



La relativité, une théorie mal connue

Christian FONTEIX

Professeur Émérite à l'ENSGSI

14 12 2020

Introduction

Il existe deux théories de la relativité. Leur différence tient à la façon de concevoir l'espace et le temps dans lequel nous vivons. La première est la relativité restreinte (special relativity) et la deuxième la relativité générale. Dans le premier cas, l'espace est de type Euclidien. On dit que l'espace-temps est plat. La gravité est une force qui n'est pas liée à la structure de l'espace-temps, mais due uniquement à la position des différentes masses. Dans le cas de la relativité générale, l'espace-temps est courbe. C'est cette courbure qui provoque la force de gravitation : celle-ci n'existe pas indépendamment de la structure de l'espace-temps. Nous ne parlerons ici que de la relativité restreinte.

La limitation de vitesse

Le point important dans les deux théories est que rien, matière ou onde, ne peut se déplacer à une vitesse supérieure à celle de la lumière dans le vide. En particulier, la gravité ne peut que se transmettre à cette vitesse, contrairement aux hypothèses d'Isaac NEWTON, pour qui elle se transmettait instantanément. C'est pourquoi il est fréquent d'entendre que la gravité est incompatible avec la relativité.



EUCLIDE d'Alexandrie



Isaac NEWTON

C'est faux, car il existe une force non mesurable sur terre : la force magnéto-gravitationnelle. Dans le cas de la relativité restreinte, la gravitation est calquée sur l'électromagnétisme. Pourtant, il existe des cas où l'information est transmise instantanément, liés à la mécanique quantique. Par exemple, nous savons maintenant exciter deux cristaux simultanément avec un seul et unique photon. Les deux cristaux sont alors intriqués. C'est l'intrication quantique. Un des deux cristaux est transporté loin du premier (Paris et Caen dans une expérience française). Lorsqu'on excite de nouveau un des deux cristaux l'autre réagit

instantanément. C'est pourquoi ce procédé est envisagé pour réaliser les futures télécommunications entre la terre et une fusée lointaine. Cependant cela explique aussi la difficulté actuelle de fusionner la mécanique quantique et la relativité.



Henri POINCARÉ



Henrik A. LORENTZ



David HILBERT



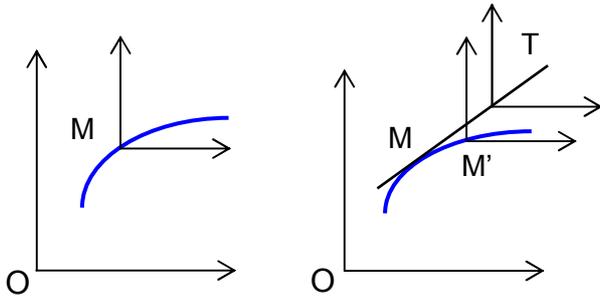
Albert EINSTEIN

Historique

Henri POINCARÉ, né en 1854 à Nancy, fut invité en 1900 à la fête des 25 ans de la thèse d'Hendrik Antoon LORENTZ. Il y présenta une conférence en français, conservée à la Bibliothèque Nationale de Hollande. Il y exposait les premiers éléments de la relativité restreinte (équivalence masse-énergie). En 1904 LORENTZ publia les équations permettant de passer d'un repère à un autre. Malheureusement une erreur s'y était glissée. POINCARÉ écrivit donc un article pour corriger cette erreur. Avant de le publier, il l'envoya à David HILBERT pour avis. Finalement Henri POINCARÉ publia son article le 05/06/1905 (en français) dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. Bien qu'Albert EINSTEIN ait bien connu David HILBERT, il semble certain que ce dernier ne lui a pas transmis le texte de POINCARÉ. Albert EINSTEIN publia son article le 30/06/1905 dans *Annalen der Physik*, sans citer LORENTZ ni POINCARÉ. Il était prévu que le prix Nobel soit attribué aux deux physiciens, mais le décès de POINCARÉ en a décidé autrement. Notons que l'histoire a retenu le nom d'Albert EINSTEIN et oublié celui d'Henri POINCARÉ, sauf par le fait qu'il a donné, par respect pour son ami, le nom de "transformation de LORENTZ" à ses équations. C'est le nom retenu par l'histoire.

Changement de repère inertiel

Un repère inertiel est un repère Galiléen dans lequel des forces non inertielles peuvent exister. La figure de gauche montre la trajectoire d'un point M dans R de centre O, et un repère centré sur M à l'instant t dans R. La figure de droite indique la position M' du point à $t' \neq t$, et le repère inertiel tangent R_T , centré sur T à l'instant t' dans R, qui s'est déplacé de M à T à vitesse constante, égale à la vitesse de M dans R à l'instant t . Ainsi, T se déplace sur la droite tangente à la trajectoire du point matériel en M.



Le repère R_e , dont le centre a suivi la trajectoire du point matériel, est le repère entraîné. Ici les directions des axes restent parallèles à celles de R. Il est clair que les vitesses du point en M sont nulles dans R_T et R_e . Par contre, les accélérations et donc les forces, ne sont pas les mêmes dans ces deux repères. Les équations de LORENTZ permettent de passer d'un repère inertiel à un autre. Le repère inertiel tangent joue un rôle particulier. Ce qui est remarquable, c'est qu'il existe un invariant dont la valeur est la même dans tous les repères inertiels. Il s'agit de la distance parcourue par un mobile au carré moins celle qu'aurait parcourue la lumière dans le vide pendant le même temps, également au carré.

Indissociabilité du temps et de l'espace

Le principe d'inséparabilité du temps et de l'espace a été édicté par Hermann MINKOWSKI. Nombre d'erreurs ont été faites par bien des scientifiques pour ne pas en avoir tenu compte. En effet, lors d'un changement de repère inertiel, une partie du temps du premier devient de l'espace dans le second.

De même, une partie de l'espace du premier devient du temps dans le second. En relativité restreinte, l'espace-temps est non-Euclidien. Par contre l'espace proprement dit est Euclidien tant que l'on se place dans un repère inertiel unique. En conséquence, il est impossible de prendre certaines distances dans un repère inertiel et d'autres dans un autre pour utiliser des formules de trigonométrie Euclidienne. Il existe un deuxième invariant : l'*hypervolume* (produit du volume

par le temps). Comme le temps est différent dans chaque repère, il en est de même pour les volumes. Par exemple, l'écoulement du temps dans une fusée est plus lent que sur terre selon les équations de LORENTZ.



Hermann MINKOWSKI



Paul LANGEVIN

Paradoxe des jumeaux de LANGEVIN

Paul LANGEVIN raisonnait ainsi : soit 2 jumeaux, appelons les Paul et Pierre, Paul est dans une fusée et Pierre reste sur terre. La fusée se déplace à grande vitesse par rapport à la terre, donc le temps s'écoule moins vite à l'intérieur que sur terre. Ainsi, lorsque la fusée reviendra sur terre, Pierre sera plus vieux que Paul. C'est ce que pense Pierre, car c'est lui qui utilise les équations de LORENTZ. Pourtant, pour Paul, c'est la terre qui s'éloigne à grande vitesse de la fusée. À son point de vue, c'est lui qui sera le plus vieux des deux selon les équations de LORENTZ. Qu'en est-il donc ? Nous n'en savons rien car la vitesse de nos fusées est trop faible. Seule une expérimentation donnerait la réponse. A quand une fusée approchant la vitesse de la lumière ?

Conclusion

Comme le temps ne s'écoule pas de la même façon dans chaque repère inertiel, EINSTEIN en a déduit que le temps était relatif (de même pour l'espace). C'est ce qui a donné son nom à cette théorie. EINSTEIN est allé plus loin en affirmant que le temps universel n'existe pas. Qu'en est-il de la réalité ? Il semble sûr que le temps, qui a un sens pour chacun d'entre nous, est celui que nous vivons. Quand au ralentissement du temps prévu par les équations de LORENTZ, ne serait-ce pas qu'une "erreur de parallaxe" ? Il reste encore beaucoup de travail pour bien maîtriser la relativité restreinte, et plus encore pour la relativité générale.