

Avant-Propos

La participation d'Henri Poincaré à la construction de la Relativité restreinte a fait l'objet de nombreuses controverses dans lesquelles la polémique a, bien souvent, relégué au deuxième plan l'analyse scientifique de son apport.

C'est cette perspective que nous voudrions inverser, en retraçant, de façon aussi objective que possible, l'ensemble de réflexions et de travaux qui ont conduit Poincaré à la découverte du groupe auquel il a donné le nom de Lorentz, et à celle d'un certain nombre de ses applications.

Pour le lecteur habitué aux textes polémiques, deux mises en garde peuvent être utiles.

Poincaré est le personnage central de cette étude ; les autres protagonistes de la création de la théorie n'y sont mentionnés que pour situer leurs approches par rapport à la sienne. Cela ne veut pas dire – est-il besoin de le préciser ? – que nous considérons Poincaré comme le personnage central de la création de la Relativité restreinte.

De la même façon, si beaucoup des auteurs cités sont français, c'est parce que la carrière de Poincaré s'est déroulée en France, à une époque où la science était moins internationale qu'aujourd'hui ; mais la stature exceptionnelle de Poincaré ne peut pas masquer l'état embryonnaire de la physique théorique française de son époque.

Nous aurons d'ailleurs l'occasion de montrer que c'est en Allemagne que son œuvre, dans le domaine de la Relativité, a été le plus tôt et le mieux comprise.

Chapitre 1

Introduction

*Gefühl ist alles ;
Name ist Schall und Rauch,
Umnebelnd Himmelsglut.
Faust¹*

Le mythe d'une théorie de la relativité, apparaissant subitement – complète et définitive – le 26 septembre 1905 dans les pages des *Annalen der Physik*, a vécu depuis déjà quelques temps.

Tous les historiens des sciences sérieux savent aujourd'hui que la Relativité restreinte, telle que nous la connaissons, est l'œuvre d'un ensemble de scientifiques (Lorentz, Poincaré, Einstein, Planck, Minkowski et d'autres), et qu'elle a pris plusieurs années pour atteindre sa forme définitive.

Le rôle d'Einstein dans cette aventure est bien connu, même s'il est souvent déformé, certains commentateurs, comme Whittaker, ne l'appréciant pas à sa juste valeur, et d'autres, comme Pais², prétendant voir dans ses articles de 1905 des idées qu'Einstein n'a faites siennes que plusieurs années plus tard.

La contribution de Poincaré, quand à elle, pour des raisons variées sur lesquelles nous aurons à revenir, est très mal connue, même de ceux comme Whittaker qui lui attribuent une importance primordiale.

¹*Le sentiment est tout ; le nom n'est que bruit et fumée qui nous voile l'éclat des cieux.* C'est par un extrait de ces vers de Goethe (traduction Gérard de Nerval) que Poincaré a terminé sa controverse avec Klein sur la dénomination des fonctions fuchsienues : « *Il serait ridicule, d'ailleurs, de nous disputer plus longtemps pour un nom. Name ist Schall und Rauch et après tout ça m'est égal, faites comme vous voudrez, je ferai comme je voudrai de mon côté [241].* »

²Dans son livre *Subtle is the Lord...*, Pais affirme que la notion de groupe de Lorentz se trouve dans le premier article d'Einstein [54], alors qu'elle apparaît pour la première fois dans ses écrits en 1910 [60]. Quand il dit analyser ce premier article, il présente en réalité l'article de revue de 1907 [59]. La valeur de Pais en tant que physicien, et la qualité remarquable de ses analyses scientifiques, ne doivent pas dissimuler que son ouvrage n'est pas celui d'un historien.

Notre but dans cette étude n'est pas d'établir les mérites respectifs de tel ou tel des protagonistes. Ce genre d'activité est parfaitement stérile, et l'on sait d'ailleurs ce qu'en pensait Poincaré³. Nous voudrions simplement essayer de faire comprendre l'étendue et la nature réelle de l'œuvre de Poincaré dans le domaine de la Relativité.

Cette entreprise est difficile et nous ne nous flattons pas de l'avoir parfaitement menée à bien. Les raisons de cette difficulté, qui sont aussi celles de la relative méconnaissance de l'œuvre de Poincaré, sont multiples.

La première est que l'on ne peut pas comprendre entièrement la pensée de Poincaré si l'on se borne à lire les deux articles de 1905. Suivant l'habitude d'économie de temps qui est la sienne, il y donne, quasiment en vrac, les résultats qu'il vient d'obtenir, sans chercher à les relier à ses recherches antérieures sur la question. Or l'approche de la Relativité par Poincaré est une approche progressive ; ces deux articles ont été préparés par une étude approfondie des théories de l'électromagnétisme et une réflexion critique sur les notions d'espace et de temps, jalonnées par de nombreuses publications.

Plus que les articles de vulgarisation ultérieurs, qui sont intéressants, mais demandent souvent un décryptage – autre difficulté – ce sont donc les textes antérieurs à 1905 qu'il faut d'abord analyser, ce qui ouvre un très vaste champ d'étude.

Le travail sur l'électromagnétisme s'est étendu sur une quinzaine d'année, mais il est assez bien délimité, et, si tous les textes pertinents ne sont pas toujours faciles à lire, il est par contre relativement aisé d'en établir une liste exhaustive.

La réflexion sur la notion d'espace, au contraire, est intimement mêlée aux travaux de Poincaré sur les géométries non-euclidiennes et la géométrie en général ; les premiers textes qui la concernent remontent à 1880 et beaucoup d'entre eux sont généralement répertoriés sous la rubrique « mathématiques », plutôt que « physique ». Sauf à lire l'œuvre complète de Poincaré, il est difficile de prétendre à l'exhaustivité dans ce domaine.

Une autre difficulté pour appréhender l'apport de Poincaré à la Relativité est de bien comprendre le rapport subtil de son travail avec celui de Lorentz.

Poincaré présente toujours ses résultats comme « la théorie de Lorentz⁴ », mais, s'il est vrai qu'il ne les aurait pas obtenus s'il n'avait eu le travail de

³« *Les savants devraient aussi être indifférents à la gloire ; quand on a eu le bonheur de faire une découverte, que peut être la satisfaction de lui donner son nom, auprès de la joie d'avoir contemplé un instant la vérité face à face ?* » (Introduction de *Savants et Écrivains* [224]).

⁴Il est important de réaliser que l'expression, à l'époque, ne désigne pas seulement une variante améliorée de l'électrodynamique de Maxwell, mais aussi l'ébauche d'une théorie de la structure microscopique de la matière, comme assemblage de particules chargées, dont la découverte de l'effet Zeeman sera la première vérification.

Lorentz comme point de départ, ce qu'il expose est sa lecture de Lorentz, et cette lecture est, le plus souvent, un contre sens inspiré.

Réciproquement, ni en 1900, ni en 1905, Lorentz n'a vraiment compris le message de Poincaré, tel qu'il apparaît dans le cours d'électricité [193] et la contribution [188] au Jubilé de Lorentz d'abord, et ensuite dans le mémoire de Palerme⁵.

Mais l'obstacle majeur à l'évaluation correcte de son apport à la Relativité réside dans la personnalité hors normes de Poincaré, qui n'entre dans aucune des catégories professionnelles que nous désignons aujourd'hui par « physiciens » et « mathématiciens ».

Poincaré est certes, avant tout, un mathématicien, et ses idées en mathématiques sont très en avance sur son temps ; mais il s'intéresse aussi très vivement à la physique ; et dans les deux domaines il conçoit de la même façon son rôle : celui d'un explorateur qui utilise tous les moyens dont il dispose pour étendre notre connaissance de l'Univers.

Sa conception des rapports entre physique et mathématiques est cependant très différente de celle d'un Hilbert ou d'un Minkowski ; il n'est pas de ces mathématiciens qui prétendent faire le travail des physiciens à leur place.

Quand il fait de la physique, le matériau sur lequel il travaille, n'est pas constitué des faits expérimentaux⁶, mais des théories, qu'il compare, critique et modifie. Les moyens qu'il met en oeuvre dans cette critique, ce sont des méthodes et des concepts mathématiques qui, comme nous l'avons déjà dit, sont bien souvent très en avance sur ceux de ses contemporains. C'est pour cette raison que beaucoup de physiciens, non seulement de son époque, mais aussi des décennies suivantes, ne comprendront pas, ou comprendront imparfaitement, le contenu de sa contribution à la Relativité.

Le premier de ces concepts, celui qu'il considère comme « *une forme de notre entendement* » et dont il écrit [240] « *qu'il n'y a presque aucune théorie mathématique où cette notion ne tienne une place fondamentale* », est le concept de groupe. En plus des travaux purement mathématiques [183, 184, 192, 194, 201, 213] où elle apparaît, cette notion est fondamentale, aussi bien dans l'analyse par Poincaré des fondements de la géométrie : « *ce que nous appelons géométrie n'est pas autre chose que l'étude des propriétés formelles d'un certain groupe continu* » [182], que dans son approche de la Relativité dont elle constitue [204] « *le point essentiel* ».

Une contribution fondamentale de Poincaré à la Relativité est, en effet, d'avoir dégagé des tatonnements de Lorentz l'existence d'un groupe d'invariance de la physique, d'avoir établi son action sur l'ensemble des grandeurs,

⁵Nous utilisons l'expression « mémoire de Palerme » pour désigner l'article [209] paru en 1906 dans les *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*.

⁶Ce qui ne veut pas dire qu'il ne s'intéresse pas aux expériences. Comme on le verra à propos des ondes hertziennes et des travaux de Crémieu, il les suit de très près et, à l'occasion, fait même des suggestions aux expérimentateurs.

et d'avoir montré comment on pouvait l'utiliser pour contraindre la forme des lois.

Or il est bien connu que la théorie des groupes continus n'est devenue un outil courant des physiciens – d'une partie de ceux-ci au moins – que pendant la deuxième moitié du vingtième siècle, et cela après une résistance de beaucoup d'entre eux qu'évoque bien la célèbre expression « Gruppenpest ».

La familiarité des historiens des sciences avec la théorie des groupes n'étant sans doute pas plus grande que celle des physiciens, l'apport de Poincaré à la Relativité a été assez généralement sous-estimé pendant une très grande première moitié du vingtième siècle. Un petit nombre de scientifiques, dont nous verrons que presque tous étaient, d'une façon ou d'une autre, en relation avec Klein, sont les seuls à faire exception à cette incompréhension.

Le développement des applications de la théorie des groupes en physique quantique relativiste a ramené le nom de Poincaré dans le vocabulaire courant des physiciens – des physiciens des particules au moins – mais il n'est pas évident que tous ceux qui utilisent aujourd'hui l'expression « groupe de Poincaré » sachent vraiment ce que ce dernier a réalisé dans le domaine de la Relativité. C'est cet apport que nous allons essayer de décrire dans les pages suivantes.

Nous présenterons dans un premier chapitre les travaux de Poincaré, antérieurs en 1900, qui préparent sa contribution à la Relativité. Nous y insisterons plus particulièrement sur le rôle que le concept de groupe joue dans son approche de la géométrie.

Nous étudierons ensuite tous les textes en rapport avec la Relativité, écrits entre 1900 et 1912, en suivant l'ordre de leur parution. Pour les replacer dans leur contexte, nous serons conduits à discuter les travaux d'un certain nombre d'autres physiciens : Lorentz, Wien, Abraham, Langevin et surtout Einstein.

Nous évoquerons aussi la contribution de Poincaré à la théorie des quanta. Scientifiquement, ce sujet sort clairement du cadre de notre étude, mais la rencontre d'Einstein et de Poincaré à l'occasion du congrès Solvay de 1911 a, si souvent, été rapportée d'une façon déformée, qu'il est nécessaire, pour rétablir la vérité sur cette rencontre, de présenter la participation de Poincaré à cette réunion ainsi que son travail ultérieur sur le sujet des quanta.

Nous établirons, dans un dernier chapitre, le bilan des travaux relativistes de Poincaré. Nous y donnerons aussi une description de sa pédagogie, information qui peut être utile si l'on veut lire ses textes de vulgarisation. Nous étudierons enfin rapidement la réception de ses travaux au début du vingtième siècle.

Les appendices regroupent deux études plus techniques : la première sur le mémoire de Palerme et la seconde sur les cours de Poincaré. On y trouvera, avec elles, les textes de trois conférences peu connues.