à la conception de cette hypothèse, qui sera confirmée un siècle plus tard, nous allons, tout de même, jeter un coup d'œil à son historique.

Le physicien français, Paul Langevin en étudiant l'inertie de l'énergie et ses conséquences, avait établi les principes d'une nouvelle mécanique: la masse dépend de la vitesse, c'est-à-dire- de l'énergie. Cela signifie que la masse est variable en fonction de l'énergie. Ainsi, le principe de la masse absolue est mis en question.

En outre, dans deux articles publiés, le premier à Amsterdam en 1892, et le deuxième, à Leyde en 1895⁷, Hendrik Lorentz suggère que la gravitation ne se manifeste pas d'une manière instantanée, mais qu'elle peut répandre son action à la vitesse de la lumière⁸.

⁷ Hendrik Lorentz, Albert Einstein, Albert Minkovski et Weyle Hermann, *The Principle of Relativity*, Dover Publication, New York, 1952.

⁸ Voir Jean-Pierre Luminet, *Le destin de l'Univers*, T I, pp. 102-104.

Or, on sait que Henri Poincaré connaît bien les travaux de Lorenz. Dans un autre article paru au début juillet 1905, Poincaré émet l'hypothèse que toutes les forces ou énergies peuvent se transformer suivant les lois de Lorenz. Ainsi, il démontre que, selon cette interprétation, les lois sur la gravitation de Newton, ne seraient plus valables pour expliquer la diffusion gravitationnelle. Par conséquent, il pense que la gravitation doit se répandre par des ondes à la vitesse de la lumière.

Certes, dans sa biographie parue lors du centenaire de sa disparition, en 2012,⁹, on met en exergue la pensée scientifique et philosophique de Poincaré, cependant, on ne mentionne pas sa contribution pionnière sur la relativité ni sa réflexion primordiale sur les ondes gravitationnelles qu'il appelait « gravifiques ».

Or, en tant que linguiste, le mot *gravifique*, me semble plus approprié à qualifier cette sorte d'ondes. En effet, par son suffixe *-fique*, qui procède du latin – *ficium*, ce terme, *gravifique*, dénote l'activité ou l'effet de la gravitation.

La question *Où va la science?* proposée par l'École Daniel Chalonge, problématique que je considère, comme d'autres épistémologues et scientifiques, tout à fait nécessaire, peut amener à se demander sur l'oubli de mentionner la contribution fort importante et pionnière de Henri Poincaré à la relativité.

Dans son livre publié en 1908, *Science et méthode*, Henri Poincaré exprime sa pensée sur les principes de la science. Pour lui, la science ne doit pas se réduire à une technique utilitaire.

Nous avons vu que Henri Poincaré était un pionnier de la relativité et des ondes gravitationnelles. Cette remise en place de l'importance des découvertes de Poincaré ne relève que de la justice scientifique, et elle n'enlève rien à l'apport extraordinaire d'Einstein.

Hélios Jaime

⁹ Jean-Marc Ginoux & Christian Gerini, *Henri Poincaré: une biographie au(x) quotidiens(s)*, Ellipses, Paris, 2012.