

# Union des professeurs de physique et de chimie

## Faut-il réviser l'histoire de la relativité ? <sup>(1)</sup>

par **Olivier DARRIGOL**

CNRS - Laboratoire de recherches épistémologiques et historiques  
sur les sciences exactes et les institutions scientifiques (REHSEIS)

Université Paris 7 - Denis Diderot  
darrigol@paris7.jussieu.fr

### RÉSUMÉ

*L'histoire de la relativité restreinte a récemment été l'objet de plusieurs publications qui visent à faire de Henri POINCARÉ l'inventeur exclusif de cette théorie et qui jettent un doute sur la probité intellectuelle d'EINSTEIN. Ces thèses révisionnistes ne résistent pas à une étude historique sérieuse. La théorie d'EINSTEIN ne saurait être identifiée à la théorie antérieure de POINCARÉ, qui maintient l'éther et des notions d'espace et de temps « vrais » liés à ce milieu. L'histoire de la relativité doit être comprise comme un processus graduel et collectif auquel LORENTZ, POINCARÉ et EINSTEIN ont contribué dans des mesures comparables.*

Nous fêterons bientôt le centenaire de la théorie de la relativité. Au seuil de cet événement, se multiplient les écrits partisans qui font de Henri POINCARÉ le seul et véritable auteur de cette théorie. Dès 1951, le physicien mathématicien britannique Edmund WHITTAKER parlait de la « théorie de LORENTZ et POINCARÉ » et écartait délibérément le nom d'EINSTEIN. Ce jugement dérivait d'une conception de la théorie physique qui mettait en avant son appareil formel (le groupe de LORENTZ-POINCARÉ) et négligeait son architecture conceptuelle. Mais des forces plus obscures, telles que le chauvinisme, l'esprit d'École ou même l'antisémitisme, animent souvent les champions de la priorité de POINCARÉ, dont la gloire se passe très bien de ces redresseurs de torts. Leurs méthodes relèvent de la propagande : les citations de POINCARÉ sont artificiellement isolées de leur

(1) Cet article est paru l'hiver dernier dans *La lettre de l'Académie des sciences*, 2004, **14**, p. 6-7. Il est ici reproduit avec l'aimable autorisation de la direction de cette publication.

contexte, le jeune EINSTEIN est accusé de malhonnêteté, et l'on va même jusqu'à prêter aux scientifiques allemands de sombres machinations nationalistes.

À l'opposée de cette tendance, les historiens des sciences ont souvent fait d'EINSTEIN le seul découvreur de la relativité. Contrairement à WHITTAKER, ils ont relégué l'appareil formel au second plan et considéré la nouvelle cinématique d'EINSTEIN comme l'essentiel de la relativité (oubliant en cela que les fondateurs présumés d'autres théories, MAXWELL ou SCHRÖDINGER par exemple, ont donné les équations fondamentales sans connaître leur interprétation définitive). Ces historiens ont jugé les écrits pertinents de POINCARÉ confus et même contradictoires, faute d'avoir compris que celui-ci se situait dans un cadre conceptuel cohérent mais incompatible avec celui d'EINSTEIN. Par une lecture trop rapide du mathématicien français, ils ont manqué quelques étapes cruciales de l'histoire de la relativité. Cet autre genre d'aveuglement s'explique aisément par le caractère éblouissant de la physique d'EINSTEIN, par l'étrangeté des vues de POINCARÉ aux yeux des lecteurs einsteiniens que nous sommes, et par son style elliptique et parfois imprécis.

Pour échapper à toute caricature, il faut abandonner l'idée absurde d'une justice posthument rendue aux grands hommes du passé. Un but plus légitime de l'historien de la relativité est de comprendre la genèse de cette théorie en restituant les contextes et les problématiques pertinentes, en analysant les motivations et les interactions de tous les acteurs impliqués, et en évitant de trop spéculer quand les sources font défaut. C'est seulement au bout d'une telle recherche, systématique et désintéressée, que l'on peut faire la part des contributions de LORENTZ, POINCARÉ et EINSTEIN à la théorie de la relativité. Ce qui suit est un exposé schématique des résultats de l'enquête menée par les historiens cités dans la bibliographie.

La théorie de MAXWELL, telle qu'on la comprenait encore au début des années 1890, n'avait que peu à voir avec ce que nous entendons aujourd'hui sous ce nom. Son objet était une description purement macroscopique des états d'un milieu mécanique subtil, l'éther, éventuellement modifié par la présence de matière et accompagnant celle-ci dans ses mouvements. Elle ramenait tout autre concept électrique, dont la charge, le courant et la polarisation, à de tels états. Le Maxwell historique voulait certes réduire l'optique à l'électromagnétisme, comme le fait « notre » Maxwell. Mais il n'y parvenait qu'en négligeant plusieurs classes de phénomènes, dont la dispersion, les effets magnéto-optiques et l'optique des corps en mouvement.

En 1892, le théoricien néerlandais Hendrik LORENTZ parvint à inclure ces divers phénomènes dans une théorie microphysique qui trahissait MAXWELL sur bien des points. LORENTZ supposait un éther rigoureusement stationnaire, dans lequel les ions (ou électrons) constituant la matière pouvaient circuler librement. Il interprétait charge, courant électrique et polarisation respectivement comme une accumulation, une circulation, ou un déplacement d'ions. Et il réduisait l'ensemble des phénomènes optiques et électromagnétiques à des interactions entre ions et éther réglées par les équations de Maxwell-Lorentz.

Dans ce cadre simple et général, LORENTZ expliquait certains faits de l'optique des

corps en mouvement qui avaient jusqu'alors échappé à la théorie de MAXWELL. Le caractère stationnaire de son éther rendait compte de l'aberration des étoiles. L'interférence entre une onde primaire et les ondes secondaires créées par les vibrations sympathiques des ions d'un corps transparent rendait compte de l'indice optique  $n$  et de ses variations avec la fréquence (dispersion). Mieux encore, elle impliquait un entraînement partiel des ondes lumineuses par un corps transparent en mouvement (par rapport à l'éther), avec le coefficient  $1 - 1/n^2$ . Comme Augustin FRESNEL l'avait noté en 1818, ce coefficient permettait d'éviter que le vent d'éther altérât les lois de la réfraction dans une expérience terrestre. Une expérience de Hyppolite FIZEAU avait confirmé sa valeur en 1850.

Plus généralement, LORENTZ démontrait l'absence d'effet du vent d'éther sur les expériences d'optique terrestre au premier ordre en  $u/c$ , où  $u$  désigne la vitesse de la Terre à travers l'éther et  $c$  la vitesse de la lumière. Sa théorie permettait aussi d'expliquer le résultat négatif d'une expérience du second ordre réalisée en 1887 par Albert MICHELSON et Edward MORLEY, à condition d'admettre une contraction des corps solides dans le sens du vent d'éther et dans le rapport  $\sqrt{1 - u^2/c^2}$ . Afin d'établir l'absence d'effets du mouvement de la Terre au premier ordre, LORENTZ écrivait d'abord les équations fondamentales dans le repère de l'éther, puis passait dans un repère terrestre par une transformation de Galilée  $x' = x - ut$ , et enfin effectuait un nouveau changement de variables impliquant, au premier ordre, le « temps local »  $t' = t - ux'/c^2$ , de telle sorte que les équations fondamentales reprenaient la forme qu'elles avaient dans le repère de l'éther. Il est important de noter que ce nouveau temps n'était pour lui qu'une variable auxiliaire dénuée de signification physique.

Au bout d'une série de cours sur les théories mathématiques de la lumière et de l'électromagnétisme, Henri POINCARÉ jugea que la théorie de Lorentz était la meilleure disponible, tout en formulant un certain nombre de critiques. Selon lui, l'éther n'était qu'une sorte de métaphore commode pour décrire les phénomènes de propagation électromagnétique, et ne devait donc pas jouer le rôle d'un corps matériel dans l'application du principe de relativité. Autrement dit, POINCARÉ pariait pour une indétectabilité absolue du vent d'éther. Ce point de vue, qu'il était le seul à soutenir au tournant du siècle, lui fit reprocher à LORENTZ une série de « coups de pouces » dont ne résultait qu'une validité approximative du principe de relativité.

Dans un mémoire de 1900 offert à LORENTZ pour son jubilé, POINCARÉ donna de plus une nouvelle interprétation physique des transformations de Lorentz. Selon lui, les champs et les coordonnées transformés n'étaient autres que ceux mesurés par des observateurs terrestres, moyennant certaines conventions naturelles. En particulier, le temps local de LORENTZ n'était autre que le temps mesuré par des observateurs synchronisant leurs horloges grâce à l'échange de signaux lumineux et ignorant leur mouvement par rapport à l'éther. Cette remarque de POINCARÉ simplifiait énormément l'usage des transformations de Lorentz, car elle permettait d'associer directement l'invariance des équations de Maxwell-Lorentz à une invariance des phénomènes électromagnétiques et optiques.

LORENTZ ne réagit pas à cette dernière innovation. En 1904, il parvint cependant à

dépasser les coups de pouce que lui reprochait POINCARÉ en obtenant l'invariance exacte des équations de Maxwell-Lorentz, sauf pour les termes sources. L'année suivante, POINCARÉ corrigea cette dernière imperfection, et il réaffirma la validité générale du principe de relativité (que LORENTZ n'admettait toujours pas) ainsi que le lien entre ce principe et la symétrie des équations fondamentales par rapport au groupe de LORENTZ. Il jugea que toute théorie future devrait satisfaire à cette symétrie au nom du principe de relativité. Il obtint les équations de la dynamique relativiste pour un modèle spécifique de l'électron. Et il suggéra une modification de la loi de la gravitation de NEWTON qui la rendit compatible avec l'invariance de LORENTZ.

POINCARÉ maintint cependant l'éther jusqu'à sa mort, en tant que repère privilégié dans lequel les horloges donnaient le « temps vrai » et la lumière se propageait à vitesse vraiment constante. Il qualifiait les temps et les espaces mesurés par des observateurs en mouvement d'appareils, bien que le principe de relativité interdît toute différence mesurable entre le repère de l'éther et un repère en mouvement. Sans doute préférait-il maintenir des concepts d'espace de temps excellemment adaptés à l'expérience ordinaire plutôt que de les modifier au nom de phénomènes nécessitant des vitesses extrêmes.

Seul EINSTEIN eut l'audace de déclarer que les divers référentiels inertiels étaient entièrement équivalents, que les temps et les espaces mesurés dans chacun d'entre eux étaient tous sur le même pied. Il se persuada d'une exacte validité du principe de relativité vers 1901, avant d'avoir lu POINCARÉ. Contrairement à ce dernier, il accompagnait cette conviction du rejet du concept d'éther, au nom d'un principe épistémologique d'univocité des représentations théoriques : à un seul et même phénomène devait correspondre une seule représentation théorique. La théorie de Lorentz ne satisfaisait pas à ce critère car, par exemple, elle donnait deux explications différentes du phénomène d'induction due au mouvement relatif d'une bobine et d'un aimant, selon que c'était la bobine ou l'aimant qui se déplaçait par rapport à l'éther.

Au nom du même principe épistémologique, il fallait se représenter la propagation de la lumière d'une manière analogue dans tous les référentiels inertiels. En 1905, EINSTEIN comprit que cela était possible à condition de poser la constance de la vitesse de la lumière comme principe (et non plus comme conséquence de l'existence d'un milieu de propagation) et de redéfinir les concepts d'espace et de temps en conformité avec ce principe et celui de relativité. Il établit alors que les espaces et les temps mesurés dans deux référentiels distincts se trouvaient reliés par une transformation de Lorentz. Il en déduisit la contraction des longueurs et la dilatation des temps. Il démontra l'invariance des équations de Maxwell-Lorentz. Il déduisit quelques phénomènes de l'optique des corps en mouvement. Et il obtint la dynamique relativiste d'un corpuscule sur la seule base de l'invariance de Lorentz et de l'accord asymptotique avec la mécanique newtonienne.

Il est possible que l'interprétation de POINCARÉ du temps local de LORENTZ ait joué le rôle de déclencheur du train de raisonnements d'EINSTEIN. Et il est vrai que les théories d'EINSTEIN et de POINCARÉ partagent le principe de relativité et une même structure

mathématique, ont les mêmes conséquences vérifiables expérimentalement, et exigent toutes deux l'invariance de Lorentz de l'ensemble des lois de la physique. Mais la structure conceptuelle à laquelle aboutit EINSTEIN, fondée sur deux principes, déductive et sans éther, est bien différente de celle de POINCARÉ. Elle ressemble beaucoup plus à ce que nous entendons aujourd'hui par théorie de la relativité. Tout préjugé présentiste mis à part, elle bénéficie d'une clarté supérieure d'exposition. On ne peut donc pas dire que la contribution d'EINSTEIN est superflue. Elle est même essentielle pour le philosophe qui voit dans la réforme de l'espace et du temps un geste capital.

En conclusion, l'historien ne peut comprendre la construction de la théorie de la relativité que comme un processus graduel et collectif. LORENTZ, POINCARÉ et EINSTEIN (et d'autres acteurs à un moindre degré) y ont participé dans des mesures comparables, si tant est que les sauts conceptuels puissent se mesurer. EINSTEIN fut cependant le seul à franchir la dernière étape, emblématique de la relativité : le bouleversement des concepts ancestraux d'espace et de temps.

## BIBLIOGRAPHIE

- ◆ FÖLSING A. *Albert Einstein: Biographie*. Frankfurt am Main, 1993. Traduction anglaise, New York, 1997.
- ◆ GALISON P. *Einstein's clocks, Poincaré's maps: Empires of time*. New York, 2003.
- ◆ MILLER A. *Albert Einstein's special relativity: Emergence and early interpretation (1905-1911)*. Reading, 1981.
- ◆ PAIS A., « *Subtle is the Lord* » : *The science and life of Albert Einstein*. Oxford, 1982.
- ◆ PATY M. *Einstein philosophe: La physique comme pratique philosophique*. Paris, 1993.
- ◆ DARRIGOL O. :
  - « Henri Poincaré's criticism of fin de siècle electrodynamics », *Studies in history and philosophy of modern physics*, 1995, 26, p. 1-44 ;
  - « The electrodynamic origins of relativity theory », *Historical studies in the physical and biological sciences*, 1996, 26, p. 241-312 ;
  - « Poincaré, Einstein, et l'inertie de l'énergie », *Académie des sciences, Comptes-rendus*, 2000, IV: 1, p. 143-153 ;
  - *Electrodynamics from Ampère to Einstein*. Oxford, 2000 ;
  - « The mystery of the Einstein-Poincaré connection ». *Isis*, 2005 (à paraître) ;
  - « 1905, un nouvel élan », in Michèle LEDUC et Michel LE BELLAC (éditeurs), *Einstein aujourd'hui*. Paris, 2005, p. 2-38 ;
  - « The genesis of the theory of relativity », *Séminaire Poincaré*, 2005, 1, p. 57-78, repris dans *Poincaré Seminar*, 2005 (à paraître) (Basel: Birkhäuser).

## ADDENDA

### Sur un article de Christian MARCHAL <sup>(2)</sup>

Dans un article récemment publié dans « Le Bup », Christian MARCHAL estime que la théorie de la relativité se trouve sous une forme « complète » et définitive dans les écrits de POINCARÉ. Il ne voit dans la théorie d'Einstein qu'une « magnifique vulgarisation » de la théorie de Poincaré, et il soupçonne EINSTEIN de s'être approprié les idées de POINCARÉ.

Ce point de vue ne résiste pas à une lecture attentive des textes de POINCARÉ et d'EINSTEIN. Tout d'abord, il est faux d'affirmer que POINCARÉ a abandonné l'éther dans sa version de la théorie de la relativité (MARCHAL, p. 509). Il est vrai que l'on trouve, dans *La science et l'hypothèse*, le prophétique « Un jour viendra où l'éther sera rejeté comme inutile » (repris de la préface aux *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière* de 1887-88). Mais POINCARÉ n'a jamais pensé que ce jour était venu. Dans ses propres réflexions sur l'électromagnétisme et l'optique, il se contente d'admettre que l'éther est si immatériel que le mouvement (uniforme) d'un système physique par rapport à ce milieu ne peut avoir d'effets mesurables sur les phénomènes observés dans ce système. Dans sa version de la théorie de la relativité, l'éther continue de jouer un rôle important en tant que milieu référentiel dans lequel la vitesse de la lumière est *vraiment* isotrope, la synchronisation optique des horloges conduit au « temps vrai », et l'arpentage usuel donne la mesure vraie de l'espace. Le lecteur trouvera plus bas quelques extraits de textes de POINCARÉ montrant clairement sa position à cet égard <sup>(3)</sup>.

Par conséquent, il est faux d'affirmer que pour POINCARÉ le temps  $t'$  donné par la transformation de Lorentz a « le même caractère physique » que le temps  $t$  dans le référentiel de départ (MARCHAL, p. 605). Certes pour POINCARÉ, il n'y a pas de temps ou d'espace *absolu*. Mais il y a un temps et un espace *vrais* définis relativement à l'éther. Le temps donné par des horloges en mouvement (par rapport à l'éther) n'est qu'un temps *apparent* car les observateurs en mouvement commettent une erreur de synchronisation lorsqu'ils font comme si la vitesse de la lumière était isotrope dans leur référentiel (alors qu'elle ne l'est *vraiment* que dans le référentiel de l'éther). De même l'espace mesuré par des règles en mouvement n'est qu'un espace *apparent* du fait de la contraction de ces règles, considérée par POINCARÉ comme un effet physique de leur mouvement à travers l'éther <sup>(4)</sup>.

(2) MARCHAL C. Henri Poincaré : une contribution décisive à la relativité. *Bull. Un. Prof. Phys. Chim*, mai 2005, vol. 99, n° 874, p. 599-612.

(3) MARCHAL (p. 603) tente de brouiller les cartes en rappelant que EINSTEIN, lui aussi, n'a pas définitivement abandonné et l'éther, puisqu'il a considéré la relativité générale comme une sorte de retour à l'éther. En réalité, EINSTEIN n'a jamais songé à retourner à un éther qui permet, comme celui de POINCARÉ, de privilégier un référentiel inertiel particulier. Il songeait plutôt à une réification de l'espace-temps.

(4) Signalons que dans les textes de POINCARÉ de 1905-1906 auxquels MARCHAL se réfère surtout, le temps  $t'$  concerne des électrons et des champs d'un système « idéal » au repos obtenus en appliquant la transformation de Lorentz aux électrons et aux champs d'un système « réel » se mouvant à travers l'éther (PO 9, p. 522). L'interprétation physique de  $t'$  par synchronisation optique se trouve dans d'autres communications

Non seulement le texte de MARCHAL passe sous silence ces aspects de l'approche de POINCARÉ, mais encore il prête à croire que ce dernier déduisait les transformations de Lorentz du seul principe de relativité (car il donne une dérivation de ce type sans en donner les sources<sup>(5)</sup>, p. 605 et annexe). En réalité, comme MARCHAL le sait sans doute, dans le mémoire de Palerme de POINCARÉ (1906) ces transformations sont obtenues comme celles qui laissent les équations de Maxwell-Lorentz invariantes.

Enfin, MARCHAL suggère brièvement (p. 608) que POINCARÉ est le véritable découvreur de l'inertie de l'énergie et qu'EINSTEIN aurait reconnu cette priorité en 1906. En réalité, le raisonnement de POINCARÉ de 1900 ne faisait intervenir une masse du rayonnement émis par une source lumineuse qu'à titre purement fictif, pour mieux montrer que la théorie de Lorentz violait le principe de l'action et de la réaction appliqué à la matière seule (violation que POINCARÉ jugeait alors inacceptable). En 1906, EINSTEIN ne fait référence à l'argument de POINCARÉ que pour « les *considérations formelles* élémentaires » utiles à son raisonnement (*Œuvres Choisies* 2, Paris : Le Seuil, p. 63, souligné par moi)<sup>(6)</sup>.

Bien loin d'avoir popularisé la théorie de Poincaré, EINSTEIN a donné de la théorie de la relativité une version radicalement nouvelle, en éliminant l'éther et en mettant exactement sur le même pied les temps et les espaces mesurés dans divers référentiels galiléens. Seul EINSTEIN a eu l'audace de réformer les concepts d'espace et de temps de la physique newtonienne. Seul EINSTEIN a montré que les transformations de Lorentz pouvaient s'obtenir à partir du principe de relativité et du principe de constance de la vitesse de la lumière, sans aucune référence à l'éther ou à la théorie électromagnétique. Seul EINSTEIN a complètement explicité la signification physique de ces transformations, en montrant par exemple qu'une montre retarde après avoir fait rapidement le tour du monde. Seul EINSTEIN a compris que la masse d'un corps était en *toute généralité* proportionnelle à son contenu en énergie. En somme, la structure conceptuelle de la théorie d'EINSTEIN est toute différente de celle de POINCARÉ, et elle permet de saisir facilement des conséquences physiques de la relativité qui ont échappé à POINCARÉ.

En raison de ces différences importantes, il est impossible de croire qu'EINSTEIN se soit simplement approprié les idées du mathématicien français. Et il est pernicieux de mettre en doute la sincérité d'EINSTEIN quand il affirme ne pas avoir eu connaissance de la théorie de POINCARÉ (dans sa version de juin 1905). Les soi-disant indices d'une indé-

(de 1900 au premier ordre ; de 1906 et 1908 à tous les ordres). Christian BRACCO et Jean-Pierre PROVOST ont récemment souligné cet aspect de l'approche de Poincaré (communication orale, articles en préparation).

- (5) La première dérivation de ce genre se trouve dans W. von IGNATOWSKY, « Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip », Deutsche Physikalische Gesellschaft, *Verhandlungen*, 1910, 12, p. 788-796.
- (6) Signalons rapidement quelques autres erreurs de MARCHAL. Les équations de Maxwell, telles que MAXWELL et ses successeurs immédiats (HEAVISIDE et HERTZ) les écrivaient étaient covariantes galiléennes. Ce sont les équations de Maxwell-Lorentz qui ne le sont pas. VOIGT n'a jamais donné les propriétés de transformation des ondes de Maxwell ; son mémoire de 1887 portait sur l'effet Doppler dans un contexte acoustique. Les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* n'étaient pas « un petit journal » et POINCARÉ n'avait aucun mal à publier dans des revues de physique quand il le souhaitait.

licatesse d'EINSTEIN ne résistent pas à l'analyse. Pour n'en citer qu'un, considérons la référence que fait EINSTEIN en 1905 à la théorie des groupes. MARCHAL (p. 606) se joint à ceux qui pensent que POINCARÉ était sans doute la source d'EINSTEIN, car la théorie des groupes était alors très peu connue des physiciens. En réalité, EINSTEIN avait suivi à l'ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) de Zurich des cours de mathématiques d'un niveau très élevé dont certains faisaient nécessairement appel au concept de groupe<sup>(7)</sup>.

Dans la dernière section de son article, MARCHAL spéculé sur les raisons de la négligence française de la contribution de POINCARÉ. En particulier, il imagine (p. 607) que les idées de gauche de bien des physiciens de cette époque (parmi lesquels LANGEVIN, disciple de POINCARÉ) les auraient empêché de reconnaître les mérites du cousin de Raymond POINCARÉ. Il cite même l'affaire Dreyfus, oubliant de mentionner que c'est l'expertise de Henri POINCARÉ qui permit d'innocenter DREYFUS. La réalité historique est toute différente : POINCARÉ était généralement admiré par les physiciens français, et aussi d'ailleurs par bien de ses collègues étrangers. Si un LANGEVIN a vu en EINSTEIN le véritable fondateur de la théorie de la relativité, c'est sans doute que de son point de vue, l'approche de Poincaré n'avait pas saisi le véritable contenu physique de cette théorie.

### **POINCARÉ et l'éther**

Dans son article de juin 1905 et dans le mémoire de Palerme (1906), POINCARÉ énonce le postulat de relativité comme l'impossibilité de détecter « le mouvement absolu de la Terre ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, *mais par rapport à l'éther* » (*Œuvres*, 9, p. 489 et 495, souligné par moi). De même, en 1908, il précise que ce qu'il appelle « vitesse absolue de la Terre » n'est pas vraiment une vitesse absolue : « Il ne s'agit pas, en effet, de la vitesse par rapport à un espace absolu vide, mais par rapport à l'éther, que l'on regarde *par définition* comme étant en repos absolu » (*Œuvres*, 9, p. 562).

Dans le mémoire de Palerme, POINCARÉ écrit encore : « Si la propagation de l'attraction [gravitationnelle] se fait avec la vitesse de la lumière, cela ne peut être par une rencontre fortuite, cela doit être parce que c'est une fonction de l'éther ; et alors il faudra chercher à pénétrer la nature de cette fonction, et la rattacher aux autres fonctions de ce fluide » (*Œuvres*, 9, p. 497).

En 1908, POINCARÉ décrit la théorie des électrons de Lorentz (pour laquelle il penche) de la manière suivante : « Tous ces électrons baigneraient dans l'éther... En dehors des électrons et de l'éther il n'y aurait rien ». Un peu plus loin, il commente favorablement l'hypothèse d'une masse mécanique nulle des électrons et précise : « Dans cette hypothèse, l'inertie est d'origine exclusivement électromagnétique ; elle se réduit à l'inertie de l'éther. Les électrons ne sont plus rien par eux-mêmes ; ils sont seulement des trous dans

(7) Tout au moins, EINSTEIN lisait les notes que prenait GROSSMANN de ces cours et passait les examens. Voir l'appendice E du vol. 1 des *Collected papers* (Princeton University Press) pour le cours de Geiser sur la théorie géométrique des invariants et le cours d'algèbre de MINKOWSKI.



l'éther, et autour desquels s'agite l'éther ; plus ces trous sont petits, plus il y aura d'éther, plus par conséquent l'inertie de l'éther sera grande » (*Œuvres*, 9, p. 557 et 559).

Dans le même texte de 1908, POINCARÉ discute la synchronisation d'horloges par échange de signaux optiques et montre que cette synchronisation reste transitive quand les horloges se meuvent à la même vitesse « par rapport à l'éther immobile », si l'on admet la contraction de Lorentz et si l'on fait *comme* si la propagation de la lumière était encore isotrope (pour des observateurs en mouvement). Il est tout à fait clair que pour POINCARÉ cette procédure de synchronisation implique « un réglage défectueux » des horloges en mouvement. Celles-ci ne donnent, pour les trajets lumineux, que des « durées apparentes » proportionnelles à des « distances apparentes » (mesurées avec des règles contractées). Un peu plus loin, POINCARÉ montre que pour que les vitesses se composent sans que le résultat n'excède jamais la vitesse de la lumière, « il faut les compter non avec le temps vrai, mais avec le temps local [donné par la transformation de Lorentz] » (*Œuvres*, 9, p. 563, 564, 567 et 574).

Une des dernières conférences de POINCARÉ, donnée à la SFP (Société française de physique) en 1912 s'intitule « Les rapports de la matière et de l'éther » (*Œuvres*, 9, p. 669-682). Il y est en effet abondamment question de l'éther comme vecteur du rayonnement lumineux. Dans la conférence de Londres de la même année (*Dernières pensées*, 1913, p. 97-109), POINCARÉ conclut par une allusion critique à la tentative d'EINSTEIN de réformer les concepts d'espace et de temps : « Aujourd'hui certains physiciens veulent adopter une convention nouvelle. Ce n'est pas qu'ils y soient contraints ; ils jugent cette convention nouvelle plus commode, voilà tout ; et ceux qui ne sont pas de cet avis peuvent légitimement conserver l'ancienne et ne pas troubler leurs vieilles habitudes. Je crois entre nous que c'est ce qu'ils feront encore longtemps ».



Olivier DARRIGOL  
*Historien des Sciences*  
CNRS  
Université Paris 7 - Denis Diderot