UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

L'introduction de la Relativité en France, 1905-1922.

Vincent BORELLA

Thèse présentée à l'Université de Nancy 2
pour obtenir le grade de docteur,
le 18 décembre 1998.

Spécialité : épistémologie et histoire des sciences.

Sous la direction du professeur Gerhard HEINZMANN.

ARCHIVES-CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHES HENRI POINCARÉ
(A.C.E.R.H.P.)

Jury:

Michel PATY, CNRS, Paris 7 ; Rapporteur
Olivier DARRIGOL, CNRS, Paris 7 ; Rapporteur
Jean Louis GREFFE, Professeur, INPL
Gerhard HEINZMANN, Professeur, Nancy 2
François ROTH, Professeur, Nancy 2

Introduction

> *La curiosité excitée, jusque dans le grand public, par l'étrangeté même de la théorie de la relativité et par la violence des attaques dont elle a été parfois l'objet ont rendu le nom de M. Einstein assez universellement célèbre pour qu'on ne puisse pas craindre qu'un ouvrage signé de lui ne trouve de lecteurs.*[1]

Par ces quelques mots, extraits de sa préface à l'édition française de la *Théorie de la relativité restreinte et généralisée* d'Einstein en 1921, Emile Borel exprime assez bien la situation de la diffusion de la Relativité[2] en France au début des années vingt. À cette date, cette théorie étrange et controversée rencontre un écho "jusque dans le grand public"[3].

---

[1]Borel, E., "Quelques réflexions sur la théorie de la relativité", (texte de la préface au livre d'Einstein traduit par Rouvière J., *Théorie de la relativité restreinte et généralisée*), *La Revue du mois*, décembre 1920, pp 469-479.

[2]Dans l'ensemble de ce travail, si le terme "Relativité" est écrit avec un "R" majuscule lorsqu'il apparaît sans autre qualification, alors il désigne expressément la théorie de la Relativité (restreinte, le cas échéant généralisée) d'Einstein.
Dans les expressions "relativité restreinte", "relativité généralisée", "principe de relativité", "théorie de la relativité", "relativité eisnteinienne", le terme relativité est écrit avec un "r" minuscule.
Dans les citations, le terme "relativité", qu'il soit qualifié ou non, est écrit comme dans le texte original cité, avec un "R" majuscule ou un "r" minuscule.

[3]Borel a sans doute une conception élitiste et finalement restrictive de ce qu'est le grand public, en 1921 la diffusion de la Relativité n'a pas encore dépassé le public cultivé même si elle tend à sortir du cercle exclusif du public scientifique. Dans sa thèse, M. Biezunski (cf. note 4) montre clairement que les articles d'exposition de la Relativité dans la presse généraliste ne datent que de 1922. D'autre part, quand Borel parle de "violentes attaques", il fait allusion à des controverses scientifiques, sur lesquelles nous reviendrons longuement, dont le ton vif et parfois péremptoire tranche sans doute avec celui adopté habituellement dans ce genre de littérature, sans pour autant jamais dépasser les bornes de la courtoisie. Que se soit pour qualifier le public récepteur de la Relativité ou les attaques dont

Tous les historiens de la Relativité s'accordent d'ailleurs à reconnaître que celle-ci ne se diffuse vraiment qu'après sa confirmation expérimentale par les observations astronomiques d'Eddington, en 1919. En France, la date cruciale est un peu plus tardive, c'est en 1922, lors du voyage d'Einstein à Paris, à l'invitation du Collège de France. Il est d'ailleurs symptomatique que Michel Biezunski ait intitulé sa thèse qui porte essentiellement sur ce séjour d'Einstein à Paris : *La diffusion de la relativité en France*[4]. Michel Paty, quant à lui, a étudié une première diffusion plus précoce de la Relativité, mais essentiellement auprès des scientifiques eux-mêmes[5]. M. Paty porte d'ailleurs plus son attention sur la réception que sur la diffusion de la théorie. Pour la période qui nous intéresse, il a essentiellement analysé la réception de la Relativité par Langevin et Poincaré.

L'objet de notre propre recherche est de découvrir comment la Relativité a été peu à peu diffusée et reçue, en France, entre 1905 et 1919 ou 1922. C'est à dire entre le moment de sa première formulation par Einstein sous sa forme restreinte jusqu'à la veille du voyage en France de ce dernier. Le cas de la relativité généralisée ne sera envisagé que dans la mesure où celle-ci exerce un influence sur la diffusion de la relativité restreinte.

Il ne semblait pas concevable que l'engouement brutal[6] pour cette théorie n'ait été précédé d'aucunes prémices de diffusion en dehors du cercle étroit des spécialistes[7] d'électrodynamique, même si le

---

cette théorie est victime, Borel apparaît comme un adepte de l'hyperbole.

[4]Biezunski, M., *La diffusion de la théorie de la relativité en France*, Doctorat de troisième cycle, Paris 7, 1981.

[5]Paty, M., "The Scientific Reception of Relativity in France" in Glick, Th, (éd.), *The comparative Reception of Relativity*, Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1987, pp. 113-167.

[6]Il s'agit de cet effet de mode qui s'empare du grand public à propos de la Relativité lors du voyage d'Einstein en France en 1922. Nous n'analyserons pas ce phénomène déjà clairement mis en lumière par Biezunski dans sa thèse (cf. note 4).

[7]Le terme "spécialiste" ne doit pas être entendu ici au sens actuel car il n'existe pas de scientifique spécialisé au sens étroit du mot au début du siècle. Nous appelons "spécialiste" un savant qui se consacre de façon professionnelle (recherche, enseignement supérieur, correspondance avec un collègue) aux problèmes de l'électrodynamique, même si ce n'est pas son seul centre d'intérêt. Cet intérêt précède généralement l'énoncé de la théorie de la relativité restreinte par Einstein. Nous ne considérons pas comme spécialiste un savant qui s'intéresse seulement aux conséquences de la Relativité pour la mécanique classique, pour l'éther électromagnétique etc... car c'est le cas de tous les physiciens et mécaniciens. Cet intérêt ayant toujours été suscité par l'énoncé einsteinien de la Relativité, quel que soit le canal par lequel cet énoncé soit parvenu jusqu'à ces savants non spécialistes.

voyage d'Einstein à Paris est un événement en lui-même assez considérable pour justifier que la presse s'en empare, créant un effet de mode passager auprès d'un large public ; et bien que la remise en cause, même mal comprise, des conceptions habituelles de l'espace et du temps suffise à expliquer le caractère sensationnel que prendra la nouvelle théorie auprès de ce public. Pourtant, trop d'auteurs prennent leur plume, à cette époque, afin d'expliquer la Relativité à leurs contemporains, pour ne pas chercher à savoir qui sont ces auteurs et surtout quelles sont leurs sources. Nous voudrions analyser le processus discret de germination qui rend compréhensible la brutale éclosion du début des années vingt.

Pour étudier la diffusion de la Relativité en France avant 1922 deux approches inverses et complémentaires sont possibles. Soit on part de l'origine communément admise de cette théorie que l'on prend comme source de sa diffusion et l'on étudie comment cette théorie se diffuse peu à peu, c'est la méthode d'amont en aval ; soit, au contraire, on part d'une connaissance diffusée de cette théorie et on remonte vers la source originelle de cette diffusion, c'est la méthode d'aval en amont. Si l'on retrouve, à l'issu de ce travail rétrospectif, la source clairement identifiée de la première approche, ceci est une preuve que cette source est bien celle qui est à l'origine de la diffusion de cette théorie en France, mais si l'on remonte vers d'autres sources alors deux interprétations sont possibles. Soit cette théorie à plusieurs sources de diffusion, soit la source primaire est une exurgence qui se perd avant de donner naissances à plusieurs résurgences. Il semble bien que ce dernier cas s'applique à la diffusion de la Relativité en France.

Selon la première méthode, on peut décider de prendre les travaux d'Einstein en 1905 sur la Relativité comme point de départ ; c'est à dire comme émetteur primaire à partir duquel se fait la diffusion de la Relativité. Il faudrait éventuellement y ajouter ceux de Minkowski en 1908. On cherchera alors à savoir précisément comment ces travaux ont été peu à peu connus en France par un cercle de plus en plus large de personnes. On analysera ce qui est transmis de ce travail au fur et à mesure que sa diffusion s'éloigne du cercle des spécialistes d'électyrodynamique, c'est à dire des savants français qui, pour des raisons professionnelles, travaillent sur le même sujet qu'Einstein. Pour être menée en toute rigueur, cette démarche nécessiterait de déterminer comment un Langevin, un Poincaré, pour ne citer que les

plus fameux, ont pris connaissance de la relativité einsteinienne.

La deuxième méthode consiste donc à remonter, de proche en proche, vers la source des informations de ceux qui écrivent sur la Relativité au début des années vingt. Cette méthode rétrospective, pour ce qui concerne la France, ne permet pas de remonter jusqu'aux travaux d'Einstein de 1905, mais jusqu'à des écrits un peu plus tardifs qui jouent le rôle d'émetteurs secondaires, ou de résurgences, de la Relativité en France auprès des non spécialistes. Nous avons pu établir que ces émetteurs secondaires sont peu nombreux ; au premier rang d'entre eux il y a un article d'Einstein en francais de 1910[8] et les conférences de Langevin en 1911[9] . Un article de Minkowski datant de 1908, traduit en français en 1909[10], pourrait être considéré comme une troisième source mais, en fait, la diffusion dont il est l'objet se confond très vite avec celle des écrits de Langevin. Ainsi il y a plusieurs sources de la diffusion de la Relativité en France et non une source unique, et donc plusieurs filières de diffusion ; au moins durant les premières années de cette diffusion car, par la suite, ces filières confluent et leurs différences originelles s'estompent.

La méthode rétrospective permet donc d'établir solidement un point capital : il est possible d'étudier la diffusion de la Relativité en France, en toute rigueur, sans remonter la filière de cette diffusion jusqu'à la source primaire que sont les travaux originaux d'Einstein en 1905, ou éventuellement ceux de Minkowski en 1908, car ce ne sont pas eux qui sont directement à l'origine de cette diffusion. Autrement dit, il n'est pas nécessaire de savoir précisément comment les spécialistes français d'électrodynamique ont pris connaissance des travaux d'Einstein de 1905 pour pouvoir étudier la diffusion de la Relativité en France ; à la seule condition d'avoir préalablement établi que ces travaux ne sont pas l'objet d'une diffusion précoce en dehors de ce cercle étroit de spécialistes. Or, il y a bien une rupture très nette entre la diffusion des travaux d'Einstein de 1905 auprès des spécialistes

---

[8]Einstein, A., "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, vol. 29, janv.-fev. 1910, trad. E. Guillaume.

[9]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, pp 31-54.
Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, exposé de Langevin suivit d'une discussion,*Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, pp 1-46.

[10]Minkowski, H., "Espace et temps", *Annales scienctifiques de l'École normale supérieure*, 26, 1909, pp. 499-517.

français de l'électrodynamique, et la diffusion par ces derniers de la Relativité en France. Il ne faudrait pas pour autant considérer ces sources secondaires comme de simple relais. Elles sont bien les sources de la diffusion de la Relativité en France. C'est à partir d'elles que se mettent en place, ensuite, des relais qui permettent à la théorie nouvelle de gagner un public de plus en plus large.

La méthode rétrospective permet d'établir une seconde certitude : ce sont les spécialistes de l'électrodynamique qui sont les premiers diffuseurs de la Relativité en France. Durant les premières années de cette diffusion, il n'y a pas séparation des tâches entre les savants contribuant au développement de cette théorie et les éventuels vulgarisateurs qui se chargeraient de diffuser les résultats. Ce sont les mêmes personnes, mais nous n'envisagerons leur rôle que du point de vue des efforts déployés pour la diffusion de la Relativité et non de leur éventuelle collaboration aux développements de cette théorie.

Ainsi, la diffusion que nous étudions ne concerne pas la première communication des résultats d'Einstein aux physiciens français travaillant sur le même sujet que lui. En revanche nous étudions cette diffusion dès qu'elle atteint l'ensemble de la communauté scientifique, les philosophes, le public possédant une culture scientifique, tous ceux pour qui les conséquences physiques et philosophiques de la théorie d'Einstein posent immédiatement question, suscitent enthousiasme ou objections. Il s'ensuit que nous ne retiendrons, pour étudier cette diffusion, que les textes en français sur le sujet ; faisant l'hypothèse que si un spécialiste d'électrodynamique ne peut omettre de rechercher et de consulter les sources originales par intérêt professionnel, il n'en va pas de même pour un esprit curieux, y compris scientifique qui, au contraire, prend souvent connaissance de la nouvelle théorie au hasard de ses lectures, dans des médias dont la consultation est aisée et qu'il consulte par curiosité, pour se tenir au courant des développements des autres branches de la science. Nous préciserons dans le chapitre "Quels médias pour quels publics" les canaux par lesquels se diffuse la Relativité en dehors du cercle des savants travaillant directement sur les problèmes de l'électrodynamique.

Ce que nous appelons l'introduction de la Relativité en France n'est donc pas synonyme de sa vulgarisation, au sens ou la vulgarisation

consiste à adapter les connaissances scientifiques de manière à les rendre compréhensibles à un public de non-spécialistes. Une telle activité, comme l'a montré Yves Jeanneret, présente deux caractéristiques de nature différente qui la rende reconnaissable. D'une part, la vulgarisation est un genre littéraire, appartenant à une tradition "porteuse de modèles d'écriture, dotée d'une saveur et d'une physionomie particulières" ; d'autre part, "un certain pari rassemble tous les textes qui présentent la science en dehors de la communauté scientifique. (...) Le point commun (entre ces textes) réside dans la pratique d'une transgression obligée. Le sujet qu'abordent ces auteurs ne doit pas s'exposer dans les formes dont ils disposent pour l'exposer ; leur objet ne peut se dire dans le contexte où ils s'emploient à le dire. Mais une science qui ne se communiquerait que dans le cadre qu'elle se donne n'aurait aucune chance d'exister socialement."[11]

Cette acception du terme vulgarisation ne s'applique pas à la Relativité avant les années vingt. La première diffusion de la Relativité ne répond à la définition de la vulgarisation ni comme genre littéraire, ni comme "pratique d'une trangression obligée", ni par le public atteint par cette vulgarisation. Il faut en effet attendre les années vingt pour que des auteurs se revendiquant comme vulgarisateurs[12] tentent de rendre compréhensible la nouvelle théorie auprès d'un public non-scientifique et non-philosophe. Autrement dit, le genre littéraire vulgarisation n'existe pas pour la Relativité avant les années vingt. D'autre part, et c'est plus important, la Relativité ne se diffuse pas en dehors de la communauté scientifique et philosophique avant la même date. Enfin il n'est pas possible de réduire les premiers exposés sur la Relativité à une transposition en langage naturel et non mathématique du contenu de cette théorie.

La théorie de la relativité restreinte est capable de susciter l'intérêt des non-spécialistes, et donc l'effort qu'ils font pour la comprendre, pour trois raisons principales. D'une part cette théorie apporte une solution au conflit qui semblait irréductible entre l'électromagnétisme et la mécanique, s'intéresser à la Relativité suppose donc de connaître ce problème. D'autre part cette théorie permet de poser de façon radicalement nouvelle le problème de l'éther. Enfin elle a des conséquences sur les conceptions communes de l'espace et du

---

[11] Jeanneret Y., *Écrire la science*, P.U.F., 1994, pp. 9-10.

[12] Par exemple Ch. Nordmann ou l'abbé Moreux.

temps qui dépassent de beaucoup la simple solution apportée aux problèmes précédents. L'étude de la diffusion de la Relativité est donc indissociable de l'étude de la diffusion de ses tenants et aboutissants. Plus précisément, c'est par la diffusion de ces tenants et aboutissants que se fait d'abord la diffusion de la Relativité.

La Relativité étant une réponse aux problèmes que posent la dynamique de l'électron au début du siècle, sa diffusion n'est pas séparable de la façon dont ce problème est exposé. De la compréhension de ce problème dépend la compréhension des réponses qu'apporte la Relativité. La diffusion de la Relativité est nécessairement précédée par la présentation de son contexte épistémologique. La présentation de ce contexte est essentiellement l'oeuvre de Poincaré. Ce travail de présentation précède de beaucoup l'énoncé de la nouvelle théorie par Einstein. La façon dont Poincaré présente le problème est un élément essentiel pour comprendre comment sera reçu en France cette nouvelle théorie.

Les conséquences de la Relativité sur l'espace et le temps sont si surprenantes qu'elles suffisent à expliquer pourquoi un public de non-spécialistes peut se donner la peine de comprendre la teneur de cette théorie. C'est par ce biais que Langevin présente la Relativité à un public de philosophes dès 1911. On peut suivre ensuite dans le temps cette filière de la diffusion de la Relativité que l'on pourrait qualifier de diffusion par les conséquences spatio-temporelles de la relativité. Cette filière qui touche d'abord les philosophes sera celle qui atteindra ensuite un public beaucoup plus large.

L'autre filière par laquelle se diffuse la Relativité est celle qui développe les conséquences de la théorie en ce qui concerne la conception de l'éther. Cette filière prend sa source dans un article en français d'Einstein de 1910, article dont l'influence a été jusqu'ici sous-estimée. Cette diffusion par les conséquences sur l'éther touche essentiellement les physiciens. Contrairement à la filière par les conséquences spatio-temporelles, elle se tarie et n'a pas d'influence sur la diffusion de la Relativité auprès d'un public plus large.

Ainsi la diffusion de la Relativité en France repose sur trois personnalités scientifiques de premier plan qui orientent chacune de façon déterminante les modalités de la réception de la théorie : Poincaré, en ce qui concerne le problème auquel répond la Relativité ; Langevin, en ce qui concerne ses conséquences sur l'espace et le temps, problème qui interroge les philosophes et passionnera plus tard un

large public ; et l'Einstein de 1910, en ce qui concerne la négation de l'éther, négation difficile à admettre pour de nombreux physiciens, mais dont un public béotien ne peut comprendre facilement les enjeux. Il va s'en dire que le rôle d'Einstein dans la diffusion de la Relativité ne se limite pas, et de beaucoup, à la seule influence de son article de 1910 ; cette influence reste néanmoins déterminante en ce qui concerne cette diffusion avant 1914.

Nous conviendrons donc d'appeler diffusion de la Relativité l'ensemble des efforts déployés pour en faire connaître le contenu et les enjeux à un public restreint de savants, de philosophes et d'esprits curieux des sciences. La vulgarisation fait partie de la diffusion mais elle ne débute vraiment que lorsque cette diffusion s'adresse sciemment à des publics ignorants à la fois les enjeux et les conséquences de la Relativité, et auxquels il faut les présenter en un langage naturel.

On admettra enfin que diffusion et réception sont les deux moments de l'introduction de la Relativité en France. Étudier la diffusion, c'est déterminer qui sont les diffuseurs, quels sont les moyens (au sens de supports médiatiques mais aussi de méthodes d'exposition de la théorie) et les rythmes de cette diffusion. Étudier la réception, c'est déterminer quels sont les publics atteints par cette diffusion ; c'est évaluer leur niveau de compréhension de la théorie nouvelle ; c'est mesurer leur degré d'adhésion ou de rejet de la théorie nouvelle, dans sa totalité ou dans certains de ses aspects. À l'issue de l'étude de la réception, il devrait être possible de déterminer si ces connaissances nouvelles ont modifié les représentations du monde des publics concernés, mais c'est un projet peut-être trop ambitieux.

Diffusion et réception, dans leur mise en oeuvre, ne sont jamais deux opérations indépendantes ; elles sont rarement successives ; elles sont toujours les deux faces de la même médaille. Il s'ensuit que l'étude de la diffusion et celle de la réception ne peuvent pas facilement être dissociées ; parler de l'une, c'est souvent donner un éclairage sur l'autre. Notre travail n'est donc pas construit autour de cette conception idéale d'une introduction de la Relativité se déroulant selon un processus en trois temps : diffusion, réception et nouvelle représentation. Mais cette distinction entre diffusion et réception reste toujours sous-jacente dans l'analyse du phénomène global de l'introduction de la nouvelle théorie. Cette distinction permet d'envisager une même question tantôt du point de vue du diffuseur, tantôt du point de vue du récepteur, afin d'en avoir une compréhension

complète.

Pour mener cette recherche, il était nécessaire de choisir un point d'observation pertinent. En effet, il eut été artificiel de réunir la totalité de la documentation virtuellement disponible sur le sujet à l'époque qui nous intéresse, sans avoir les moyens de savoir ce qui, dans cette documentation, était réellement à la disposition d'un public non pas idéal mais ayant une existence tangible. Il nous a alors semblé que la méthode la plus fiable était de choisir un point d'observation donnant une vision représentative de ce que pouvait savoir sur la Relativité un public cultivé au début du siècle.

Ce point d'observation devait se trouver à égale distance de deux extrêmes. D'un côté, il y a le cas particulier de Paris. La consultation exclusive des sources parisiennes risquait d'introduire une distorsion de point de vue, du fait de la présence à Paris de lieux d'enseignement et de recherche sans équivalent dans le reste de la France. À l'autre extrémité, il y a ce qu'il est convenu d'appeler la France profonde, celle des petites villes et du monde rural, qui ne dispose pas de ressources documentaires significatives sur le sujet qui nous intéresse. Entre ces deux extrêmes, se trouvent les villes universitaires de province qui offrent un point d'observation donnant la perspective la moins déformée possible sur l'état de la diffusion de la Relativité en France avant 1922.

Il ne pouvait être question d'explorer systématiquement les fonds documentaires des différentes villes universitaires françaises, d'autant moins qu'un tel travail aurait probablement montré que ces fonds étaient sensiblement les mêmes. Il fallait donc choisir une ville suffisamment représentative. Parmi ces villes, Nancy présente un certain nombre d'avantages, mais il est vrai qu'aucun de ces avantages n'est décisif par rapport à ceux de n'importe quelle autre Université de province.

Le premier avantage est que Nancy ne fait pas partie des facultés des sciences qui, très tôt, ont dispensé un cours sur la Relativité, comme c'est le cas à Lille et Marseille. De ce fait, Nancy n'est pas un cas particulier mais au contraire représentatif de la majorité des universités provinciales.

Le second avantage est que l'enseignement scientifique est particulièrement dynamique à Nancy au début du siècle, comme le

prouvent le nombre de créations d'Instituts scientifiques, l'augmentation du nombre des étudiants et la qualité des professeurs. Il est vrai que ce fait est contradictoire avec la remarque précédente, car Nancy apparaît alors comme un cas particulier, mais cela garantit de disposer sur place d'une documentation suffisamment représentative de ce qui était à la disposition d'un public cultivé. D'autre part, ce public n'est plus totalement une entité abstraite mais devient identifiable dans certains de ses aspects, au travers, par exemple, des demandes d'acquisitions de la Bibliothèque municipale.

On trouvera en annexe deux études monographiques sur l'enseignement des sciences à Nancy au début du siècle et sur les bibliothèques municipale et universitaire de cette ville. Le rôle de ces annexes est de garantir que les sources consultées pour retracer la diffusion de la Relativité en France étaient effectivement, et pas seulement potentiellement, à la disposition d'un public curieux et cultivé. Ces annexes permettent aussi de donner un exemple concret des publics atteints par cette diffusion. Elles n'avaient pas leur place dans le corps du texte car n'importe quel autre exemple d'université de province aurait pu en tenir lieu. On s'y référera le cas échéant lorsqu'il y aura un doute sur la disponibilité effective de telle ou telle source.

Les conditions de la réception de la Relativité, à partir des années vingt, ont été clairement mises en lumière par M. Biezunski qui montre à quel point le voyage d'Einstein en France s'inscrit dans le contexte encore très anti-allemand de l'après première guerre mondiale. De la même façon, pour saisir la diffusion de la Relativité à partir de 1905, est-il nécessaire de connaître le contexte dans lequel elle a lieu. Cette analyse peut se faire de deux points de vue, d'un point de vue des conditions externes de la diffusion et d'un point de vue interne, en considérant ce que dit cette théorie, comment cela est compris ou critiqué par ceux qui la reçoivent ou qui se chargent de la diffuser.

Les deux premières parties de ce travail sont donc de nature historique, de ce qu'on a coutume d'appeler l'histoire externe ou externaliste des sciences ; la troisième partie ressort plus de la philosophie des sciences et de l'épistémologie.

Du point de vue des conditions externes de la diffusion, il faudra répondre à un certain nombre de questions.

Quel est l'état de l'enseignement scientifique en France au début du siècle? Quel est le niveau d'instruction de la population? Quelle est la situation de la vulgarisation scientifique à la même époque? Quels sont les médias par lesquels la diffusion de la Relativité est susceptible de se faire? Quels sont les publics aptes à recevoir cette diffusion?

Il y a d'autre part, au début du siècle, plusieurs débats connexes portant sur la science. Leur évocation est nécessaire pour comprendre le contexte de la diffusion de la Relativité. L'un de ces débats concerne la place de la science dans l'enseignement et la formation de l'homme ; le second concerne la place de la littérature scientifique dans les bibliothèques ; le troisième, plus général et qui englobe en fait les deux premiers, porte sur les fondements et le rôle de la science, sur sa capacité à rendre intelligible le monde et à apporter le bonheur à l'humanité. Ce débat agite les milieux scientifiques et philosophiques du début du siècle, nous nous contentons de mentionner son existence, sans entrer dans une analyse des positions respectives d'un Duhem, d'un Poincaré ou d'un Rey sur la question. Vouloir traiter une telle question était trop ambitieux et nous aurait fait sortir des limites de notre sujet.

La première guerre mondiale constitue indéniablement une rupture dans l'histoire générale de l'Europe et de la France. Il est donc indispensable de se demander comment la guerre a influé sur la diffusion des sciences en France et particulièrement sur la diffusion des théories de savants appartenant à l'Alliance. Mais aussi, quelle est l'influence de la guerre sur la diffusion des sciences du fait du discrédit dans lequel tombe cette science? Discrédit qui tient à l'enrôlement patriotique dont la science est victime, qui tient aussi à ses liens avec les industries d'armement. La science n'est plus une activité gratuite et universelle ; elle a sa part de responsabilité dans l'horreur de la guerre technologique moderne ; elle est enrôlée dans la guerre de propagande. Dans quelle mesure le retour à la paix fait-il évoluer les choses?

Après cette étude des conditions dans lesquelles se diffuse la Relativité et des moyens par lesquels elle est diffusée, on présentera, dans une deuxième partie, une chronologie la plus fine possible de la diffusion de la Relativité en France de 1905 au début des années vingt. Cette chronologie permettra de distinguer les différentes origines, étapes et filières de cette diffusion : le silence presque total jusqu'en 1910 et 1911 ; une première diffusion jusqu'en 1914 ; l'arrêt marqué par

la guerre, essentiellement parce que l'intérêt se porte ailleurs ; et enfin, dès 1913, les signes d'interférences entre la relativité restreinte et la relativité généralisée en cours d'élaboration. Ces interférences brouillent le message sur la relativité restreinte.

Le fait que la mise au point de la relativité généralisée agisse, dans un premier temps, comme un frein à la diffusion de la relativité restreinte montre bien qu'une étude de la diffusion doit aussi envisager les problèmes que posent la théorie elle même. C'est ce que l'on pourrait appeler l'étude des conditions internes de la diffusion. Ce sera l'objet de la troisième partie de ce travail.

Sur ce sujet il est nécessaire de préciser d'abord ce que notre travail n'est pas. Il n'est pas question de revenir sur le rôle respectif de savants français tels que Poincaré ou Langevin dans l'élaboration de la nouvelle électrodynamique, ce travail a déjà été fait par d'autres. Il n'est pas question non plus de rouvrir la querelle sur le fait de savoir si Poincaré est le vrai père de la Relativité, sur ce sujet aussi beaucoup de choses ont été écrites. Si nous traitons, dans un chapitre, de cette "Enquête en paternité", c'est uniquement pour savoir si cette question se posait dans les premières années de la diffusion de la Relativité et si elle a eu une influence sur cette diffusion.

Notre approche est donc différente. Au cours de nos dépouillements, nous avons relevé les problèmes de fond que posait la diffusion de la Relativité. Nous avons tenté, après avoir identifié les questions soulevées, de les traiter les unes après les autres, tout en insistant à chaque fois sur les points communs qui existent entre tous ces problèmes.

La théorie de la relativité restreinte a un statut particulier du point de vue de la diffusion des sciences. Ce n'est pas seulement une théorie physique dont on pourrait vulgariser le contenu ou en expliquer les conséquences pratiques. Ce n'est pas une théorie dont la formulation mathématique effrayante rendrait le physicien seul capable de la traduire en langage compréhensible au non-spécialiste, lequel, dépouillé de son esprit critique, en serait réduit à faire un acte de foi envers les explications du spécialiste. Non, la théorie de la relativité restreinte ce n'est pas cela, ou plus exactement, ce n'est pas que cela.

C'est une théorie qui remet en cause des concepts communément admis, dont chacun pense avoir une claire intuition. Il s'ensuit que le

profane a le sentiment de pouvoir légitimement intervenir dans le débat, car les concepts utilisés lui sont, pour une part, familiers. Cette intrusion du profane dans les débats sur la Relativité est d'ailleurs suscitée par la façon dont cette théorie est généralement exposée, en utilisant des concepts classiques. Une partie des objections apportées à la Relativité proviennent d'un malentendu sur la définition des concepts utilisés. Mais ces malentendus, c'est ce qui est original, ne proviennent pas seulement du profane mais aussi du spécialiste. Ce n'est plus le schéma classique du savant qui explique à l'ignorant, mais l'un et l'autre contribuent également à l'élaboration d'une énonciation de la Relativité qui soit acceptable et compréhensible par les deux parties. C'est ici que la distinction entre diffusion et réception montre son caractère à la fois inextricable et fécond. Ces quiproquos, riches de sens, apparaissent de préférence dans les discussions sur la Relativité, plutôt que dans les essais sur le sujet. Dans un essai, l'auteur suit sa propre démarche, il n'est pas déstabilisé par les objections. Dans une discussion, la simple analyse des questions et des réponses, surtout si la question est mauvaise et si la réponse ne répond pas à la question, révèle le lieu exact où se noue le malentendu.

C'est pourquoi nous commencerons cette troisième partie par l'analyse de la séance de la Société française de philosophie consacrée à la Relativité en 1911. Lors de cette séance, la plupart des problèmes intrinsèques que pose la diffusion de la Relativité sont déjà présents, explicitement ou en filigrane.

Nous verrons ensuite comment la place de la relativité de la simultanéité, dans un exposé sur la Relativité, joue un rôle crucial dans la compréhension de cet exposé pour un public qui ignore au départ de quoi il est question. Cette étude montrera l'impossibilité de faire comprendre la conception relativiste du temps en utilisant exclusivement un raisonnement fondé sur la conception classique du temps.

Une étude de la définition du temps selon Poincaré et Einstein éclairera d'un jour nouveau ce que Poincaré mettait derrière ce concept et permettra de mieux comprendre en quoi sa définition ne pouvait être utilisée dans le cadre de la relativité restreinte.

Le même travail de clarification portera sur ce que l'on pourrait appeler les temps de Langevin, Bergson et Guillaume. Il montrera que l'expérience de pensée des voyageurs de Langevin ne présente pas que des avantages pour faire comprendre ce qu'est la relativité du temps.

Une étude s'imposera aussi sur la notion équivoque de relativité de l'espace, en la précisant on comprendra mieux les obstacles qui se dressent devant une véritable réception non-superficielle de la Relativité.

L'étude de l'évolution du concept d'éther en France, après la formulation de la Relativité restreinte, complètera celle sur la relativité de l'espace. Il y a un lien intime, mais beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît au premier abord, entre la réception de la Relativité et la disparition du concept d'éther.

D'un autre point de vue, nous analyserons l'évolution de l'emploi des termes "principe" et "théorie" pour qualifier la Relativité. Nous insisterons en particulier sur le sens que Poincaré donnait à ces expressions. Nous montrerons que l'évolution de leur emploi est un indicateur de la réception de la théorie d'Einstein.

Il faudra ensuite rechercher si le débat sur la paternité de la Relativité existe déjà à l'époque de sa première diffusion, afin d'évaluer si ce débat interfère avec cette diffusion. Mais si ce débat n'existe pas, cela n'est pas non plus sans signification quant à la réception de la Relativité en France.

Enfin, puisque les philosophes ont été les premiers non-scientifiques à prendre connaissance de la nouvelle théorie, la question se pose de savoir comment l'ont-ils critiquée avec les armes conceptuelles de la philosophie ; l'ont-ils acceptée comme une philosophie naturelle? C'est ici sans doute que l'on pourra le mieux mesurer si la Relativité a su donner naissance à une nouvelle image du monde.

L'ensemble de ce travail devrait permettre de mieux comprendre les obstacles qu'a rencontré la diffusion de la Relativité en France. Nous espérons en particulier pouvoir montrer le rôle spécifique joué indirectement par Poincaré dans ce domaine, alors que, jusqu'à présent, on s'était surtout intéressé à son rôle dans l'élaboration d'une nouvelle dynamique de l'électron, à sa collaboration avec Lorentz, voire à son antériorité sur Einstein.

L'ensemble de cette étude traite non de la science qui se fait mais bien de la science qui se dit. Nous n'avons jamais cherché a démonter les rouages de l'élaboration des concepts physiques nouveaux ni a en critiquer le contenu. Nous avons cherché a savoir comment ces

nouveaux concepts pouvaient être compris dans le contexte intellectuel du début du siècle. Nous avons minutieusement relevé ce qui nous semblait équivoque ou peu compréhensible dans la façon d'exposer la théorie nouvelle, jamais dans son contenu physique intrinsèque. L'exposé de la Relativité nécessite l'exposé de ses motivations et de ces conséquences ; il s'ensuit que nous avons aussi étudié la façon dont ces motivations et ces conséquences sont exposées ou critiquées ; mais, là encore, toujours dans le but de comprendre comment cette exposition influe sur la diffusion de la Relativité et non pour juger si ces motivations et ces conséquences sont en elles mêmes justes ou fausses, pertinentes ou hors sujet. Nous n'avons jamais dévié de cette attitude qui est la seule possible afin d'écrire l'histoire, non de la Relativité, mais bien de sa diffusion.

Ces réflexions et les conclusions partielles auxquelles nous aboutirons sont entièrement de notre fait, nous sommes donc prêt à en assumer les faiblesses. Si nous avions affirmé des erreurs, ce serait par ignorance et en toute bonne foi, sans être aveuglés par la volonté de prouver. Au contraire, nous nous sommes efforcés de comprendre les textes et les arguments échangés sans a priori, bien qu'il soit aujourd'hui impossible de se soustraire complètement au paradigme relativiste. Nous n'avons jamais oublié que, durant la période étudiée, la Relativité restait une théorie controversée, discutée donc discutable, difficilement falsifiable, et révélée à un public pour lequel elle était une totale nouveauté.

Nous avons toujours gardé, durant ce travail, l'humble et parfois paralysante conviction de nous mêler aux débats entre des hommes dont certains sont universellement reconnus comme des génies. Seul le temps passé, ce privilège exhorbitant de l'historien qui risque de lui faire croire qu'il peut juger alors qu'il ne doit qu'essayer de comprendre, peut nous avoir donné l'audace d'engager un dialogue avec ces géants.

Première partie :

Le contexte

Chapitre 1 :

L'enseignement scientifique au début du siècle.

Pour étudier la diffusion de nouvelles conceptions scientifiques, il est nécessaire de connaître la formation scientifique des publics éventuellement concernés par cette diffusion. Non pas que les publics sans formation scientifique soient exclus, mais parce que ceux qui ont reçu une telle formation sont à priori les plus aptes et les plus intéressés à une telle diffusion.

De ce fait, nous n'envisagerons qu'une catégorie très minoritaire de la population, celle qui a suivi un enseignement secondaire de type lycée et de type universitaire.

En 1901-1902, l'école primaire, publique et privée, accueillait plus de 5,5 millions d'enfants, filles et garçons (5,551 millions exactement) ; en 1898 il y avait, dans l'ensemble des lycées, collèges communaux et établissements privés secondaires, 163 452 élèves. Pour les seuls lycées, le chiffre est de 52 372 élèves.

En 1889 sont délivrés, chaque année, moins de 7000 baccalauréats ès science et ès lettres.

En 1901-1905, il y a dans les facultés françaises, en moyenne, 31 514 étudiants par an, dont seulement 4 477 en science, pour 4 133 en lettres, 11 111 en droit et 11 683 en médecine. Quant aux diplômes délivrés, durant la même période, il y a en moyenne 398 licences de science, 475 de lettres et 1461 de Droit.

Ces chiffres donnent la mesure de l'étroitesse du public concerné par la diffusion des nouveaux concepts scientifiques. Par un calcul un peu simpliste mais pas illégitime, il est possible de donner une idée chiffrée du caractère très minoritaire de ce public : le rapport entre la génération d'adolescents scolarisés dans le secondaire et la génération d'enfants dans

le primaire représente moins de 3 % (2,94 exactement). Il est possible d'extrapoler en disant que moins de 3% de la population française a, au début du siècle, une formation secondaire. Et encore faut-il tenir compte des élèves qui ne vont pas au bout de leurs études, bien souvent pour des raisons financières.

1- Enseignement scientifique et humanités classiques.

Durant tout le 19ème siècle, l'enseignement secondaire français accorde une place prépondérante aux humanités classiques, exclusivement littéraires, dominées par les langues anciennes. Cet enseignement se veut simplement formateur pour l'esprit, sans poursuivre aucun but pratique ni professionnel. Il ne vise même pas à développer les capacités d'initiative ou de créativité intellectuelle chez l'élève. Il est fondé en grande partie sur la mémoire, en particulier lors du bachotage pour préparer les questions imposées à l'examen. La majeure partie du temps scolaire se passe en étude, à faire des devoirs.

> *L'enseignement secondaire français (...) tire sa vertu éducative de son caractère universel et désintéressé. En mettant en permanence l'élève au contact des idéaux les plus élevés, il lui inculque une haute idée de ses devoirs et le prépare moralement et intellectuellement à occuper les positions supérieures de la société.*[1]

Mais cette scolarité secondaire fondée sur le thème latin est, pour celui qui l'a suivi, un signe distinctif d'appartenance à l'élite de la nation.

> *Non seulement les milieux populaires en sont exclus, mais encore la bourgeoisie entreprenante ou négociante, qui n'y trouve pas son compte, y est notoirement sous-représentée (...). L'enseignement secondaire, en somme, est d'abord et avant tout l'école des héritiers, même s'il offre marginalement aux enfants boursiers des possibilités*

---

[1]Bruno Belhoste, "L'enseignement secondaire français et les sciences au début du XX éme siècle, la réforme de 1902 des plans d'études et des programmes", in *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII, 1990, p374.

d'ascension sociale.[2]

Cet enseignement a le défaut de ne pas permettre une préparation satisfaisante aux concours d'entrée aux grandes écoles scientifiques et techniques, au premier rang desquelles Polytechnique. D'autre part, il est critiqué par les tenants d'un encyclopédisme des lumières qui voudraient donner aux sciences la place qu'elles méritent dans la culture d'un honnête homme et qu'exige une société industrielle.

Après plusieurs mouvements de balancier durant le 19ème siècle, peu à peu, entre 1880 et 1902, un nouvel équilibre est trouvé entre enseignement classique et moderne.

Jusqu'en 1902 coexistent en fait trois types de formations secondaires :

D'une part les humanités classiques qui, après la 2de, se poursuivent par la classe de rhétorique, puis celle de philosophie, et qui aboutissent au baccalauréat ès lettres. Ce baccalauréat littéraire est divisé en deux parties, depuis 1874, afin d'obliger les élèves à suivre la classe de philosophie.

D'autre part, les classes de mathématiques préparatoires et élémentaires, créées par le statut de 1821, dans lesquelles on entre après la 3ème, ou la 2de. Il est également possible d'entrer directement en classe de mathématiques élémentaires après la classe de rhétorique. Ces classes de mathématiques permettent de préparer les concours des grandes écoles ou de préparer le baccalauréat ès science, fondé en 1852. Ce baccalauréat, en une seule partie, n'est pas exigé pour passer les concours. En 1890, les deux baccalauréats ès sciences et ès lettres sont fondus en un seul baccalauréat de l'enseignement secondaire comprenant deux sections : philosophie et mathématiques. Pourtant, cette réforme, bien que repoussant à la fin de la 1ère la distinction entre scientifiques et littéraires, ne supprime pas les classes de mathématiques préparatoires .

Il y a enfin l'enseignement secondaire spécial, créé par Victor Duruy en 1865, à destination des enfants d'agriculteurs, de commerçants ou d'industriels, pour lesquels l'enseignement classique n'était pas adapté à leur future profession. Il ne s'agissait pas d'y apprendre un métier mais d'y

---

[2]Bruno Belhoste, op. cit., p.374.

poursuivre des études plus concrètes et professionnalisées que dans l'enseignement secondaire classique.

En fait, cet enseignement secondaire spécial va évoluer peu à peu pour devenir l'enseignement secondaire moderne. En 1881 est créé le baccalauréat de l'enseignement secondaire spécial qui donne accès aux facultés des sciences et de médecine mais pas à celle de droit. En 1891, cet enseignement qui, à l'origine, ne durait que 4 ans, puis 5 ans en 1881 et 6 ans en 1886, s'étend dorénavant de la 6ème à la terminale. Pourtant, le baccalauréat se passe toujours à la fin de la première. Il en résulte que l'enseignement moderne dure en fait un an de moins que la filière classique qui garde ainsi sa prééminence. Le baccalauréat qui sanctionne ce cycle d'étude s'intitule désormais non plus spécial mais moderne. L'examen se passe à l'issue d'une première "sciences" ou d'une première "lettres". Les élèves de première "sciences" peuvent ensuite poursuivre leurs études en mathématiques élémentaires, où ils rejoignent leurs camarades de l'enseignement classique. L'évolution s'achève en 1902, l'enseignement spécial est alors devenu la section moderne, ou plus exactement la section "D", de l'enseignement secondaire unifié qui en comporte quatre.

Dans l'enseignement classique, l'enseignement des sciences est réduit à la portion congrue, 15% du temps scolaire avant la terminale. En classe de philosophie la place des sciences s'élève à 38 %, il s'agit de physique et de sciences naturelles, les mathématiques restent facultatives. En mathématiques élémentaires les sciences deviennent prépondérantes et occupent 70% du temps des élèves. Il y a également, vers 1900 environ, 10 000 élèves qui fréquentent ensuite les classes de mathématiques supérieures et de mathématiques spéciales qui préparent aux concours des grandes écoles, essentiellement Polytechnique, Normale sup. et Centrale.

Dans l'enseignement moderne, les sciences occupent une place plus grande dès la classe de troisième, avec environ 30 % du temps scolaire, il atteint les 50% en terminale. Mais cette filière reste considérée comme étant de second ordre, comparativement à la filière classique.

Dans ces deux filières, l'enseignement scientifique reste essentiellement fondé sur les mathématiques et plus particulièrement sur la géométrie. Pour les sciences physiques et naturelles, l'enseignement se fonde surtout sur la mémoire ; il n'utilise pas l'expérience ni même les

capacités de réflexion de l'élève. Il n'est pas ouvert du tout au progrès scientifique. Le caractère obsolète et inadapté de cet enseignement apparaît de plus en plus clairement à la fin du XIXéme siècle ; c'est de ce constat que va naître la réforme de 1902.

2- La réforme de 1902.

> *Autour des années 1900, en pleine affaire Dreyfus, s'engage en France un débat national, qui transcende les grands clivages politiques, sur l'avenir de l'enseignement secondaire, sur sa mission, son fonctionnement et ses contenus.*[3]

C'est de ce débat que sortira la réforme de 1902. Cette réforme de 1902 va donner à l'enseignement secondaire français sa physionomie pour plus d'un demi siècle. Elle est donc très importante quant à son contenu, mais plus encore par les débats qui l'ont entourée, car il se développe alors une large réflexion sur la place et le rôle des sciences dans la formation des esprits. Un tel débat modifie durablement les conditions de la diffusion des sciences en France, en faisant germer l'idée que la culture scientifique peut faire partie du bagage de l'honnête homme. Ce débat est d'ailleurs loin d'être clos une fois la réforme adoptée. Il se continuera encore plusieurs années, en particulier durant toutes les années pendant lesquelles la réforme de 1902 entre progressivement dans les faits.

Nous nous proposons d'étudier cette réforme en deux temps. Dans un premier temps, nous rappellerons les étapes de sa mise en oeuvre et l'essentiel de son contenu, en nous appuyant essentiellement sur le travail de Bruno Belhoste[4]. Dans un deuxième temps, nous approfondirons les enjeux de cette réforme quant à la diffusion des sciences, en analysant le contenu des Conférences du Musée pédagogique en 1904.

Le débat sur l'enseignement secondaire devient véritablement national lorsqu'en 1898 est créée, à la Chambre, une commission d'enquête parlementaire sur l'enseignement secondaire, appelée commission Ribot, du nom de son président. Il faut souligner que, si l'enseignement primaire

---

[3]Bruno Belhoste, op. cit.,. p. 371.

[4]Bruno Belhoste, op. cit., pp. 371-399.

avait été l'objet des soins de la troisième République à l'époque de Jules Ferry et si le supérieur était en train de se réorganiser, l'enseignement secondaire, sclérosé et peu dynamique, n'avait pas encore bénéficié de l'attention qu'il méritait de la part des élus de la nation.

Cette commission va établir un état des lieux de l'enseignement secondaire, avant de faire des propositions concernant le système scolaire en général[5]. Mais le point crucial est que cette commission préconise un rapprochement des enseignements classique et moderne, afin d'unifier l'enseignement secondaire et de mettre fin à la hiérarchie des filières entre un enseignement d'élite, fondé sur les langues anciennes, et un enseignement moderne, plus scientifique mais moins noble. Or, ce point de vue n'est pas unanimement partagé, en particulier par ceux qui craignent que ce rapprochement n'aboutisse à une dévalorisation de l'enseignement classique.

En 1900, le ministre de l'instruction publique, Georges Leygues, publie son projet de réforme qui tient compte du travail de la commission parlementaire. Mais il refuse un rapprochement entre la filière classique et la filière moderne. Au contraire, l'enseignement moderne doit accentuer son caractère scientifique et pratique, afin de répondre aux besoins de l'économie du pays. L'enseignement moderne, dans cette optique, s'éloignerait plus encore d'une formation généraliste. En 1901, le Conseil supérieur de l'instruction publique prépare une réforme de l'enseignement secondaire conforme aux vues du ministre et entérinant le caractère inférieur de l'enseignement moderne.

Mais la commission Ribot, qui tient à l'unité de l'enseignement secondaire, contraint le ministre à un compromis qui sera sanctionné par un vote de la chambre le 14 février 1902. En fait, le contenu de la réforme étant d'ordre réglementaire et non législatif, les députés se contentent de voter une résolution approuvant les orientations du ministre définies en accord avec la commission Ribot. Le vote a lieu à l'occasion de l'adoption du budget de l'Instruction publique. Le ministre doit donc rédiger un nouveau plan d'étude conforme au projet voté par les députés et aboutissant à l'égalité complète entre les anciennes filières classiques et moderne. Il est

---

[5]Chambre des députés, *Enquête sur l'enseignement secondaire*, t. 1 à 5; Paris, 1899. Ribot, A., "Introduction générales et Conclusions adoptées par la Commission de l'enseignement", Chambre des députés, *Enquête sur l'enseignement secondaire*, t. 6, Paris, 1901.-

évident que l'issue de ce débat n'est pas anodin quant à la place de l'enseignement scientifique dans le système scolaire français.

Cette importante réforme de 1902 met en place quatre sections dans l'enseignement secondaire à partir de la seconde. Les termes de "classique" et de "moderne" disparaissent au profit de désignations par les quatre premières lettres de l'alphabet, moins connotées que les appellations "classique " et "moderne" (il s'agit d'une sorte de méthode Coué nominaliste depuis lors largement utilisée dans les réformes du système scolaire français).

Ces quatre sections sont : la section "A" (latin-grec), la section "B" (latin-langue), la section "C" (latin-sciences), qui sont désormais les trois sections de l'ex-enseignement classique, auxquelles il faut ajouter la section "D" (langues-sciences), issue de l'enseignement spécial ou moderne. Lequel gagne désormais un an, et dure 7 ans, de la sixième à la terminale, comme l'enseignement classique. Les sections C et D permettent d'accéder aux classes de mathématiques supérieures et spéciales.

La réforme prévoit un substantiel accroissement de l'horaire accordé à l'enseignement scientifique dans les sections C et D, où il tient plus de place que dans l'ancien enseignement moderne ou en mathématiques élémentaire.

Derrière cette apparente égalité des sections de l'enseignement secondaire, en fait, les sections classiques, enseignant le latin, restent les voies d'excellence.

Cette réforme de 1902 a pu être présentée également comme une réponse républicaine et laïque à la défense de l'humanisme classique par l'enseignement secondaire catholique qui voyait dans les études classiques le seul moyen de dispenser une éducation chrétienne. En voulant donner une égale dignité à l'enseignement moderne et scientifique, l'État affaiblissait ainsi l'enseignement catholique. Pourtant, cet argument polémique ne doit pas masquer la prise de conscience déjà ancienne de la nécessité d'adapter l'enseignement secondaire aux exigences du monde moderne, à celles de la science, de la technique et de l'industrie.

> *La réforme des études scientifiques est un élément essentiel du dispositif mis en place en 1902. Non seulement les sciences sont placées dorénavant au même rang que les lettres, mais elles sortent profondément transformées dans*

leurs programmes et leurs instructions. L'inspiration est positiviste. Rompant avec le dogmatisme abstrait de l'ancien enseignement scientifique, les réformateurs visent à promouvoir, à côté des humanités littéraires, des humanités scientifiques fondées sur l'enseignement des réalités.[6]

En effet, cette réforme du cursus scolaire s'accompagne d'une réforme des programmes. Dès 1901, une commission de réforme des programmes de sciences est constituée, sous la présidence de Gaston Darboux. Cette commission de 18 membres est composée majoritairement de membres de l'enseignement supérieur (professeurs à la Sorbonne, maîtres de conférences à l'École normale supérieure et le directeur du Muséum d'histoire naturelle). Or, comme le souligne Bruno Belhoste :

Les enseignants du supérieur sont, dans l'ensemble, très critiques à l'égard de l'enseignement secondaire scientifique, dépassé dans ses contenus, trop dépendant des examen des écoles et préparant mal aux études de facultés. En leur confiant la tâche de rédiger les programmes, le ministre fait le choix d'une réforme en profondeur.[7]

L'analyse des Conférences de Musée Pédagogique en 1904 confirment complètement ce jugement.

L'Inspection Générale n'est représentée dans cette commission que par trois Inspecteurs Généraux, dont Lucien Poincaré[8] pour la physique. Il n'y a que deux professeurs du secondaire. Pour la physique, il y a également Henri Abraham[9], secrétaire de la Société française de physique.

Les nouveaux programmes seront approuvés par le Conseil

---

[6]Bruno Belhoste, op. cit.,. p 388.

[7]Bruno Belhoste, op. cit., p. 390.

[8]Lucien Poincaré (1862-1920), frère de Raymond Poincaré, cousin germain d'Henri et d'Adeline Poincaré (la femme du philosophe Émile Boutroux), ancien élève de l'école Normale Supérieure, agrégé de physique en 1887, docteur ès sciences physiques en 1890, chargé de cours de physique à la Sorbonne en 1895 puis recteur de l'Académie de Chambéry en 1900, nommé Inspecteur Général de l'enseignement secondaire (section sciences) en 1902, sera le premier scientifique appelé à la direction de l'enseignement secondaire en 1910, il passera à la direction de l'enseignement supérieur en 1914 et sera nommé vice recteur de Paris en 1917. Il est l'auteur en 1906 chez Flammarion de *La physique moderne, son évolution.*

[9]Henri Abraham, (1868-1943), physicien français, directeur du laboratoire de physique de l'École normale supérieure puis professeur à la Sorbonne, met au point la lampe triode et le premier tube électronique fabriqué en France.

Supérieur de l'Instruction publique en mai 1902.

Les nouveaux programmes, en physique, ne sont pas révolutionnaires, mais un changement profond est néanmoins opéré dans les méthodes d'enseignement. L'expérimentation fait son entrée dans l'enseignement, afin d'initier les élèves à la méthode expérimentale, mais surtout, une place centrale est accordée à la notion de fonction et de continuité, ce qui justifie l'introduction de l'étude des fonctions en mathématiques.

Pour Bruno Belhoste :

> *La réforme de 1902 marque sans conteste un tournant dans l'histoire de l'enseignement scientifique en France. Marginales auparavant, les sciences se voient désormais reconnue une toute première place dans les plans d'études secondaires. Plus encore que l'augmentation des horaires et la rénovation des programmes, ce qui compte, c'est le nouvel esprit, d'inspiration positiviste, qui souffle sur ces enseignements, dont la valeur morale et éducative est officiellement reconnue par l'Université.*[10]

L'étude du contenu des Conférences du Musée pédagogique vient, là aussi, confirmer ce jugement.

3- Les conférences du Musée pédagogique en 1904

En effet, cet intérêt pour la pédagogie des sciences ne s'arrête pas en 1902, au contraire. La réflexion sur l'enseignement des sciences et sur leur place dans la formation des élèves reste très forte, au fur et à mesure que les nouveaux programmes se mettent en place. Du point de vue qui nous intéresse, celui de la diffusion des sciences, cela est du plus haut intérêt, car c'est le signe d'une sensibilité particulière des acteurs mêmes de cette diffusion aux problèmes que posent cette diffusion des sciences dans les premières années du siècle. Or, un tel intérêt ne peut avoir été sans aucun écho auprès des récepteurs de cette diffusion. En d'autres termes, il y a, avant la guerre de 14-18, un climat favorable à la diffusion des questions scientifiques, climat engendré par l'intérêt porté à

[10]Bruno Belhoste, op. cit., p398.

l'enseignement des sciences.

Une marque très claire de cet intérêt porté à la question de l'enseignement scientifique est donnée par la série de conférences organisées, en 1904, par le Musée Pédagogique, sous la direction de Ch. V. Langlois. Le compte rendu de ces conférences est rédigé, pour la *Revue Générale des Sciences*, par M. Ascoli, ancien élève de l'école Normale Supérieure, agrégé de sciences physiques.

Ces conférences permettent de mesurer clairement les griefs des scientifiques eux-mêmes vis à vis de l'enseignement scientifique d'avant la réforme de 1902, et de suivre leur argumentation en faveur de la rénovation et du développement de l'enseignement scientifique. On retrouve, lors de ces conférences, comme un condensé de toutes les réflexions qui agitaient le monde scientifique, éducatif mais aussi politique depuis plusieurs années. En 1904, les arguments sont moins polémiques puisque, politiquement et administrativement, la question de la place de l'enseignement scientifique est tranchée depuis 1902. Ces arguments sont donc plus purs et plus clairement exprimés ; ils n'en sont pas moins percutants car, désormais, il faut se battre contre des préjugés. Le principal de ces préjugés reste bien que l'enseignement scientifique serait incapable de contribuer à la formation d'un honnête homme. La force de ces conférences et de ne pas en disconvenir, mais de faire remarquer que ce ne sont pas les sciences qui sont en cause mais bien la façon dont elles sont enseignées.

Ces conférences prennent tout leur intérêt, affirme l'auteur du compte rendu, au moment où les programmes de 1902 achèvent de se mettre en place. Or, souligne l'auteur, ces nouveaux programmes accordent une notable augmentation de la place faite à la science dans l'enseignement secondaire. L'enjeu est très important car il s'agit désormais d'attribuer aux sciences une vraie place dans la formation des esprits, place occupée jusque là par les lettres, tandis que les sciences n'étaient que matière d'examen, dénuée de tout caractère éducateur.

Par cette entrée en matière, Ascoli souligne bien qu'il ne s'agit pas d'une simple réforme conjoncturelle, mais d'une évolution pédagogique profonde. C'est l'amorce d'une évolution qui verra les disciplines scientifiques peu à peu s'imposer, à la fois comme formatrices de l'esprit et comme critère de sélection.

La qualité des intervenants, lors de ces conférences, montre que ces préoccupations sont celles du milieu scientifique français de l'époque, et pas seulement celles des professionnels de l'éducation. On trouve, en effet, Henri Poincaré, avec un exposé intitulé : "*les définitions générales en mathématiques*" ; M. Lippman, membre de l'Institut, professeur à l'Université de Paris et futur prix Nobel de physique en 1908, qui aborde "*Le but de l'enseignement des Sciences expérimentales dans le cours normal de l'Enseignement secondaire*" ; Lucien Poincaré, Inspecteur général de l'Instruction publique, qui parle sur "*Les méthodes d'enseignement des Sciences expérimentales*". On note aussi la présence de Paul Langevin, alors professeur suppléant au Collège de France, il traite de "*L'esprit de l'enseignement scientifique*" ; celle d'Émile Borel, alors maître de conférence à l'École Normale Supérieure, qui aborde la question des "*Exercices pratiques de mathématique dans l'Enseignement secondaire*". Il y a enfin une étude comparative avec l'Allemagne qui reste souvent un modèle envié, par M. Marotte, docteur ès sciences, professeur au lycée Charlemagne, il parle de "*L'enseignement des sciences mathématiques et physiques dans l'enseignement secondaire en Allemagne, les dernières réformes.*"

Dans son compte rendu, qui ne résume pas les conférences les unes après les autres mais tente d'en faire une synthèse, Ascoli souligne que, jusqu'à présent, l'enseignement scientifique n'a pas produit les fruits que l'on pouvait en attendre. Le constat est sévère et se fonde à la fois sur des remarques un peu anecdotiques et des réquisitoires sans appel.

C'est ainsi que la prolifération des annonces publicitaires à prétention scientifique serait le signe que l'on peut exploiter l'ignorance du public. C'est également cette faiblesse de l'enseignement scientifique que veut illustrer Henri Poincaré par une anecdote amusante : un monsieur bien mis, bachelier, connaissant le principe de l'égalité de l'action et de la réaction, et qui pourtant s'arque-boute dans sa voiture, poussant de toutes ses forces vers l'avant dans l'espoir d'en faciliter la marche! Ou encore, cette remarque éternelle sur le fait que l'élève n'est pas choqué s'il trouve qu'une locomotive fait 800 Km ou 800 m à l'heure, alors que le résultat est 80 Km/h. Pour lui ce n'est qu'une erreur de virgule. Ainsi, pour les élèves, il n'y a aucun rapport entre ce que l'on étudie en classe et ce que l'on rencontre dans la vie, ni d'ailleurs aucun rapport

entre les différentes sciences, souligne Ascoli.

Mais le réquisitoire le plus cruel est dressé par Lucien Poincaré qui affirme que les esprits scientifiques se tournent essentiellement vers les mathématiques, les autres sciences ne comptant guère pour l'instant. Le scientifique a trop souvent une culture scientifique mal digérée et devient alors :

> *ce logicien étroit, insupportable raisonneur, triste produit des Écoles scientifiques qui, ne voyant jamais qu'une face de toutes les questions, oubliant les contingences, ignorant que tout n'est pas soumis à l'enchaînement mathématique, veut, théoricien maladroit, réduire la vie au syllogisme et abonde en paradoxes qui ne sont même pas amusants car il a le tord d'y croire!* [11]

Lucien Poincaré ajoute que, de plus, ce scientifique là est un esprit irrésolu car, avant chaque décision, il pèse le pour et le contre comme un chimiste. La charge est sévère, elle vient pourtant d'un scientifique qui, en ses qualités d'Inspecteur Général, a sans doute dû rencontrer ce genre de monstres.

En fait, il s'agit surtout de faire sentir ce qui doit changer dans l'enseignement des sciences en France pour éviter ces résultats détestables. Résultats qui donnent de puissants arguments aux tenants des humanités classiques. Ils ont alors beau jeu de prétendre que la science est incapable de former un honnête homme.

Et, en effet, c'est une véritable profession de foi en faveur des vertus éducatives de l'enseignement scientifique que proposent, après ce constat bien noir, les auteurs des conférences.

Les causes de cet échec pédagogique proviennent du fait que, selon les conférenciers, l'enseignement des sciences est trop abstrait. Il est donc impénétrable pour les uns, tandis qu'il se réduit à un pur formalisme et à un jeu de l'esprit pour les autres.

D'autre part, les sciences expérimentales sont enseignées de façon déductive : la loi, puis le fait, comme illustration et non source de la loi.

Pour lutter contre ces défauts, Henri Poincaré propose, pour les

---

[11]Ascoli, M. "Les sciences mathématiques et physiques dans l'enseignement secondaire. D'après les conférences du Musée pédagogique" in *Revue Générale des Sciences*, vol.15, 10, mai 1904, pp 496-505.

mathématiques, de faire appel le plus possible à l'intuition, car c'est par elle, dit-il, que le monde des mathématiques reste en contact avec le monde réel. Quant à Langevin, en ce qui concerne la physique, il dit qu'il est nécessaire d'adopter, pour l'enseigner, une méthode inductive et non pas déductive, sur le modèle de la science elle-même.

D'une façon générale, selon les auteurs, la mémoire ne doit pas jouer le rôle principal dans l'enseignement des sciences. L'enseignement ne doit pas être livresque, ni même oral, car le verbalisme est un fléau ; il faut que l'élève soit actif car le vrai profit ne vient pas de ce que l'élève peut reproduire mais produire.

L'enseignement scientifique ne doit pas seulement changer ses méthodes, il doit repenser sa finalité. C'est ici le point d'orgue de ces conférences pédagogiques. Ascoli peut écrire que, désormais, dans l'enseignement secondaire, les études scientifiques doivent contribuer à la formation de l'homme car elles sont aussi des "*humanités*". Elle doivent ouvrir l'esprit à découvrir, comprendre la vérité positive, observer, comparer, classifier, expérimenter, pratiquer l'induction, la déduction et l'analogie. Elles préparent à la philosophie car elles habituent à penser le tout.

Voilà bien un véritable manifeste en faveur de l'enseignement scientifique. Il est remarquable par la lucidité de son analyse et la modernité des solutions pédagogiques envisagées. Il est bien sûr un manifeste de combat dans la guerre qui oppose les classiques aux modernes, mais il ne faut pas le réduire à cet aspect purement polémique, car il marque aussi la volonté de certains des plus grands esprits scientifiques de l'époque de mener une véritable et féconde réflexion sur l'enseignement des sciences en France, pour le bien de la science mais peut-être surtout pour le bien des élèves, et aussi pour le bien de la France, mais c'est un autre aspect du problème.

Si les auteurs de ces conférences sont pédagogiquement novateurs, ils le sont aussi d'un point de vue scientifique et du point de vue des contenus de l'enseignement scientifique. Même s'il est peu question des contenus précis de l'enseignement au cours de ces conférences. Ainsi, Langevin aborde-t-il la question, encore brûlante en physique, opposant les énergétistes aux atomistes. Langevin n'hésite pas à dire que la mécanique rationnelle jouit d'une place trop privilégiée et qu'il faudrait

faire une place à la théorie atomistique qui repose sur des bases solides. Il est remarquable, dit-il, que les idées atomistiques soient introduites en chimie et même en électricité, alors que, par un phénomène de cloisonnement, on répugne à les introduire dans l'étude des gaz. Or, dit Langevin, les atomes sont passés du rang d'hypothèse à celui de principe, et de conclure :

> *après avoir exposé les faits et les lois en suivant autant que possible la méthode expérimentale et inductive, je crois qu'il ne faut pas hésiter à en faire l'union par une synthèse actuelle et vivante.* [12]

Ici, l'innovation pédagogique va de pair avec des programmes renovés et donc une diffusion accélérée des nouveaux concepts scientifiques. Bien sûr, il ne s'agit que du voeux d'un conférencier, mais il sera au moins mis en application par Langevin lui-même qui sera le premier à introduire la Relativité dans son cours au Collège de France, mais il est vrai qu'il ne s'agit plus alors de l'enseignement secondaire.

4- L'enseignement scientifique supérieur

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, le véritable essor de l'enseignement scientifique en faculté date seulement des années 1880, après une prise de conscience de cette carence dès le second Empire. C'est ainsi que Pasteur s'exclamait en 1858 :

> *qui voudra me croire quand j'affirmerai qu'il n'y a pas au budget de l'instruction publique, un denier affecté au progrès de la science par les laboratoires*[13].
>
> Ou encore Renan en 1868 : *C'est l'université qui fait l'école. On a dit que ce qui a vaincu à Sadowa c'est l'instituteur primaire. Non, ce qui a vaincu à Sadowa, c'est la science germanique, c'est la vertu germanique, c'est le protestantisme, c'est la philosophie, c'est Luther, c'est Kant, c'est Fichte, c'est Hegel. L'instruction du peuple est*

[12]Langevin; P., cité par Ascoli, M. in op.cit., pp. 496-505.

[13]cité par Prost,A., in *Histoire de l'enseignement en France, 1800-1967*, Paris, 1970, p.228.

un effet de la haute culture de certaines classes.[14]

Wurtz est encore plus clair, en 1868, lorsqu'il déclare :

Je me crois autorisé à déclarer que la situation qui est faite actuellement en France à l'enseignement scientifique ne peut se prolonger sous peine de mettre en péril la suprématie de la science française et l'avenir intellectuel de notre pays. [15]

Après le désastre de Sedan, les mêmes jugements reviennent, évidemment plus sévères encore. C'est encore Pasteur:

nous portons la peine de cinquante ans d'oubli profond des sciences, des conditions de leur développement, de leur immense influence sur la destinée d'un peuple.[16]

Ou encore *: tandis que l'Allemagne multipliait ses universités, qu'elle établissait entre elles la plus salutaire émulation, qu'elle entourait ses maîtres et ses docteurs d'honneurs et de considération, qu'elle créait de vastes laboratoires, dotés des meilleurs instruments de travail, la France énervée par les révolutions, toujours occupée de la recherche stérile de la meilleure forme de son gouvernement, ne donnait qu'une attention distraite à ses établissements d'instruction supérieure.*[17]

Comme l'affirme clairement à la même époque le chimiste Sainte Claire Deville :

c'est par la science que nous avons été vaincus. [18]

C'est pour tenter de répondre à ces manques que Duruy fonde en 1868 l'École Pratique des Hautes Études. Mais c'est dans les années 1880 que les facultés des sciences se développent vraiment ; en particulier avec la distinction entre les licences de mathématique, de physique et de sciences naturelles. A partir de 1893, les facultés de sciences préparent en première année un certificat de sciences physiques, chimiques et naturelles (P.C.N.) qui est exigé des étudiants de médecine avant qu'il ne puisent s'inscrire en

---

[14]Renan, E., *Questions contemporaines*, in *Oeuvres complètes*, p.14.

[15]cité par Mayeur, in *Histoire générale de l'enseignement* ,tome 3, p.445

[16]cité par Nordmann, "Science et guerre", in *Revue des deux Mondes* , déc .1915, p.701.

[17]cité par Nordmann, op. cit., p.702.

[18]cité par Nordmann, op. cit., p.702.

faculté de médecine. Mais la principale évolution reste le fait que, dorénavant, ces facultés de science ont des étudiants qui suivent leurs cours ; cours fermés, réservés aux étudiants, et non plus cours publics.

Il y a, en moyenne, 1300 étudiants en science, par an, dans les années 1880, contre plus de 6000 à la veille de la Première Guerre mondiale. En effet, jusque là, les facultés des sciences, comme celles de lettres, étaient des facultés sans étudiant, qui se contentaient de délivrer le baccalauréat ou de dispenser des cours publics au caractère très mondain.

Depuis 1808, la faculté délivre le grade de docteur qui permet d'accéder à l'enseignement supérieur. Le doctorat de sciences physiques est en fait un doctorat de physique expérimentale et de chimie. Le candidat devait présenter deux thèses, l'une en physique et l'autre en chimie. A partir des années 1850, la possibilité de ne présenter qu'une seule thèse devient la règle générale.

Le premier titre de docteur ès sciences physiques est décerné par la faculté des sciences de Paris en 1811, le second en 1830 seulement. Ce n'est qu'à partir des années 1880 que le nombre de thèses soutenues devient vraiment significatif en sciences en général et en physique en particulier. Pourtant, si le nombre global de thèses de sciences physiques s'accroît, en fait, le nombre de thèses uniques en chimie l'emporte largement sur le nombre de thèses uniques en physique. Les thèses de sciences physiques doivent obligatoirement comporter une partie historique exhaustive sur le domaine scientifique envisagé et doivent également contenir des résultats nouveaux ; elles sont généralement courtes, de 50 à 100 pages, exceptionnellement plus de 200[19].

Toutes les thèses de physique ne sont pas soutenues dans le cadre des sciences physiques. En effet, les thèses de physique mathématique sont soutenues dans le cadre des sciences mathématiques et donnent donc le titre de docteur ès sciences mathématiques. C'est ainsi que Pierre Duhem, titulaire d'un doctorat en mathématiques après avoir soutenu une thèse en physique mathématique, obtiendra néanmoins une chaire de physique. Marcel Brillouin, quant à lui, soutiendra deux thèses, l'une en physique mathématique et l'autre en sciences physiques, les deux thèses portant sur les phénomènes d'induction. Plus symptomatique encore, de 1869 à 1883, le

---

[19]Nicole Hulin, "Les doctorats dans les disciplines scientifiques au XIX^{éme} siècle", in *Revue d'histoire des sciences*, oct déc 1990, pp.. 406, 417, 418 et 421.

président du jury d'agrégation de sciences physiques est un docteur en sciences mathématiques.[20]

L'intitulé des chaires à la faculté des sciences de Paris respecte cette distinction : parmi les chaires de mathématiques il y a une chaire de physique mathématique qui côtoie d'ailleurs la chaire de mécanique physique, celle de mécanique rationnelle, celle de mécanique analytique et celle de mécanique céleste. En sciences physiques, il y a trois chaires de physique expérimentale et théorique, ce n'est qu'en 1920 qu'est créée une chaire de physique théorique et céleste et en 1928 une chaire de théories physiques.[21]

Mais l'enseignement supérieur des sciences en France n'est pas le monopole de l'université, d'autant que celle-ci ne répond que très tard à cette vocation. C'est pourquoi existe parallèlement des grandes écoles techniques, au premier rang desquelles Polytechnique, fondée en 1794.

Pour dresser un tableau complet de l'enseignement supérieur des sciences en France au début du siècle, le mieux est de se fier à un expert, Appell, qui en 1904 brosse un tel tableau dans un article intitulé : "L'enseignement supérieur des sciences", publié par la *Revue Générale des Sciences* en mars 1904[22].

Selon Appell, il existe en fait cinq lieux ou structures où est dispensé, en France, l'enseignement scientifique supérieur :

Les facultés des sciences (15 au total, une par académie).

L'école Polytechnique.

Le Collège de France.

Le Muséum.

Les classes préparatoires aux Écoles techniques (Mines, Ponts et Chaussées, École centrale).

Il faut y ajouter, précise Appell, certains cours des écoles de Pharmacie, de l'Institut Agronomique et des écoles d'Agriculture.

Appell distingue trois missions pour l'enseignement supérieur des sciences en faculté :

---

[20]Nicole Hulin, op. cit., pp. 402 et 422

[21]Eve Telkes, présentation de la Faculté des sciences et de son personnel, à Paris (1901-1939), *Revue d'histoire des sciences*, oct. nov 1990, p 472 à 475.

[22]Appell, P., "L'enseignement supérieur des sciences", in *Revue Générale des Sciences*, mars 1904, vol. 15, 6, pp 287-299

L'enseignement général,
l'enseignement scientifique en vue des applications,
et la recherche.

Pour ce qui concerne l'enseignement général, il s'agit du P.C.N. et des deux licences de mathématiques et de sciences physique et naturelles. L'année de P.C.N. est sanctionnée par un certificat d'études P.C.N., tandis que la licence s'obtient par l'acquisition de trois certificats de licence.

La scolarité se répartie entre des cours, des conférences et des manipulations.

Cette organisation souffre de critiques, selon Appell. D'une part le P.C.N. n'est fréquenté que par les futurs médecins pour lesquels il est obligatoire, d'autre part il ne comporte pas de mathématique. Appell propose alors d'introduire les mathématiques dans l'année P.C.N. et de rendre cette année obligatoire pour les étudiants qui se destinent à la licence de sciences physiques et naturelles. Cette année pourrait compter pour un tiers de la licence, ainsi serait aménagée une transition plus douce entre le Bac et la licence, tout en donnant le goût des sciences aux médecins et le goût des mathématiques aux autres scientifiques. Cette réforme s'impose d'autant plus que les bacheliers Lettres-Philo ont un bagage scientifique notoirement insuffisant, avec de graves lacunes dans le système métrique, la multiplication et division des nombres décimaux qu'ils connaissent moins bien que les élèves du primaire, précise Appell.

L'autre critique de cet enseignement général vise l'importance trop grande accordée aux cours magistraux par rapport aux T.P. Il y a en France, remarque Appell, une scission complète entre la mécanique enseignée en faculté comme une science mathématique et la mécanique des usines et des ateliers.

En ce qui concerne la seconde mission de l'enseignement supérieur, à savoir l'enseignement scientifique en vue des applications, celui-ci est dispensé par les grandes écoles. Le problème vient des relations entre ces écoles et l'université. Non seulement l'enseignement scientifique général qu'assurent ces écoles devrait être confié aux universités, mais également l'enseignement scientifique de haut niveau. Comme c'est déjà le cas pour la section science de l'École Normale Supérieure dont les étudiants suivent les cours à la Sorbonne.

En fait, le problème vient surtout de Polytechnique qui est une

école purement scientifique donnant, comme l'université, un enseignement général. De ce fait, Polytechnique est comme une faculté des sciences fermée, où les élèves concourent entre eux pour accéder à certaines situations d'ingénieurs de l'État qu'eux seuls peuvent obtenir. Les élèves sont ainsi à l'abri de la concurrence, ce qui constitue, affirme Appell, un véritable privilège dans une démocratie où la libre concurrence des intelligences doit se produire non une fois à un instant unique qui décidera pour toute la vie, mais le plus souvent possible.

Cette charge sévère d'Appell contre Polytechnique est une attaque en règle contre le système des concours. Or, toute critique de ce système est difficilement recevable en France où le concours anonyme est généralement considéré, à tort ou à raison, comme la plus démocratique méthode de sélection.

C'est d'ailleurs ce que répondra, dans la même revue, le Conseiller d'État Colson, polytechnicien, dans une sorte de droit de réponse à Appell[23]. Mais c'est aussi ce que répète Françoise Mayeur dans *l'histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France :*

> *le type de recrutement par concours, l'égalité des chances assurées dans l'avenir à ceux qui réussissent une fois entrés à l'École (Polytechnique), quelle que soient leur origine sociale, donnent satisfaction non seulement aux couches les plus élevées de la bourgeoisie qui peuvent ainsi consolider leur position, mais aussi aux catégories plus modestes de celle-ci car elles y voient un moyen d'ascension sociale et économique.*[24]:

Ce jugement est sans doute majoritaire mais il n'est pas exclusif, comme le montrent les remarques iconoclastes d'Appell.

Il n'est pas inutile de préciser qu'Appel n'est pas un aigri qui se vengerait d'un échec à Polytechnique, puisqu'il fut reçu premier au concours d'entrée en 1873. Mais il préféra alors intégrer Normale Sup., où il n'était que deuxième, avant d'être reçu premier à l'agrégation des sciences en 1877! Son jugement sur l'école Polytechnique ne date donc pas

---

[23]in *Revue Générale des Sciences*, mars 1904, vol. 15, 6, pp 287-299

[24]Mayeur, F., *Histoire générale de l'éducation et de l'enseignement en France*, sous la direction de Parias L.H., vol.3, *De la Révolution à l'école républicaine, 1789-1930*, Paris, 1981., p.441.

d'hier. En 1904, Appell est doyen de la faculté des Sciences de Paris depuis 1903, il est membre de l'Académie des sciences depuis 1892. Il vient surtout d'entrer au Conseil Supérieur de l'Instruction Publique et au Comité consultatif de l'enseignement public. C'est à ce titre qu'il est chargé d'inspecter les facultés des sciences en 1906.

En effet, depuis 1888, le corps des Inspecteurs Généraux de l'enseignement supérieur a été supprimé pour respecter l'autonomie accordée au Conseil Général des facultés. Néanmoins, 1e ministre se réserve le droit de confier des missions temporaires d'inspection des facultés à des membres du Comité Consultatif de l'enseignement public. Le texte d'Appell n'est donc pas écrit par un Inspecteur Général mais par quelqu'un qui formule une réflexion globale sur l'enseignement supérieur des sciences en France.

5- "La place de la science dans les bibliothèques françaises".

De juillet à décembre 1905, la *Revue scientifique* lance une grande enquête sur "La place de la science dans les bibliothèques françaises"[25]. Cette enquête témoigne de l'intérêt que suscite à cette époque la diffusion et l'enseignement des sciences ; elle est un véritable réquisitoire contre la portion congrue accordée à la science dans la politique d'achat des bibliothèques.

Cette enquête est en fait une véritable campagne d'opinion lancée en faveur du développement des fonds scientifiques. Elle mobilise des dizaines de personnalités scientifiques dont certaines de premier plan, comme Appell ou Lippmann, qui apportent leur contribution ou leur témoignage sur la place de la littérature scientifique dans les bibliothèques françaises. Cette enquête porte sur les bibliothèques municipales, les bibliothèques universitaires et les grands établissements parisiens comme le Bibliothèque nationale.

Cette enquête commence par un constat alarmant sur l'état des ressources des bibiliothèques en ouvrages scientifiques :

Les progrès de la science impliquent donc des

---

[25]collectif, "La place de la science dans les Bibliothèques françaises", *Revue scientifique (Revue rose)*, tome IV, de juillet à décembre 1905.

bibliothèques nombreuses, et surtout des bibliothèques bien montées en livres de sciences. Or ces bibliothèques, les trouvons-nous en France. Il ne le semble pas. (...) la situation n'est pas sans gravité, car le mouvement ascensionnel de la science n'a pas été suivi, tant s'en faut, par un mouvement parallèle des bibliothèques scientifiques. [26]

Une des causes de cet état de fait réside, d'après les auteurs de cette enquête, dans la formation généralement littéraire des bibliothécaires. Cette formation est d'ailleurs inégale, depuis le simple bachelier jusqu'au chartiste[27]. Ce bibliothécaire est, au pire, un bibliophile qui aime les beaux ouvrages en tant qu'objets parfois rares et précieux et qui répugne à les voir s'user entre les mains des emprunteurs, au mieux, un tenant des humanités classiques, ne s'intéressant qu'aux ouvrages littéraires. Dans tous les cas, ces bibliothécaires accordent trop d'importance à leur rôle de conservateur et trop peu à la fonction sociale de prêt des bibliothèques.

Une autre cause est le trop petit nombre de scientifiques dans les commissions d'achat des bibliothèques. Ces commissions sont d'ailleurs généralement simplement consultatives, la décision d'achat appartenant en dernier ressort au bibliothécaire.

Les enquêteurs ont relevé la composition des commissions d'achat des 229 bibliothèques municipales françaises de janvier à juillet 1905. Il apparaît que 61 de ces commissions ne comportent aucun membre scientifique, soit 26,6 % des bibliothèques. Dans l'ensemble des 229 commissions, les membres scientifiques représentent 18 % du total des membres.

Une autre cause, peu surprenante, est le manque de crédits alloués aux bibliothèques, qu'elles soient universitaires ou publiques. D'après les enquêteurs ces crédits sont généralement supérieurs à l'étranger et notamment en Allemagne. En ce qui concerne la richesse des fonds, une statistique de 1888 révèle que la Bibliothèque nationale dispose alors de 3 500 000 volumes, l'Université de Paris de 236 000, la plus riche université de

---

[26]anonyme, "La place de la science dans les Bibliothèques françaises", *Revue scientifique (Revue rose)*, 1, tome IV, 1905 p. 1.

[27]En 1905, sur 50 bibliothèques universitaires, 2 sont administrées par des chartistes, sur 35 Bibliothèques municipales classées, 15 ont un conservateur chartiste.

province est Montpellier avec 82 000 volumes, puis arrivent Toulouse et Bordeaux avec chacune 61 000 volumes, Lyon (57 000), Alger et Lille(45 000) et Nancy avec 39 000 volumes.

Enfin, les intervenants dans cette enquête signalent que le temps passé à demander un ouvrage qui trop souvent n'existe pas dans ces bibliothèques, découragent les professeurs et les étudiants d'avoir recours à leurs services, ce qui renforce la conviction des bibliothécaires qu'il n'existe pas de public pour les ouvrages scientifiques.

Les solutions proposées sont d'exiger :

> *une culture scientifique élémentaire, mais plus élevée que celle du baccalauréat, de tous les bibliothécaires en général, et pour les grandes bibliothèques, des fonctionnaires scientifiques spécialisés (...) car, faute d'une telle éducation spéciale, on voit le plus éthéré des ouvrages métaphysiques de l'idéaliste Berkeley, qui porte le titre malencontreux de "Les vertus curatives de l'eau de goudron" classé dans les spécialités médicales!*[28]

D'autre part, il faut que les commissions d'achat comprennent plus de scientifiques.

Enfin, il est préconisé de séparer les bibliothèques universitaires qui sont communes à Alger, Besançon, Caen, Clermont, Lille, Lyon, Montpellier, Nancy, Poitiers, et Rennes. À Marseille, Bordeaux, Paris, Dijon et Grenoble il y a plusieurs sections mais pas toujours organisées de façon rationnelle, c'est ainsi qu'à Paris sciences et lettres restent groupées. Le modèle proposé est celui de Toulouse, avec une section Droit-Lettres et une section Sciences-Médecine.

Cette longue enquête et les solutions préconisées montrent bien l'intérêt suscité par la science au début du siècle. Elle marque peut-être le moment où les scientifiques, essentiellement des professeurs de faculté, prennent conscience de constituer un groupe de pression capable de balancer l'influence dominante de la culture littéraire. En tous cas, elle confirme les préoccupations pour l'enseignement et la diffusion des sciences déjà manifestées par la réforme scolaire de 1902.

---

[28]anonyme, "La place de la science dans les Bibliothèques françaises", *Revue scientifique (Revue rose)*, 1, tome IV, 1905 pp. 2 et 6.

6- Un questionnement fertilisant

Il apparaît ainsi que le début de ce siècle est une période fertile en réformes, comme le montre la réforme de 1902 pour l'enseignement secondaire. C'est une période propice aussi à la réflexion sur l'enseignement en général et sur celui des sciences en particulier, que ce soit dans le secondaire ou le supérieur, comme le montrent les conférences du Musée pédagogique et l'article d'Appell en 1904. L'enquête de 1905 sur la place de la science dans les bibliothèques participe de cet intérêt pour les questions touchant à la diffusion de la science.

C'est également le moment où l'enseignement supérieur prend conscience de ses responsabilités dans la formation des professeurs du secondaire et dans la formulation des programmes de cet enseignement.

On assiste également à un renouvellement de génération dans le personnel enseignant. Celui-ci a été massivement recruté entre 1875 et 1895, afin de pourvoir les postes nouveaux et remplacer les départs à la retraite des professeurs recrutés en nombre pendant la Monarchie de Juillet, tandis que le recrutement s'était tari sous le Second Empire. Or, ces jeunes professeurs sont désormais formés par les nouvelles facultés des sciences qui les préparent à la licence et à l'agrégation, les normaliens ne sont plus les seuls à avoir bénéficié d'un enseignement supérieur.

Cette situation est donc favorable à une meilleure diffusion des progrès scientifiques, même s'il est difficile de mesurer 1'impact réel des mesures nouvelles et du renouvellement des méthodes pédagogiques .

D'autre part, il faut laisser le temps aux réformes de porter leurs fruits. Quoiqu'il en soit, il est indéniable que la situation de 1'enseignement scientifique à la veille de la première guerre mondiale est beaucoup plus favorable qu' elle ne l'était au 19ème siècle.

Pourtant, avec la guerre mondiale et ses débuts meurtriers, les jugements entendus après 1870, portant sur l'état de l'enseignement des sciences, resurgissent presque mot pour mot, comme si rien n'avait changé dans ce domaine depuis les débuts de la troisième République.

C'est ainsi que Nordmann peut écrire dans la *Revue des deux Mondes* :

les avantages passagers de l'Allemagne proviennent

évidemment et pour la plus grande part, de ce que, ayant dès le temps de la paix et en vue des oeuvres de la paix, mobilisé mieux que ses rivaux les ressources de sa science, il lui a suffit de transposer cette méthode aux oeuvres de la guerre pour s'assurer momentanément des éléments important de succès. [29]

ou encore

si les Allemands arrivent à tenir en équilibre notre supériorité numérique et morale, c'est par une supériorité technique, qui, chaque jour d'ailleurs tend à leur échapper.

Et l'auteur trouve à nouveau la même explication que 35 ans plutôt à cet état de fait :

l'éducation et l'instruction (...) continuent (...) a être beaucoup plus littéraire que scientifique.(...)Ne serait-il pas temps de comprendre qu'aucun homme ne devrait pouvoir être considéré comme ayant reçu une instruction suffisante s'il n'a pas eu quelques contacts avec les principes et les méthodes de la science (...)? Une éducation qui se borne à la culture sans toucher à la science, est aussi incomplète que celle qui n'aborde que la science, sans y joindre la puissance de l'expression claire.[30]

Cette réflexion sur l'enseignement des sciences est d'ailleurs loin de s'arrêter après les première années du siècle. On assiste même, de ce point de vue, à un véritable foisonnement, que se soit dans la *Revue Générale des Sciences* mais aussi dans la *Revue de Métaphysique et de Morale, Scientia,* la *Revue des Deux Mondes* ou *La Nature.* [31]

---

[29]Nordmann, Ch. "Science et guerre", in *Revue des deux Mondes* , déc .1915, p.700 et701.

[30]Nordmann, Ch., op; cit. ,p.707.

[31]On trouvera dans les sources, au chapitre "enseignement scientifique", les références des articles qui n'apparaissent pas dans les notes de bas de page.

Chapitre 2

Quels médias pour quels publics?

Paradoxalement, alors que le début du vingtième siècle est marqué par un débat fructueux sur la place des sciences dans l'enseignement et la formation des élèves, les études menées sur l'histoire de la vulgarisation scientifique montrent que celle-ci connaît un déclin notable à la même période. Selon Bruno Béguet :

> *ce recul n'est que le signe parmi d'autres d'un affaissement général des idéaux de la science. (...) La pensée fin de siècle, tout à la fois sceptique et religieuse, sinon mystique, brûle ce que les générations précédentes avaient adoré, et la vulgarisation, ne trouvant plus dans l'esprit public les soutiens nécessaires, marque le pas.*[1]

1- La science en question.

Depuis la fin du XIX^{ème}siècle, en effet, la science est objet de débat. La plus célèbre polémique est celle soulevée par Ferdinand Brunetière, dans son article de *La Revue des deux Mondes* de janvier 1895 intitulé : "La science et la religion". Dans ce texte, qui est plus le révélateur d'un débat déjà engagé qu'un point de départ, Brunetière passe en revue les "faillites de la science" qui n'a pas atteint les buts que lui avaient fixés les tenants d'un scientisme triomphant.

La polémique qui suivra, dont un des grands moments est le banquet scientiste et républicain de Saint Mandé offert en l'honneur de Marcelin Berthelot le 4 avril de la même année et auquel assistera

[1]Beguet, B., "La vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914 : contexte, conceptions et procédés", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914*, Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, p. 14.

Raymond Poincaré, peut être décomposée en plusieurs niveaux.

Au niveau le plus conjoncturel, on assiste à une des batailles qui oppose les milieux catholiques et encore souvent anti-républicains (même si Brunetière lui même est républicain et s'affirme longtemps non-croyant, il se convertira pourtant tardivement au catholicisme en 1900) aux milieux positivistes et libres penseurs, champions de la République. Comme le remarque Pierre Thuillier dans *la Recherche* : "les mots sciences et religion fonctionnaient largement comme des signaux, comme des cris de ralliement".[2]

Le second niveau de la polémique porte sur la capacité de la science à rendre l'humanité moralement meilleure, à lui fournir les bases de son organisation politique, à répondre à ses questions sur son origine, sa nature et sa destinée. C'est Marcelin Berthelot qui déclarait que la science

> *réclame aujourd'hui à la fois la direction intellectuelle, la direction matérielle et la direction morale des sociétés,* ou encore, *la science domine tout : elle rend seule des services définitifs. Nul homme, nulle institution désormais n'aura d'autorité durable s'il ne se conforme à ses enseignements.* [3]

Cette attitude est dans la lignée de la pensée de Comte (ou du moins de certains aspects les plus célèbres de sa philosophie), d'Émile Littré, de Taine ou de Renan qui vient de publier, en 1890, *L'avenir de la science* , ouvrage rédigé dès 1848. Dans la préface de cet ouvrage, Renan affirme :

> *ma religion c'est toujours le progrès de la raison c'est à dire de la science.*[4]

Pour Brunetière, le sort de la classe ouvrière, à l'issue de la première révolution industrielle fondée en grande partie sur les progrès techniques permis par la science, est la preuve que cette dernière ne permet pas d'atteindre les buts qu'elle s'était fixés dans le domaine des valeurs et du bonheur des hommes. Dès 1889, Paul Bourget, dans son roman *Le Disciple*, avait mis en scène les expériences menées sur une jeune fille par un savant, partisan du déterminisme psychologique, lesquelles expériences poussent son cobaye au suicide.

---

[2]Thuillier, P., "Un débat fin de siècle : la faillite de la science", in *La Recherche*, 234, 1991, p.955.

[3]cité par Thuillier, P., in op. cit., p.952.

[4]Renan, E., *L'avenir de la science*, Flammarion, 1995.

Bourget posait ainsi la question de la responsabilité du savant.

Le troisième niveau de la polémique est plus épistémologique. Il s'inscrit dans la lignée de l'ouvrage d'Émile Boutroux publié en 1874 sur *La contingence des lois de la nature*. Dans cet ouvrage, Boutroux montre que le déterminisme devient moins absolu au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des choses, de la matière inerte au vivant, du vivant au conscient.

On est là face à un mouvement de critique des sciences qui dépasse largement la polémique soulevée par Brunetière, et qui s'étendra jusqu'aux années 1910. Il s'agit de poser un regard critique sur le sens et la valeur des concepts fondamentaux utilisés par les sciences, mais également de s'interroger sur la méthode scientifique. Les contributions à ce débat son très nombreuses et viennent d'horizons variés.

En 1889 Bergson publie son *Essai sur les données immédiates de la conscience* qui, par une sorte de libération intellectuelle, favorisera le mouvement de critique des sciences. En 1894, paraît l'*Essai sur les conditions et les limites de la certitude logique* de Gaston Milhaud. C'est en partie dans ce contexte que se situe la réflexion de Poincaré telle qu'il l'expose dans *La science et l'hypothèse* en 1902, ou *La valeur de la science* en 1905 (ce dernier titre montrant par son libellé que cette réflexion se rattache bien, en partie, aux polémiques soulevées à la fin du XIXème siècle par Brunetière). En 1906, Pierre Duhem publie *La théorie physique, son objet et sa structure* ; en 1908, Abel Rey lui répond par sa thèse sur *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains* et *Le mécanisme et l'énergétisme au point de vue des conditions de la connaissance*. Toujours en 1908, Émile Meyerson publie *Identité et réalité*. Il faudrait citer encore beaucoup d'autre auteurs, Arthur Hannequin, A. Darbon ou Édouard le Roy. Mais notre propos n'est pas de faire une analyse des débats qui agitent alors scientifiques et philosophes. Il était simplement nécessaire de rappeler la richesse de ces débats.

Or, si cette réflexion menée sur les fondements et la valeur de la science crée un climat propice à l'innovation conceptuelle et n'est, somme toute, qu'une des manifestations des bouleversements de la physique au début du siècle, elle est en revanche néfaste à une popularisation de la science qui a besoin de reposer sur des certitudes simples pour s'imposer à un public qui s'intéresse surtout aux découvertes positives ayant des applications pratiques.

2- La vulgarisation à un tournant de son histoire.

Le début du siècle est aussi une période de transition au cours de laquelle la vulgarisation se renouvelle, adoptant des méthodes techniquement plus modernes, (utilisation de la photographie qui remplace la gravure pourtant souvent plus précise et beaucoup plus lisible, utilisation de la couleur ...).

On assiste aussi à un changement de génération chez les vulgarisateurs, en particulier pour ceux qui sont considérés comme les fondateurs du genre en France. Louis Figuier meurt en 1894 et Gaston Tissandier (le fondateur de *la Nature* en 1873) disparaît en 1899. Camille Flammarion vit jusqu'en 1925, mais il ne publie plus. La relève se prépare pourtant, avec l'abbé Moreux dont la carrière de vulgarisateur ne commence vraiment qu'après la première guerre mondiale, avec Henri de Graffigny qui est déjà en pleine production au début du siècle, ou encore Charles Nordmann qui écrira beaucoup sur la Relativité dans la *Revue des deux Mondes.*

Ce recul de la vulgarisation peut-être mesuré par la diminution du nombre de périodiques consacrés à ce genre (moins de 10 titres dont la moitié disparaît avant 1914, contre 20 à 25 dans la période faste qui va de 1860 à 1895), et par la disparition de nombreuses collections scientifiques chez les éditeurs.

Mais cette période est aussi marquée par l'intérêt nouveau que portent les savants eux-mêmes à la diffusion du savoir scientifique. Cette attitude tranche avec le mépris dans lequel était généralement tenu l'activité de vulgarisation dans la deuxième moitié du XIXéme siècle, au moins jusqu'aux années 1880. C'est Ernest Renan qui pouvait écrire dans *l'Avenir de la science* :

> *Il serait infiniment désirable que la masse du genre humain s'élevât à l'intelligence de la science ; mais il ne faut pas que la science s'abaisse pour se faire comprendre. Il faut qu'elle reste dans ses hauteurs et qu'elle y attire l'humanité. (...) La science populaire m'est profondément antipathique, parce que la science populaire ne saurait être la vraie science.*[5]

---

[5]Renan, E., op. cit., p. 422.

À nouveau, à partir de 1900 environ, comme avant 1850, des scientifiques de renom jouent un rôle dans la diffusion du savoir. Bernard Brunhes publie *La dégradation de l'énergie* en 1909, Paul Painlevé, avec la collaboration d'Henri Poincaré et d'Edmond Perrier, publie en 1912 *Ce que disent les choses*, (leçons de choses destinées aux enfants du primaire), *Les Atomes* de Jean Perrin paraissent en 1913. Selon Laurent Rollet,[6] il est également possible d'inclure les quatre ouvrages publiés par Poincaré, dans la Bibliothèque de philosophie scientifique chez Flammarion, parmi les ouvrages de vulgarisation, et ce, ne serait-ce que par le grand succès d'édition qu'ils ont constitué. (En 1936 *la Science et l'hypothèse* a été tirée à 48 000 exemplaires, *la Valeur de la science* à 37 000, *Science et méthode* à 26 000, et *Dernières pensées* à 19 000, on remarquera quand même l'érosion des tirages et retirages au fur et à mesure de la sortie des titres)[7]

Il va sans dire que les livres cités en exemple n'ont en commun que le fait d'avoir été écrits par des scientifiques reconnus mais qu'ils s'adressent à des publics extrêmement variés. Ces ouvrages correspondent, en fait, à des genres tellement différents qu'il devient même difficile de tous les classer sous le seul vocable de vulgarisation. Mais notre propos n'est pas d'approfondir cette question qui fait l'objet de nombreuses recherches et dont on trouvera les références les plus marquantes dans notre bibliographie.

3- Relativité et vulgarisation.

La diffusion de la Relativité se fait donc dans ce contexte contrasté, marqué à la fois par le déclin de la vulgarisation telle qu'elle était conçue dans la deuxième moitié du XIX^{éme} siècle, mais également par un grand bouillonnement intellectuel autour de la valeur de la science, de ses méthodes et de ses fondements. Bouillonnement qui fait pendant aux remises en cause de la physique classique au même moment, ce qui constitue un facteur favorable à la réception des nouvelles théories de la physique.

Mais la Relativité présente aussi un caractère intrinsèque qui

---

[6]Rollet, L., "Henri Poincaré - vulgarisation scientifique et philosophie des sciences", *Philosophia Scientiae*, vol.1, cahier 1, 1996.

[7]chiffres relevés en quatrième de couverture d'un volume de la Bibliothèque de philosophie scientifique édité en 1936.

ne lui permet pas d'être aisément vulgarisable selon les canaux habituels de la diffusion des découvertes scientifiques et techniques. La théorie de la relativité n'est pas à proprement parler une invention ni même une découverte. Pour en comprendre la portée, il faut en connaître les enjeux qui restent éloignés de l'expérience quotidienne. En d'autres termes, quel intérêt la population pourrait-elle manifester aux réponses que des physiciens apportent à des questions que cette population ignore? De plus, il s'agit d'une théorie controversée. Or le temps de la controverse est rarement celui de la vulgarisation.

Pourtant, les conséquences de cette théorie sur l'espace et le temps semblent de nature à aiguiser la curiosité d'un public non-scientifique, comme c'est le cas aujourd'hui et depuis des décennies.

> *Le caractère choquant de certains aspects des théories relativistes, leurs paradoxes apparents, largement et exagérément mis au premier plan par une vulgarisation avide de sensationnel, comptent pour beaucoup dans la constitution du mythe einsteinien,*

écrit J. M. Lévy Leblond[8], en pensant il est vrai à la vulgarisation de la relativité après 1919.

Mais vulgariser ces nouvelles conceptions de l'espace et du temps, induites par la conciliation entre le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière, exige à nouveau d'introduire des notions complexes et difficilement compréhensibles d'électrodynamique. Notions trop complexes par rapport à ce quelles permettent d'introduire. D'autant plus que l'effort fournit pour comprendre de quoi il retourne aboutit à un résultat sur l'espace et le temps simple à comprendre, si ce n'est à admettre ; résultat qui finalement semble plus relever de la réflexion philosophique que de la science positive. On a ici un problème tout à fait central dans la diffusion de la Relativité, problème sur lequel nous reviendrons dans le chapitre sur "la relativité de la simultanéité", mais qui peut déjà être exprimé de la façon suivante : pour comprendre la portée de la théorie de la relativité il faut l'avoir comprise, mais pour la comprendre il faut en mesurer la portée, sinon elle garde un caractère de spéculation gratuite qui, par des chemins escarpés, aboutit à des résultats qui semblent triviaux, puisqu'on n'en comprend pas la portée. Que ces résultats soient de plus contraires au sens commun ne contribue pas à

[8]Lévy-Leblond, J.M., *L'esprit de sel. Science, politique, culture,* Paris, 1984, p. 164.

en justifier l'intérêt aux yeux du profane. Enfin, cette théorie n'a aucune conséquence concrète, aucune application technique, qui puisse en faire mesurer la portée pratique et ainsi justifier l'effort consenti pour la comprendre.

Ce n'est pas un hasard s'il faut attendre 1919, et l'observation astronomique d'Eddington, pour que la diffusion de cette théorie, sous sa forme généralisée, franchise les frontières d'un étroit public de scientifiques et de philosophes.

4- Les médias.

Il est donc impropre de parler de vulgarisation ou, de popularisation de la Relativité avant les années vingt.

Pourtant, il n'est pas impossible d'essayer de mesurer comment se diffuse en France cette théorie nouvelle à partir de 1905, en dehors du cercle des physiciens spécialistes d'électrodynamique.

Pour se faire, il faut rechercher les canaux de cette diffusion ailleurs que dans les revues et les publications traditionnellement considérées comme de vulgarisation. À fortiori, cette diffusion ne s'est pas faite non plus par le moyen de la presse quotidienne généraliste[9]. Il

[9] *L'Est Républicain*, dépouillé de 1919 à 1922, peut être pris comme exemple d'un quotidien régional. Il dispose d'une rubrique scientifique périodique et d'un chroniqueur spécialisé, Pol Simon, alias Simpol, mort en mars 1922. Ces chroniques portent sur les rayons X, la radioactivité, l'électricité, rendent compte des conférences et des cours publics de la Faculté des sciences et des sociétés savantes locales (en particulier une conférence du professeur Cuénot devant la Ligue de l'Enseignement sur "Hérédité et Eugénique", dans laquelle il préconise, à l'exemple des américains "qui envisagent d'isoler tous les tarés dans des villes spéciales afin d'éviter que leur race ne se perpétue, l'examen médical généralisé avant le mariage pour permettre l'union des éléments sains de la nation") (E.R., 13 mars 1922), mais il n'y jamais question de la Relativité. On y trouve aussi les élucubrations pseudo-scientifiques et simili-philosophiques d'un certain Legay, "guide fondateur de l'oeuvre Paul" (?), intitulés pompeusement "École de la pensée" et portant sur : "sottise et chaos" (E.R. 25 fev 1922), ou : "la nouvelle révélation" (E.R. 1 mars 1922). Le nom d'Einstein et la mention de la Relativité apparaissent seulement lors du voyage d'Einstein à Paris en avril 1922, échos atténués de l'enthousiasme manifesté par la presse parisienne, comme l'a montré Bienzunski. De courts articles informent du programme d'Einstein, sans présenter le teneur de ses théories. Après son départ, une chronique d'Émile Gautin, "Les tablettes du progrès", évoque, "pour sacrifier à l'obsédante actualité, la théorie d'Einstein" : "je dirais volontiers qu'elle flanque par terre tout le bel édifice des mathématiques newtoniennes, si je n'avais quelques bonnes raisons de la soupçonner de dissimuler un de ces bluffs "kolossaux" dont les Boches ont le secret". (E.R. 18 avril 1922). Cette allusion marque clairement les limites de la possibilité d'une véritable vulgarisation de la Relativité. En 1922, cette théorie reste suspecte avant tout parcequ'elle est d'origine allemande. Le grand public

faut aussi admettre que cette diffusion est restreinte à un public étroit.

A l'époque de l'élaboration de la Relativité, les journaux de vulgarisation qui s'intéressent à autre chose qu'à la physique appliquée (ils sont en fait si peu nombreux que seule *la Nature* répond à ce critère sur l'ensemble de la période) rendent compte abondamment de la découverte des radiations nouvelles (rayons N, rayons X, radioactivité alpha et béta, rayons cathodiques et rayons canaux...), des théories nouvelles sur la matière et ses transmutations, de l'atomistique et des particules élémentaires (ions électrons ou magnétons...), des preuves de la réalité moléculaire ou même de la nature continue ou discontinue de l'énergie, mais ils sont muets sur la Relativité, au moins jusqu'en 1912[10] ; et encore ne s'agira-t-il que d'une discrète allusion au problème qui se pose, plus qu'à la solution apportée par Einstein à ce problème, lequel Einstein n'est d'ailleurs pas cité.

Étudier la diffusion de la Relativité à travers la presse dite de vulgarisation est donc une entreprise assez vaine car la Relativité n'a pas le même statut que les autres grandes nouveautés de la physique à la fin du XIX ème siècle ou au début du XXème. La seule exception est donc *la Nature* qui ne s'interdit pas les articles sur la recherche fondamentale et les grands questionnements de la physique théorique et mathématique au début du siècle.

Hormis cette exception notable, c'est donc ailleurs qu'il faut chercher les canaux par lesquels la théorie de la relativité a quitté peu à peu le cercle étroit des spécialistes pour se répandre dans un public plus large. Ces canaux se trouvent dans l'étroite limite qui existe entre les publications strictement professionnelles destinées à des spécialistes et les revues de vulgarisation s'adressant à un large public, cultivé mais sans formation scientifique spécifique. Entre ces deux frontières, il existe de rares publications destinées à la diffusion du savoir scientifique spécialisé aux savants des autres disciplines et éventuellement aux esprits curieux des développements des sciences.

La limite inférieure de ce créneau, pour l'époque qui nous concerne, est constitué par les revues de vulgarisation que sont, par exemple, *L'Année scientifique et industrielle*, *La Science au vingtième siècle*, *la Science et la Vie*, ou encore *la Science pour tous*. Les revues

---

n'est pas encore prêt a dépasser cette contingence, tout au moins dans les provinces de L'Est, si ce n'est à Paris. Or ce dépassement est le préalable à toute tentative de vulgarisation.

[10]Date du premier article faisant allusion à la Relativité dans *La Nature*, voir à ce propos le chapitre "chronologie de la diffusion."

professionnelles, qui constituent la frontière supérieure de l'espace éditorial que nous avons défini, sont, par exemple, le *Journal de physique*, le *Bulletin de l'union des physiciens*, ou le *Bulletin de la société des électriciens*. Entre ces deux limites il y a très peu de publications. Dans une certaine mesure et pour certains de ses articles, on l'a vu, *La Nature* se situe dans ce créneau, mais seules trois ou quatre publications, à notre connaissance, répondent complètement au critère défini plus haut.

La plus caractéristique est la *Revue générale des sciences pures et appliquées*. Cette Revue est fondée en 1890 par Louis Olivier. Olivier né en 1854, était le fils d'une grande famille manufacturière d'Elbeuf en Normandie, il reçoit une éducation littéraire classique avant de succéder à son père à la tête de la manufacture familiale. Mais, passionné de science, il reprend bientôt ses études à Paris et soutient une thèse en biologie. Il devient directeur de la station maritime de physiologie du Havre. À 35 ans, il investit toute sa fortune personnelle dans la création de la *Revue Générale des sciences*. Ch. Ed. Guillaume[11] présente ainsi le projet d'Olivier dans l'article nécrologique qu'il lui consacre en 1910 dans la Revue :

> *Entre les collections spécialisées et les périodiques de vulgarisation, il existait, pensait (Olivier), une lacune fort importante à combler ; il fallait amener les auteurs des découvertes à exposer eux-mêmes leurs travaux sous une forme telle que toutes les personnes cultivées puissent en saisir au moins les grandes lignes , et que, cependant, les spécialistes de même activité trouvassent leur profit à cette même lecture. Ainsi seraient largement répandus les moyens d'une culture scientifique supérieure et précise.*[12]

Ce programme correspond exactement à la place de cette revue dans le paysage éditorial français. La qualité de ses collaborateurs réguliers à l'époque qui nous intéresse (Poincaré en particulier, mais aussi Lorentz ou Langevin, Appell, Duhem ou Ch. Ed. Guillaume), et l'intérêt de ses articles couvrant l'ensemble de l'activité scientifique,

---

[11]Charles Édouard Guillaume, membre du comité de rédaction de la revue, prix Nobel de physique en 1920, ne doit pas être confondu avec Edouard Guillaume dont nous aurons à analyser la critique de la Relativité.

[12]Guillaume, Ch.Ed., "Louis Olivier", *Revue Générale des Sciences*, vol. 21, 1910, pp. 923-929.

montrent qu'Olivier avait atteint son but. Ses successeurs maintiendront l'esprit de la revue après la disparition de son fondateur.

La seconde revue qui cherche à faire diffuser par les savants eux mêmes les résultats de leurs recherches en dehors des organes spécialisés est la revue *Scientia, rivista internazionale di sintesi scientifica*, fondée en 1907 par G. Bruni, A. Dionisi, F. Enriques, A Giardina et E. Rignano. Leur but explicite et de lutter contre les dommages de la spécialisation. (Cette initiative est d'ailleurs contemporaine de celle d'Henri Berr et de son Centre International de Synthèse). Cette publication, de haute tenue intellectuelle, souvent citée et commentée par les autres revues scientifiques, publie des articles des savants de près de cinquante pays. Ces articles, lorsqu'il sont rédigés en anglais , en allemand ou en italien, sont systématiquement traduits en français dans un supplément pour l'édition française. O tempora , o mores!

Poincaré, Langevin ou Lorentz collaboreront à *Scientia.* De 1907 à 1977, 28% des auteurs sont italiens, 17% français, 11% anglais, 9% allemands et 7% Etats-uniens. *Scientia* va jouer un rôle décisif dans la première diffusion de la Relativité en France.

À ces deux revues principales, on pourrait encore ajouter *La Revue scientifique (Revue rose)* qui se situe à la limite supérieure du créneau éditorial retenu. Ce n'est pas une revue spécialisée dans un domaine scientifique étroit, mais elle s'adresse surtout à un public de scientifiques professionnels. Enfin, il y a les *Archives des sciences physiques et naturelles*, qui, bien que publiées à Genève, sont lues en France, cette publication se situent aussi à la limite supérieure du créneau éditorial défini plus haut.

L'autre biais par lequel se fait la première diffusion de la Relativité en France est celui des revues de philosophies ou des revues généralistes s'intéressant au mouvement des idées. C'est par ce canal, bien avant celui des revues de vulgarisation scientifique, que la Relativité sort du cercle des seuls professionnels de la science.

À la première catégorie appartiennent le *Bulletin de la société française de philosophie*, la *Revue de métaphysique et de morale*, ou plus modestement, la *Revue philosophique de la France et de l'étranger.*

À la seconde catégorie appartiennent la *Revue des deux mondes*, *La Revue Universelle* et l'éphémère *Revue du mois*, fondée en 1906 par Émile Borel et dont Langevin et Perrin font partie du comité de rédaction.

L'ensemble de ces publications scientifiques, philosophiques ou généralistes sont aisément disponibles pour un public de non-spécialistes. Une bibliothèque municipale de province comme celle de Nancy est abonnée à l'ensemble de ces revues dont elle possède les collections complètes.

Quant aux livres sur le sujet, ils ne font leur apparition en France qu'à partir de 1921(si l'on fait exception de l'ouvrage de E.M. Lémeray sur *Le principe de Relativité* publié en 1916, mais il s'agit d'un cours sur le sujet, ce livre participe donc à la diffusion de la Relativité mais pas à sa vulgarisation) ; 1921, c'est à dire au moment où la diffusion de la Relativité est déjà beaucoup plus large, c'est la limite chronologique supérieure de notre étude.

Michel Biezunski a fait une recension des livres et contributions scientifiques publiés en France sur la Relativité jusqu'en 1934. Bien que certains de ces ouvrages sortent de la limite chronologique de notre sujet, nous ne nous interdirons pas pour autant d'y faire allusion lorsque cela permettra d'éclairer notre propos. Nous analyserons en particulier certains passages du fameux ouvrage d'Einstein sur *La théorie de la relativité restreinte et généralisée*, traduit en français précisément en 1921. Néanmoins, ce ne sont pas les livres qui sont le moyen principal de diffusion de la Relativité durant la période que nous étudions.

5- Les publics.

Il est évident que les médias par lesquels la Relativité est diffusée déterminent les types de publics atteints par cette diffusion.

Il est possible de classer les différents publics auxquels s'adressent la diffusion et la vulgarisation des sciences selon deux familles de critères que l'on peut croiser.

La première famille de critères est celle du niveau et du type d'études poursuivies : enseignement primaire et primaire supérieur ; enseignement secondaire classique ou moderne, scientifique ou littéraire ; enseignement supérieur scientifique et technique ou littéraire et juridique.

La seconde famille de critères est celle de l'intérêt porté aux sciences et à la physique en particulier, soit pour des raisons professionnelles (ingénieur, professeur de physique, de mathématiques

ou de philosophie, journaliste ou chroniqueur scientifique...), soit pour des raisons d'intérêt personnel souvent lié au niveau d'étude atteint et au niveau socioculturel auquel appartient ce public.

En croisant ces deux familles de critères on s'aperçoit que le public concerné par la première diffusion de la Relativité est très étroit. Il a suivi un enseignement supérieur et occupe des professions intellectuelles supérieures. Concrètement, en tenant compte également des données recueillies sur les lecteurs de la Bibliothèque municipale de Nancy[13], on peut définir ce public ainsi : il s'agit des enseignants des facultés des sciences et des grandes écoles de l'État, de professeurs de lycées, d'étudiants en sciences, d'auditeurs de Langevin au collège de France, de certains philosophes s'intéressant à l'histoire des sciences ou à l'épistémologie, de quelques journalistes et d'esprits curieux. Ce public constitue la majorité du lectorat des revues scientifiques comme la *Revue générale des sciences.* Il faut y ajouter le lectorat non-scientifique, et pourtant peut-être intéressé par les sciences, d'une publication comme la *Revue des deux mondes.* Au total quelques milliers de personnes. Quelques dizaines de milliers si l'on admet qu'avoir entendu parler de la Relativité sans pour autant savoir exactement de quoi il s'agit constitue déjà le signe d'une première diffusion.

Nous n'avons pas la prétention d'établir un chiffrage précis, mais simplement souligner à nouveau que, s'il y a bien diffusion de la Relativité avant les années vingt, on ne peut pas encore parler de vulgarisation.

[13]cf annexe II.

Chapitre 3

La science au service de la patrie.

René Taton pouvait écrire dans son *Histoire Générale des Sciences* :

> *ainsi à la fin du 19ème siècle, l'organisation internationale de la science se trouvait-elle déjà bien amorcée, permettant une diffusion satisfaisante de publications sans cesse plus nombreuses et une coopération assez étroite entre les savants d'une grande partie du monde.*[1]

Ce jugement reste globalement valable jusqu'à la Première Guerre mondiale.

En effet, du point de vue de la coopération scientifique internationale, la Grande Guerre marque une rupture indéniable, avec l'émergence du nationalisme et du patriotisme scientifique. Mais il y a également rupture parce que la recherche scientifique, avec la guerre, n'est plus seulement une occupation désintéressée mais est devenue un enjeu de défense nationale. Ces deux phénomènes ont un double impact sur la diffusion des sciences. D'une part la science allemande devient la science ennemie ; d'autre part la science ne peut plus prétendre être une activité soustraite au jugement moral puisqu'elle contribue à l'oeuvre de mort. Bien sûr, ces préventions nouvelles visent en fait surtout la technique et la science appliquée mais elles atteignent aussi, par amalgame, la recherche fondamentale.

---

[1] Taton, R , *La science contemporaine, 1, le 19ème siècle*, P.U.F. Quadrige, 1995, p.19.

1- Avant la guerre.

Les signes concrets de la coopération internationale en matière de science ne manquent pas au début du siècle.

Ainsi, il y a la création, en 1900, de l'Association Internationale des Académies, ou encore, de façon plus pratique, la publication annuelle, à partir de 1900, et sous le patronage de la Royal Society, de *L'international Catalogue of Scientific Literature.*

Ce Catalogue international fait suite au *Catalogue of Scientific Papers* , publié par la seule Société Royale de Londres et recensant déjà les publications scientifiques de tous les pays. Le but du nouveau Catalogue était de partager les frais entre les États intéressés.

Pourtant, le *Catalogue International* n'est pas exempt de critiques, en particulier parce qu'il se développe volontairement sans aucun lien avec l'Institut International de Bibliographie fondé en 1895 par la Conférence bibliographique internationale de Bruxelles. De même, il refuse d'utiliser les publications déjà existantes en les intégrant dans le projet ; ces publications considéreront alors, à juste titre, qu'elles sont en concurrence commerciale avec le Catalogue. De plus, ce *Catalogue International de la Littérature Scientifique* adopte ses propres règles de catalographie, sa propre classification et son propre format de fiches. Il résulte de ce "splendide isolement" des frais considérables, des retards et souvent un résultat médiocre.

Les défauts sont tels que, durant la guerre, certains espèrent que celle-ci aura au moins le mérite de permettre de réformer l'entreprise. Si le *Catalogue International* doit continuer, c'est dans le respect des règles de classification internationales et dans un meilleur esprit de coopération avec les services bibliographiques des différents pays.

C'est le souhait que développe longuement Paul Otlet[2], en 1918, dans la *Revue Générale des sciences,* dans un article intitulé : "L'avenir du Catalogue International de la littérature scientifique".[3]

La coopération internationale se manifeste également par la multiplication des Commissions internationales destinées, en particulier, à

---

[2]Paul Otlet est secrétaire général de l'Union des Associations internationales.

[3]Otlet, P, "L'avenir du Catalogue International de la littérature scientifique", in *Revue Générale des Sciences,* vol. 29, 1918, p.71 à 75

unifier les unités de mesure[4]. Il y a également les associations formées pour l'étude de questions scientifiques particulières.[5] Il y a aussi les organisations permettant une division internationale du travail scientifique [6]. Enfin, le nombre croissant de Congrès internationaux est également un signe du développement de la coopération internationale dans le domaine des sciences.

De ce point de vue, le succès remarquable du Congrès International de Physique, organisé à Paris, du 6 au 12 août 1900, par la Société française de physique, à l'occasion de l'Exposition Universelle, est un exemple révélateur, même si les congrès de physique ne sont pas périodiques comme le sont ceux de mathématiques, de chimie ou d'ornithologie par exemple.

Ce congrès est l'un des quinze congrès scientifiques organisés en France à l'occasion de cette Exposition Universelle. À l'origine, les organisateurs espéraient quelques centaines d'inscriptions et pensaient aborder le problème des unités de mesure en physique ; mais bientôt les inscriptions dépasseront le millier et le congrès pourra réviser à la hausse ses ambitions scientifiques.

Désormais il s'agit de faire le point sur toutes les questions qui se posent à la physique à cette date. Le problème des unités reste à l'ordre du jour, avec une récapitulation de tout ce qui a été déjà décidé par le Comité International des Poids et Mesures, par la Commission métrologique internationale et par les précédents Congrès d'électriciens. On y abordera ensuite la question des constantes naturelles, au premier rang desquelles la constante de gravitation. Seront également traitées toutes les questions touchant à la physique du globe (oscillation des lacs, mouvement des glaciers, aurores boréales, constante solaire etc....), ce que Lucien Poincaré

---

[4]Commission métrique internationale avec son Bureau international des Poids et Mesures, Commission internationale des unités et étalons électriques, Comité électronique international, Association internationale pour l'essai des matériaux, Comité international des poids atomiques, Comité international pour la publication annuelle des Tables de Constantes physico-chimiques, Commission de l'Éclairage, Conférence internationale des Éphémérides astronomiques, Comité météorologique international, Union solaire internationale, Union télégraphique internationale, Conventions radiotélégraphique, Bureau international de l'heure.

[5]Association géodésique, Association sismologique, Institut international d'agriculture, Conseil international pour l'exploration de la mer, Institut Marey, Comité international pour l'étude du cerveau, échanges de nouvelles concernant les événements astronomiques

[6]Carte astrographique, Carte du monde au millionième, le *Catalogue de Littérature Scientifique* entre aussi dans cette catégorie.

et Charles Édouard Guillaume, qui rédigent l'article sur ce Congrès dans la *Revue Générale des Sciences* [7], appellent joliment, mais aussi, de façon symptomatique du manque de frontière claire de la physique à cette époque, "la physique de plein air". Enfin, le congrès abordera les questions essentielles liées à l'optique et à l'électricité, sans oublier la mécanique et la physique des molécules.

Pour éviter de n'être qu'un simple catalogue de questions n'ayant pas toujours de lien entre elles, le Congrès adopte une ligne épistémologique claire. Il s'agit de montrer que les progrès réalisés sont dus à l'accord de plus en plus grand entre physique mathématique et physique expérimentale[8].

Henri Poincaré est chargé d'écrire le rapport sur les conditions de cet accord entre physique mathématique et expérimentale. Ce rapport sera publié ultérieurement dans la *Revue Générale des sciences* [9] sous le titre "Les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique", il donnera les chapitres 9 et 10 de *La science et l'hypothèse,* intitulés respectivement "Les hypothèses en physique" et "Les théories de la physique moderne".

Enfin, les auteurs du compte rendu affirment que si une synthèse de tous les travaux physiques doit être tentée, c'est au confluent des travaux sur la matière et de ceux sur l'éther. Et les auteurs de conclure :

> *celui que tous les physiciens du monde sont unanimes a reconnaître comme leur maître, Lord Kelvin, a bien voulu écrire pour le livre des Rapports, un mémoire sur les conditions de la formation des ondes de l'éther par le déplacement de la matière pondérable et le caractère non oscillatoire de ces ondes pour des vitesses de déplacement inférieures à celle de la lumière. L'approbation que le grand savant a daigné donner à l'oeuvre qui s'accomplit est, pour ceux à qui a été confié le périlleux honneur de la mener à bonne fin, la plus précieuse des récompenses.*[10]

---

[7]Poincaré, L;, Guillaume, Ch.Ed., "Le prochain Congrès International de Physique", *Revue Générale des Sciences,* 1900, vol.11, pp. 669 à 679.

[8]Il est intéressant de noter que la notion de physique théorique n'apparaît pas ici, ce point est développé dans le chapitre "Principe où théorie".

[9]Poincaré, H. "Les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique", *Revue Générale des Sciences,* 1900, vol. 11, pp. 1163 à 1175.

[10]Poincaré, L;, Guillaume, Ch.Ed., op. cit., p. 679.

Ainsi, si ce congrès n'apporte rien de nouveau, il est néanmoins une réelle tentative de mise au point internationale des questions qui agitent la physique au début du siècle.

Dans un autre ordre d'idée, mais toujours dans le but de montrer l'état de la coopération scientifique avant la guerre, il est intéressant de noter qu'à la même époque la *Revue Générale des Sciences* publie, à chacune de ses livraisons, le sommaire de 65 revues scientifiques dont 45 sont des revues étrangères. En sciences physiques, cela représente 13 revues dont 8 étrangères, parmi lesquelles 3 en langue allemande (dont les *Annalen der Physik* de Leipzig), 3 en langue anglaise, 1 en italien et 1 en français (*le Journal de la Société physico-chimique russe* de St. Pétersbourg).

A cela il faut ajouter des compte rendus réguliers, publiés par la même *Revue Générale des Sciences*, de la plupart des Académies étrangères. Ainsi, il était possible à un public français de se tenir facilement au courant de la nature des recherches menées dans le reste de l'Europe ou aux États-Unis.

2- De la science universelle à la science nationale.

Étudiant la question allemande dans la vie intellectuelle française, de l'avant-guerre de 1870 à celle de 1914, au travers de quatre générations d'écrivains, Claude Digeon a montré que "pendant près d'un demi-siècle, la question allemande constitue un facteur important de la vie intellectuelle française : un sujet-clé."[11]

Avant 1870, la philosophie, la science, la littérature allemandes jouissent d'un grand prestige en France. La défaite de 1870 bouleverse cette image, faisant surgir deux questions nouvelles et intimement liées : comment le pays de l'Idée est-il devenu celui de la Force? Quelles sont les causes de l'effondrement français? Ces questions vont hanter les esprits jusqu'à la guerre de 14. Elles vont susciter deux types de réponses qui structurent en partie le mouvement des idées en France jusqu'à la première guerre mondiale. En 1871 Renan exprime avec émotion le

[11]Digeon, C., *La crise allemande de la pensée française, 1870-1914*, P.U.F., 1959, p. 535.

bouleversement ressenti après la guerre de 1870 par ceux qui se considéraient comme le enfants de la culture allemande :

> *L'Allemagne avait été ma maîtresse; j'avais la conscience de lui devoir ce qu'il y a de meilleur en moi. Qu'on juge de ce que j'ai souffert, quand j'ai vu la nation qui m'avait enseigné l'idéalisme, railler tout idéal, quand la patrie de Kant, de Fichte, de Herder, de Goethe s'est mise à suivre uniquement les visées d'un patriotisme exclusif.(...) Ce que nous aimions dans l'Allemagne, sa largeur, sa haute conception de la raison et de l'humanité, n'existe plus. L'Allemagne n'est plus qu'une nation.*[12]

Dès les débuts de la troisième République, ces deux mouvements de pensée opposés sont discernables. Pour le premier, d'inspiration républicaine, universaliste, rationaliste et idéaliste, l'Allemagne de Luther et de Kant, celle de la pensée libre et moderne, finira par triompher de celle de Bismarck qui marque un recul de la civilisation. C'est encore Renan qui écrit dès septembre 1870 :

> *La Prusse passera, l'Allemagne restera. Or l'Allemagne livrée à son génie sera une nation libérale, pacifique, démocratique même dans le sens légitime.*[13]

Ce mouvement de pensée optimiste s'exprime dans les écrits de Hugo, Zola, France, Romain Rolland et même dans le nationalisme de Péguy. Pour le second mouvement de pensée, la défaite de la France est la conséquence indirecte de l'universalité des principes de 1789, d'une conception trop large et généreuse de sa place dans le monde. Il faut désormais passer du patriotisme ouvert et positif à un patriotisme fermé et négatif, se définissant par opposition à l'Allemagne ; il faut préparer la Revanche. Les premiers représentant de ce courant de pensée sont Taine ou Fustel de Coulange, ils préparent le terrain au nationalisme de Barrès et Maurras.

Dans le domaine scientifique (au sens de sciences exactes), le premier courant de pensée, celui que Digeon qualifie "d'optimiste", l'emporte largement jusqu'à la première guerre mondiale, tout au moins en ce qui concerne les savants qui contribuent par leurs écrits à façonner

---

[12]Renan, E., *La réforme intellectuelle et morale de la France*, in *Oeuvres complètes*, t.1, pp 327-328.

[13]Renan, E, "La guerre entre la France et l'Allemagne", *Revue des Deux Mondes*, 15 sept. 1870, in *Oeuvres complètes*, t.1 p.432.

l'opinion publique. L'universalité de la science ne fait pas de doute, la collaboration avec les savants allemands va de soi. Si l'on se pose la question du pourquoi de la défaite française, c'est pour constater qu'elle s'explique en partie par la supériorité de la science allemande et surtout par la supériorité de l'enseignement des sciences en Allemagne qui reste alors un modèle à imiter ; la remarquable réussite industrielle du deuxième Reich vient conforter ce jugement. Il faut attendre l'éclatement du premier conflit mondial pour que s'exprime clairement l'idée qu'il existe une science française s'opposant à la science allemande, ou plus exactement une science française supérieure à la science allemande. Le passage de l'universalisme au nationalisme dans la science est donc plus tardif que dans la littérature, il est peut-être d'autant plus brutal.

Lorsqu'éclate la première guerre mondiale, le changement est radical par rapport à la situation qui prévalait encore juste avant la guerre. Si l'on prend comme indicateur de ce changement les publications scientifiques, on s'aperçoit ainsi que, dans la *Revue Générale des Sciences*, disparaissent toutes les communications des Académies et Sociétés Savantes allemandes.

Le sujet des articles publiés change aussi, avec la multiplication des publications sur les armes nouvelles, la radiographie des blessés, sur les transmissions etc.... Dans la revue *La Nature* c'est 1a classification même des sujets traités par la revue qui est modifiée en 1915.

Avant cette date, les sommaires étaient organisés de la façon suivante :

1) Académie des sciences,
2) Mathématiques et astronomie,
3) Sciences physiques (physique et chimie),
4) Sciences naturelles etc...,

À partir de 1915 il est organisé ainsi :

1) Armement,
2) Conditions économiques de la guerre,
3) Conditions ethniques et géographiques de la guerre,
4) Chimie etc...

La physique est reléguée en 12ème position, les mathématiques et l'astronomie ont disparues en tant que telles, en revanche, on voit apparaître les rubriques "Marine" ou "Navigation".

Cette nouvelle hiérarchie des sciences est symptomatique des

changements opérés par la guerre dans la façon d'envisager le rôle de la science.

La guerre se traduit aussi par un engagement massif des savants au service de leur pays sous la forme d'un soutien à ce que l'on considère, des deux côtés, comme une guerre du droit.

> *À la fin de l'été 1914, la prise de conscience d'une mission politique se propagea avec la force d'un raz de marée dans un milieu où l'on ne s'était pas jusqu'ici préoccupé, à quelques exceptions près, d'affiner son jugement politique ou d'aiguiser sa plume de publiciste.*[14]

Des deux côtés du front, les scientifiques jugent qu'il doivent participer à l'effort de guerre, non seulement par leur travail de recherche, mais aussi en mettant leur autorité intellectuelle, acquise dans un domaine étroit, au service de la cause juste de leur pays d'origine. Leurs compétences scientifiques devenant la garantie de leur sûreté de jugement dans le domaine politique.

Ainsi, des deux côtés de la ligne de front, des savants se sont mis au service de la propagande car, comme l'écrit Ch. Nordmann :

> *les plumes sont devenus métalliques, et c'est pourquoi tant d'aèdes bardés d'épithètes seront après tout fondés à dire que c'est à la pointe de l'acier qu'ils font reculer l'ennemi.*[15]

Or, entrer dans ce combat est un devoir, car comme le dit encore Nordmann :

> *Si les soldats n'impriment rien (...) en revanche, ils lisent. Ils lisent pour se distraire ou pour s'endormir... selon les auteurs, et en lisant les polémiques qui, comme des relents de l'arrière, arrivent jusqu'à eux, ils risquent d'être parfois meurtris dans leurs plus chères illusions, dans leur idéal quel qu'il soit, dans ce qui leur donne tant d'âme pour se battre et pour endurer.* [16]

Entrer dans le combat par la plume est bien un devoir, ne serait ce

---

[14]Schroeder-Gudehus, *Les scientifiques et la paix*, Presses Universitaires de Montréal, 1978, p. 68.

[15]Nordmann, Ch., "À propos de la science allemande", *Revue des deux mondes*, janv. 1916, pp. 457-458.

[16]Nordmann, Ch., op. cit., p. 458.

que pour maintenir le moral des combattants qui, il faut bien le dire, doivent être bien peu nombreux à se passionner pour les mérites respectifs de la science allemande et française. Sauf bien sur, à en considérer les applications meurtrières sur le champ de bataille. En effet, la conséquence principale de cet engagement des savants est que, brutalement, la science n'est plus considérée comme une activité universelle, mais est marquée d'un caractère national qui distingue et hiérarchise les sciences des différents pays.

Cette polémique récurrente sur les mérites respectifs de la science française et de la science allemande trouve en grande partie son origine dans l'"Appel au monde civilisé" diffusé le 4 octobre 1914. Ce manifeste signé par 93 intellectuels allemands, dont un quart seulement de scientifiques, traduit en 10 langues, aura un impact profond et durable. En France il est publié intégralement avec la liste des signataires par la *Revue scientifique,* cette publication est accompagnée de la note suivante :

> *Nous publions cet appel à titre documentaire. C'est le triste plaidoyer de 93 célébrités allemandes pour justifier la conduite de leur Nation dans la guerre actuelle.*[17]

La surprise causée par ce manifeste chez les savants français est bien exprimée par P. Sabatier, membre de l'Institut, qui répond à une enquête de la *Revue scientifique* sur l'avenir des relations scientifiques internationales après la guerre :

> *Il aurait été peut-être souhaitable que le domaine scientifique demeurât la tour d'ivoire isolée, inaccessible aux tempêtes extérieures. Mais le vent des passions violentes qu'a déchaînées la guerre a, dès le début, balayé ce rêve. Beaucoup de savants français avaient avec des collègues allemands des relations cordiales et même des rapports d'amitié, et lire les noms de ces derniers à la fin du manifeste des 93 intellectuels a été pour eux une surprise douloureuse.*[18]

On peut mesurer l'impact négatif de cet Appel dans cette déclaration du professeur V. Grignard, professeur à la faculté des sciences de Nancy, il répond à la même enquête que Sabatier. Ses propos résument

---

[17]"L'Appel des intellectuels allemands aux nations civilisées", *Revue scientifique (revue rose),* 6, 1914, pp. 170-176.

[18]Sabatier, P., "Sur les relations scientifiques internationales après la guerre", *Revue scientifique (revue rose),* 13, tome 95, 1915, p. 281

en peu de mots une opinion largement partagée dans le milieu scientifique français et pas seulement sur la frontière :

> *La Manifeste dit "des Intellectuels" a mis au pilori l'intellectualité allemande et l'a marquée pour longtemps au front (...) La communion est rompue pour de longues années ; une amende honorable ne la rétablirait même pas.*[19]

Ce manifeste des 93, comme il est souvent appelé en France à cette époque, est à la fois naïf, maladroit et provocateur. Il est probable que beaucoup de signataires se soient laissés piéger au nom de la nécessaire solidarité avec les combattants du front. Mais le plus remarquable est que ce manifeste ne traite absolument pas des mérites de la science allemande, c'est pourtant bien elle qui sera mise à l'index à cause des prises de position de cette déclaration.

Cet "Appel au monde civilisé" proclame:

> *Nous, représentants de la science allemande et de l'art allemand, protestons, devant le monde civilisé tout entier, contre les mensonges et les calomnies dont nos ennemis prétendent souiller la cause pure de l'Allemagne, dans la difficile lutte pour l'existence qui lui a été imposée. (...)*
>
> *Il n'est pas vrai que l'Allemagne a été cause de cette guerre. Ni le peuple ne l'a voulue, ni le gouvernement, ni l'empereur. Du côté allemand tout a été fait pour l'empêcher. (...)*
>
> *Il n'est pas vrai que nous avons violé d'une façon criminelle la neutralité de la Belgique. (...)*
>
> *Il n'est pas vrai que nos soldats ont touché à la vie et à la propriété d'un seul citoyen belge sans y être contraints à leur corps défendant. (...)*
>
> *Il n'est pas vrai que nos troupes ont ravagé brutalement Louvain. (...)*
>
> *Il n'est pas vrai que notre façon de faire la guerre méconnaît le droit des gens.(...)*
>
> *Il n'est pas vrai que la lutte contre ce que l'on appelle notre militarisme n'est pas une lutte contre notre culture.*

---

[19]Grignard, V., "Sur les relations scientifiques internationales après la guerre, *Revue scientifique (revue rose)*, 5, tome 96, 1916.

(...)

Croyez nous! Croyez que nous mènerons le combat jusqu'au bout, comme un peuple cultivé auquel l'héritage de Goethe, de Beethoven et de Kant est aussi sacré que son foyer et sa terre. Nous nous en portons garants avec notre nom et notre honneur.[20]

Même si on laisse de côté la maladresse de ces dénégations qui permettent de passer en revue tous les reproches faits à l'Allemagne sur sa manière de se comporter durant la guerre, il apparaît que certains de ces reproches portent sur des évidences irréfutables, comme la violation de la neutralité belge ou l'incendie de la bibliothèque de Louvain. Il s'ensuit que les signataires du manifeste se rendent objectivement solidaires de ces exactions, même s'il va de soi qu'aucun des signataires n'avait la volonté de couvrir des crimes de guerre.

D'autre part, cet "Appel au monde civilisé" se veut universel, mais il est en fait destiné à justifier le comportement des armées allemandes directement auprès des opinions publiques de l'Entente, en passant au dessus de la presse de propagande et de la censure. Il s'agit de corriger les effets de ce qui est considéré comme un bourrage de crâne. Il va sans dire qu'en s'adressant au "monde civilisé", cet "Appel" donne sur un plateau un argument aux adversaires de l'Allemagne pour la traiter de barbare.

C'est ainsi qu'en 1916, le Dr Achalme publie aux éditions Payot un ouvrage de 262 pages intitulé *La science des civilisés et la science allemande*, ce titre, qui fait explicitement référence à l'"Appel au monde civilisé", est à lui seul tout un programme. Traitant élégamment les allemands de barbares, il est symptomatique de l'évolution d'une conception universelle vers une conception nationaliste de la science.

Selon B. Schroeder-Gudehus,

Dès sa publication , (l'Appel au monde civilisé) *avait symbolisé l'abus de l'autorité scientifique dans la défense d'injustices politiques, l'abdication aussi de la science devant le pouvoir politique. (...)* Ce Manifeste est perçu *comme un acte de haute trahison dans l'univers scientifique et comme un événement charnière dans le développement des rapports entre la science et le pouvoir.*

---

[20] in *Revue scientifique*, 6, 1914, pp 170-176; cité également par Schroeder-Gudehus, op. cit., pp. 315-316, la traduction présentée ici provient de cet ouvrage.

Enfin il apparaît comme *un obstacle majeur sur la voie d'une réconciliation éventuelle.* [21]

Dès lors, on comprend pourquoi les polémistes français cherchent à montrer ce qui, chez les savants allemands et dans la science allemande, encourageait le militarisme prussien d'une part et prédisposait les scientifiques à adopter une telle attitude d'autre part.

D'où l'effort fait par les propagandistes français pour répondre à ces prétentions de la science allemande. Ces efforts portent dans plusieurs directions : tenter de démontrer, de façon à la fois sommaire et systématique, et parfois un peu pathétique, les mérites et souvent même l'antériorité de la science française ; essayer, d'autre part, de caractériser de façon épistémologique la science allemande afin de démontrer qu'elle est par nature inférieure à la science française ; en particulier parce que la science allemande n'est qu'une minutieuse et fastidieuse collection de faits, incapable de s'élever au niveau de la théorie, tout en étant, contradictoirement, une science déductive, se délectant de constructions logiques sans prise sur le réel ; elle est, enfin, une science sacralisée, dévoyée, ayant en elle même son propre but, ayant oublié qu'elle est au service de la vérité.

La polémique se développe de façon plus ou moins subtile. En 1916, A. Dastre, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine , Président de la Société de biologie, signe un article intitulé de façon brutale : "Du rôle restreint de l'Allemagne dans les progrès des sciences"[22]. Il s'agit en fait d'extraits d'un ouvrage de Gabriel Petit et Maurice Leudet à paraître chez Alcan et intitulé de façon moins provocatrice : *Les Allemands et la science.* Cet ouvrage est une enquête journalistique auprès de 28 savants et hommes de lettres français à propos de la science et des savants allemands. Il est préfacé par le Président de la chambre des députés, Paul Deschanel. Toujours en 1916, Émile Picard publie chez Perrin *L'histoire des Sciences et les prétentions de la Science allemande* dans lequel il veut montrer comment de nombreuses découvertes françaises ont ensuite été subrepticement attribuées à la science allemande.

D'autres initiatives se voulaient moins polémiques mais sont néanmoins récupérées par les propagandistes. Ainsi, en décembre 1915, on

---

[21]Schroeder-Gudehus, op. cit., pp. 84-85.

[22]Dastre, A., "Du rôle restreint de l'Allemagne dans le progrès des sciences", *Revue scientifique (revue rose)*, 11, tome 96, 1916.

pouvait lire dans la *Revue des deux mondes* :

> *Pour affirmer que la Belgique a impudemment provoqué l'Allemagne, que Louvain n'a pas été détruite ni la cathédrale de Reims abîmée et que les soldats allemands sont les soldats de la science, les imposteurs connus sous le nom d'"Intellectuels allemands" se sont mis à quatre-vingt-treize ; pour rédiger un autre manifeste, et d'une autre qualité, les deux tomes de "la Science française," (...) il a suffi d'une trentaine d'écrivains : la vérité n'a pas besoin d'autant de signatures que le mensonge.* [23]

André Beaunier introduisait ainsi son compte rendu de *La science française* .[24]

En fait, Beaunier force le trait, il n'est absolument pas question du Manifeste des 93 dans le livre dont il rend compte. Mais selon lui :

> *depuis le début de la guerre, les savans (sic) allemands annoncent éperdument au "monde civilisé" que la science est l'invention, le privilège et le monopole des Germains. (...) Il n'était pas indispensable, mais il n'était pas inopportun, que la science française donnât signe de vie, rappelât "au monde civilisé" qu'elle existe depuis longtemps, qu'elle continue de florir et que, la France ôtée, le science universelle perdrait, disons, beaucoup.*[25]

La science française est un recueil d'articles commandés par le Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts à une trentaine d'écrivains, afin de présenter la science française à l'exposition Internationale de San Francisco. Parmi les auteurs de ce livre de 300 pages, on note la présence de Bergson, qui montre que toute la philosophie moderne vient de Descartes, la collaboration aussi de Durkheim, celle d'Appell, la préface est de Lucien Poincaré.

Mais plus que cet ouvrage, somme toute fort peu polémique et mesuré, la réflexion de Duhem sur la science allemande fournira les arguments les plus souvent utilisés contre elle.

---

[23]Beaunier, A., "La science française", *Revue des deux mondes*, déc. 1915, p. 686
[24]Beaunier, A., op. cit., pp. 686-697.
[25]Beaunier, A., op. cit., pp. 686-687.

3- Pierre Duhem et la science allemande.

En février 1915 Pierre Duhem publie dans la *Revue des Deux Mondes* un article intitulé : *Quelques réflexions sur la science allemande.*[26]

Dans ce texte un peu laborieux, Duhem met tout son talent et tout son savoir au service d'une seule idée qu'il illustre tout au long de son article : la science allemande, entièrement déductive, applique dans toute sa rigueur l'esprit de géométrie que Duhem oppose à l'esprit de finesse, nécessaire pour pratiquer l'induction permettant de dégager les axiomes mathématiques ou les hypothèses physiques.

Cette distinction entre l'esprit de finesse et l'esprit de géométrie trouve sa source dans les *Pensées* de Pascal qui écrit:

> dans l'esprit de géométrie, *les principes sont palpables, mais éloignés de l'usage commun ; de sorte qu'on à peine tourner la tête de ce côté-là, manque d'habitude : mais pour peu qu'on l'y tourne, on voit les principes à plein ; et il faudrait avoir tout à fait l'esprit faux pour mal raisonner sur des principes si gros qu'il est presque impossible qu'ils échappent.*
>
> *Mais dans l'esprit de finesse, les principes sont dans l'usage commun et devant les yeux de tout le monde. On n'a que faire de tourner la tête, ni de se faire violence ; il n'est question que d'avoir bonne vue, mais il faut l'avoir bonne : car les principes sont si déliés et en si grand nombre, qu'il est presque impossible qu'il n'en échappe. Or l'omission d'un principe mène à l'erreur ; ainsi, il faut avoir la vue bien nette pour voir tous les principes, et ensuite l'esprit juste pour ne pas raisonner faussement sur des principes connus. (...)*
>
> *Ce qui fait donc que de certains esprits fins ne sont pas géomètres, c'est qu'ils ne peuvent du tout se tourner vers les principes de géométrie ; mais ce qui fait que des géomètres ne sont pas fins, c'est qu'ils ne voient pas ce qui est devant eux, et qu'étants accoutumés aux principes nets*

[26]Duhem, P., "Quelques réflexions sur la science allemande", *Revue des deux mondes*, fév. 1915, pp. 657-686.

> *et grossiers de géométrie, et à ne raisonner qu'après avoir bien vu et manié leurs principes, ils se perdent dans les choses de finesse, où les principes ne se laissent pas ainsi manier.*[27]

Pascal infléchit significativement cette définition dans une autre "pensée", déplaçant sa réflexion de la capacité à saisir les principes à celle d'en déduire les conséquences :

> *Il y a donc deux sortes d'esprits : l'une, de pénétrer vivement et profondément les conséquences des principes, et c'est là l'esprit de justesse ; l'autre, de comprendre un grand nombre de principes sans les confondre, et c'est là l'esprit de géométrie. L'un est force et droiture d'esprit, l'autre est amplitude d'esprit. Or l'un peut bien être sans l'autre, l'esprit pouvant être fort et étroit, et pouvant être aussi ample et faible.*[28]

Il n'est pas de notre propos de nous attarder sur les nuances qui existent entre ces deux définitions pascaliennes de l'esprit de finesse et de géométrie, mais il fallait les rappeler car ce sont elles, sans doute, que Duhem a en tête lorsqu'il les applique, non plus à des individus, mais à des peuples qui seraient dotés de l'un ou de l'autre.

Il est probable que Duhem envisage aussi cette distinction entre ces deux formes d'esprit au sens que lui donne Renan dans *L'Avenir de la science.*

> *Renan proclame ainsi les devoirs et droits d'un esprit de finesse contre un esprit de géométrie, jugé souvent inadéquat. Opposant la délicatesse du premier aux lourdeurs du second, il défend le sens des nuances contre la logique abstraite, il invite à la recherche d'aperçus qui saisissent le sens, plutôt que de formules qui défigurent les réalités,* peut écrire Annie Petit dans la préface à *l'Avenir de la science.*[29]

---

[27]Pascal, B., *Pensées*, I-512, texte établi par Léon Brunschvicg, 1897, Garnier-Flammarion, 1976, p.49.

[28]Pascal, B., *Pensées*, 2-511, Garnier-Flammarion, 1976, p. 51.

[29]Petit, A., "Introduction" à Renan, E., *L'Avenir de la science*, Garnier Flammarion, 1995, pp. 28-29. En fait, pour Renan, l'esprit de finesse est le seul qui soit spirituel. "L'esprit est tout, le dogme positif est peu de chose. (...) Un esprit ne s'exprime pas par une théorie analytique, où chaque point de la science est successivement élucidé. Ce n'est ni par Oui, ni par Non, qu'il résout les problèmes délicats qu'il se pose. Un

Appliquée aux peuples, cette distinction entre l'esprit de finesse et l'esprit de géométrie est d'ailleurs déjà un lieu commun, comme le montre cette description sarcastique, brossée par Tolstoï, d'un stratège allemand au service de l'empereur Alexandre Ier pendant la campagne de Russie :

> *Pfuhl était un de ces hommes sûrs d'eux, irrémédiablement, jusqu'au martyre, comme seuls peuvent l'être les Allemands, parce que seuls les Allemands fondent leur assurance sur une idée abstraite, sur la science, c'est à dire la prétendue connaissance de la vérité absolue. (...) L'assurance de l'Allemand est la pire de toutes, la plus inébranlable et la plus odieuse, parce qu'il s'imagine qu'il connaît la vérité, la science qu'il a inventée lui-même, mais qui est à ses yeux la vérité suprême. (...) Pfuhl était de ces théoriciens, si passionnément épris de théorie qu'ils en oublient le but, l'application. Féru de théorie, il haïssait toute mise en pratique et ne voulait pas en tenir compte. Il se réjouissait même des échecs, car ceux-ci étant dus à ce qu'on s'était écarté de la théorie, ils prouvaient d'après lui l'excellence de la théorie.*[30]

Quoiqu'il en soit, Duhem présente ainsi cette distinction qu'il applique ici à la recherche en physique :

> *Plus encore que le mathématicien, le physicien, pour choisir ses axiomes, aura besoin d'une faculté distincte de l'esprit géométrique; il lui faudra faire appel à l'esprit de finesse.*[31]
>
> *L'esprit de finesse et l'esprit géométrique ne marchent pas à la même allure (...) La démarche de l'esprit géométrique évoque l'idée d'une armée qui défile pour une revue ; les régiments divers sont alignés avec une impeccable régularité ; chaque homme tient exactement le rang que lui attribue une consigne sévère ; il s'y sent maintenu par une discipline de fer.*

---

esprit s'exprime tout entier à la fois." in Renan, p. 121. Dans une note Renan ajoute, "soient, par exemple, les preuves de l'existence de Dieu de Descartes. Jamais esprit de quelques finesse ne les a prises au sérieux, et je plaindrais fort celui dont la foi religieuse ne serait étayée que sur ce scolastique échafaudage. Et pourtant elles sont vraies au fond, toutes également vraies, mais étroitement exprimées". p.498.

[30]Tolstoï, L., *La Guerre et la Paix*, vol 2, Gallimard, 1972, p.50

[31]Duhem, P., op. cit., p. 660.

Le progrès de l'esprit de finesse rappelle plutôt celui de tirailleurs lancés à l'assaut d'une position difficile ; tantôt il a la soudaineté d'un bond en avant, tantôt il se glisse en rampant parmi les obstacles qui hérissent la pente ; là aussi, chaque soldat obéit à un ordre ; mais de cet ordre, rien n'est explicitement formulé, si ce n'est le but à conquérir ; la libre interprétation qu'en donne chacun des assaillants doit, de la façon qui lui paraît la plus favorable, faire tendre les mouvements divers à la fin prescrite.

Ce à quoi Duhem ajoute sans malice :

Cette comparaison entre l'allure de l'esprit de finesse et l'allure de l'esprit géométrique ne nous laisse-t-elle pas déjà deviner le caractère propre de la science allemande, celui qui le distinguera, en particulier, de la science française?[32]

Quelle finesse! Il ne faut pourtant pas faire de contresens sur cette métaphore si marquée par les circonstances historiques du moment. Duhem ne veut pas dire que les savants allemands sont comme des soldats marchant au pas. Dans sa parabole, les soldats représentent les étapes ou la démarche d'un raisonnement scientifique, l'un n'est évidemment pas exclusif de l'autre chez un même individu.

Ainsi Duhem avait-il pris soin de préciser d'entrée de jeu :

prise en son essence, considérée sous sa forme parfaite, la Science doit être absolument impersonnelle ; puisque aucune découverte n'y porterait la signature de son auteur, rien non plus ne permettrait de dire en quel pays cette découverte a vu le jour.[33]

Mais, ajoute-t-il,

dire qu'un peuple a son esprit particulier, c'est dire que très fréquemment, dans la raison de ceux qui forment ce peuple, telle faculté est développée plus qu'il ne conviendrait, que telle autre faculté n'a point toute son ampleur et toute sa force. (...) Si le caractère national d'un auteur se perçoit dans les doctrines qu'il a créées ou développées, c'est que ce caractère a modelé ce par quoi ces

---

[32]Duhem, P., op. cit., p. 654.

[33]Duhem, P., op.cit., p.657.

doctrines s'écartent de leur type parfait ; c'est par ses défauts, et par ses défauts seuls que la Science, s'éloignant de son idéal, devient la science de tel ou tel peuple. On peut donc s'attendre à ce que les marques du génie propre à chaque nation soient particulièrement saillant dans les oeuvres de second ordre, produites par des penseurs médiocres ; bien souvent, les grands maîtres possèdent une raison où toutes les facultés sont si harmonieusement proportionnées que leurs doctrines très parfaites sont exemptes de tout caractère individuel comme de tout caractère national ; on ne trouve aucune trace de l'esprit anglais dans l'oeuvre de Newton, aucune trace de l'esprit allemand dans l'oeuvre de Gauss ou celle de Helmholtz ; en de telles oeuvres, on ne devine plus le génie de tel ou tel peuple, mais seulement le génie de l'humanité.[34]

Un tel développement ne mérite pas de longs commentaires. Il faut simplement souligner qu'il contient un défaut de principe qui le rend irrecevable : par qu'elle opération peut-on passer du particulier et du national à l'universel si l'on ne reconnaît pas ce caractère universel à la raison? Car sinon plus rien n'autorise à parler de Science avec un "S" majuscule, ou de génie de l'humanité, hormis une sorte de "métaraison" dont l'auteur serait doté, lui permettant de porter ces jugements.

Duhem se lance donc ici dans une entreprise un peu navrante et finalement subtilement pernicieuse, puisqu'elle n'utilise pas l'artillerie lourde de la propagande habituelle, pour reprendre une métaphore de circonstance, mais déploie les subtilités d'un raisonnement se voulant rigoureux et s'appuyant sur de nombreux exemples érudits.

Toute la suite de l'article de Duhem n'est qu'une tentative d'illustration du manque d'esprit de finesse de la science allemande, par le passage en revue de l'ensemble des sciences, les Mathématiques, la Mécanique, la Physique et la Chimie.

Dans son développement sur la physique Duhem se laisse à nouveau aller à de regrettables affirmations.

A poser les hypothèses d'une théorie Mécanique ou de Physique sans aucun souci des considérations par lesquelles l'esprit de finesse leur pourrait préparer notre

[34]Duhem, P., op. cit., pp. 658-659.

adhésion, écrit-il, *on risque de donner dans un grand travers ; on s'expose à produire des doctrines qui choquent les enseignements universellement reçu du sens commun. La science allemande fait bon marché du sens commun ; il ne lui déplaît pas de les heurter de front.*[35]

Cette critique est somme toute acceptable ; Duhem prépare en fait ce qu'il va dire plus loin de la Relativité. Mais cette appréciation lui permet aussi de passer de la science au savant lui même. Car il est important de montrer que le savant allemand, de par sa nature même, a une lourde part de responsabilité dans le déclenchement du conflit. Duhem ajoute ainsi :

un être dont la nature consiste à se sentir dominé par une discipline de fer (sous entendu, celle du raisonnement géométrique déductif, mais l'équivoque n'est ni neutre ni involontaire) *trouve son bonheur à obéir, sans discuter l'ordre auquel il obéit ; plus cet ordre est étrange, révoltant même, plus l'obéissance est, pour lui, joyeuse*[36] (là encore l'ordre est celui de la déduction logique, mais cette obéissance correspond bien à un penchant de la nature allemande et pas seulement de sa raison). Duhem peut alors affirmer : *Isolé du sens commun, l'esprit géométrique peut bien raisonner et déduire sans fin ; mais il est incapable de diriger l'action et d'assurer la vie.*[37] Arrive alors la conclusion qui permettra de glisser de la science au savant : *Soumise à la discipline rigoureuse de la méthode purement déductive, la théorie poursuit sa marche régulière sans aucun souci du sens commun. Le sens commun, d'autre part, continue de diriger l'action, sans que la théorie en vienne, d'aucune façon, aiguiser la forme primitive et grossière.*[38]

Un exemple concret vient illustrer et donner chaire à cette démonstration :

Cette absence de toute compénétration entre la science et la vie, ne la met-il pas en évidence toute crue, ce

---

[35]Duhem, P., op. cit., p. 671
[36]Duhem, P., op. cit., p. 672.
[37]Duhem, P., op. cit., pp. 672-673.
[38]Duhem, P., op. cit., p. 673.

> *philosophe idéaliste? Dans sa chaire d'Université, il dénie toute réalité au monde extérieur, parce que son esprit géométrique n'a pas rencontré cette réalité au bout d'un syllogisme concluant. Une heure après, à la brasserie, il trouve une satisfaction pleinement assurée dans ces pesantes réalités que sont sa choucroute, sa bière et sa pipe. Chez les Allemands, purs géomètres privés d'esprit de finesse, la vie ne guide point la science, la science n'éclaire pas la vie.*[39]

Pour être sûr d'avoir été bien compris, Duhem n'hésite pas à se répéter de façon encore plus crue, en citant la *magnifique étude* (d'Émile Boutroux) *sur "L'Allemagne et la guerre"* :

> *Leur science,* écrit Boutroux, *affaire de spécialistes et d'érudits, n'a pu pénétrer leur âme et influer sur leur caractères... A part, certes, de notables exceptions, considérez à la brasserie, dans les relations de la vie ordinaire, dans ses divertissements, ce savant professeur, qui excelle à découvrir et à rassembler tous les matériaux d'une étude et à en faire sortir, par des opérations mécaniques, et sans faire le moindre appel au jugement et au bon sens vulgaire, des solutions appuyées toutes sur des textes et sur des raisonnements. Quelle disproportion, souvent, entre sa science et son degré d'éducation! Quelle vulgarité de goûts, de sentiment, de langage, quelle brutalité de procédés chez cet homme, dont l'autorité est inviolable dans sa spécialité!* [40]

Hormis ces jugements insidieux et quasiment racistes[41], puisqu'ils glissent subrepticement de la science au savant, du laboratoire à la brasserie en quelque sorte - donnant ainsi une sorte de rigueur ou d'impartialité scientifique à la description de l'Allemand en tant que type humain - Duhem analyse un certain nombre de théories physiques. Nous ne retiendrons que ce qu'il dit sur la Relativité.

---

[39]Duhem, P., op. cit., p. 673.

[40]Duhem, P., op. cit;, p. 673.

[41]Il est possible que ce jugement témoigne d'une sensibilité anachronique, un ami allemand nous a fait remarquer que ces descriptions caricaturales ne manquaient pas d'un fond de vérité, grossissant simplement le trait, ce qui est le propre d'une caricature.

La Physique nouvelle (c'est à dire la physique allemande), *ne s'est pas contentée d'entrer en conflit avec les autres théories physiques, et en particulier avec la mécanique rationnelle, la contradiction avec le sens commun ne l'a pas fait reculer.* Après avoir rappelé l'expérience de Michelson, Duhem poursuit : *dans cette expérience (...) l'esprit de finesse nous conseille de voir la preuve qu'aucune Optique n'est, jusqu'ici, irréprochable, et la nécessité d'apporter à chacune d'elles au moins certaines retouches. L'esprit géométrique des physiciens allemands a été d'un autre avis ; il a trouvé moyen de mettre d'accord les équations de la théorie électronique et les résultats de l'expérience faite par Michelson ; pour y parvenir, il lui a suffi de bouleverser les notions que le sens commun nous fournit touchant l'espace et le temps.*

Les deux notions d'espace et de temps semblent à tous les hommes indépendantes l'une de l'autre. La nouvelle physique les unit entre elles par un lien indissoluble. Le postulat qui noue ce lien et qui vraiment, est une définition algébrique du temps, a reçu le nom de principe de relativité ; ce principe de relativité, d'ailleurs, est si pleinement une création de l'esprit géométrique qu'on ne saurait, en langage ordinaire et sans recours aux formules algébriques, en donner un énoncé correct.

Puis, après avoir signalé le caractère indépassable de la vitesse de la lumière, Duhem ajoute :

cette impossibilité n'est pas une impossibilité physique (...) c'est une impossibilité logique pour un tenant du principe de relativité, parler d'une vitesse qui surpasse celle de la lumière, c'est prononcer des mots qui sont dénués de sens, c'est contredire la définition même du temps.

Et Duhem de conclure sur cette question :

Les idées d'espace et de de temps, de mouvement nous sont présentées par la connaissance commune comme des idées simples, irréductibles, qu'on ne saurait reconstruire à l'aide d'opérations portant sur des nombres entiers, qui sont donc essentiellement incapables d'une définition

algébrique. Qu'à cela ne tienne! L'esprit géométrique se refuse à considérer cet espace, ce temps, ce mouvement que conçoivent clairement tous les hommes et dont ils peuvent discourir entre eux sans jamais cesser de s'entendre. Par des opérations portant sur des expressions algébriques, c'est à dire en dernière analyse sur des nombres entiers, il se fabrique son espace à lui, son temps à lui, son mouvement à lui ; cet espace, ce temps, ce mouvement, il les soumet à des postulats qui sont des égalités algébriques arbitrairement disposées ; et lorsque, de ces définitions et de ces postulats, il a, selon les règles du calcul, rigoureusement déduit une longue suite de théorèmes, il dit qu'il a produit une Géométrie, une Mécanique une Physique, alors qu'il a seulement développé des chapitres d'Algèbre ; ainsi s'est faite la Géométrie de Riemann ; ainsi s'est faite la Physique de la relativité ; ainsi la science allemande progresse, fière de sa rigidité algébrique, regardant avec mépris le bon sens que tous les hommes ont reçu en partage.[42]

Rien de faux sur la Relativité dans ce qui vient d'être dit, mais celle-ci n'est plus qu'une théorie purement formelle et incompréhensible pour le non-mathématicien, une théorie qu'on ne peut donc vulgariser. Un tel effort serait donc vain, puisque heurtant le sens commun cette théorie ne peut prétendre rendre compte de la réalité ; ce n'est plus une théorie physique, c'est un simple jeu de l'esprit. Ces remarques ne sont pas entièrement dénuées de fondement et en tous cas mettent l'accent sur une résistance commune en France contre cette théorie qui apparaît à la fois comme trop contraire au sens commun et comme trop peu expérimentale.

Pour conclure ce long article qui martèle avec application la même idée fixe sur l'esprit de finesse et l'esprit géométrique, Duhem, qui semble-t-il se rend compte qu'il répète la même chose pendant trente pages, écrit, ou plutôt avoue, pour finir :

À ces réflexions, faut-il donner une conclusion? Elle découle si naturellement, semble-t-il, de ce qui précède, que nous éprouvons quelque pudeur à la formuler ; aussi le

[42]Duhem, P., op. cit., pp. 682-683.

ferons-nous avec une extrême brièveté.[43]

Notons que la pudeur dont il est question porte sur la forme et non sur le fond de cette thèse que défend Duhem. Après avoir repris son leitmotiv, Duhem peut conclure, faussement conciliant, que la science française et la science allemande sont complémentaires, elles

> *doivent garder entre elles d'harmonieux rapports,* mais attention, *il n'en résulte pas qu'il les faille placer au même rang,* il y a entre elles *une hiérarchie analogue à celle qui ordonne le maçon à l'égard de l'architecte ; le maçon ne fait oeuvre utile que s'il conforme son travail au plan de l'architecte ; l'esprit géométrique ne poursuit pas de déductions fécondes, s'il ne les dirigent vers le but que l'esprit de finesse a discerné.(...) La consigne à laquelle elle* (la science allemande) *obéit, elle doit la recevoir, si elle veut faire oeuvre utile et belle, de celle qui est, dans le monde, la principale dépositaire du bon sens, de la science française : Scientia germanica ancilla scientiae gallicae.*[44]

Un tel texte est symptomatique des dégâts que la guerre peut causer dans les meilleurs esprits. Il se dégage de la prose de Duhem un sentiment de véritable schizophrénie, en particulier en ce qui concerne le style ou plutôt le niveau de langage ; on est surpris, à la lecture, par le côtoiement d'arguments scientifiques et philosophiques de haute tenue et d'affirmations ressortant du plus vulgaire attirail chauvin et xénophobe. Une seule idée pour un texte si long c'est bien peu ; un tel acharnement à enfoncer le clou est même la preuve de la fragilité de cette idée fixe ; et puis, portées comme un viatique, ces paraphrases de Descartes et de son bon sens devenu français, comme argument d'autorité en faveur de cette idée.

Finalement un lecteur de *la Revue des Deux Mondes,* ayant vite oublié les arguments scientifiques un peu rébarbatifs, sortira de sa lecture confirmé dans sa conviction que les Allemands sont de grossiers buveurs

---

[43]Duhem, P., op. cit., p. 685.

[44]Duhem, P., op. cit., p. 686. La formule latine qui clôt cet extrait est en fait une transposition de la formule par laquelle la tradition patristique qualifie les rapports de la philosophie et de la théologie : philosophia ancilla théologiae. Cette référence évite de faire un contresens quant à l'apparente brutalité de cette conclusion de Duhem ; la conception chrétienne du serviteur infléchit singulièrement le sens de cet asservissement de la science allemande à la science française.

de bière et qu'ils feraient bien de laisser les Français gagner la guerre ; parce que ceux ci le méritent de part leurs qualités naturelles, mais surtout car là est le bien et le bon pour les Allemands eux-mêmes.

Ainsi, sous des dehors de sérieux et de compétence, il s'agit bien d'un texte de propagande, et peut-être justement parce qu'il ne dit pas son nom, de la propagande de la pire espèce, ou de la plus efficace, ce qui revient au même.

Cette théorisation par Duhem de ce qui distingue la science française de la science allemande sera ensuite répétée comme une vérité d'évidence.

Elle est parfois même reprise en attribuant à la science française à la fois les vertus de l'esprit de finesse et celles de l'esprit de géométrie ; elle devient alors la science universelle par excellence. C'est ainsi que l'on peut lire, en décembre 1915, toujours dans *la Revue des Deux Mondes* , que si l'on doit le rationalisme à la philosophie géométrique de Descartes, c'est :

> *Pascal qui intronise le sentiment et qui, par l'esprit de finesse, corrige le raisonnement géométrique.*
>
> Il en résulte que : *les sciences qui ne sont point d'origine française, le génie français les a cultivées, enrichies et bien des fois renouvelées, de telle sorte que la collaboration de nos savans (sic) y apparût comme une création.*
>
> Cela est possible car : *Dans les différents ordres de la science, la France a les deux sortes d'hommes qu'il faut : les grands génies, les instigateurs qui prennent, au bon moment, les initiatives déterminantes ; et les équipes d'ouvriers laborieux qui, dociles à une forte discipline, assument l'immense et méticuleuse besogne.*[45]

L'article de Duhem recevra une réponse indirecte de la part d'Émile Borel qui, en avril 1915, publie dans *la Revue du mois* un article intitulé : "La quantité et la qualité". Dans cet article, une note de bas de page précise :

> *Il est curieux de voir quel usage certains polémistes font actuellement de l'étiquette allemande pour essayer de discréditer à la fois les idées qu'ils ne partagent point, et ceux de leurs compatriotes qui partagent ces idées. C'est comme si ceux des Allemands qui sont anti-darwiniens*

[45]Beaunier, A., op. cit., pp 691-692.

traitaient de traîtres à la patrie leurs compatriotes darwiniens, sous prétexte que Darwin fût un Anglais ; par contre, tout Français vraiment patriote devrait être darwinien, les uns et les autres feignant d'oublier qu'en Angleterre, comme dans les autres pays, il y a des darwiniens et des anti-darwiniens. Un savant distingué, dans une très sérieuse revue, est allé jusqu'à essayer de rendre "la science allemande" responsable de l'animosité personnelle qu'il a toujours témoignée aux théories du grand physicien anglais Maxwell ; on peut certes être un excellent Français et préférer les théories électriques d'Helmholtz à celle de Maxwell ; mais les admirateurs de Maxwell ne méritent tout de même pas d'être traités d'Allemands.[46]

Duhem répondra à cette mise en cause par l'envoi, en juillet 1915, à *La Revue du mois,* d'un article intitulé : " De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer." Cet article arrivera à la rédaction alors que la revue a cessé de paraître et que Borel est au front. En l'absence de réponse de Borel, Duhem lui envoie cette lettre :

Mon cher camarade,

Je viens de lire votre très intéressant article intitulé : "La quantité et la qualité". Une note de cet article prend à parti "un savant distingué" touchant ce qu'il a dit sur "la science allemande" "dans une très sérieuse revue". En jugeant que vous entendiez parler de moi et des quelques "Réflexions sur la science allemande" accueillies par la "Revue des deux Mondes", me suis-je trompé? Je ne le pense pas ; mais vous seul pourrez me dire très sincèrement si j'ai deviné juste.[47]

Duhem meurt le 14 septembre 1916, sans avoir reçu de réponse. *La Revue du mois* reprend sa publication en avril 1919 ; dans sa livraison de juin 1919, Émile Borel juge utile de publier l'article inédit de Duhem, précédé de la lettre que nous venons de citer. C'est ainsi que plusieurs mois après la fin du conflit, la polémique ouverte par Duhem dans son article de

---

[46]Borel, E., "La quantité et la qualité", *La Revue du mois,* avril 1915, vol. 19, p. 498.

[47]Lettre publiée par *La Revue du mois,* en tête de l'article posthume de Pierre Duhem "De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer", 1919, p. 111.

la *Revue des deux Mondes* rebondit de façon anachronique, alors que l'heure est plutôt à la recherche d'une nouvelle coopération scientifique internationale.

D'autres jugements sur la science allemande viennent compléter celui de Duhem. Deux affirmations reviennent souvent.

La première constate, pour le critiquer, le goût des Allemands pour la précision et l'érudition :

> *ce qui vient d'Allemagne, c'est l'abus de l'érudition, c'en est la manie et, pour ainsi parler, la maladie,*[48]

écrit André Beaunier, en 1915, dans la *Revue des Deux Mondes*, à propos, il est vrai, des sciences historiques. Mais quand il cite Lucien Poincaré, c'est bien de la physique dont il est question :

> *pour recueillir les petits faits, pour les ranger et pour ne plus y toucher, les Allemands ont la réputation de n'avoir point au monde leur pareil.*[49]

De même, Charles Nordmann pense bien aux sciences exactes lorsqu'il écrit en 1916, parlant des savants allemands :

> *leur érudition est méticuleuse, inlassable, fouilleuse ; leur labeur tenace, tatillon, sans répit. Il ont le génie de la compilation* .[50]

La conséquence naturelle de ce goût pour la précision est le manque de génie et d'inventivité de la science allemande, son incapacité à dépasser les faits pour élaborer des théories. On remarquera que l'on peut reprocher à la science allemande tout et son contraire, puisque Duhem, lui, la jugeait au contraire totalement théorique et déconnectée du réel.

> *Les grands savants qu'a eue l'Allemagne se distinguent plutôt par leur minutie et leur ténacité, les nôtres par leur apport d'idées directrices. (...) Les grandes envolées manquent même à leurs plus puissants cerveaux, (...) ils sont incapables de ces coups de cognée qui font une brèche éblouissante dans la forêt de mystère,* écrit encore Charles Nordmann.[51]

---

[48]Beaunier, A., op. cit., p. 688.

[49]Beaunier, A., op. cit., p. 694.

[50]Nordmann, Ch., "À propos de la science allemande", *Revue des deux mondes*, janv. 1916, p. 460.

[51]Nordmann, Ch., op. cit, p. 460.

L'autre jugement sur la science allemande affirme qu'il y aurait dans ce pays une véritable idolâtrie de la science pour elle même - en tant qu'activité intellectuelle, sociale et même esthétique - mais en oubliant que le but de la science est la connaissance ; en négligeant qu'au regard de cette fin, la science n'est qu'un moyen. Selon André Beaunier dans un article déjà mentionné sur "la science française", dans la *Revue des Deux Mondes*, les allemands préféreraient :

> *la science à l'objet même de la science.*[52]
>
> Ou encore : *Ces gens dressent les échafaudages qui serviraient à édifier le monument ; et ils prennent les échafaudages pour le monument, si bien que, le monument, ils ne songent pas à l'édifier.*[53]
>
> Selon Beaunier, *il y a là un monstrueux renversement des valeurs : et la faute résulte de l'orgueil des savants. Tout est faussé, lorsque les savants confondent les moyens et la fin. Le travail des savants ne doit être que moyen : et, la fin, c'est la vérité. Mais on divinise la recherche, qui, sans humilité, devient grotesque ; on la divinise, au détriment de l'objet. Cet énorme contresens a pour effet de tourner la science à la caricature d'elle même et d'en faire une idole extraordinaire. C'est un inconvénient que la science évite peu, en Allemagne, où elle à ses adorateurs les plus impudents.*[54]

La critique s'est déplacée des méthodes scientifiques vers le savant allemand, du savant vers la finalité de la science ; elle finit par porter sur l'enseignement. Il n'est plus l'heure alors de vanter, voire d'envier, le système scolaire allemand qui a :

> *faussé les esprits dans le dessein avéré d'asseoir sa domination.*[55]
>
> *La croyance des Allemands à leur surhomie* (sic) *est une sorte de folie des grandeurs provoquée de propos délibéré par une éducation spéciale ; on a fabriqué des surhommes comme on fabrique en Afrique des derviches tourneurs*

---

[52]Beaunier, A., op. cit., p. 694.
[53]Beaunier, A., op. cit. p. 689.
[54]Beaunier, A., op. cit., p. 694.
[55]Nordmann, Ch., op. cit., p. 462

> (sic), *ou, au cirque, des chevaux faisant le pas espagnol. (...) En somme, on a inoculé au peuple allemand la croyance en sa supériorité afin de s'en servir comme d'un levier, par les mêmes procédés de propagande que ceux des lanceurs d'élixirs, pilules-pommades, curatifs. Pour tout dire d'un mot, la guerre actuelle n'est que le résultat d'une affaire de publicité habilement lancée.*[56]

Il arrive néanmoins que le ton soit plus mesuré. Dans ce domaine, les revues purement scientifiques sont nettement moins excessives que les généralistes. À l'exception notable de la *Revue scientifique* qui, comme il est dit plus haut, a publié le Manifeste des 93 et réalisé une enquête, s'étalant sur plusieurs années, portant sur l'impact de ce manifeste sur les relations scientifiques internationales.

La *Revue Générale des Sciences* publie une chronique, en janvier 1915, intitulée "Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales" qui déplore que :

> *La guerre actuelle, avec ses opérations militaires et navales et l'interruption ou la limitation des moyens de communication qui ont été la conséquence, a eu des répercussions fâcheuses sur le fonctionnement de plusieurs institutions internationales qui intéressent au plus haut point les progrès de la science.*[57]

Le ton est neutre, la guerre est envisagée comme une catastrophe naturelle, un coup du sort qui met un frein au développement de la science qui reste une et universelle.

La même revue publie en 1916 un article intitulé : "Science germanique et science latine"[58]. Il est dû à J. Boccardi, professeur d'astronomie à l'Université, Directeur de l'Observatoire de Turin. On notera que le titre de cet article n'oppose pas, comme il était alors coutume, la science civilisée à la science allemande. Cet article d'un auteur étranger, mais d'un pays allié, veut démontrer qu'il existe une science latine, c'est à dire franco-italienne, face à la science germanique. L'auteur conclut en

---

[56]Nordmann, Ch., op. cit , p. 463.

[57]"Les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales", *Revue Générale des Sciences*, vol. , 1915, p. 69.

[58]Boccardi, J., "Science germanique et science latine", *Revue Générale des Sciences*, vol; 27, 1916, pp.235-241.

suggérant que, désormais, les scientifiques italiens doivent se tourner plus vers Paris que vers Berlin. Il s'agit du seul article sur le thème du caractère national de la science publié par la *Revue Générale des Sciences* durant tout le conflit. Il n'est pas inintéressant de noter que son auteur n'est pas français et que le ton de l'article ne vise pas à établir la supériorité d'une science sur l'autre, mais simplement à encourager une nouvelle coopération internationale conforme aux réalités géopolitiques, depuis que l'Italie est entrée en guerre aux côtés de l'Entente. En quelque sorte, il s'agit d'une adaptation du monde scientifique italien aux contingences politiques nouvelles, depuis que l'Italie a quitté l'Alliance. En publiant cet article, la *Revue Générale des Sciences* prend acte de cette évolution, sans pour autant participer à l'oeuvre de propagande visant à opposer science française et allemande. Cette modération est remarquable, visiblement la revue ne veut pas injurier l'avenir. D'ailleurs, dès le conflit terminé, le nombre d'articles consacrés aux conditions d'une reprise de la coopération scientifique internationale confirme ce point de vue.

En mars 1915, *La Revue du mois* publie la traduction d'une conférence de Gerhard Grau, professeur de littérature scandinave à l'Université de Christiana en Norvège, intitulée : "Guerre, Science et Patrie"[59]. Dans ce compte rendu sont soulignés par la rédaction les passages faisant allusion à des exactions allemandes.

La Revue du mois justifie cette publication en écrivant qu'une telle conférence permet d'intervenir dans le débat en évitant les passions nationalistes, les arguments d'un étranger ayant plus de poids en la circonstance. *La Revue du mois* veut également prouver son sens de la mesure en reproduisant les critiques formulées contre cette conférence par un professeur de Leipzig, le psychologue Wilhem Wundt, dans un article de *Scientia*[60].

Sans qu'il soit besoin d'entrer dans le détail des arguments échangés, on peut souligner que, sur la forme, cette attitude de *La Revue du mois* traduit un certain sens de la mesure, même si finalement une telle méthode contribue a accréditer l'idée que les critiques formulées contre l'Allemagne sont justifiées puisqu'elle viennent d'un ressortissant d'un pays neutre ; pays qui pourtant ne cachera pas ses sympathies pour l'Allemagne. De même, la publication des critiques de Wundt ne sert qu'à

---

[59]Grau, G., "Guerre, science et patrie", *La Revue du mois*, mars 1915, pp 249-269.
[60]in *Scientia*, janv. 1915, pp. 71-85.

montrer à quel point ces critiques sont excessives.

Quoiqu'il en soit, la modération et le respect, feint ou sincère, d'un juste équilibre ne se retrouvent pas dans toute les revues généralistes.

Mais la propagande de l'un n'est pas toujours une simple réponse à la propagande de l'autre. Le but est parfois au contraire, en tentant de rétablir une certaine vérité, d'éviter les excès dans le rejet de la culture de l'adversaire. C'est ainsi que Nordmann écrit avec force et clarté :

> *N'avons-nous (...) pas vu récemment de très bons Français, et même un ancien ministre de l'Instruction publique, proposer sans rire de cesser dès maintenant l'enseignement de la langue allemande dans les écoles françaises? Voilà une belle insanité à mettre à coté de la proposition que nous firent naguère de très graves personnages, de bannir pour toujours la musique allemande de nos tympans. Que ne nous propose-t-on pas aussi de ne pas utiliser les rayons X pour radiographier nos blessés puisque c'est Roentgen qui les a découverts, ou de bannir la T.S.F., sous prétexte que Hertz a eu une part dans sa découverte?*[61]

Cette indignation de Nordmann montre qu'il y avait une sincère intention de rétablir une part de vérité dans l'oeuvre de propagande de certains intellectuels ; une volonté, en quelque sorte, de faire la part du feu pour éviter les débordements de chauvinisme. Mais on peut y déceler aussi en filigrane comme la nostalgie d'une époque révolue où 1'on pouvait parler de science sans se préoccuper de son caractère national. En somme, pour beaucoup, participer à la propagande est plus un devoir national qu'une conviction personnelle. Cet indice est précieux car il laisse entrevoir la rapidité avec laquelle, une fois le conflit terminé, ces mêmes hommes tenteront de renouer les fils rompus, même si l'ostracisme continuera longtemps de peser sur les savants allemands.

4- Le ministère des inventions.

La guerre a une autre conséquence pour la science que d'être utilisée à des fins de propagande, elle est devenue un enjeu de défense

[61] Nordmann, Ch., op. cit, p. 464.

nationale. De ce fait, la recherche scientifique relève désormais beaucoup plus clairement et directement qu'auparavant de la responsabilité des politiques et du gouvernement.

Charles Nordmann, parlant du projet de Painlevé d'instituer un Ministère des inventions intéressant la Défense nationale et relevant du Ministère de l'Instruction publique, souligne que :

> *c'est la première fois, à ma connaissance, que dans un document gouvernemental on admet officiellement la science à jouer un rôle dans les affaires de l'État.*[62]

Cet enthousiasme paraît un peu exagéré si l'on veut bien considérer qu'il ne s'agit pas de la science mais des inventions, et encore, pas de toutes les inventions, mais uniquement de celles intéressant la défense nationale. Et puis, n'est ce pas plutôt l'État qui va jouer un rôle dans la science que l'inverse?

On ne peut que s'étonner alors de "*l'allégresse émue*" et de la "*joyeuse espérance*"[63] qui s'emparent de Nordmann, quelques semaines plus tard, lorsque ce ministère est effectivement créé et confié à Paul Painlevé, titulaire du portefeuille de l'Instruction publique ; même si cette allégresse et cette joyeuse espérance se tournent vers l'homme plus que vers la fonction.

Cette reconnaissance institutionnelle de la science, même au sens le plus modeste que nous signalions plus haut, est néanmoins riche de significations qu'explore avec clairvoyance Nordmann dans deux articles de la *Revue des Deux Mondes,* "Science et guerre", de décembre 1915 et" Le Ministère des inventions" de février 1916.

Selon Nordmann, en entrant, en quelque sorte, au gouvernement, la science ne fait que trouver la place officielle qui était déjà, de fait, la sienne dans la vie quotidienne des français depuis la révolution industrielle. Or, c'est justement la guerre, et particulièrement la supériorité technique de l'Allemagne sur les champs de bataille, au moins dans les premiers mois du conflit, qui ont fait prendre conscience au grand public du rôle prédominant que joue la science dans la vie du pays.

D'emblée pourtant, l'institution de ce Ministère des inventions pose un problème de méthode car, comme le souligne Nordmann, l'invention est

---

[62]Nordmann, Ch., "Science et guerre", *Revue des deux mondes,* déc. 1915, p.698.

[63]Nordmann, Ch., "Le Ministère des inventions", *Revue des deux mondes,* fév.. 1916, p.687.

une libre activité de l'esprit, elle ne se décrète pas. Le rôle de ce ministère sera à la fois de la favoriser, en supprimant les obstacles, mais surtout de permettre le passage à la réalisation concrète de ces inventions.

Il est vrai que ce nouveau secteur ministériel ne fait que reprendre et amplifier les compétences de la Commission des Inventions concernant les Armées de Terre et de Mer qui existait avant guerre sous la direction de Joffre et qui sera englobée, dès août 1914, dans la nouvelle Commission supérieure des Inventions intéressant la Défense nationale. Là encore, cette filiation illustre la modestie des ambitions du Ministère des inventions quant à la recherche scientifique. Pourtant, en créant ce Ministère des inventions rattaché à l'Instruction publique, il s'agissait de mettre enfin à la disposition de la recherche militaire tout le potentiel technique et humain des facultés, des grandes écoles et des hautes institutions scientifiques dépendant de ce département ministériel.

Les noms des huit sections techniques du Ministère des inventions montrent bien qu'il ne s'agit pas d'un ministère de la recherche mais bien d'une réponse circonstancielle à une situation d'infériorité relative :

1) Balistique et armement;
2) Mécanique;
3) Physique, Électricité, Télégraphie sans fil;
4) Hygiène, Médecine;
5) Chimie;
6) Marine;
7) Guerre de tranchées;
8) Aéronautique.

Le principal travail de ces commissions techniques, qui ne comportent que trente personnes, est de faire le tri dans la masse des inventions farfelues qui lui parviennent avant de tenter des applications qu'il faudra ensuite aller proposer au Ministère de la guerre.

Sans prétendre dresser le bilan de ce département ministériel, il est néanmoins certain qu'il ne jouera pas un rôle important dans la recherche fondamentale en France. C'était pourtant une vraie tentative de coordonner les efforts de recherche appliquée dans le pays. L'idée que l'État a un rôle à jouer dans le soutien et l'organisation de la recherche scientifique survivra à la guerre.

5- Renouer le dialogue.

Le conflit n'est pas encore fini que déjà les scientifiques rêvent d'un retour à la Belle Époque où la science était encore pure et où la coopération internationale entre savants allait de soi, ; la science universelle transcendant par nature les frontières nationales, géographiques et linguistiques. Mais cet idéal - qui est celui de beaucoup de scientifiques ayant souffert des tranchées que le conflit a creusé entre eux - n'est pas forcément celui de l'ensemble de 1'opinion. D'autre part, il ne faut pas minimiser la durée de l'impact très négatif de l'"Appel au monde civilisé" des 93 intellectuels allemands de 1914.

De toutes façons, il est impossible, dans ce domaine comme dans aucun autre, de faire comme si la guerre n'avait pas eu lieu. Ainsi, Paul Otlet, plaidant pour une redéfinition des méthode de travail du Catalogue International de la Littérature scientifique, constate-t-il :

> *la publication d'un tel catalogue se poursuit sans arrêt depuis 1900 et la guerre même ne l'a pas arrêtée.*
> Mais c'est pour ajouter aussitôt, à la fois lucide et désabusé :
> *toutefois la question se pose de savoir si, quand et comment* (cette oeuvre) *devra être continuée. Le fait brutal est là : le monde est divisé en deux camps. Peut-on concevoir encore quelque coopération entre eux pour un travail scientifique dont l'utilité est égale pour chacun?*[64]

Ce texte, écrit au printemps 1918, résume bien l'état d'esprit de beaucoup de savants devant ce "*fait brutal*", la division du monde, alors que la coopération serait utile à chacun. Et Otlet de conclure son article en appelant de ses voeux à la création d'une "*Société scientifique des Nations*".[65]

Un indice montre bien que cet état d'esprit est partagé par de nombreux savants. À partir de 1918, les articles traitant du sort de la science après la guerre paraissent dans la *Revue Générale des Sciences*, revue qui est lue par les scientifiques. Durant la guerre, les articles voulant démontrer le caractère national de la science et la supériorité de la

---

[64]Otlet, P., "L'avenir du catalogue international de la littérature scientifique", *Revue Générale des Sciences*, vol. 29, 1918, p. 71.
[65]Otlet, P., op. cit., p. 75.

science française sur la science allemande paraissaient surtout dans la *Revue des Deux Mondes* qui touche un public beaucoup plus large[66]. Seule parmi les publications exclusivement scientifiques, la *Revue scientifique* adopte après la guerre, comme pendant le conflit, un ton très anti-allemand et refuse toute perspective d'une reprise de la coopération scientifique avec les vaincus.

> *Cela ne doit pas d'ailleurs nous empêcher d'étudier les travaux scientifiques allemands et d'en tirer profit ; mais il faut le faire dans l'esprit avec lequel on lit les oeuvres des anciens. (...) Nous ne savons rien, ou à peu près, de leurs personnes, et nous n'en avons nul souci. Nous vexerons ainsi cruellement l'orgueil germanique et nous n'en ressentirons aucun dommage.*[67]

Mais il ne faut pas se faire d'illusions, le rétablissement de la coopération internationale concerne les alliés et les neutres, pas les Empires Centraux. Le problème n'est pas occulté, il est même clairement posé par la Commission Spéciale chargée d'étudier la question des Organisations Scientifiques internationales. Cette Commission émane de la Société Royale de Londres. Dans son Rapport publié avant la conclusion de l'armistice, la Commission écrit :

> *l'objection élevée contre la fondation de deux groupes séparés d'organisations internationales, dans l'idée qu'elle perpétuerait un état de guerre après la conclusion de la paix, perd beaucoup de sa force si l'on envisage des solutions successives. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de supposer qu'il existera une animosité active entre les deux groupes. L'échange d'informations peut se faire par correspondance, et leurs relations dépendront de la nature de la paix qui sera conclue et de l'histoire future de l'Europe. Une communauté d'efforts imposée par l'intermédiaire des pays neutres semble devoir être plutôt préjudiciable au succès du travail scientifique qu'un franc aveu du fait que les sentiments créés par la guerre doivent*

---

[66]La *Revue Des Deux Mondes* sort en moyenne deux fois par mois à la bibliothèque de Nancy durant la période étudiée, sans préjuger de sa lecture sur place.

[67]Doublet, E., "Les relations scientifiques entre la France et l'Allemagne", *Revue scientifique(revue rose)*, 15, 1919, p. 463.

nécessairement survivre à sa terminaison.[68]

Ce texte est très éclairant. Il montre que trois points de vue s'opposaient quant à l'organisation future de la coopération scientifique internationale. Il y a d'abord l'attitude la plus généreuse qui demande de ne pas tenir compte des divisions politiques issues du conflit, cette attitude semble trop idéaliste, voire utopique ; elle ne tient pas assez compte des réalités et de la profondeur des divisions. Ensuite, vient la proposition plus pragmatique de s'en remettre aux neutres pour organiser la coopération entre les anciens belligérants, mais cette attitude semble hypocrite, car elle revient à faire comme si les divisions irréductibles, pour l'heure, n'existaient pas, tout en sachant pertinemment quelles sont fondamentales. Finalement, s'impose l'idée d'une coopération entre les alliés, ce qui revient à accepter la division du monde en deux. Cette attitude procède à la fois de la prise en compte des réalités, c'est le "*franc aveu du fait que les sentiments créés par la guerre*" survivront à sa conclusion, et à la fois d'une attitude pragmatique, mettant la coopération scientifique sous la dépendance du travail des diplomates chargés de négocier la paix. Nul idéalisme et nul volontarisme dans cette attitude, mais un simple réalisme qui impose de se soumettre aux contingences.

Les 9, 10 et 11 octobre 1918 se réunit à Londres, convoquée par la Société Royale, la Conférence interalliée des Académies scientifiques sur l'avenir des organisations scientifiques internationales. Cette conférence va formuler de façon plus nette encore les conclusions préparées par la Commission spéciale. À cette conférence sont représentés l'Angleterre, les États Unis, l'Italie, la France, la Belgique, la Serbie et le Brésil. La déclaration votée mérite d'être citée largement car elle exprime parfaitement l'esprit dans lequel va reprendre la coopération scientifique.

> *Lorsque, il y a quatre ans, la guerre éclata, divisant l'Europe en camps ennemis, les hommes de science pouvaient encore espérer que la conclusion de la paix renouerait les liens rompus, et que les ennemis de la veille pourraient de nouveau se rencontrer dans des conférences amicales et unir leurs efforts pour le progrès de la science.*

Voilà pour l'espérance, ce paragraphe n'est pas une simple clause

---

68 Observation de la Commission spéciale de la Société Royale de Londres cité in : anonyme, "L'avenir des institutions scientifiques internationales", *Revue Générales des Sciences,* 15 oct. 1918, vol. 29, p. 530.

de style, il traduit bien l'état d'esprit de nombreux savants qui regrettent l'époque où la science pouvait ignorer superbement les frontières. Suit alors un rappel de la coopération scientifique depuis la Renaissance et son amplification depuis la fin du 19ème siècle. Ensuite la déclaration signale que :

> *la guerre, jadis, a fréquemment interrompu la coopération des individus, sans détruire leur mutuelle estime, basée sur le sentiment de la valeur de la science ; la paix venait bientôt effacer les traces des luttes passées.*

Il faut souligner l'importance de ces relations personnelles entre savants, fondées sur le "*sentiment de la valeur de la science*". Mais un tel rétablissement des relations n'est aujourd'hui pas possible. L'obstacle majeur à la réconciliation n'est pas mentionné, mais on peut lire en filigrane une allusion au Manifeste des 93 par lequel les savants allemands se sont discrédités aux yeux des alliés. D'autre part, le sort des relations personnelles entre savants ne peut être dissocié du sort des relations entre États. De ce point de vue, les délégués à la Conférence ne font preuve d'aucune audace ni d'aucune indépendance vis à vis du pouvoir politique. Il est vrai que cette déclaration est faite dans les derniers jours du conflit et que les savants se reconnaissent toujours un devoir de soutien aux combattants d'une guerre juste.

> *Aujourd'hui, les délégués des Académies scientifiques (...) se voient dans l'impossibilité de reprendre des relations personnelles, même en matière de science, avec les savants des empires centraux, tant que ceux-ci n'auront pas été admis de nouveau dans le concert des nations civilisées.*

Suit un long paragraphe justificatif de cette décision, rappelant les crimes de guerre allemands, un paragraphe qui est, en quelque sorte, une réponse indirecte au Manifeste des 93.

> *..les puissances centrales ont enfreint les lois de la civilisation, dédaignant toutes les conventions. (...) La guerre est fatalement pleine de cruautés, et des actes de barbarie individuels ne sauraient être évités ; il faut en prendre son parti. Ce ne sont pas ces actes que nous visons, ce sont les horreurs encouragées et imaginées, dès l'origine, dans le seul but de terroriser les populations inoffensives. (...) Pour restaurer la confiance, sans*

laquelle toute collaboration fructueuse serait impossible, les empires centraux devront désavouer les méthodes politiques dont l'application a engendré les atrocités qui ont indigné le monde civilisé.[69]

La Conférence emboîte ainsi totalement le pas à la diplomatie qui fera reconnaître la responsabilité juridique de l'Allemagne dans le conflit, faisant de la guerre une guerre du droit. S'appuyant sur cette lecture des faits, à laquelle elle pouvait difficilement échapper, surtout en présence des États Unis, la Conférence décrète en fait une véritable mise en quarantaine personnelle des savants allemands. Car c'est bien des relations personnelles entre les savants dont il s'agit, et non pas des relations institutionnelles qui, elles, seront réglées dans le cadre des résolutions votées par cette Conférence. Pour autant, ce texte ne cherche pas à faire - même de façon sous entendue - des savants allemands des criminels de guerre. Même s'ils sont présentés comme étant peu ou prou complices, peut-être malgré eux, du système militariste allemand. En fait, plane toujours l'opprobre sur ceux qui ont accepté de signer le Manifeste des 93, cet opprobre s'étendant par contagion à l'ensemble de la corporation scientifique allemande.

Concrètement, après cette déclaration, la Conférence vote des résolutions, en particulier celle de dissoudre les Associations scientifiques internationales auxquelles appartiennent les Empires Centraux, afin d'en créer de nouvelles dont il seront exclus. Une autre résolution prévoit la réunion à Paris, pour la deuxième quinzaine de novembre, d'une Commission internationale chargée de définir un plan général d'organisations internationales.

Il est ainsi tout à fait remarquable que se soit la fin de la guerre qui ait mis fin à la coopération scientifique internationale entre les belligérants, en excluant des organismes internationaux les membres de l'Alliance, alors que ses organismes ont souvent existé jusqu'en 1918. Ce n'est pas le moindre paradoxe de cette période.

Il arrive aussi parfois que ce ne soit pas la guerre qui ait exclu les Empires Centraux de la coopération internationale. C'est ainsi que l'Allemagne et l'Autriche avaient refusé, dès 1913, d'entrer dans l'Union

---

[69]Déclaration votée à l'unanimité par le Conférence interalliée des Académies scientifiques, cité in : anonyme " La Conférence interalliée des Académies scientifiques à Londres et l'avenir des organisations scientifiques internationales", *Revue Générale des Sciences*, 15 novembre 1918, vol. 29., p. 593.

des Associations Internationales, fondée lors du Congrès mondial des Associations Internationales de 1910. Or, l'Association Internationale des Académies, avec ses sections sciences et lettres, appartient à l'Union. De ce point de vue, la question de la participation des vaincus aux travaux de l'Association ne se pose donc même pas.

Il est difficile de savoir dans quelle mesure les liens ont été effectivement rompus entre scientifiques français et allemands, mais il est certain que les savants allemands resteront longtemps, aux yeux de l'opinion publique française, responsables en partie des horreurs de la guerre. Il faudra du courage à Langevin pour inviter en 1922 Einstein en France ; cette initiative sera violemment critiquée. Elle était d'ailleurs volontairement destinée, dans l'esprit de Langevin, à oeuvrer à la réconciliation franco-allemande[70].

Il faut pourtant attendre la détente, avec le règlement de la question des réparations et surtout la signature des accords de Locarno, pour que la coopération intellectuelle reprenne timidement.[71] En fait, jusqu'après la seconde guerre mondiale, la science allemande restera isolée du fait du boycot imposé par les alliés jusqu'en 1926 (date à laquelle le Conseil International de Recherches invite l'Allemagne à adhérer et déclare caduques les résolutions votées à Londres en 1918), mais aussi, avant et après cette date, du fait du refus de la communauté scientifique et universitaire allemande d'accepter les termes de la paix imposée à Versailles. Les savants allemands refuseront toujours de reconnaître la responsabilité morale de l'Allemagne, de la même façon qu'elle ne fait aucun doute pour les savants alliés. Pour les seconds il est possible de reprendre le dialogue tout en admettant ce fait, il va sans dire que c'est beaucoup plus difficile pour les premiers. Le gouvernement allemand de la République de Weimar encouragera pourtant la reprise de la coopération internationale, sans être vraiment suivi.[72]

---

[70]Cette question est développée in Biezunski, M., *Einstein à Paris*, Presses Universitaires de Vincennes, 1991.

[71]Sur cette question voir Lichtenberger, H., "Le rétablissement de la coopération intellectuelle franco-allemande", *Scientia*, vol. 4, 1927.

[72]Sur toute la question des relations scientifiques après la guerre voir Schroeder-Gudehus, *Les scientifiques et la paix*, Presses Universitaires de Montréal, 1978, notamment la dernière partie : "Pas de Locarno pour la science".

7- L'Allemagne paiera.

Les scientifiques, en France, ont aussi des préoccupations plus immédiates que le problème de la coopération internationale. C'est ainsi qu'en 1919, la *Revue Générale des Sciences* publie un manifeste intitulé : "Ce que le traité de paix doit exiger de la science et de l'industrie allemande"[73], rédigé par un *groupe de techniciens* restés anonymes.

Ce texte veut montrer que l'Allemagne est capable de payer de fortes réparations et que ces réparations doivent être versées en grande partie en nature ; en particulier sous forme de richesses scientifiques et intellectuelles : brevets, procédés de fabrication, matériel documentaire.

Les auteurs suggèrent aussi de suspendre tous les brevets pris par les Allemands depuis 1914, sous prétexte qu'une partie d'entre eux proviennent du pillage de la recherche industrielle de la Belgique et du nord de la France occupées.

Enfin, ces experts proposent de faire tomber dans le domaine public les brevets allemands utilisés illégalement par les alliés depuis le début de la guerre dans l'intérêt de la défense nationale. Et ce, pour éviter les poursuites judiciaires que pourraient légalement intenter les Allemands contre ces industriels.

Ces propositions, sortant des sentiers battus, illustrent surtout le sentiment que, malgré la défaite, l'Allemagne reste une redoutable puissance industrielle et technique. Les auteurs de ce rapport proposent sans vergogne de profiter de la victoire pour refaire le retard de la France. C'est certainement une attitude cynique, mais qui a au moins le mérite de la franchise et de l'originalité. Les auteurs précisent d'ailleurs bien que cette appropriation intellectuelle peut-être chiffrée et être ainsi déduite du montant des réparations, il ne s'agit donc pas d'un projet de pillage pur et simple.

La guerre et l'immédiat après-guerre n'ont pas été des périodes propices à la diffusion de la Relativité en France, cela ne constitue pas une surprise. On verra dans le chapitre sur "Diffusion et généralisation" que cette même période a opposé à cette diffusion des obstacles internes et non

---

[73]anonyme, "Ce que le traité de paix doit exiger de la science et de l'industrie alleamandes", *Revue Générale des Sciences*, vol. 30, 1919, pp.102-108.

plus seulement circonstanciels.

En fait, la Relativité reste une théorie trop spéculative pour être englobée dans le rejet de la science allemande motivé par son statut d'auxiliaire de l'effort de guerre et de l'oeuvre de mort. Plus simplement, durant cette période, les questions que posent la Relativité passent au second plan. Les allusions de Duhem à la Relativité sont moins des objections à cette théorie que des arguments en faveur de son analyse sur le caractère de la science française et de la science allemande.

En revanche, on peut remarquer que cette période de conflit nationaliste n'a pas été mise à profit pour tenter de redonner au Français Poincaré sa place dans l'élaboration de la Relativité au détriment d'Einstein, d'origine allemande. Au contraire , on insiste sur le caractère typiquement allemand de cette théorie. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre sur "Enquête en paternité".

Deuxième partie :

Les rythmes.

Chapitre 4

Les premières étapes de la diffusion de la Relativité, 1905-1914.

Établir une chronologie de la diffusion de la Relativité, en France, à partir de 1905, nécessite de préciser au préalable de quelle diffusion il s'agit exactement.

Il n'est pas question ici, comme il a été dit en introduction, de chercher comment les physiciens français qui travaillaient au début du siècle sur l'électrodynamique ont pris connaissance de la nouvelle théorie, mais simplement de dresser l'inventaire des publications qui se donnaient pour but de faire connaître la théorie de la relativité à des publics non-directement concernés par cette branche de la physique. Et ce, que ces publications se contentent de faire allusion à la nouvelle théorie, ou qu'elles aient la prétention d'en faire un exposé raisonné.

Il est évident qu'il est très intéressant de savoir quand et comment un savant français, comme Paul Langevin par exemple, est entré en contact avec la nouvelle théorie, mais il va de soi que tous les physiciens qui travaillaient sur le problème de la dynamique de l'électron ne pouvaient être que très réceptifs aux solutions proposées par Einstein.[1].

L'objet de ce chapitre n'est pas non plus d'étudier les contributions de Langevin ou de Poincaré à la dynamique de l'électron avant 1905, ni de rechercher dans quelle mesure le second en était arrivé à énoncer un principe de relativité apparemment proche de

---

[1] Michel Biezunski signale dans ses travaux que "dès 1906, Paul Langevin avait reconnu dans l'article d'Einstein une profonde convergence avec ses propres travaux et, enthousiasmé par la synthèse réalisée par cet inconnu, était entré en relation avec lui. Ce fut le début d'une longue et durable amitié. Paul Langevin exposa immédiatement" (en fait pas avant 1910) "dans son cours au Collège de France la nouvelle théorie à quelques auditeurs, parmi lesquels les plus grands physiciens et mathématiciens français de ce temps : Edmond Bauer, Jean Becquerel, Émile Borel, Jacques Hadamard, Elie Cartan." in Biezunski, M., "Einstein à Paris", in : *La "Recherche" en histoire des sciences*, Paris, 1983, p 269.

celui d'Einstein. C'est pourquoi on ne trouvera pas dans cette chronologie les articles antérieurs à 1905 qui préparent à la compréhension de la solution apportée par Einstein aux problèmes de l'électrodynamique.

Il ne s'agit pas non plus de rechercher les communications des savants eux-mêmes sur la théorie de la Relativité, c'est à dire de rechercher les contributions françaises à l'élaboration de cette théorie après 1905[2]. Ce travail a été fait, de façon quantitative, par Walter [3].

Cette recherche de Walter aboutit d'ailleurs à une conclusion qu'il faut mentionner d'emblée. Selon un premier critère, qui est le nombre d'articles publiés sur la Relativité, par des revues françaises, entre 1905 et 1915, (en fait Walter ne distingue pas les articles de diffusion des articles communiquant un résultat nouveau), la France se situe, loin derrière l'Allemagne et pas très loin du Royaume-Uni, dans un groupe de pays qui comporte, outre la France, les Etats-Unis, l'Italie et l'Autriche-Hongrie (Walter a recensé 47 articles publiés en France contre 91 au Royaume-Uni et 295 en Allemagne). Il en va de même du point de vue du pays d'activité des auteurs de ces articles, (68 auteurs travaillaient en France, contre 75 au Royaume-Uni et 255 en Allemagne). Cette étude purement quantitative montre que la France ne semble pas être un cas particulier parmi les nations possédant un développement scientifique comparable. Encore convient-il de ne pas oublier qu'il ne s'agit pas, à proprement parler, de la diffusion de la Relativité, mais, en quelque sorte, de la mesure de l'intérêt que cette théorie suscite chez les scientifiques.

Notre approche de la question sera très différente de celle de Walter, car nous ne nous sommes pas seulement servis, pour réaliser notre propre étude, d'instruments bibliographiques existants, mais avons dépouillé l'ensemble des publications mentionnées dans nos

---

[2] Il est vrai que tout débat sur la théorie de la Relativité peut être considéré comme participant, si ce n'est à son élaboration, du moins à sa clarification. Il devient alors difficile de distinguer entre une contribution au développement des conséquences de cette théorie et une contribution à sa diffusion. Les critères discriminants retenus sont : le type de revue dans laquelle paraît la contribution (par exemple nous n'avons pas retenu les Comptes rendus de l'Académie des Sciences), et le caractère non mathématique ou non essentiellement mathématique de la publication. Enfin on constatera que les débats qui accompagnent le diffusion de la relativité contribuent beaucoup plus à en clarifier la compréhension que le contenu.

[3] Walter, A, S, *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte, 1905-1915*, thèse de doctorat, Paris VII, 1996, pp 221-246.

sources et lu l'ensemble des articles cités. Il s'en suit que notre approche est plus fine, permettant de relever les simples allusions, les comptes-rendus de lecture... Notre approche est aussi beaucoup plus qualitative que quantitative. Dans le cas de la France prise isolément, une étude quantitative perd d'ailleurs toute pertinence, elle ne se justifie que dans le dessein d'établir des comparaisons entre un grand nombre de pays, ce qui était précisément le but de Walter.

Notre étude est également plus restreinte, étant donné que nous n'avons retenu que les publications s'adressant à un public plus large que celui des seuls physiciens ; nous avons écarté délibérément toute communication incompréhensible à un non-spécialiste d'électrodynamique, car notre propos est bien l'étude de la diffusion de la Relativité et non de son élaboration.

Les publications dépouillées n'ont pourtant pas, pour la plupart, une vocation vulgarisatrice, on à déjà signalé qu'il est difficile de parler de vulgarisation de la Relativité avant les années vingt ; néanmoins, il s'agit de revues qui ne sont pas lues que par des spécialistes et auxquelles est abonnée une bibliothèque comme la Bibliothèque Municipale de Nancy.

Établir la chronologie de la diffusion de la Relativité consiste donc à relever systématiquement les étapes de la diffusion de la Relativité restreinte einsteinienne en France en dehors du cercle des physiciens étudiant l'électrodynamique, et ce à partir de 1905, sans chercher les origines de cette théorie, ni les contributions mathématiques à son développement. L'établissement de cette chronologie doit permettre de définir un cadre préalable à tout essai d'interprétation des rythmes de cette diffusion. Elle doit permettre également de déterminer s'il existe une ou plusieurs filières de diffusion. S'il y a plusieurs filières, il faudra alors identifier l'origine de ces filières, c'est à dire la publication qui est le point de départ d'une diffusion à laquelle les publications ultérieures se réfèrent explicitement ou dont il est légitime de penser qu'elles s'en inspirent, sans que la référence soit explicite.

1- Les prémices

De 1905 à 1910 il n'y a pas encore de réelle diffusion de la Relativité hors des milieux très spécialisés. Il est néanmoins possible de

relever quelques indices qui constituent les prémices d'une première diffusion.

La première question que l'on doit se poser est de savoir s'il était possible de connaître en France l'existence des articles d'Einstein de 1905, à défaut d'en connaître la teneur.

La *Revue Générale des Sciences* publie un très grand nombre de sommaires de publications scientifiques françaises et étrangères, parmi lesquelles les *Annalen der Physik* de Leipzig. On pourrait légitimement s'attendre à ce que les articles d'Einstein de 1905 sur la Relativité soient mentionnés pour la première fois dans une publication française dans cette Revue, or bizarrement il n'en est rien.

La *Revue Générale des Sciences*, dans son supplément du 15 juillet 1905, annonce l'article d'Einstein sur les "vues heuristiques relatives à la production et à la transformation de la lumière" paru dans le tome XVII, numéro 1, des *Annalen der Physik* ; le titre est traduit en français par les rédacteurs de la Revue. Cet article fondamental vaudra à Einstein le prix Nobel, il avait été envoyé aux *Annalen* le 17 mars 1905. Le deuxième article envoyé par Einstein aux *Annalen der Physik* en 1905 est celui intitulé : "nouvelle détermination des dimensions moléculaires", il sera publié en 1906 dans le tome XIX, numéro 2 ; la *Revue Générale des Sciences* en fait mention dans son supplément du 30 août 1906. La *Revue Générale des Sciences* mentionne également, dans son supplément du 15 septembre 1906, la publication de deux nouveaux articles d'Einstein dans le tome XX des *Annalen der Physik* ; l'un dans le numéro 1 intitulé : "théorie de la génération et de l'absorption de la lumière" et l'autre, dans le numéro 3 du même tome, intitulé : "le principe de la conservation du mouvement du centre de gravité et de l'inertie de l'énergie".

Il est donc certain que les *Annalen der Physik* sont bien dépouillées par les rédacteurs de la *Revue Générale des Sciences*, alors, que sont devenus les deux articles sur la Relativité restreinte ? Celui envoyé le 30 juin 1905 et traitant de "l'électrodynamique des corps en mouvement", publié dans le tome XVII des *Annalen*, et celui qui pose la question : "l'inertie d'un corps dépend-elle de sa capacité d'énergie ?" qui sera envoyé en septembre 1905 et publié en novembre, toujours dans le tome XVII des *Annalen*. Ce mystère ne mérite pas un long développement, il est possible que la *Revue Générale des Sciences* n'ait pas reçu tous les numéros des *Annalen der Physik*, en particulier tous les numéros du tome XVII et, semble-t-il, aucun numéro du tome XVIII,

car aucun autre article paru dans ce tome n'est mentionné ; il est possible aussi, mais peu probable, qu'il y ait eu une négligence dans le dépouillement de ces numéros ; quoiqu'il en soit, cet oubli, fortuit ou contraint, augure mal de la diffusion des thèses d'Einstein en France.

Une première allusion indirecte à la Relativité est détectable pour la première fois en 1906 dans une publication destinée à un public non exclusivement scientifique. Dans sa livraison de janvier 1906, *La Revue du mois*, dirigée par Émile Borel et dont Paul Langevin est membre du comité de rédaction, rend compte d'une nouvelle publication de la Société française de physique, intitulée : *Les quantités élémentaires d'électricité : Ions, électrons, corpuscules*[4]. Cette publication en deux volumes (seul le premier est paru à la date de ce compte rendu) est dirigée par Henri Abraham et Paul Langevin. Le but de cette publication est de rassembler les documents de première main publiés sur le sujet depuis 1878, y compris la traduction des contributions étrangères. C'est ainsi que l'on peut y trouver, en français, certains des travaux les plus importants de Lorentz ainsi qu'un texte inédit de ce dernier, présentant une synthèse de ses recherches sous le titre : "Sur le théorie des électrons"[5]. Le commentaire de la *Revue du mois* précise que cette compilation constitue une synthèse de tous :

> *les phénomènes électro-magnétiques mais encore de l'optique et de la mécanique, l'origine électromagnétique de l'inertie permettant même de compléter les équations ordinaires de la mécanique, valable seulement comme première approximation.*[6]

Il y a là une allusion directe à la nouvelle mécanique relativiste qui semble bien être de Langevin lui-même, mais ce commentaire est anonyme. De toutes façons, une publication de textes originaux par la Société française de physique ne constitue pas une vulgarisation des théories nouvelles, mais la mention d'une telle publication dans une revue généraliste comme *La Revue du mois* participe bien a leur diffusion, dans la mesure où l'attention du lecteur est attirée sur ce qu'il y a de radicalement nouveaux dans l'électrodynamique.

En 1908, deux allusions beaucoup plus explicites à la théorie de

---

[4]Abraham, H., et Langevin, P.,*Les quantités élémentaires d'électricité : ions, électrons, corpuscules*, Paris , 2 vol., premier vol. en 1905.

[5]Lorentz, H. A., in Abraham,H., et Langevin, P., op. cit., pp 430-477.

[6]*Revue du mois*, 1906, vol 1, p123.

la relativité d'Einstein sont faites dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, publiées à Genève mais facilement consultables en France, comme il a été dit. Ces références à la Relativité ont en commun d'être le fait de deux auteurs Suisses de langue allemande[7] ou bilingue[8], publiés ici en français. Il est remarquable qu'ils fassent tous deux allusion à la Relativité comme étant une théorie déjà suffisamment connue pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en faire un exposé complet. Or, en France, leurs textes sont les premiers à aborder cette théorie de façon aussi explicite. Ainsi, il apparaît que les *Archives des sciences physiques et naturelles*, publication francophone mais en contact direct avec la culture germanique, sont un vecteur privilégié de la première introduction de la Relativité en France. L'article d'Einstein en français publié en 1910 par la même revue confirme ce rôle. Pour l'heure, les allusions à la Relativité faites dès 1908 arrivent sans doute trop tôt pour un public de non-spécialistes, ne disposant pas encore des moyens de comprendre exactement les enjeux de la nouvelle théorie. Que disent ces deux articles de 1908 sur la Relativité?

Le premier, sous le titre "Sur les transformations successives des vues scientifiques sur la nature de l'électricité", est un extrait en français d'une conférence prononcée en allemand, en novembre 1907 à Francfort, par P. Gruner, professeur de physique théorique à l'Université de Berne. Ayant constaté l'impossibilité de mettre en évidence par des expériences électromagnétiques le mouvement de la Terre à travers l'éther au repos, en conclusion l'auteur s'interroge ainsi :

> *Serait-ce que dans son mouvement, l'électron subit une réaction et se contracte?* (Une note de bas de page précise : *L'hypothèse de Lorentz sur la contraction des corps due au mouvement.)*
> *Serait-ce qu'il ne peut être question de quantités absolues et que toutes nos notions sont relatives?* (Une note en bas de page précise : *Le principe de relativité de Lorentz et d'Einstein.)*
> *Sans espérer une solution prochaine, nous estimons que de futures recherches indiqueront la voie et tendront vers une solution de ces problèmes qui*

[7] P Gruner, professeur de physique théorique à l'Université de Berne.
[8] W. Ritz, professeur à Gottingen.

semblent rapprocher la physique de la métaphysique.
La masse de l'électron est aussi une question en litige. En effet, sa masse dépend de sa vitesse, ce qui semble paradoxal, puisque la masse paraît être le type d'un élément invariable. (...) Si la masse de l'électron n'est qu'une action électromagnétique et si, d'autre part, l'atome est formé d'électrons, la matière, l'univers entier devient un monde immatériel soumis au jeu complexe des actions et réactions électriques, et l'électricité serait la seule réalité
Et si, en acceptant cette hypohèse, nous essayons de nous demander : qu'est-ce que l'électricité? nous avons le sentiment que nous touchons à la question de l'existence des choses et que nous arrivons aux confins de nos facultés de recherche. [9]

Une telle présentation des choses a le mérite d'aiguiser la curiosité du lecteur, mais elle ne lui permet pas de comprendre en quoi consiste exactement la Relativité ; elle en présente les conséquences sans en expliquer clairement les motivations.

Le second article de 1908 est beaucoup plus mathématique et n'est pas à la portée du profane. Intitulé "Recherches critiques sur les théories électrodynamiques de Cl. Maxwell et de H.A. Lorentz", il est dû à la plume de Walter Ritz qui écrit en français. Le but de Ritz est de formuler les critiques auxquelles donne lieu ce qu'il appelle "la théorie de Maxwell et de Lorentz" et les incertitudes expérimentales qu'elle comporte.

Après avoir rappelé l'échec des expériences de Michelson et Morley, Ritz écrit :

comme en mécanique, la translation uniforme d'un système ne semble pas avoir d'influence sur les phénomènes optiques et électromagnétiques qui s'y passent. MM Lorentz, Einstein, Poincaré et d'autres, se sont donc demandés quelles hypothèses nouvelles il faudrait introduire pour rendre raison de ce fait, sans toucher aux équations fondamentales (souligné par l'auteur). *Il se trouva qu'il faut renoncer à la notion*

[9] P. Gruner, "Sur les transformations successives des vues scientifiques sur la nature de l'électricité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, XXVI, Genève, 1908, p. 19.

classique d'un temps universel ; faire de la simultanéité une notion toute relative, supprimer la conception de l'invariabilité de la masse, supprimer celle des corps rigides et supprimer les axiomes de la cinématique, le parallélogramme des vitesses etc...[10]

On remarquera que dans cette présentation Ritz ne distingue pas la relativité de Lorentz, Poincaré ou Einstein ; cette attitude traduit moins une mauvaise compréhension de ce qui distingue radicalement les conceptions de la relativité de Lorentz et Poincaré d'un côté et d'Einstein de l'autre, que le fait que, pour Ritz, leur erreur commune est d'avoir voulu conserver les équations fondamentales de l'électromagnétisme en leur sacrifiant la cinématique, la dynamique et le temps classique. Toute sa démonstration consiste ensuite à montrer qu'une modification des équations de Maxwell permet de conserver la cinématique et le temps classiques.

Du point de vue de la diffusion de la Relativité cet article, comme le précédent, permet d'entrevoir les conséquences de la nouvelle théorie mais il ne permet pas au profane d'aboutir à une réelle compréhension de cette théorie. D'autant moins qu'il ne distingue pas les travaux d'Einstein de l'ensemble des réflexions faites sur le même sujet depuis la fin du XIXème siècle ; même si les conséquences de la théorie dont parle Ritz sont bien celle de la relativité restreinte eisteinienne avant tout.

Ritz est par ailleurs l'auteur de deux autres publications sur le même sujet la même année. L'une à usage des spécialistes dans les *Annales de chimie et de physique* de février 1908, intitulée : "Recherches critiques sur l'électrodynamique générale" et qui constitue, en quelque sorte, la matière première dont l'article des *Archives* est la version vulgarisée mais néanmoins encore très mathématique. Cet article de Ritz est cité comme exemple des ultimes développement de la théorie de l'éther par Léon Bloch dans son article sur "Les origines de la théorie de l'éther"[11] dans la *Revue Générale des Sciences* en 1908. Bloch explique que, selon Ritz, il faut supprimer de l'électrodynamique à la fois les équations aux dérivées partielles et la

---

[10]Ritz W., "Recherches critiques sur les théories électrodynamiques de Cl. Maxwell et de H. A. Lorentz", Archives des sciences physiques et naturelles, XXVI, 1908, pp. 212-213.

[11]Bloch, L., "Les origines de la théorie de l'éther, *Revue Générale des Sciences*, vol. 19, 1908, pp. 886-897.

notion d'éther. L'autre publication de Ritz, cette même année 1908, intitulée : "Du rôle de l'éther en physique", est publiée par *Scientia* en juin 1908. Ce dernier article, toujours sur le même thème, sera cité en référence par Winter, dans son ouvrage de 1911 sur *La méthode dans la philosophie des mathématiques.*

Le 21 septembre 1908, Minkowski prononçait sa fameuse conférence intitulée : "Raum unt Zeit". *La Revue scientifique (revue rose)* en rend compte dans ses "Notes et Actualités" sous le sous-titre "philosophie des sciences : L'espace et le temps".

> *Les prétendus contradictions qui existent entre la mécanique de Newton et la théorie moderne de l'électricité disparaissent entièrement grâce à la conception d'un Univers à quatre dimensions, par rapport à l'espace et au temps, permettant, avec une certaine liberté, la soustraction d'une dimension relative au temps. L'axiome si remarquable suivant lequel la matière ne peut jamais atteindre une vitesse égalant celle de la lumière au sein de l'éther y joue un rôle principal.*[12]

En 1909, les *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure* publient le texte de cette conférence de Minkowski en français[13]. La question se pose de savoir quel a été l'impact de ce compte rendu et de cette publication dans la diffusion de la Relativité en France? L'histoire des sciences a retenu les travaux de Minkowski en 1907 et 1908[14] comme étant la seconde origine de la Relativité après les publications d'Einstein en 1905. S. Walter a montré que les travaux de Minkowski avaient été à l'origine d'une véritable explosion des publications scientifiques sur la Relativité à partir de 1909[15]. En ce qui concerne la diffusion de la Relativité en dehors du cercle des spécialistes de l'électrodynamique, il

---

[12]A.G., "L'espace et le temps", *Revue scientifique (revue rose)*, 13, 1909, p.407.

[13]Minkowski, H., "Espace et temps", *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, 26, 1909, pp. 499-517.

[14]Minkowski, H., "Das Relativitätsprinzip", exposé de novembre 1907, publié in *Annalen der Physik*,47, 1915, pp.927-938.
idem, "Die Grundgleichungen für die elektromagnetische Vorgänge in bewegten Körpern", *Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaft und der Georg-August Universität zu Göttingen, Mathematisch-physikalische Klasse*, 1908, pp 53-111.
idem, " Raum und Zeit", exposé de septembre 1908, publié in *Physikalische Zeitschrift*, 10, 1909, pp 104-111.

[15]Walter, S., *H. Minkowski et la mathématisation de la théorie de la relativité restreinte*, 1905-1915, thèse de doctorat, Patis VII, 1996.

semble bien que les travaux de Minkowski n'aient joué qu'un rôle indirect. Ce ne sont pas eux qui permettent une diffusion de la Relativité chez les non-spécialistes, mais les résultats obtenus par Minkowski sont utilisés par les savants qui se chargent de diffuser cette théorie. Langevin et Castelnuovo montrent dans leurs écrits postérieurs à 1908 qu'ils connaissent et utilisent les résultats de Minkowski autant que ceux d'Einstein. Ainsi le travail de Minkowski a-t-il le même statut que celui d'Einstein en 1905, il est une des sources de la connaissance de la théorie de la Relativité par les savants travaillant sur la dynamique de l'électron, mais il ne se diffuse pas, ou peu, directement auprès d'un public plus large. L'approche de Minkowski est d'abord assimilée par les savants qui se chargent ensuite de diffuser la nouvelle théorie. Il faut donc chercher ailleurs que dans les publications de Minkowski, y compris en français, les origines de la diffusion de la Relativité en dehors des spécialistes de la question.

2-1910, Einstein s'explique en français.

À partir de 1910 paraissent les premiers grands articles d'exposition raisonnée de la théorie de la relativité envisagée dans ses motivations, sa formulation et ses conséquences. C'est donc seulement à partir de cette date qu'un lecteur ignorant peu accéder à cette nouvelle théorie. Il n'est pourtant pas facile de mesurer lesquels de ces textes ont eu le plus d'influence sur la diffusion de la Relativité. Il apparaît néanmoins qu'il y a entre 1910 et 1914 deux filières de diffusion de cette théorie, toutes deux insistent sur ses conséquences. L'une met l'accent sur l'abandon de l'éther, l'autre sur la relativité du temps et de l'espace. Cette constatation permet légitimement de remonter ces filières jusqu'à deux sources de diffusion qui mettent les premières l'accent avec force sur ces conséquences.

Parmi l'ensemble des articles d'exposition de la Relativité entre 1910 et 1914, deux textes majeurs semblent donc à l'origine de la diffusion de la Relativité en France. Un article d'Einstein en français publié en 1910[16] et une conférence de Langevin publiée en 1911[17].

---

[16]Einstein, A., "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles*, XXIX, 1910, pp. 5-28 et 125-144.

[17]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", in *Scientia, Rivista*

L'article d'Einstein inaugure la filière insistant sur la négation de l'éther, c'est elle qui intéressera surtout les physiciens, car cette conséquence ne paraît pas acceptable à certains d'entre-eux. La conférence de Langevin qui introduit l'espace-temps de Minkowski inaugure la filière de diffusion insistant sur les conséquences spatio-temporelles de la Relativité, elle intéressera d'abord les philosophes puis le grand public.

Mais ces deux filières ne sont pas égales. D'une part celle inaugurée par Langevin est facilement identifiable car on trouve ultérieurement plusieurs allusions au fait que c'est par les écrits de ce savant que la Relativité est connue en France, notamment lors de la séance de la Société française de philosophie d'octobre 1911[18], nous y reviendrons, alors que l'on ne trouve aucune référence ultérieure à l'article d'Einstein. D'autre part, la filière par les conséquences spatio-temporelles de la Relativité pourrait être suivie jusqu'à nos jours, tandis que celle sur la négation de l'éther est perdue au début des annés vingt. Enfin, et surtout, parce que l'article d'Einstein de 1910 ne correspond pas à la façon dont il motive en 1905 son article fondateur de la Relativité, ni à la façon dont il exposera par la suite sa théorie dans ses écrits destinés à un plus large public. En 1922, il insistera d'ailleurs sur le fait que la négation de l'éther n'est pas une conséquence nécessaire de la relativité restreinte[19]. Nous reviendrons longuement sur toutes ces questions dans la troisième partie de ce travail. Pour l'heure il semble néanmoins probable que la façon dont Einstein pose le problème de la Relativité en 1910 ait néanmoins largement influé sur sa réception, au moins jusqu'à la Première Guerre mondiale.

Une telle présentation de la diffusion de la relativité par deux filières distinctes ne doit évidemment pas être systématisée. Il serait artificiel de rattacher toute la littérature de diffusion de la Relativité postérieure à 1910 à ces deux uniques sources. La suite de cette étude chronologique montrera qu'il existe bien d'autres allusions à la Relativité qui ne doivent rien directement à ces deux publications d'Einstein et Langevin. Néanmoins, il est indéniable que l'on tient avec ces deux articles les sources principales de la diffusion de la Relativité hors du milieu des spécialistes.

Afin d'éviter de donner à ces deux textes une importance

---

internazionale di sintesi scientifica, 1911, vol. 3, pp 31-54.

[18]cf. le chapitre sur "La Société française de philosophie et la Relativité".

[19]cf. le chapitre "Un éther peu volatil".

exagérée, nous les présenterons à leur place chronologique exacte, entre d'autres publications moins importantes par leur impact, si ce n'est toujours par leur contenu.

C'est donc en 1910 qu'est publié à Genève le premier exposé raisonné de la Relativité en français. Il s'agit de l'article d'Einstein, traduit en français par Edouard Guillaume,[20] intitulé : "Le principe de Relativité et ses conséquences dans la physique moderne," publié par les *Archives des Sciences physiques et naturelles*[21]. On a déjà signalé que cette publication suisse était facilement consultable en France. Pourtant, M. Biezunski remarque que : "*cet article ne semble pas avoir suscité de réactions en France*"[22]. Il est vrai que nous n'avons trouvé aucune autre publication faisant explicitement référence à cet article. Mais il faut remarquer que les références bibliographiques sont très rares et souvent inexistantes dans les articles à cette époque. L'indice indirect de l'importance de cet article d'Einstein tient au fait que dans ce texte l'auteur, contrairement à son mémoire de 1905 et surtout contrairement à ces textes postérieurs de vulgarisation, aborde la question de la Relativité par le problème de l'éther et non par la démonstration de la relativité de la simultanéité.

> *N'est-il vraiment pas possible de concilier les fondements essentiels de la théorie de Lorentz avec le principe de relativité?*
>
> *Le premier pas à faire si l'on veut tenter une telle conciliation, c'est de renoncer à l'éther.* (souligné par l'auteur).[23]

On trouve clairement ici la source des articles qui critiquent la Relativité parce qu'elle rend l'éther inutile, en particulier l'article de Brillouin sur lequel nous reviendrons plus longuement.

Il faut également souligner que le traducteur de cet article d'Einstein est le Suisse Guillaume qui, en 1922, sera un des rares physiciens à prendre la défense de Bergson après la publication de

---

[20]Edouard Guillaume ne doit pas être confondu avec son parent, Charles Édouard Guillaume (1861-1938) qui est un physicien suisse, membre du Bureau international des poids et mesures à Sèvres, il en deviendra le directeur en 1915, il a obtenu le prix Nobel de physique en 1920.

[21]*Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, vol. 29, janv. fév 1910.

[22]Biezunski, M., *La diffusion de la théorie de la Relativité en France*, Doctorat de troisième cycle, Paris VII, 1981, p 320.

[23]Einstein, A., op. cit, pp. 18-19.

Durée et simultanéité. C'est encore Guillaume qui, en 1924, préface la réédition de l'article de Poincaré sur "la dynamique de l'électron" du 23 juillet 1905, et de sa conférence sur "la mécanique nouvelle" au congrès de Lille en 1909. L'ensemble est alors intitulé : *la mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la relativité.* Ainsi, le traducteur d'Einstein en 1910 ne peut pas être considéré comme un relativiste orthodoxe, en ce sens que, comme Bergson, il n'accepte pas la réalité physique de la dilatation du temps et que, d'autre part, il est un des premiers à vouloir redonner sa place à Poincaré dans l'élaboration de la Relativité.

Parallèlement à cet article d'Einstein, toujours en 1910, on peut relever de nombreuses allusions à la Relativité qui ont le même caractère que celles antérieures à cette date, à savoir qu'elles ne permettent pas au profane de comprendre de quoi il s'agit exactement.

La *Revue Générale des Sciences* publie un compte rendu du livre de H. A. Lorentz, *The theory of Electrons* , paru à New- York et Leipzig en 1909, mentionnant qu'il est question de la théorie de la Relativité dans le chapitre V de l'ouvrage ; mais, sans autre commentaire, ce renseignement ne permet pas au lecteur contemporain de savoir de quoi il s'agit[24].

Dans sa livraison d'octobre 1910, *La Revue du mois* publie un article d'Émile Borel[25] intitulée : "La mécanique rationnelle et les physiciens"[26] . Dès l'introduction Borel affirme :

> *On sait que les théories électriques modernes ne tendent à rien moins qu'à mettre en question les principes mêmes de la Mécanique : les notions fondamentales de masse, d'espace, de temps sont entièrement bouleversées. L'essentiel de ces théories*

---

[24]*Revue Générale des Sciences pures et appliquées*, Paris, vol. 21, 1910, p 350.

[25]Émile Borel, (1871-1956), est trop connu pour être présenté longuement, rappelons simplement que c'est un mathématicien mais aussi un homme politique, un philosophe et un vulgarisateur. Reçu premier à Polytechnique et Normale Supérieure, il choisit cette seconde école. Il y fait la connaissance de Paul Appel dont il épouse la fille. Il soutient sa thèse en 1893. Maître de conférence à l'École normale supérieure, il est ensuite professeur titulaire à la Sorbonne dont il occupe à partir de 1919 la chaire de calcul des probabilités et de physique mathématique. Il est élu en 1921 à l'Académie des Sciences, il est l'initiateur de la création de l'Institut Henri Poincaré en 1928. Élu député en 1924, il devient ministre de la Marine du cabinet Paul Painlevé en 1925. Borel est l'auteur de plus de 300 publications dont 35 livres.

[26]Borel, E, "La mécanique rationnelle et les physiciens", in *La Revue du mois*, Paris, vol 2, 1910, p 414-423.

sera exposé dans le Revue avec toute l'ampleur désirable, dès que les idées nouvelles seront assez clarifiées pour être susceptibles d'une exposition d'ensemble.[27]

Ce "on sait" de Borel a de quoi surprendre. Qui sait et que sait-on? Presque personne et pas grand-chose, si l'on en croit l'état de la diffusion de la Relativité en 1910. Néanmoins, cette affirmation de Borel laisse supposer que l'article traduit d'Einstein a eu peut-être plus d'influence que ne le supposait Biezunski. Mais peut-être Borel pense-t-il plus à ses collègues scientifiques qui ont écoutés Langevin au Collège de France[28] qu'au lecteur lambda de la Revue. Il reconnaît d'ailleurs lui-même qu'un grand article d'exposition s'impose mais qu'il ne peut encore être rédigé du fait des zones d'ombre qui, selon lui, subsistent dans la nouvelle théorie. D'ailleurs Borel précise à ce propos :

Aujourd'hui nous nous bornerons à retenir deux points que l'on peut regarder comme acquis : les principes de la Mécanique ont besoin de retouches; ces retouches sont assez légères pour que la valeur pratique de la Mécanique subsiste intégralement et rigoureusement.[29]

Cette présentation des choses est pour le moins curieuse ; voilà des théories modernes qui ne tendent à rien moins qu'à mettre en question les principes de la Mécanique, tout en étant que de légères retouches qui laissent rigoureusement intacte la valeur pratique de la Mécanique. Bien sûr, on peut comprendre ces affirmations un peu contradictoires comme étant l'expression, parfaitement juste, du fait que la remise en cause des notions de masse, d'espace et de temps, n'a aucune influence sur les applications de la mécanique ne s'occupant pas de corps se mouvant à une vitesse proche de celle de la lumière. Mais on peut y voir aussi l'exacte expression de l'état d'esprit dans lequel se trouve une grande partie des scientifiques français en 1910, d'un côté ils reconnaissent la radicale nouveauté des théories de Lorentz

---

[27]Borel, E, op. cit., p 414.

[28]Le premier cours de Langevin sur la Relativité au Collège de France date de l'hiver 1910 et est intitulé : "La théorie électromagnétique des radiations et le principe de relativité". Ce renseignement provient de Walter, A, S, *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte, 1905-1915*, thèse de doctorat, Paris VII, 1996, p244.

[29]Borel, E, op. cit., p 414.

et d'Einstein ; d'un autre, à la suite de Poincaré, ils en minimisent la portée et insistent sur le caractère toujours valable dans la pratique, et ce rigoureusement, de la mécanique classique.

Pourtant Borel est clairement conscient des bouleversements qui s'annoncent quand il écrit :

> *N'y a-t-il donc, pour ceux qui ne sont pas physiciens, aucun profit à tirer du magnifique mouvement qui est en train de transformer la physique? On peut prévoir, au contraire, que plus ou moins lentement nos idées sur la nature de l'univers et sur l'explication scientifique du monde où nous vivons en seront profondément modifiées.*[30]

C'est la première fois qu'est posée si clairement la question de savoir qu'elle influence éventuelle pourrait avoir les nouvelles théories de la physique pour le commun des mortels. La réponse de Borel est donc aussi la première ; elle est sans ambiguïté quant à la portée de ces nouvelles théories sur la conception du monde, non pas celle d'un étroit cénacle de spécialistes, mais de l'humanité toute entière. Cette affirmation de Borel ne vient d'ailleurs pas contredire l'interprétation de ses propos avancée plus haut, car ceux-ci concernaient précisément les physiciens et non l'ensemble des hommes.

Le grand article d'exposition annoncé par Borel ne verra en fait jamais le jour dans *La Revue du mois.* Il faut attendre 1920 et l'ultime livraison de cette Revue pour voir paraître un article d'Émile Borel lui-même intitulé : "Quelques réflexions sur la théorie de la Relativité". Mais cet article n'est en fait que la préface écrite par Borel au livre d'Einstein, *Théorie de la relativité restreinte et généralisée,* dont la traduction en français, par Jeanne Rouvière, va paraître à la librairie Gauthier-Villars. Cette préface de 1920 commence d'ailleurs par ces mots déjà cités, qui montrent les progrès réalisés alors, si ce n'est dans la diffusion, du moins dans la publicité faite autour des théories d'Einstein:

> *La traductrice et l'éditeur de ce livre me demandent de le présenter au public de langue française. Il n'en a nullement besoin; car la curiosité excitée, jusque dans le grand public, par l'étrangeté même de la théorie de la relativité et par la violence des attaques dont elle a*

---

[30]Borel, E, op. cit., p 420-421.

été parfois l'objet ont rendu le nom de M. Einstein assez universellement célèbre pour qu'on ne puisse pas craindre qu'un ouvrage signé de lui ne trouve pas de lecteurs.[31]

Pour l'heure, au début des années dix, on en est pas encore là.

3-Les années cruciales, 1911 et 1912.

En 1911 et 1912, de nouveaux articles majeurs accélèrent la diffusion de la Relativité en France ; ils sont dus à Langevin mais pas seulement ; d'autres auteurs comme Castelnuovo ont sans doute joué un rôle non négligeable. Quoiqu'il en soit, à partir de ces années, la Relativité se diffuse certainement hors des cercles spécialisés. Ses conséquences spatio-temporelles commencent à passionner de nouveaux publics, particulièrement celui des philosophes.

C'est d'ailleurs cette année là que le philosophe Winter publie un livre sur *La méthode dans la philosophie des mathématiques* [32]où, selon le jugement de Xavier Léon[33], lors de la séance du 6 avril 1922 de la Société française de philosophie, "*il signalait le premier au public philosophique l'importance et la profondeur des vues de M. Einstein*" [34]. Cette reconnaissance tardive est remarquable car, en 1911, l'influence de ce livre quant à la diffusion de la Relativité semble nulle ; nous préciserons ce point dans le chapitre sur "La Société française de philosophie et la Relativité". Dans son ouvrage, Winter expose brièvement la nouvelle théorie dans un chapitre intitulé : " La méthode métaphysique"[35]. Il mêle dans son exposé des éléments empruntés à Einstein (sur la relativité du mouvement et la constance de la vitesse de la lumière), la définition par Poincaré du temps local, la contraction de Lorentz. Il parle " des théories de Lorentz, d'Einstein, de Minkowski". Mais l'intérêt principal de ce texte est que l'auteur cite ses sources, ce

---

[31]Borel, E. "Quelques réflexions sur la théorie de la relativité", in *La Revue du mois*, Paris, vol. 22, déc. 1920, p 469.

[32]Winter, M., *La méthode dans la philosophie des mathématiques*, Paris, Alcan, 1911.

[33]Xavier Léon, philosophe français, fondateur en 1893 de la *Revue de métaphysique et de morale*, initiateur des Congrès internationaux de philosophie dont le premier se tient à Paris en 1900.

[34]*Bulletin de la société française de philosophie*, tome XVII, 1922, p 92.

[35]Winter, M., o.p. cit., pp 35-39.

qui n'est pas courant comme il a déjà été dit. On peut ainsi savoir comment, vers 1910-1911, un philosophe des sciences peut prendre connaissance de la Relativité, quelles sont les sources qui lui permettent de construire son exposé. Apparemment Winter n'a pas lu l'article d'Einstein de 1910 dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, mais il cite l'article de Minkowski de 1909 dans les *Annales de l'École Normale*, il fait référence également à Poincaré (*La valeur de la science* et *Science et méthode*), ainsi qu'aux articles de Ritz et Castelnuovo dans *Scientia* en 1909 et 1911[36], il mentionne également un article en allemand de Lorentz de 1895[37] et un d'Einstein de 1907[38].

Malgré tout, cet exposé de Winter ne peut pas être considéré comme ayant significativement contribué à la diffusion de la Relativité en France ; il est à la fois trop bref et fait trop de confusions entre les conceptions de Lorentz et Poincaré et celles d'Einstein ; surtout il n'est qu'un argument dans un ouvrage qui n'est pas construit autour de ce problème.

Il n'en va pas de même avec la publication dans le Revue *Scientia*, toujours en 1911, d'un article en italien de G Castelnuovo[39] intitulé : "Il principio di relatività e i fenomeni ottici"[40]. Cet article est évidemment antérieur au livre de Winter qui le cite. Bien que n'étant pas en français, cet article doit tout de même être considéré comme un des écrits importants de la première diffusion de la Relativité en France, car il est traduit en français dans le supplément de la Revue[41]. Qui plus est, cet article est d'une grande clarté, s'il avait eu l'audience qu'il méritait, (Winter par exemple y fait allusion mais n'utilise pas en fait son contenu), beaucoup de discussions ultérieures en auraient été clarifiées. Il est bien sûr illusoire de vouloir mesurer l'impact de cet

---

[36]Ritz, W., "Du rôle de l'éther en physique", *Scientia*, 2, juin 1908; et Castelnuovo, G., "Il principio di relatività e i fenomeni ottici", *Scientia*, 11,1911.

[37]Lorentz, H.A., *Versuch einer Theorie der elektrischen und optiken Erscheinungen in bewegten Körpern*, Leiden, Brill, 1895. Il s'agit d'un des textes de Lorentz dont des extraits en français sont publiés in Abraham et Langevin, op. cit., pp. 430-476.

[38]Einstein, A., "Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen", *Jahrbuch der Radioaktivität und Electronik*, IV, 1907, pp. 411-462.

[39]Guido Castelnuovo (1865-1952) est un mathématicien italien qui enseigna à l'université de Rome la géométrie projective et analytique, il est l'un des pères de l'école italienne de géométrie algébrique.

[40]Castelnuovo, G., "Il principio di relatività e i fenomeni ottici", in *Scientia, Rivista internazionale di sintesi scientifica*, 1911, vol. 11, pp. 64-86

[41]Castelnuovo, G., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", in *Scientia, Rivista internazionale di sintesi scientifica*, 1911, vol. 17, supplément pp 51-75, traduction de Picquet H.

article de Castelnuovo, mais tous les indices concordent pour montrer que c'est l'article de Langevin, à peine postérieur et publié par la même Revue, qui servira de point de départ aux discussions sur la Relativité en France. Or, l'article de Langevin est plus obscur que celui de Castelnuovo. Nous y reviendrons plus loin.

La maîtrise de Castelnuovo traduit une déjà longue familiarité avec les enjeux que soulèvent la théorie einsteinienne de la Relativité, ce qui corrobore le fait qu'ailleurs qu'en France cette théorie est déjà, en quelque sorte, assimilée, même si elle reste controversée. En France, il faut attendre les années vingt pour pouvoir lire, sous la plume d'auteurs français, des articles de vulgarisation traduisant une telle maîtrise de la nouvelle théorie et un tel savoir faire pédagogique dans son exposition. Bien sûr, ce jugement de valeur porte sur une exposition de la théorie devenue d'une certaine manière paradigmatique, c'est à dire conventionnelle et en quelques sorte déproblématisée. Pour autant, la capacité de construire un tel exposé, correspondant à un consensus entre les savants qui admettent cette théorie, est le signe que celle-ci est assimilée. À l'inverse, l'incapacité à produire un tel exposé signifie que la théorie n'est encore qu'à l'aube de sa diffusion. Tel est bien le cas en France en 1911, et c'est pourquoi l'article de Castelnuovo se distingue si fortement du lot.

Les sous titres traduits de l'article de Castelnuovo suffiront à montrer que l'on est bien en présence d'un exposé classique de la relativité einsteinienne:

1- Le principe de relativité.

(cette première partie , annonce l'auteur, est de caractère inductif, *on y verra comment l'examen impartial des faits élémentaires de l'optique conduit à formuler les principes fondamentaux de la théorie d'Einstein*[42])

- Les phénomènes optiques dans un système au repos relatif.
- Les phénomènes optiques dans les corps en mouvement.
- L'aberration de la lumière.

2- Les unités de longueur et de temps dans les systèmes en mouvement.

(dans cette deuxième partie, explique Castelnuovo, *on se rendra compte comment ces principes, par voie déductive, conduisent à l'établissement d'une cinématique différente de celle que Galilée et*

[42]Castelnuovo, G., op. cit., supplément p. 53

Newton nous ont transmise.[43])

- L'espace et le temps selon Minkowski.

(*Nous ne suivrons pas Einstein dans l'établissement de la cinématique nouvelle. Mais nous voulons donner une idée des principaux résultats en nous basant sur une représentation géométrique qui fut mise en lumière, d'une façon nouvelle, par l'esprit génial d'Hermann Minkowski*[44], précise Castelnuovo)

- La contraction des corps en mouvement.

(*Tandis que la contraction est pour Lorentz un fait, elle n'est qu'une apparence pour Einstein*[45], précise l'auteur pour conclure ce paragraphe)

- Le temps local et le concept de simultanéité.

- La loi de composition des vitesses et le coefficient d'entraînement de Fresnel.

Ce n'est pas le moment de discuter ici l'ordre d'exposition des différents aspects de la Relativité. Mais on peut déjà souligner que le choix de la géométrie de Minkowski permet à Castelnuovo d'éviter les équivoques inhérentes aux exemples cinématiques utilisés par Einstein lui-même. De même, on peut déjà remarquer que la notion de simultanéité n'occupe pas la place que lui donne Einstein, mais pour l'instant il suffit de constater que tous les éléments de la nouvelle théorie sont présents. Nous aurons à revenir ultérieurement sur ce que l'on pourrait appeler la pédagogie de la Relativité. Il faut remarquer enfin que Castelnuovo puise directement aux sources originelles de la Relativité en s'appuyant tantôt sur Einstein, tantôt sur Minkowski, selon les besoins de la clarté de son exposé.

Cet article de Castelnuovo sera publié à nouveau en 1912, dans sa version française, par *La Revue philosophique de la France et de l'étranger*.[46]

Quelques temps plus tard, toujours cette même année 1911, la revue *Scientia* publie donc le texte de la conférence de Paul Langevin au Congrès de philosophie de Bologne sur "l'évolution de l'espace et du temps"[47]. Ce premier texte d'un savant français est tout à fait

---

[43]Castelnuovo, G., op. cit., supplément p. 53

[44]Castelnuovo, G., op. cit., supplément p.64.

[45]Castelnuovo, G., op. cit., supplément p.69.

[46]*Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 1912, I, p. 544.

[47]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", in *Scientia, Rivista internazionale di sintesi scientifica*, 1911, vol. 3, pp 31-54.

fondamental, car il témoigne de la part de l'auteur d'une véritable appropriation de la théorie d'Einstein et d'une réflexion poussée sur ses conséquences sur les catégories de l'espace et du temps. C'est d'ailleurs ce qui rend cet article plus difficile que celui de Castelnuovo, car ici Langevin cherche moins à faire un exposé de la nouvelle théorie qu'à en explorer plus profondément les conséquences sur les concepts d'espace et de temps. Langevin qui, dans son article de mars 1905 sur "la physique des électrons", écrivait :

> *peut-être des expériences d'un autre type que celles tentées jusqu'ici, des expériences dynamiques et non plus statiques, permettront-elles de saisir le mouvement absolu, les axes liés à l'éther, au lieu d'en simplement concevoir l'existence,*[48]

a désormais abandonné cet espoir. Il est complètement converti à la relativité einsteinienne. D'ailleurs, comme il le raconte lui-même dans son article de la *Revue de Métaphysique et de Morale* en 1913 sur "l'oeuvre d'Henri Poincaré, le physicien" - qui deviendra un chapitre de l'ouvrage consacré au mathématicien dans la nouvelle collection scientifique de la Librairie Alcan en 1914[49] - sa curiosité pour les nouvelles théories de l'électromagnétisme est déjà aiguisée dès 1904.

> *Au cours de nos conversations, pendant la semaine qu'il (Poincaré) me donna la joie de passer seul avec lui en 1904, dans les vastes plaines de l'Amérique de nord, au retour du Congrès de Saint-Louis, j'eus l'occasion de voir avec quel intérêt passionné Henri Poincaré suivait toutes les phases de la révolution qui s'accomplissait ainsi dans nos conceptions les plus fondamentales. (...) Mais si son enthousiasme était plus réfléchi que le mien, Poincaré était, comme nous tous, dominé par la fièvre d'entrer dans un monde entièrement nouveau.*[50]

La dernière phrase de cette citation est la seule allusion de Langevin aux préventions de Poincaré qui "*voyait avec un peu d'inquiétude ébranler, grâce aux instruments forgés par lui même, le*

---

[48]Langevin, P., "La physique des électrons", in *Revue générale des sciences*, 1905, vol. 16, p 262.

[49]*Henri Poincaré, l'oeuvre scientifique, l'oeuvre philosophique*, Nouvelle Collection Scientifique, Félix Alcan, 1914.

[50]Langevin, P., "L'oeuvre d'Henri Poincaré, le physicien", in *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1913, p.702.

vieil édifice de la dynamique newtonienne"[51]. En regard, son propre enthousiasme explique qu'il ait accueilli avec intérêt la théorie d'Einstein.

Ainsi, l'article de 1911 sur "L'évolution de l'espace et du temps", que Langevin republiera sans changements dans *La physique depuis vingt ans* en 1922[52], sera une source précieuse lorsque le moment sera venu non plus de simplement brosser la chronologie de la diffusion de la Relativité en France mais d'en étudier les modalités, nous y reviendrons.

L'année 1912 est marquée par un réel effort de diffusion de la nouvelle théorie. La *Revue Générale des Sciences* publie son premier article de présentation cette année là, sous la plume de E. M. Lémeray ; il est intitulé "le principe de relativité et la mécanique"[53]. (E.M. Lémeray sera le premier a dispenser un cours clairement intitulé "*le principe de relativité*"[54], dans une université de province en France, à Marseille, durant l'hiver 1915 ; cependant, dès le printemps 1914, à la faculté de Lille, Héloïs Ollivier prononçait un cours sur l'"*optique physique, ondes électromagnétiques, électro-optique, effets optiques du mouvement*"[55])

L'introduction de l'article de Lémeray pour la *Revue Générale des Sciences* est éclairante sur l'accueil fait en France à la Relativité :

> *La théorie des électrons a été, comme l'on sait, l'origine de nombreux travaux sur le principe de relativité. Ces recherches, qui ont beaucoup moins attiré l'attention en France qu'à l'Étranger, ont conduit nécessairement à un examen critique approfondi des principes fondamentaux de la Dynamique et de la Statique. Pour beaucoup de savants, elles n'ont pas encore donné de résultats bien acquis. Comme tout d'abord, les idées nouvelles tendent à réduire le rôle de la Mécanique classique à celui d'une première approximation, on*

---

[51]Langevin, P., op. cit., p.702.

[52]Langevin, P., *La physique depuis vingt ans,* Doin, Paris, 1923.

[53]Lémeray, E.M., "Le principe de relativité et la mécanique", in *Revue Générale des Sciences,* 1912, vol. 23, pp 174-183.

[54]Lemeray, E.M., *Le principe de relativité, Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Marseille pendant le premier trimestre 1915,* Paris, Gauthier-Villars, 1916.

[55]Ce cours est mentionné par Walter, S. in *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte, 1905-1915,* thèse de doctorat, Paris VII, 1996, p 245.

s'explique qu'elles aient été accueillies avec une grande réserve.[56]

Ce texte est intéressant car il suggère que la France est un cas particulier dans la diffusion de la Relativité ; cette dernière y a suscité moins d'intérêt et plus de méfiance qu'à l'étranger[57]. D'autre part, Lémeray parle de nombreux travaux sur le principe de relativité sans citer expressément ceux d'Einstein, faisant ainsi allusion à ceux de Lorentz et Poincaré. Einstein n'est d'ailleurs cité qu'incidemment dans l'article de Lémeray qui se base en fait essentiellement sur les travaux de Lorentz. L'auteur a d'ailleurs un jugement surprenant et original sur le rôle du principe de relativité qu'il considère comme subjectif.

> *Il est inadmissible que les lois naturelles soient ce qu'elles sont pour qu'il en soit ainsi,* (c'est à dire pour que les lois physiques soient invariantes et les mesures covariantes dans deux systèmes en mouvement inertiel) *même en s'en tenant aux mouvements uniformes. Il existe nécessairement des causes profondes que nous ne connaissons pas encore et qui pourront peut-être un jour conduire à une hypothèse cohérente sur les propriétés de l'éther, dont l'existence est cependant aujourd'hui moins que jamais démontrée. Malgré ce caractère de subjectivité, le principe présente un intérêt capital en raison des conséquences qu'on en tire par voie déductive.*[58]

Ce n'est évidemment pas ainsi qu'Einstein considérait le principe de relativité, ni d'ailleurs Poincaré ; pour eux, au contraire, ce qui était choquant c'est que ce principe ne s'applique pas aux phénomènes électromagnétiques. Néanmoins, il est vrai que pour Einstein ce principe est un postulat et non une hypothèse introduite pour tenter de rendre compte de l'impossibilité de mettre en évidence les mouvements relatifs à l'éther.

Toujours en 1912, la *Revue Générale des Sciences* publie un long compte rendu de l'ouvrage du docteur Laue, Privatdocent de Physique théorique à l'Université de Munich, intitulé : *Das Relativitätsprinzip* , et publié en 1911. Ce compte rendu, de la plume de E Cohen, chargé de

---

[56]Lémeray, E.M., "Le principe de relativité et la mécanique", p 174.

[57]Il faut noter que ce point de vue n'est pas partagé Hentschel (cf. biblio.), ni comme on l'a dit, par Scott Walter

[58]Lémeray, E.M., op. cit., p 183.

cours à la Sorbonne, retrace de façon claire et précise les développements de la théorie de la relativité depuis la publication d'Einstein "Zur Elektrodynamik der bewegter Körper", dont c'est la première mention explicite dans une publication française. Cohen mentionne également les travaux de Minkowski sur l'espace-temps à quatre dimensions. Il rappelle que ces travaux trouvent leur origine indirecte dans le concours lancé par l'Académie des sciences en 1881 sur le problème de la décomposition des nombres entiers en une somme de cinq carrés. En 1882, Minkowski avait partagé avec J.B. Smith le grand prix mis au concours par cette Académie. Ainsi, comme avec l'article de Castelnuovo mais dans un texte beaucoup plus succinct, le lecteur français peut-il prendre connaissance de l'histoire de la Relativité au travers de l'évocation des travaux fondamentaux de ses auteurs. Cohen mentionne aussi les contributions de Poincaré et Sommerfeld a l'élaboration d'une théorie de la relativité incluant la gravitation. La conclusion de Laue rapportée par Cohen est parfaitement dénuée des équivoques qui subsistaient dans l'article de Lemeray :

> *la théorie de la relativité et ses conséquences découlent logiquement du principe suivant : il n'y a pas pour la description des lois de la nature un système de référence "distingué", mais une infinité triple de systèmes, deux systèmes en mouvement uniforme l'un par rapport à l'autre étant complètement équivalents. Si donc jamais la théorie est contredite définitivement par l'expérience, c'est que ce principe est faux. En tout cas, on devra à la théorie de la relativité d'avoir tranché définitivement cette question importante.*[59]

Ce compte rendu marque une étape discrète mais importante de la diffusion de la Relativité en France car, pour la première fois, si on veut bien laisser de côté l'article d'Einstein de 1910 traduit par Guillaume et celui de Castelnuovo dans la revue *Scientia*, la théorie est exposée du point de vue allemand, en quelque sorte dans toute sa pureté, sans le prisme déformant des interprétations françaises dues, entre autre, au contexte poincaréin de la dynamique de l'électron. Il est d'ailleurs symptomatique que l'article fondateur d'Einstein soit cité ici pour la première fois. C'est cette vision de l'histoire de la Relativité qui

[59]Cahen, E., analyse du livre de Laue "*Das Relativitätsprinzip* ", in *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol. 23, pp 44-445.

finira par triompher dans sa version vulgarisée ; la date de 1905 et l'article d'Einstein en étant respectivement la date et le certificat de naissance ; mais pour l'heure, en 1912, ce point de vue n'est pas encore celui communément accepté et exposé en France.

La Revue Générale des Sciences publie, cette même année 1912, un long article de P. G. Nutting, du bureau américain des poids et mesures, intitulé : "Nos conceptions actuelles sur l'éther" [60], dans lequel l'auteur développe longuement la conception de l'éther selon la théorie de la relativité. Il cite les protagonistes du débat parmi lesquels Einstein, nous reviendrons ultérieurement sur cet article important.

Mais c'est sans doute encore une fois à Langevin que l'on doit, en 1912, le plus bel effort pour diffuser la théorie de la relativité. Lors de la séance du 19 octobre 1911, Langevin prononce devant la Société française de philosophie[61] une conférence intitulée "Le temps l'espace et la causalité dans la physique moderne" ; cette conférence et la discussion qui suivra sont publiées en janvier 1912 dans le *Bulletin de la Société française de philosophie*. Il s'agit de la première diffusion de la Relativité hors des milieux strictement scientifiques. Il est vrai que cette séance est contemporaine de la parution du livre de Winter, mais on a vu que l'impact de cet ouvrage avait été vraisemblablement faible en ce qui concerne le diffusion de la Relativité. On peut donc considérer la date de parution des minutes de cette séance comme importante, même s'il est vrai que la diffusion de ce *Bulletin* reste assez confidentielle.

Cette année 1912 est marquée aussi par la première mention de la Relativité dans une revue de plus grande diffusion, pouvant être considérée comme un organe de vulgarisation : *la Nature*. En conclusion d'un article consacré aux "grains d'électricité et la dynamique électromagnétique" - compte rendu d'une conférence faite par Langevin devant la Société Française de Physique, (ce qui confirme la place de Langevin de premier diffuseur de la Relativité en France) - l'auteur, H. Vigneron, peut écrire :

> *quant à la dynamique électromagnétique, la découverte d'un nouveau principe : le principe de relativité,*

---

[60] Nutting, P.G., "Nos conceptions actuelles sur l'éther", in *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol 23, pp 573-576.

[61] Les séances de la Société française de philosophie sont inaugurées en 1901, la présence de savant est fréquente lors de ces discussions, outre Langevin, Perrin, Le Dantec ou Einstein viendront débattre avec les philosophes français. Ces séances sont un puissant moyen de rapprochement entre science et philosophie.

d'après lequel on ne pourra jamais mettre en évidence que des vitesses relatives de systèmes en mouvement les uns par rapport aux autres, conduit à modifier profondément les bases de la mécanique en ce qui concerne particulièrement la notion de temps et nous obligera sans doute à abandonner complètement les essais déjà tentés.[62]

Cette courte allusion est probablement la première mention de la Relativité en France à destination d'un public curieux des sciences mais non-spécialiste. Déjà le principe de relativité est présenté comme un principe nouveau dont l'auteur donne, en somme, une définition galiléenne, mais dont il tire les conséquences mystérieuses sur le temps et sur les fondements même de la mécanique classique. Tout est rassemblé ici pour qu'une diffusion large puisse se faire, le concept a un nom facile à retenir, le principe de relativité ; il est nouveau ; il semble facile à comprendre mais a des effets terribles, révolutionnaires. Dans cet article le principe de relativité a acquis les attributs qui lui permettront de sortir du cercle des initiés. Néanmoins il est vrai qu'en 1912 c'est encore loin d'être le cas.

4-Les premiers débats, l'année 1913

En 1913, le débat sur le nouveau principe de relativité peut réellement s'amorcer ; même s'il est vrai que celui-ci débute avec la publication des articles de Ritz en 1909 et surtout lors de la séance du 11 octobre 1911 de la Société Française de Philosophie.

L'année 1913 présente bien un tournant dans la diffusion de la Relativité en France. À partir de cette date, la théorie est considérée comme connue, il y est fait allusion en supposant que le lecteur sait de quoi il s'agit. C'est ainsi que, par exemple, Vito Volterra[63], dans son article sur "Henri Poincaré : l'oeuvre mathématique", publié dans la *Revue du mois* en février 1913, affirme, faisant allusion aux travaux de Lorentz , Poincaré, Einstein et Minkowski, qu'il :

nous suffit d'avoir rappelé ces concepts. Ils sont

---

[62]Vigneron, H., "Les grains d'électricité et la dynamique électromagnétique", in *La Nature*, 1912, vol. 28, pp 46-47

[63]Vito Volterra (1860-1940) est un mathématicien et physicien italien, antifasciste, il se réfugie en France en 1931.

devenus aujourd'hui courants. Ils ont formé le sujet d'un si grand nombre de travaux scientifiques et de conférences populaires que tout le monde les connaît et chacun peut en apprécier l'importance.[64]

Cette opinion est sans doute un peu optimiste et l'on peut regretter de n'avoir retrouver aucune trace de ces conférences populaires sur le sujet. Il faut remarquer aussi que pour Vito Volterra, les concepts dont il parle peuvent se résumer ainsi :

la pensée fondamentale de tout cet ensemble de recherches est qu'aucune expérience ne peut mettre en évidence le mouvement absolu de la terre. C'est ce qu'on appelle le "Postulat de la relativité".[65]

Une telle définition est à la fois trop vague et trop réductrice. Elle semble prouver, malgré elle, que ces nouveaux concepts ne sont pas si bien connus que cela et leurs conséquences pas encore toujours appréciées à leur juste valeur.

Mais déjà, en 1913, le problème de la diffusion de la Relativité restreinte se complique du fait des premières tentatives d'Einstein pour étendre le principe de relativité à la gravitation ; tandis qu'à partir de 1914 la diffusion de la Relativité va être polluée par les considérations sur le caractère allemand de cette théorie.

La *Revue Générale des Sciences* rend compte, dans sa rubrique mathématique, en 1913, d'une communication d'E. Borel à l'Académie des Sciences dans laquelle :

l'examen des conséquences du principe de relativité a conduit (l'auteur) *à des résultats curieux.*[66]

Borel montre que, si l'on considère dans un mouvement non la position mais la vitesse d'un point et si l'on représente celle-ci par un point, on introduit ce que l'on pourrait appeler l'espace cinématique. Or, dans cet espace, les relations sont celles de la géométrie non-euclidienne. A partir de là, il est possible de montrer que si la translation rectiligne uniforme garde son caractère à part, les autres type de mouvement, comme la rotation, ne peuvent plus être regardés comme foncièrement distincts. Sans chercher à savoir si cette communication de Borel présente un caractère prémonitoire de ce que

---

[64]Volterra, V., "Henri Poincaré, l'oeuvre mathématique", in *La Revue du mois*, 1913, vol 1, p 147.

[65]Volterra, V., op. cit., p 147.

[66]in *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol. 24, p 84.

sera la Relativité généralisée, cet exemple montre néanmoins que la théorie restreinte joue désormais un rôle heuristique dans la réflexion scientifique en France.

Toujours en 1913, dans la *Revue Générale des Sciences*, un article anonyme, sous la rubrique "astronomie", signale la question posée par M. J. Bosler de la "*Diminution de la masse du soleil causée par le rayonnement*" :

> *D'après les théories d'Einstein sur le principe de relativité, un corps qui rayonne de l'énergie perd par la même, une portion de sa masse (...) S'il en est ainsi, le soleil doit, rien que par l'effet de son rayonnement d'énergie, perdre d'une façon continue une portion plus ou moins sensible de sa masse.*[67]

Bosler, partant de cette hypothèse, réalise des calculs qui aboutissent aux résultats selon lesquels le soleil perd l'équivalent de la masse de la Terre en 30 millions d'années. Mais il ajoute alors cette remarque significative des préoccupations du temps, il ne s'agit nullement de la masse gravitationnelle, car de celle-ci nous ne savons rien, si ce n'est qu'elle coïncide avec la masse définie par l'inertie, ou pour mieux dire qu'elles sont proportionnelles. Pourtant, si l'on admet que la masse gravitationnelle diminue aussi, alors l'année doit augmenter de 6 seconde par million d'années. Voilà un deuxième exemple de réflexion suscitée par la théorie de la relativité.

Il faut noter que, le 26 mars 1913, Langevin a fait devant la Société française de physique un exposé sur un sujet approchant intitulé "l'inertie de l'énergie et ses conséquences", cette intervention sera publiée dans le *Journal de Physique*.[68]

Pourtant, le texte le plus important publié sur le sujet en 1913 est l'article intitulé : "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", dû à Marcel Brillouin[69], que la revue *Scientia* publie dans

---

[67] in *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol. 24, p 870

[68] Langevin, P, "L'inertie de l'énergie et ses conséquences", in *Journal de Physique*, 1913, vol. 3, p 553.

[69] Marcel Brillouin est un physicien, professeur au Collège de France. Né dans les Deux-Sèvres en 1854, il commencera sa carrière comme professeur à la faculté de Nancy puis à celles de Dijon et de Toulouse. En 1900 il a développé la théorie mathématique de la diffusion des gaz, il travaille ensuite sur la viscosité des liquides et des gaz mais aussi sur les problèmes de stabilité des aéroplanes, la diffraction de la lumière par les ultrasons, la propagation des ondes dans les câbles électriques et même, à la fin de sa vie sur la possibilité de la télévision. Il meurt en 1948. Il était fils d'un physiciens également professeur au Collège de France et ne doit pas être confondu avec son propre fils, Léon Brillouin, né en

son volume 1 de cette année là. *La Revue Générale des Sciences* donne un compte rendu de ce qu'elle nomme :

> *une étude critique très pénétrante des théories généralement admises aujourd'hui à la suite des recherches d'Einstein et de Lorentz.*[70]

Il faut souligner cette expression de "*théorie généralement admise aujourd'hui*" qui précise bien le statut de la Relativité à partir de 1913 ; mais il faut remarquer que le qualificatif de "*très pénétrante*" attribué à cette étude critique montre bien le besoin ressenti d'une critique sérieuse d'une théorie qui est loin de satisfaire l'ensemble des physiciens[71].

Marcel Brillouin commence son article sur la Relativité en 1913 par ces termes :

> *Les lecteurs de cette Revue connaissent suffisamment la théorie nouvelle de la relativité, soit par l'excellent article d'exposition de M. Castelnuovo, soit par la pénétrante étude de M. Langevin sur l'évolution des idées de temps et d'espace.* [72]

Il faut remarquer que Brillouin attribue le véritable premier exposé sur la Relativité à Castelnuovo, tandis que Langevin, lui, aborde le problème spécifique de l'espace et du temps, ce qui est parfaitement exact.

1889, premier titulaire de la nouvelle chaire des Théories physiques fondée à la faculté des sciences de Paris en 1928, chaire à la quelle lui succédera Louis de Broglie en 1932. En effet, Léon, plus célèbre que son père, sera aussi professeur au Collège de France avant de continuer sa carrière aux États Unis à partir de 1941. C'est à Léon que l'on doit l'introduction du concept de négantropie. Il est l'auteur en 1922 d'un article pour *la Science et la vie* (n°63 tome XXII, juin juillet), intitulé *Les théories d'Einstein et leurs vérifications.*

[70] in *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol 24, pp 214-216.

[71] Michel Biezunski signale qu'en 1922 encore "les savants qui s'opposaient à Einstein constituaient une sorte de "majorité silencieuse". Les professeurs de mécanique et de physique n'acceptaient pas facilement de voir remettre en question les fondements sur lesquels reposaient leurs discipline. Parmi les adversaires de la relativité, on peut citer Sagnac, qui cherchait à préserver l'existence de l'éther; Charles Fabry, qui n'acceptait pas que la physique prenne la place (dominante) de la mécanique; Édouard Guillaume, qui voulait maintenir à tous prix le temps absolu newtonien; Leduc, qui pensait que la physique était achevée dans sa forme classique; et Henri Bouasse, qui n'accordait sa confiance qu'aux faits tangibles en accord avec la mécanique classique." in *La "Recherche" en histoire des sciences*, Paris, 1983, p 271.

[72] Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité" in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 10

Dans son article de 1913, Marcel Brillouin présente ses objections en 11 points. Mais on peut tenter de résumer ses 11 points en quatre grandes objections.

La première objection porte sur l'éther, car si l'éther n'est pas indispensable pour la gravitation qui est instantanée, que devient la lumière pendant les huit minutes de son trajet du soleil vers la Terre, demande Brillouin? Exprimant cette difficulté, commune à son époque, à concevoir un champ électromagnétique sans support physique.

> *(...) la vitesse de propagation finie de l'énergie électromagnétique a, pour moi, comme conséquence inévitable l'existence d'une substance remplissant les espaces interplanétaires, et dont les propriétés sont, en partie au moins, définies par les équations du champ électromagnétique.*[73]

Ne nous manque-t-il pas, pour l'éther, la machine pneumatique ou la machine à compression qui prouvèrent l'existence de l'air, ajoute l'auteur? Ainsi la première objection de Brillouin porte-t-elle sur un aspect matériel et concret de la théorie, la question de l'éther, sur laquelle nous reviendront plus longuement. Or, hormis dans son article de 1910, le problème de l'éther n'est pas central dans les écrits d'Einstein ; il y a là un indice clair selon lequel il est probable que Brillouin ait lu cet article de 1910 dans lequel Einstein insiste sur la nécessité de renoncer à l'éther, car, dans ses autres écrits, l'existence ou non de l'éther n'avait finalement pour Einstein qu'un intérêt secondaire. Sa théorie permettait simplement de faire abstraction d'un milieu hypothétique qui posait plus de problèmes physiques insurmontables qu'il ne rendait de services. Mais en aucun cas la négation de l'éther n'était un des postulats de la relativité restreinte. C'est pourtant cette négation qui choque le plus Brillouin, car il raisonne en physicien théoricien pour lequel l'intuition de l'éther est une évidence que des équations mathématiques ne pourront balayer si facilement.

La deuxième objection de Brillouin porte sur l'impossibilité de mettre en évidence le mouvement relatif d'un système matériel et de l'éther, car, comme le souligne l'auteur, il n'y a pas de discussion en ce qui concerne le mouvement relatif de deux systèmes matériels. Or, pour mettre en évidence le mouvement relatif d'un système matériel et de

---

[73]Brillouin, M.,op cit., p 11

l'éther, il est nécessaire d'avoir recours aux phénomènes électriques ou optiques puisque les autres phénomènes n'ont aucune prise sur l'éther. Cette nécessité impose, en outre, que la vitesse du système matériel soit appréciable par rapport à celle de la lumière. Cette façon de poser le problème est très éloignée de la façon dont Einstein lui même l'envisageait. Il n'est donc pas étonnant que la solution apportée par Einstein soit difficilement acceptable par un physicien comme Brillouin qui exprime ici avec clarté le point de vue des physiciens classiques. Ceux ci restent volontairement dans une problématique antérieure à la relativité einsteinienne. C'est pourquoi, si les solutions trouvées par Fitzgerald et Lorentz expliquent bien l'échec des expériences de Michelson, il ne s'agit que d'une interprétation des faits dans l'hypothèse d'un éther rigoureusement immobile. Mais rien ne permet, selon Brillouin, d'ériger en "*principe universel de philosophie naturelle*" l'impossibilité de mettre en évidence la translation uniforme d'un système naturel par rapport à l'éther, ainsi que le font Einstein et les "*relativistes modernes*"[74]. Cette impossibilité de mettre en évidence le mouvement de translation de la Terre par rapport à l'éther peut très bien résulter d'une impuissance expérimentale et non d'un principe physique fondamental. Il s'ensuit que la contraction de Lorentz n'est sans doute pas la seule réponse à l'absence d'effets mesurables du mouvement de la terre à travers l'éther. Le monde électronique pourrait être comparable, à son échelle, à l'hydrodynamique et ses mouvements tourbillonnaires que la théorie ne prévoit pas mais que l'expérience constate. On trouve ici une préoccupation centrale chez Brillouin : ne pas considérer la solution d'Einstein comme définitive, mais continuer à explorer d'autre pistes. Éviter, en quelque sorte, que la théorie de la relativité, qui n'est encore qu'une hypothèse explicative, ne se cristallise trop vite en théorie physique prétendant décrire la réalité.

La troisième objection de Brillouin est la conséquence logique de la seconde, si l'on refuse le principe de relativité comme un principe de philosophie naturelle, on est en droit d'en refuser également les fondements. La constance de la vitesse de la lumière érigée en constante universelle n'est pas une constante mesurée expérimentalement ailleurs que sur Terre. Aucune expérience ne permet de dire que l'inertie de l'électron devient infinie à l'approche de la vitesse de la

[74]Brillouin, M., op. cit., p 19

lumière ; le principe du caractère indépassable de la vitesse de la lumière est donc arbitraire et fragile. Souvent la physique a introduit des infinis qui n'étaient que des maxima, par exemple l'amplitude théoriquement infinie d'un corps vibrant entrant en résonance avec la source qui l'excite.

Les ultimes objections de Brillouin portent sur les développements les plus récents des recherches d'Einstein afin d'inclure la gravitation dans sa théorie, ou plus exactement d'élargir sa théorie à la gravitation.

> *Au moment même où la discussion sortait du monde des physiciens, et, ouverte aux philosophes, risquait de changer de caractère,* (il faut noter au passage cette remarque incidente sur la diffusion de la théorie or des cercles des physiciens dont la chronologie estimée par Brillouin correspond bien à celle que nous avons mise à jour) *Einstein lui-même, avec sa déconcertante souplesse, abandonnait le principe de la constance universelle de la vitesse de la lumière dans le vide. il modifiait en conséquence son énoncé du principe de relativité, le séparant de la transformation de Lorentz, qu'il regarde maintenant comme une première approximation d'une transformation beaucoup plus générale encore inconnue.*[75]
>
> Brillouin peut alors ajouter :
>
> *Ces derniers travaux d'Einstein ôtent à la théorie récente de la relativité le caractère universel par lequel elle avait séduit les esprits. On ne peut plus la présenter comme une thèse philosophique ouvrant des aperçus aussi profonds que paradoxaux sur nos notions les plus fondamentales.*[76]

Il s'agit ici d'une allusion de Brillouin aux conséquences de la relativité sur l'espace et le temps. Pourtant il semble bien que ce soient ces conséquences, dont il refuse même de parler explicitement, que rejette le plus radicalement Brillouin. C'est ainsi qu'il peut écrire :

> *des physiciens séduits croyaient déjà nécessaire de vulgariser ces définitions nouvelles du synchronisme*

---

[75]Brillouin, M.,op. cit., p 22
[76]Brillouin, M., op. cit., p 24

> *et de l'équivalence des longueurs, au risque de laisser croire au lecteurs non physicien que toute nos notions de fait étaient bouleversées.*[77]

Sans doute pense-t-il très précisément à l'article de Langevin sur l'évolution de l'espace et du temps en écrivant ces lignes. On voit poindre ici non seulement la méfiance vis à vis des philosophes qui ont vite fait de bâtir des élucubrations sur des théories physiques qu'ils comprennent mal, mais aussi les craintes face aux entreprises de vulgarisation qu'il juge trop sensationnelles. Mais apparaît plus encore, dans cette affirmation de Brillouin, l'antagonisme entre la physique théorique et expérimentale qui parle du réel et la physique mathématique qui s'en affranchit trop aisément. Ainsi, pour Brillouin, les derniers travaux d'Einstein semblant remettre en cause les postulats de la relativité restreinte sont-ils de nature à éviter cette remise en cause de l'espace et du temps.

Cette dernière remarque de Brillouin s'inscrit dans un débat plus large, suscité par le développement de la relativité généralisée. Cette interférence entre la diffusion de la relativité restreinte et les nouveaux travaux d'Einstein sur la généralisation de la relativité marquent d'ailleurs une nouvelle étape dans la diffusion de la relativité restreinte. A cet égard, l'article de Brillouin apparaît bien comme un article charnière entre le moment où la relativité restreinte, sortant du cercle des physiciens, commence à atteindre celui des philosophes, et le moment où l'exposition de la relativité généralisée nécessitera, de la part des physiciens, un nouvel effort pour comprendre que cette extension de la Relativité n'est pas en contradiction avec sa formulation restreinte. Il sera nécessaire de s'attarder plus précisément, dans le chapitre suivant, sur l'influence que les développements de la relativité généralisée auront sur la diffusion de la relativité restreinte[78].

Pour l'heure, en 1913, Marcel Brillouin peut conclure en écrivant :

> *en dehors des trois expériences* (celle de Michelson, celle de Lord Raleigh et celle de Trouton montrant toutes qu'il n'y a pas d'effet mesurable de la translation de la Terre à travers l'éther) *(...), pour lesquelles elle*

---

[77]Brillouin, M., op. cit., p 22

[78]Dans ce chapitre "Diffusion et généralisation" nous reviendrons plus longuement sur les aspects de l'article de Brillouin qui concernent la Relativité généralisée.

est expressément construite, la théorie de la relativité est actuellement incontrôlable ; dans les autres domaines, ce n'est pas seulement à la réfutation qu'elle échappe ; c'est aussi à la confirmation.[79]

Il est intéressant de relever que pour Brillouin une des faiblesses de la Relativité serait qu'elle ne soit pas suffisamment empiriquement confirmée ; cet argument peut sembler étonnant aujourd'hui ; en 1913 il n'est pas dénué de tout fondement. Brillouin termine en écrivant :

mettre à l'origine de la théorie le nouveau principe de relativité, appuyé sur si peu d'observations, exclusivement électro-optiques, et l'étendre à tout le domaine de la philosophie naturelle, ce n'est pas faire de la physique, mais de la métaphysique.(...) Si l'on imagine pas d'expériences décisives dans un sens ou dans un autre, l'enseignement donnera facilement aux jeunes gens l'habitude de regarder comme classiques et à peu près évidents des principes qui choquaient leurs aînés ou que ceux-ci n'acceptaient qu'avec de prudentes restrictions. Espérons donc, qu'avant de s'imposer par l'habitude, qui n'est pas toujours bonne conseillère, la théorie qui coordonnera dans l'avenir les faits actuellement connus reposera sur une base expérimentale un peu plus étendue.[80]

Cette conclusion de Brillouin est très instructive. Sa mise en garde à l'intention des nouvelles générations de physiciens n'est pas sans rappeler celle de Poincaré qui, en 1909, dans sa conférence sur la mécanique nouvelle, concluait en disant :

je me permettrai de vous signaler un écueil pédagogique que n'éviteront pas nombre de maîtres, en France tout au moins. Ces maîtres n'auront rien de plus pressé, en enseignant la mécanique élémentaire à leurs élèves, que de leur apprendre que cette mécanique-là a fait son temps, qu'une mécanique nouvelle, où les notions de masse et de temps ont une toute autre valeur, la remplace ; ils regarderont de haut cette mécanique

---

[79]Brillouin, M., op. cit., pp 24-25
[80]Brillouin, M., op. cit., pp 25-26

périmée que les programmes les forcent à enseigner et feront sentir à leurs élèves le mépris qu'il lui portent. Je crois bien cependant que cette Mécanique classique dédaignée sera aussi nécessaire que maintenant et que celui qui ne la connaîtra pas à fond ne pourra comprendre la Mécanique nouvelle.[81]

Le propos de Poincaré n'est pas exactement celui de Brillouin, Poincaré fait un véritable procès d'intention quant aux méthodes pédagogiques des enseignants de physique en France ; procès qui s'avérera sans fondement, quand on songe au temps que mettra la Relativité pour pénétrer ne serait-ce que les programmes de l'enseignement supérieur, ainsi que l'a montré Biezunski. Brillouin, quant à lui, craint simplement que la force de l'habitude l'emporte sur l'esprit critique. En fait, dans la conclusion de Brillouin apparaît surtout en filigrane l'opposition traditionnelle et déjà signalée entre physique mathématique et physique théorique ; car la grande force de la Relativité, comme le souligne Brillouin lui-même, c'est de jouir d'une "*parfaite cohésion mathématique*"[82]. Mais il écrit aussi que "*beaucoup de développement mathématiques d'une remarquable élégance montrent à nu leur peu d'utilité physique*" [83]. Qui plus est, pour Brillouin, le caractère indépassable de la vitesse de la lumière n'a rien d'intuitif[84]. Ainsi, une théorie n'ayant pas une base expérimentale suffisante et reposant sur des principes qui ne sont pas donnés par l'intuition ne peut satisfaire le physicien théoricien. Elle est juste bonne à enflammer l'imagination du philosophe voire du métaphysicien, mais elle risque aussi de s'imposer par la simple élégance de sa formulation mathématique. Le but de Brillouin est moins de réfuter la théorie d'Einstein que de laisser la porte ouverte à d'autres solutions théoriques possibles .

Ainsi, cet article nous renseigne moins sur la résistance de certains physiciens théoriciens et expérimentaux face à la Relativité que sur le fait qu'en 1913 la nouvelle théorie est précisément en passe d'être admise par la communauté scientifique. Il s'agit même d'un article qui semble marquer le moment où la théorie est en train de

---

[81],Poincaré H, *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, préface de Guillaume, E., Gauthier-Villars, 1924, réédition Jacques Gabay, 1989, p 16.

[82]Brillouin, M., op. cit., p 25.

[83]Brillouin, M., op. cit., p 24.

[84]Brillouin, M., op. cit., p 25.

devenir un nouveau paradigme. A telle enseigne qu'un professeur au Collège de France juge utile de prendre sa plume pour mettre en garde ses collègues contre une adoption prématurée et trop enthousiaste de cette nouvelle théorie. Du point de vue de la méthode scientifique, on ne peut que saluer cette prudence de Brillouin qui refuse de voir se fermer toutes les autres portes de la recherche théorique permettant de rendre compte des résultats de Michelson, à cause d'un engouement pour une théorie encore insuffisamment fondée expérimentalement mais pourtant mathématiquement convaincante. Pour autant, on ne peut que souligner à nouveau combien cet article passe à côté de l'essentiel de ce qu'est la relativité restreinte, refusant volontairement d'envisager les modifications qu'elle entraîne dans la conception de l'espace et du temps.

Mais Brillouin ne gardera pas toujours ses préventions contre la Relativité. Une lettre, datée du 8 avril 1921, nous renseigne sur l'évolution de la pensée de ce physicien vis-à vis de la Relativité.

> *Je ne connais aucune raison scientifique d'être anti-relativiste ; je ne le suis donc pas. Et à vrai dire, je ne crois pas avoir jamais été anti-relativiste ; je me suis contenté d'être sceptique, douter n'est pas nier, en 1911-1912. Déjà au moment où paru l'article sceptique de* Scientia, *il dépassait un peu ma pensée. Mais alors que d'autres voies me paraissaient pouvoir conduire à la coordination des mêmes faits, il me semblait utile de conserver une attitude critique, et non d'enthousiasme quasi mystique. (...) Sans la guerre, qui nous a donné de bien autres soucis, je n'aurai pas attendu si longtemps pour remettre au point l'interprétation que la plupart des lecteurs ont adoptée - par ma faute évidemment - d'un article où le scepticisme seul était mis en évidence, sans contre-poids*[85].

Cette mise au point de Brillouin, qui avait été contacté pour s'exprimer en tant que chef de file des physiciens anti-relativistes, ne nous renseigne pas seulement sur l'évolution de sa pensée, probablement sous l'influence déterminante de son fils Léon, mais aussi sur certaines modalités de la diffusion de la Relativité. Vers 1911, Brillouin affirme que la Relativité suscitait un "enthousiasme quasi

[85]Brillouin, M., "Appendice III", in Fabre L., *Une nouvelle figure de monde, les théories d'Einstein*, Payot , 1922, pp. 250-251.

mystique" chez ses collègues, or c'est aussi le moment où elle commence à atteindre un public plus large, il y a évidemment un lien entre ces deux faits. D'autre part Brillouin confirme, mais ce n'est pas une surprise, à quel point la guerre a fait passer au second plan les questions liées à la diffusion des sciences. Enfin, l'existence même de cette mise au point, publiée dans un ouvrage présentant la Relativité à un large public, montre les progrès faits dans la diffusion et l'acceptation de la Relativité au début des années vingt.

5-La transition, l'année 1914.

En 1914, on relève encore quelques articles d'exposition de la relativité restreinte qui n'abordent pas le problème de la relativité généralisée. Le plus important est celui que la *Revue Générale des Sciences* a commandé à H. A. Lorentz lui-même. Il est publié le 15 mars 1914. L'importance de cet article tient moins à sa longueur (7 pages) ou à son contenu qu'à son auteur qui s'exprime pour la première fois sur le sujet dans une revue française. Lorentz souligne d'entrée :

> *dans cet article, que la Rédaction m'a fait l'honneur de me demander, je n'entrerai pas dans une discussion approfondie du principe important que la Physique doit à M. Einstein et des conséquences qu'on peut en tirer. Je me bornerai à quelques problèmes bien simples qui peuvent servir d'introduction à la théorie générale.* [86]

Ainsi, l'objectif de Lorentz est-il à la fois très modeste, aborder quelques problèmes biens simples, et très ambitieux, introduire à la théorie générale dont il se gardera bien d'ailleurs de dire un seul mot. Néanmoins, par cette remarque préliminaire, Lorentz confirme bien que l'on en est plus à la première diffusion, mais bien à la veille d'un élargissement de la Relativité. L'article de Lorentz fait une large part au paradoxe des jumeaux, qu'il ne nomme d'ailleurs pas ainsi, il insiste sur le fait que l'abandon de l'éther n'est qu'un point secondaire de la théorie et somme toute sans importance déterminante,

> *c'est là, à ce qu'il me semble,* écrit Lorentz, *une question envers laquelle chaque physicien pourra prendre l'attitude qui s'accorde le mieux avec la façon*

[86]Lorentz H.A., "Considérations élémentaires sur le principe de relativité" in *Revue Générale des Sciences*, 1914, vol. 25, p 179.

de penser à laquelle il est accoutumé.[87]

Autrement dit, pour Lorentz, le fait de vouloir conserver l'éther ne peut être une objection apportée à la Relativité. Enfin, Lorentz insiste sur la réalité de la dilatation du temps et de la contraction des longueurs :

> *j'insisterai sur la réalité des effets dont il a été question. Le raccourcissement d'une barre qui se meut dans le sens de sa longueur est, pour l'observateur A, un phénomène physique de même ordre que, par exemple la dilatation par la chaleur.*[88]

Il semble bien que Lorentz, avant d'écrire son article, ait pris connaissance de l'essentiel de la littérature française sur le sujet, en particulier les articles de Castelnuovo (qui affirmait que la contraction des longueurs n'était qu'apparente pour Einstein), de Langevin (qui expose le paradoxe des jumeaux), de Lémeray (qui considère que la relativité est un subjectivisme) et de Brillouin (qui fait de l'abandon de l'éther sa première objection à la Relativité). Il prend soin de rectifier les erreurs ou les approximations qu'il a pu y trouver. Plus encore, n'y a-t-il pas dans cet article de Lorentz une volonté de corriger les effets de l'article d'Einstein en 1910? En quelque sorte, Lorentz pense qu'il est temps de clarifier les choses avant que la Relativité ne s'élargisse à la gravitation. Mais du coup, il en résulte que son article n'est pas l'exposé le plus limpide de la Relativité car, sans être jamais polémique, il n'est vraiment compréhensible que pour un lecteur qui a déjà suivi les autres tentatives de présentation de la Relativité.

Toujours en 1914, la *Revue Générale des Sciences* rend compte de la publication, à Leipzig, de l'ouvrage intitulé *Das Relativitätsprincip*, qui regroupe, à l'initiative de Sommerfeld, les mémoires fondamentaux sur le principe de relativité[89]. Soit trois mémoires de Lorentz, deux mémoires d'Einstein et un mémoire de Minkowski, accompagnés des remarques de Sommerfeld. Bien sûr cet ouvrage n'est pas en français et doit être difficile à se procurer en France, mais l'existence de cette compilation d'articles fondateurs, et le fait que cette initiative soit annoncée en France, tend à prouver que l'on a déjà dépassé le moment

---

[87]Lorentz H.A., op. cit., p 186.

[88]Lorentz H.A., op. cit., p 186.

[89]Bloch Eugène, compte rendu "Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätsprincip*, B.G. Teubner, Leipzig, 1914", *Revue Générale des Sciences*, vol.. 25, 1914, p.275.

de la diffusion entre savants pour entrer, en cette année 1914, dans l'époque de l'histoire des sciences, en ce qui concerne la relativité restreinte. Ce compte rendu mentionne aussi l'existence de la traduction française de l'article de Minkowski, "Espace temps", dans les *Annales de l'École Normale Supérieure.*

En effet, l'année 1914 marque bien un tournant dans la première diffusion de la Relativité, et ce à plusieurs titres. Tout d'abord, c'est l'époque à laquelle les nouvelles recherches d'Einstein sur la relativité généralisée commencent à interférer avec la diffusion de la relativité restreinte, comme le montrait, dès 1913, l'article de Brillouin, nous consacrons un chapitre à ce problème ; d'autre part, avec la guerre mondiale, les questions de physique théorique passent au second plan tandis que tout ce qui vient d'Allemagne est plus ou moins rejeté, y compris dans le domaine de la recherche fondamentale, nous l'avons montré dans le chapitre sur la science et la guerre ; enfin, il se trouve que fortuitement, vers les années 1913-1914, la Relativité est sortie du domaine réservé des physiciens pour atteindre un public plus large mais néanmoins encore très restreint. Après la guerre le paysage aura complètement changé ; on ne pourra plus dissocier la diffusion de la relativité restreinte de celle de la relativité généralisée, même si cela entraîne des confusions. Néanmoins, pendant plusieurs années, les préventions contre la science allemande resteront vivaces. Encore une fois, il faudra attendre 1922 et le voyage d'Einstein en France pour que la Relativité atteigne le grand public.

Chapitre 5

Diffusion et généralisation, à partir de 1914.

Lorsque Einstein commence à publier ses premiers résultats concernant la généralisation de la théorie de la relativité, cela marque un tournant dans la diffusion de la théorie restreinte[1].

Les lecteurs français peuvent prendre connaissance de ces recherches par une publication en français de 1914. Dès 1913, les *Archives des sciences physiques et naturelles* annoncent dans leur compte rendu de la séance du 9 septembre 1913 de la société suisse de physique, tenue à Frauenfeld, sous la présidence d'Augustin Hagenbach, la communication d'Einstein et Grossmann sur la "théorie de la gravitation"[2]. Mais la revue précise :

> *Les communications ne pouvant être résumées paraîtront in extenso dans un prochain numéro.*

La traduction en français par Édouard Guillaume de la communication d'Einstein est publiée en 1914 sous le titre : "Bases physiques d'une théorie de la gravitation" ; celle de Marcel Grossmann sous le titre : "Définitions, méthodes et problèmes mathématiques

---

[1]Notre propos n'étant pas de retracer l'histoire de l'élaboration de la relativité gnénéralisée ; nous rappelons simplement ici pour mémoire les principales étapes de cette gestation. Einstein commence à s'attaquer à ce problème dès 1907, dans l'article où il énonce $E=mc^2$ et où il formule pour la première fois le principe d'équivalence entre la masse inerte et la masse pesante, mais il y revient surtout dans un article de 1911. C'est alors qu'il démontre la dépendance de la vitesse de la lumière à l'égard du potentiel de gravitation ; néanmoins l'article le plus important date de 1913, intitulé *Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätheorie und eine Theorie der Gravitation,* il est signé par Einstein et Grossmann. Les deux auteurs publieront un nouvel article sur le même sujet en 1914. Enfin, la relativité généralisée sera définitivement fondée par l'article d'Einstein seul, en 1915, lorsqu'il montre que la gravitation est une courbure de l'espace temps.

[2]Il s'agit des communications en allemand : "Physikalische Gründlagen einer Gravitationstheorie", et "Mathematishe Begriffsbildungen zur Gravitationstheorie", *Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft,* Zürich, LVIII, 1913, pp.284-297.

relatifs à la théorie de la gravitation"[3].

Eisntein écrit qu'une des conséquences de l'équivalence de la masse inerte et de la masse pesante est que :

> *la vitesse de la lumière dans un champ de gravitation ne peut pas être constante* (souligné par l'auteur), *mais doit varier avec le lieu. Ceci nous oblige à généraliser les notions de temps et d'espace de la théorie ordinaire de la Relativité, puisque celle-ci est fondée sur le postulat de la "constance de la vitesse de la lumière".*[4]

Ces recherches d'Einstein pour étendre sa théorie de la relativité à la gravitation vont donner des arguments aux adversaires de la relativité restreinte. Ne sont retenus ici que les arguments échangés en francais par le moyen de revues d'assez large audience, car ce n'est pas l'histoire de l'élaboration de la Relativité généralisée qui nous intéresse mais bien la façon dont les débats qu'elle suscite ont pu interférer avec la diffusion de la Relativité en France. Ainsi délimité, ce débat est intense mais de courte durée. Il se concentre essentiellement sur l'année 1914 et oppose surtout Abraham[5] à Einstein, même si, dès 1913, Marcel Brillouin avait été le premier à attaquer la relativité restreinte à l'aide d'arguments tirés des recherches d'Einstein en vue de parvenir à une relativité généralisée.

Dès 1915 et la mise au point définitive de la relativité généralisée, les critiques se taisent et laissent place à l'admiration face à la solution apportée par Einstein au problème de la gravitation.

Cette controverse de 1913 et 1914 tient en quatre articles : celui de Brillouin en 1913 ; deux d'Abraham ; et un d'Einstein en 1914 ; tous publiés par la revue *Scientia*. Mais l'enjeu semble suffisamment important pour que la *Revue Générale des Sciences* en donne de longs

---

[3]*Archives des sciences physiques et naturelles*, XXXVII, 1914, pp. 5-12 et 13-19.

[4]Einstein, A, "Bases physiques d'une théorie de la gravitation", *Archives des sciences physiques et naturelles*, XXXVII, 1914, pp. 6-7.

[5]Il s'agit du physicien allemand Max Abraham (1875-1922), qui, en 1903, dans *Prinzipien der Dynamik des Elektrons*, décrit l'électron comme une sphère indéformable. Il introduit le concept de moment électromagnétique qui lui permet de montrer que la masse électromagnétique s'accroît avec la vitesse. En 1906, les expériences de Kaufmann confirment provisoirement la conception d'Abraham de l'électron rigide et invalident celle de Lorentz d'un électron se contractant dans le sens de son mouvement. Il faut attendre 1908 et les expériences de Bucherer pour que les positions soient inversées, ce dont n'avait jamais vraiment douté Poincaré, pour des raisons plus philosophiques que physiques (cf. Miller, *On some approaches to electrodynamics in 1905*), malgré le verdict de l'expérience de Kaufmann, contrairement à Lorentz.

compte rendus, contribuant ainsi à élargir l'audience donnée à ce débat[6].

1- Le sceptique Brillouin.

L'article qu'Einstein envoie à la revue *Scientia* intitulé : *Zum Relativitäts-Problem* , commence par ces mots :

> *Après que deux savants éminents ont élevés, dans cette Revue, des critiques contre la théorie de la relativité, les lecteurs verront peut-être sans déplaisir un partisan de cette nouvelle théorie y exposer à son tour ses vues.*[7]

On remarquera la modestie d'Einstein qui se présente comme un simple partisan de la nouvelle théorie ; mais le plus intéressant dans cette phrase d'introduction est que l'auteur parle de deux savants éminents, si l'un des deux est évidemment Abraham, auquel Einstein répond point par point dans son article, le second ne peut être que Brillouin et les critiques qu'il formulait dans son article de 1913.

Brillouin est en effet le premier, comme nous l'avons déjà souligné dans le chapitre précédent, à retenir comme argument contre la Relativité le fait qu'Einstein est désormais contraint d'abandonner le principe de la constance de la vitesse de la lumière.

> *Il* (Einstein) *modifiait en conséquence son énoncé du principe de relativité, le séparant de la transformation de Lorentz, qu'il regarde maintenant comme une première approximation d'une transformation beaucoup plus générale encore inconnue.*[8]

Pour Brillouin, l'erreur d'Einstein est bien d'ordre méthodologique, il ne se conduit pas "*en physicien sceptique* "mais

---

[6]Boutaric, A., compte rendus, "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Revue Générale des Sciences*, vol. 24, 1913, pp. 214-216.
idem, "Le principe de relativité", *Revue Générale des Sciences*, vol. 25, 1914, pp.286-287.
idem, "Sur le problème de la relativité", *Revue Générale des Sciences*, vol. 25, 1914, pp. 622-623.

[7]Einstein, A, "Zum Relativitäts-Problem", in *Scientia*, 1914, vol. 15, pp 337-348, traduit par M.E. Philippi, "Sur le problème de la relativité", in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément p 139.

[8]Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité" in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 22.

essaie de construire une théorie, en partant d'une des notions paradoxale introduite comme conséquence de l'immobilité de l'éther, celle de l'inertie de l'énergie[9].

Ce sont les conséquences qu'Einstein tire de l'inertie de l'énergie qui choquent le plus Brillouin :

passant au voisinage du soleil, l'énergie lumineuse d'une étoile sera attirée, et la déviation résultante peut-être calculée[10].

Mais il y a une autre conséquence, encore plus paradoxale, selon Brillouin :

Le mouvement de cette énergie pesante ne peut plus être uniforme ; ce n'est plus avec une vitesse constante c que l'énergie se propage dans le vide au voisinage d'un corps pesant. Einstein suppose donc que la vitesse est variable, et fonction du potentiel de gravitation .[11]

Comme le souligne Brillouin :

ces tentatives d'une extrême ingéniosité ont pour but de faire sortir la gravitation universelle de son magnifique isolement ; voeu trop souvent déçu de tous les physiciens qui rêvent la constitution d'une vaste synthèse scientifique comprenant, outre les actions électromagnétiques, la gravitation et les actions moléculaires et atomiques .[12]

Mais Brillouin a du mal à croire à une telle synthèse et craint qu'il n'en reste "*que des discussions scolastiques destinées à l'oubli*".[13]

Plus tard, Abraham lui aussi se montrera sceptique face à la possibilité d'une telle synthèse. Mais le plus important, pour Brillouin, est que cet abandon du principe de la constance de la vitesse de la lumière :

ôte à la théorie de la relativité le caractère universel par lequel elle avait séduit beaucoup d'esprits (...) ce n'est plus qu'une théorie physique comme les autres, transitoire comme elle.[14]

---

[9]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 23
[10]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 23
[11]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 23
[12]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 23
[13]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 23
[14]Brillouin, M., in *Scientia*, 1913, vol. 1, p 24

Bien évidemment, cette dernière remarque de Brillouin n'est pas fondée ; la nouvelle théorie généralisée ne rend pas caduque la théorie restreinte mais en fait un cas limite. En fait, Brillouin n'a pas compris que la théorie générale contient la théorie restreinte comme un cas particulier ; il croit, ou il voudrait croire, que la théorie générale, en remettant en cause les principes sur lesquels était fondée la théorie restreinte, disqualifie cette dernière. Dans sa réponse, Einstein, en distinguant clairement la théorie restreinte de la théorie généralisée, mettra fin à cette confusion et, du même coup, aux conclusions erronées que Brillouin se croyait autorisé à en tirer.

Il faut souligner également que, pour Brillouin, le caractère le plus séduisant de la Relativité était son universalité ; ce qui la distinguait des autres théories physiques et en faisait, en quelque sorte, un principe universel. Mais, là encore, la remarque de Brillouin est faussement naïve ou en partie erronée, car l'universalité du principe de relativité est un postulat de la théorie et non un résultat. D'autre part, cette théorie est clairement restreinte aux référentiels d'inertie, ce qui n'ôte rien au caractère universel du principe de relativité et, au contraire, justifie les efforts d'Einstein pour étendre ce principe aux mouvements accélérés.

2- Le "redoutable Abraham".

Dans son premier article de 1914 publié par la revue *Scientia* et intitulé "La nouvelle mécanique", M. Abraham revient en détail sur cette argumentation spécieuse déjà esquissée par Brillouin.

Au moment où Abraham écrit son article, les expériences de Bucherer ont depuis longtemps tranché en faveur de la théorie de l'électron de Lorentz et Poincaré et donc aussi de celle d'Einstein qui arrive par d'autres voies aux transformations de Lorentz. Ces résultats expérimentaux invalident la propre théorie d'Abraham d'un électron rigide. Pourtant, Abraham n'acceptera pas ce verdict de l'expérience, il reste persuadé que la mécanique électromagnétique est compatible avec un électron rigide. Il sera un adversaire constant et résolu de la Relativité, mais aussi un adversaire respecté. Einstein parle de lui , dans une correspondance de 1913 citée par Miller, comme du "*redoutable*

Abraham".[15]

Abraham commence son article de 1914 par un exposé particulièrement clair de la dynamique de l'électron de Lorentz, en omettant pourtant de signaler le rôle joué par Poincaré dans l'élaboration de cette nouvelle électrodynamique. Il aborde ensuite l'apport d'Einstein, dont il rappelle que la théorie de la relativité :

> *se fonde sur deux postulats : le premier demande l'équivalence de systèmes animés, les uns par rapport aux autres, d'un mouvement de translation rectiligne uniforme (postulat de relativité) ; d'après le second, dans chacun de ces systèmes la propagation de la lumière dans l'espace s'effectue dans toutes les directions avec la même vitesse (postulat de la constance de la vitesse de la lumière).*[16]

Abraham pose alors avec une très grande clarté une question qui, jusque là, n'avait pas été abordée avec assez de force dans les exposés antérieurs de la Relativité :

> *en quoi les conceptions de la théorie de la relativité se distinguent-elles de la théorie de Lorentz?*[17]

Cette question et la réponse limpide, pour ainsi dire définitive, qu'Abraham lui apporte, suffisent à faire de son article, malgré le côté critique qu'il développe ensuite, un moment important dans la diffusion de la Relativité en France. Clarifiant une fois pour toute ce qui distingue fondamentalement l'approche de Lorentz de celle d'Einstein.

Abraham écrit :

> *il n'y a que les points de départ des considérations qui diffèrent. Lorentz prend pour base la théorie du champ électromagnétique, associé à l'hypothèse de la constitution électrique de la matière ; chez lui le théorème de la relativité est une conséquence de ces prémisses. Chez Einstein, au contraire, la propriété de*

---

[15]"The man whom Einstein held high esteem, and to whom he referred to in correspondence of 1913 as the "fearsome Abraham" refused to permit Buchere's data to decide the issue between the competing electron theories.", in Miller, A.I., "On some other Approaches to Electrodynamics in 1905" in : Woolf, H. (éd.), *Some Strangeness in the proportion. A Centenial Symposium to celebrate the Achievements of Albert Einstein*, London/Amsterdam u.a., Addison-Wesley, 1980, p 86.

[16]Abraham, M., "Die neue Mechanik", *Scientia*, 1914, vol. 15, pp 9-27, traduit M.E. Philippi,"La nouvelle mécanique", *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément, p17.

[17]Abraham, M,.op. cit., supplément, p 18

relativité est mise en tête comme premier postulat fondamental ; l'hypothèse d'un électromagnétisme universel devient superflue. (...) Par là, la conception de la théorie de la relativité est la plus générale des deux.[18]

Tirant ensuite les conséquences du principe de relativité, Abraham fait une remarque judicieuse sur le fait qu'il y a une sorte de contradiction physique entre les deux postulats de la Relativité. Selon le premier, le postulat de relativité, l'éther devient inutile, puisqu'il ne peut être mis en évidence dans des référentiels en mouvement rectiligne uniforme ; mais le second postulat, la constance de la vitesse de la lumière, ne peut se comprendre qu'à l'aide de la théorie ondulatoire, car dans la théorie corpusculaire la vitesse de la lumière ne peut pas ne pas dépendre de la vitesse de la source ; il s'ensuit que ce second postulat "*témoigne que la théorie de la relativité tire son origine de la théorie du champ électromagnétique. Les relativistes radicaux, ennemis de l'éther, renieraient volontiers cette origine*" [19]

On pourrait d'ailleurs ajouter à cette remarque d'Abraham que, dans le cadre de la théorie ondulatoire, l'indépendance de la vitesse de la lumière par rapport au mouvement de sa source est une évidence, en ce sens que la vitesse de propagation d'un phénomène ondulatoire ne dépend pas de la vitesse de translation de l'émetteur de cette onde. Mais en fait, cette indépendance de la vitesse de la lumière par rapport à la vitesse de sa source permet à Einstein d'étendre son principe de relativité à tous référentiels en mouvement relatif inertiel ; c'est à dire qu'il ne se limite pas au cas de référentiels en repos relatif et en mouvement par rapport à l'éther ; nous reviendrons ultérieurement sur ce point fondamental qui distingue radicalement l'approche d'Einstein de celle de Lorentz ou Poincaré.

Quoiqu'il en soit, selon Abraham, cette contradiction entre les deux postulats de la relativité la fragilise fondamentalement :

On reconnaît dans la théorie de la relativité établie par Einstein en 1905 un compromis entre deux ensembles hétérogènes de conceptions. La pensée strictement relativiste s'efforce de montrer que le mouvement relatif de la matière est seul essentiel, et qu'au

---

[18]Abraham, M,.op. cit., supplément, p 19

[19]Abraham, M,.op. cit., supplément, p 20

contraire on peut se passer du champ ainsi que de son support. C'est dans cette pensée que prend sa source le premier postulat, tandis que le second est emprunté à la théorie du champ. Ce désaccord intérieur porte en lui un germe de dissolution. Ce compromis ne pouvait durer que tant qu'on envisagerait uniquement des mouvements rectilignes uniformes, et qu'on choisirait avec circonspection le champ de phénomènes à traiter. Toute tentative d'élargir la théorie devait nécessairement rompre cette union contre nature.[20]

Abraham dévoile ici clairement son argumentation : la théorie de la relativité n'est pas satisfaisante car reposant sur deux postulats contradictoires, mais cette contradiction n'est mise en évidence que par la généralisation de cette théorie à des mouvements autres qu'inertiels. Car, comme il l'écrivait à juste titre un peu plus haut :

La théorie de la relativité est une théorie incomplète. Elle se borne au cas du mouvement rectiligne uniforme, tandis que la théorie du champ électromagnétique vise également le mouvement accéléré et le mouvement curviligne.[21]

Ainsi, dans cette présentation particulièrement pertinente de la relativité restreinte, et alors qu'Abraham n'a pas encore exposé les objections qui se dressent selon lui contre cette théorie du fait des nouveaux développement que lui fait subir Einstein, il est possible de déceler déjà, malgré l'objectivité dont Abraham fait preuve, des signes clairs des réticences qu'il lui oppose.

Hormis cette faiblesse intrinsèque due, selon Abraham, à la contradiction entre les deux postulats de la Relativité, d'autres remarques de l'auteur prouvent sa méfiance vis à vis de la relativité restreinte. Faisant allusion à la formulation mathématique donnée à cette théorie par Minkowski en 1908, Abraham ajoute ce commentaire qui en dit long sur son état d'esprit face à la nouvelle théorie :

la généralité apparente de la solution du problème de l'espace et du temps allait au devant du désir de l'époque d'unifier et de synthétiser la science. C'est pourquoi la théorie de la relativité enthousiasma la jeunesse

---

[20]Abraham, M,.op. cit., supplément, p 23

[21]Abraham, M,.op. cit., supplément, p 22

adonnée à l'étude de la physique mathématique qui, à l'époque influencée par cette théorie, remplissait les salles de cours des universités.[22]

On retrouve ainsi exactement les mêmes préventions que celles exprimées par Brillouin, l'année précédente, à l'égard de cet espoir des physiciens de trouver une grande théorie unificatrice de la physique. Mais on peut déceler aussi des préventions à l'égard de la physique mathématique, trop déconnectée du réel, et enfin à l'égard de l'enthousiasme un peu aveugle de la jeunesse. Il est vrai que quand Abraham parle de salles de cours universitaires remplies, lorsque le sujet traité est la relativité, il ne pense sans doute pas à la France.

Dans la deuxième moitié de son article, Abraham va développer l'argumentation qu'il a préparé habilement au cours de sa présentation de la relativité restreinte. Selon lui la théorie de la relativité est entrée en crise.

La crise de la théorie de la relativité commença quand cette théorie entreprit de faire entrer la pesanteur dans le domaine de ses considérations.[23]

L'argument principal d'Abraham est le même que celui de Brillouin, il est tiré de l'article d'Einstein de 1911[24]; en faisant dépendre la vitesse de la lumière du potentiel de gravitation ce dernier *"a ainsi mis la hache à l'une des racines de la théorie de la relativité qu'il avait établie précédemment"*[25].

Abraham expose ensuite les tentatives d'élaboration d'une théorie du champ de gravitation esquissées par lui même en 1912, par G Mie, par G. Nordström puis tout récemment par Einstein et Grossmann dans leur article de 1913 ; il peut alors conclure :

Ainsi toute théorie de la relativité échoue sur l'écueil de la pesanteur, aussi bien la théorie spéciale de 1905 que la théorie générale de 1913. Les idées relativistes ne sont évidemment pas assez larges pour servir de cadre à une image complète du monde.[26]

Il est vrai que la théorie exposée par Einstein en 1913 n'est pas encore satisfaisante, mais il est imprudent d'en conclure que la

---

[22]Abraham, M, op. cit., supplément, p 18
[23]Abraham, M, op. cit., supplément p 23
[24]cf note 1.
[25]Abraham, M, op. cit., supplément, p 24
[26]Abraham, M, op. cit., supplément, pp 28-29

Relativité est incapable d'englober les mouvements accélérés. Il s'agit d'une position de principe qui s'interdit ainsi la recherche de solution. Quant à la Relativité de 1905, elle ne peut évidemment pas rendre compte de la gravitation puisqu'elle est restreinte aux mouvements rectilignes uniformes. Abraham ajoute :

> *mais il reste que la théorie de la relativité a une place dans l'histoire de la critique des concepts d'espace et de temps. Elle nous a appris que ces concepts dépendent des idées que nous nous faisons sur la manière dont se comportent les échelles et les horloges servant à la mesure des longueurs et des intervalles de temps, et que ces idées changent en même temps qu'elles. Cela promet à la relativité un enterrement honorable.*[27]

Malgré la dernière phrase qui semble signifier que pour Abraham la théorie de la relativité est sans avenir, il faut tout de même noter que, contrairement à Brillouin, il accorde une importance capitale à la remise en cause des concepts d'espace et de temps que cette théorie a induit.

Pour Abraham, les théories jouent un rôle auxiliaire dans l'avancée de la physique, il n'exclue d'ailleurs pas que celle de la relativité ait un avenir :

> *quel que puisse être le sort de la théorie de la relativité, la nouvelle mécanique ne cessera pas pour cela de se développer encore, car elle ne formule aucunement un système rigide d'axiomes. Elle considère que sa tâche consiste uniquement à maintenir la mécanique en contact avec les autres disciplines de la physique. De cette façon, les vicissitudes des théories de la physique influenceront à l'avenir la mécanique. Mais, de leur côté , les doctrines de la mécanique auront une action régulatrice et souvent décisive sur les conceptions physiques du monde.*[28]

Abraham esquisse ainsi une sorte de programme de recherche dans lequel la mécanique, et particulièrement la mécanique nouvelle, celle de Lorentz et Poincaré, jouera un rôle décisif, car elle est le garant à la fois de l'unité de la physique et de sa capacité à décrire le réel. C'est

---

[27]Abraham, M, op. cit., supplément, p 29
[28]Abraham, M, op. cit., supplément, p 29

en quelque sorte la revanche paradoxale de la physique mathématique, c'est à dire ici de la mécanique, sur la physique théorique. Revanche paradoxale car la théorie de la relativité a particulièrement séduit les physiciens mathématiciens par son élégance mathématique, tandis que les physiciens théoriciens (au sens ou la physique théorique inclut la physique expérimentale), tel Brillouin, s'en méfiaient, comme on l'a montré.

La position d'Abraham est apparemment originale mais, en fait, elle ne fait que rejoindre les critiques fréquemment adressées à Einstein selon lesquelles il ne serait qu'un théoricien éloigné des contraintes qu'imposent la mécanique. C'est finalement une attitude assez proche de celle adoptée par Poincaré quelques années auparavant.

3- Les Relativités d'Einstein.

Ce sont à ces critiques, et aussi à ces confusions, qu'Einstein s'efforce de répondre dans son article également publié en 1914 par la revue *Scientia.*

Le titre même de l'article montre les préoccupations de son auteur : "Zum Relativitstäts-Problem, Sur le problème de la relativité".[29] Volontairement Einstein n'emploie ni le terme de théorie, ni celui de principe, car il s'agit bien de clarifier les problèmes que posent les théories ou le principe de relativité.

La première remarque préalable d'Einstein est fondamentale et de nature à mettre fin à toutes les ambiguïtés. En particulier, elle disqualifie l'argument principal de Brillouin et d'Abraham suivant lequel la mise au point de la relativité généralisée porterait un coup fatal à la relativité restreinte. :

> *Il y a lieu aujourd'hui de distinguer nettement deux systèmes désignés l'un et l'autre sous le nom de théorie de la relativité. Le premier que nous appellerons théorie de la relativité dans le sens strict, s'appuie sur un ensemble considérable d'expériences, et est considéré aujourd'hui par la plupart des physiciens théoriciens comme étant l'expression théorique la plus*

[29]Einstein, A, "Zum Relativitäts-Problem", in *Scientia*, 1914, vol. 15, pp 337-348, traduit par M.E. Philippi, "Sur le problème de la relativité", in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 139-150

simple des expériences.[30]

Einstein répond ainsi à Brillouin qui reprochait à cette théorie de ne rendre compte que de trois expériences. Il en profite pour affirmer qu'il s'agit bien d'une théorie au sens où elle permet d'interpréter de la façon la plus simple les expériences, on retrouve ici le critère de Mach sur l'économie de pensée. Pourtant, la question de la confirmation de la relativité restreinte par l'expérience n'est pas tout à fait aussi simple. Quand Einstein parle "*d'un ensemble considérable d'expériences*" il ne pense pas à des expériences destinées a confirmer ou infirmer cette théorie, car en effet les expériences répondant à cet objectif sont extrêmement peu nombreuses, mais il pense à toutes les expériences de l'électromagnétisme car, comme il l'écrira clairement dans le chapitre sur "la théorie de la relativité restreinte et l'expérience" dans son livre sur la Relativité,

> *la théorie de la relativité restreinte est une cristallisation de la théorie des phénomènes électromagnétiques de Maxwell-Lorentz. Tous les faits expérimentaux, par conséquent, qui soutiennent celle-ci soutiennent aussi celle-là.*[31]

Dans son article de *Scientia,* Einstein présente ensuite le second système que l'on désigne aussi sous le nom de théorie de la relativité :

> *Le second (que nous appelons théorie de la relativité dans le sens large) n'a presque pas été confirmé jusqu'à présent par l'expérience physique. La plupart de mes confrères ont une attitude sceptique ou hostile à l'égard de ce second système.*[32]

Ce n'est qu'en 1915 qu'Einstein pourra montrer que sa théorie permet d'expliquer avec une grande exactitude l'avance du périhélie de Mercure, il écrira alors à Ehrenfest :

> *Figurez vous ma joie en m'apercevant que la covariance générale était praticable, et en trouvant que les équations donnent le mouvement exact du périhélie de Mercure. Je fus littéralement transporté de*

---

[30]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 139.

[31]Einstein, A., *La relativité*, traduction M. Solovine, Paris, 1956, nouvelle édition 1986, p. 60.

[32]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 139.

bonheur pendant des jours.[33]

Ce n'est qu'en 1919 qu'Eddington observera la déviation des rayons lumineux d'une étoile à proximité du soleil. En 1914 on en est encore pas là, Einstein comprend les réticences de ses collègues ; mais il ajoute aussitôt, à l'intention de Brillouin et Abraham :

> *remarquons immédiatement qu'on peut très bien être partisan de la théorie de la relativité dans le sens strict sans reconnaître le bien fondé de la théorie de la relativité dans le sens large.*[34]

Si l'on admet cet argument, alors, parmi les critiques de Brillouin et d'Abraham, celles qui reposaient sur les contradictions entre les deux théories, notamment en ce qui concerne la constance de la vitesse de la lumière, tombent d'elles-mêmes.

Einstein divise ensuite son article en deux grandes parties, l'une sur la théorie de la relativité dans le sens strict, l'autre sur la théorie dans le sens large. Dans la première partie, après avoir exposé à nouveau la théorie de 1905, il se livre à une réflexion sur le statut occupé par cette théorie dans la physique, répondant ainsi aux critiques de Brillouin et d'Abraham qui eux mêmes, s'interrogeant sur cette place, en arrivaient, pour le premier, à en faire une théorie provisoire et déjà dépassée et, pour le second, un simple auxiliaire soumis aux impératifs de la mécanique. Cette réflexion d'Einstein préfigure celle qu'il développera dans son petit livre sur *la relativité*,[35] dans le chapitre 14 sur "la valeur heuristique de la théorie de la relativité", et le chapitre 15 sur "les résultats généraux de la théorie". Il est même probable que cet article de *Scientia* soit la première étape de ce travail, Einstein ayant ressenti, à la lecture des articles de Brillouin et Abraham, le besoin de s'expliquer clairement sur ces points et de corriger ce qu'il considère comme des erreurs d'interprétation. De ce point de vue, la polémique soulevée par Brillouin et Abraham a donc grandement contribué indirectement à la diffusion de la relativité restreinte en France.

C'est ainsi qu'Einstein écrit dans cet article de 1914 :

> *La valeur heuristique de la théorie de la relativité consiste en ce qu'elle fournit une condition à laquelle*

---

[33]cité in Hoffmann, B., Albert Eisntein, créateur et rebelle, Le Seuil, 1975, pp 137-139.

[34]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 139.

[35]Einstein, A., *La relativité*, traduction M. Solovine, Paris, 1956, nouvelle édition 1986.

doivent satisfaire tous les systèmes d'équations qui expriment les lois naturelles générales. Tout système d'équations de ce genre doit être tel qu'en lui appliquant une transformation de Lorentz on le convertisse en système d'équations de la même forme (covariance vis à vis des transformations de Lorentz).

Il ajoute un peu plus loin : *il résulte nettement de ce qui précède que la théorie de la relativité ne fournit aucunement un moyen de déduire du néant des lois naturelles auparavant inconnues. Elle ne donne qu'un critérium toujours applicable qui restreint les possibilités ; sous ce rapport, elle est comparable au principe de l'énergie ou au second principe de la théorie de la chaleur.*[36]

Einstein érige clairement ici la Relativité au rang de principe, au sens que donnait Poincaré à ce mot quand il parlait de la physique des principes[37]. Ainsi la Relativité est non seulement le meilleur cadre théorique pour l'interprétation des expériences, car il est le plus simple, mais il est aussi un principe universel et limitatif qui oriente et guide la recherche expérimentale et l'élaboration théorique.

La théorie de la relativité ne fait que limiter dans une mesure considérable les déterminations empiriques nécessaires pour l'établissement d'une théorie.[38]

Ici, Einstein répond directement à Brillouin qui reprochait justement à la Relativité de fermer les autre possibilités d'interprétation des expériences de Michelson, par exemple. Pour Einstein, loin d'être une faiblesse du principe de relativité, c'est au contraire son principal mérite et c'est en quoi réside l'essentiel de sa valeur heuristique. En ce qui concerne le statut de principe fondamental de la physique donné par Einstein au principe de relativité, Abraham lui répondra avec une assez grande mauvaise foi :

quand Einstein met en parallèle le critérium relativiste (...) avec les deux principes fondamentaux de la thermodynamique il faut observer que ces principes ont été vérifiés dans tous les domaines de la physique et de la chimie, tandis que de sérieuses difficultés

---

[36]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 142

[37]cf le chapitre sur "Principe ou théorie".

[38]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 143

s'opposent à l'application du critérium relativiste aux forces naturelles non électriques, telle que la pesanteur, par exemple.[39]

Or, non seulement cet argument d'Abraham n'apporte rien de neuf, mais surtout il oublie qu'Einstein avait écrit très clairement dans son article :

il y a un domaine d'une importance fondamentale dont nous avons une connaissance empirique si minime que, associé à la théorie de la relativité, elle est loin de suffire à l'établissement univoque de la théorie générale. Ce domaine est celui des phénomènes de gravitation.[40]

Après avoir exposé ses recherches pour tenter de construire cette théorie générale, Einstein ajoute :

le principe de la constance de la vitesse de la lumière est donc inconciliable avec l'hypothèse de l'équivalence (entre un système de référence dans champ de gravitation et un système de référence accéléré); *par conséquent on ne peut pas faire accorder avec elle la théorie de la relativité dans le sens strict. (...) La théorie de la relativité (dans le sens strict) devait être remplacée par une théorie, plus générale qui la comprît comme un cas limite.*[41]

Einstein conclut, afin de répondre définitivement aux critiques :

la théorie de la relativité dans le sens large ne comporte pas l'abandon de la théorie de la relativité antérieure, mais un développement de celle-ci.[42]

Cet article d'Einstein est d'une grand importance pour la diffusion de la Relativité en France ; d'abord parce qu'il s'agit du premier article accessible en français du savant allemand depuis que la Relativité est réellement diffusée en France. La *Revue Générale des Sciences* en donne d'ailleurs un compte rendu suffisamment développé, comme elle l'avait fait pour les articles de Brillouin et Abraham.

D'autre part, cet article s'inscrit à un moment crucial de

---

[39]Abraham, M., "Note critique sur le problème de la relativité", traduction M.E. Philippi, *Scientia*, 1914, vol. 14, p 101.
[40]Einstein, A, in *Scientia*, 1914, vol. 15, supplément pp 143
[41]Einstein, A, op. cit., supplément pp 149
[42]Einstein, A, op. cit., supplément pp 150

l'élaboration de la relativité généralisée et, comme l'écrit justement Abraham dans sa réponse à Einstein, il s'agit d'un "*article précieux pour la psychologie de la relativité*"[43].

Enfin, cet article contient les prémices de ce que sera plus tard l'exposition par Einstein de la Relativité en direction d'un public plus large que ses seuls collègues. On y voit à l'oeuvre ce travail de clarification suscité par la critique et qui, finalement, débouchera sur une présentation de la théorie plus affirmée quant à sa valeur heuristique. Dans ce texte d'Einstein on peut considérer que le débat évoqué plus loin pour savoir si la Relativité est un principe ou une théorie trouve ici sa conclusion sans doute définitive[44].

4- La Relativité étendue à la gravitation.

L'année 1914 est également marquée par un nouvel article de Lorentz, dans la revue *Scientia,* qui traite de la gravitation[45], mais il ne s'inscrit pas dans la controverse entre Brillouin, Abraham et Einstein. Lorentz tente d'exposer les différentes théories de la gravitation proposées depuis quelques années. Il rappelle d'abord sa propre tentative de 1900 qu'il a abandonné après l'énoncé de la théorie de la Relativité par Einstein. Lorentz expose ensuite la tentative de Poincaré en 1905, dans son article publié en 1906 "Sur la dynamique de l'électron",[46] paragraphe 9, "hypothèses sur la gravitation", et celle de Minkowski en 1908, enfin il expose la nouvelle théorie de la relativité généralisée au point où elle se trouve en 1914.

Cet article n'est pas polémique, il tente de faire le point sur les recherches sur la gravitation. Il a le mérite de redonner à Poincaré la place qui est la sienne dans cette quête, si l'on veut bien se souvenir que, si Poincaré n'a pas prêté toute l'attention qu'elle méritait à la première formulation de la Relativité par Einstein, c'est, entre autre, parce que cette théorie, incapable de rendre compte de le gravitation, ne lui semblait pas satisfaisante.

---

[43]Abraham, M., "Note critique sur le problème de la relativité", traduction M.E. Philippi, *Scientia*, 1914, vol. 14, p 101.

[44]cf le chapitre sur "Principe ou théorie".

[45]Lorentz, H. A., "Les théories actuelles de la gravitation", *Scientia*, juillet 1914.

[46]Poincaré, H.,"Sur la dynamique de l'électron", *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo* , t.21, pp 129-176, 1906, paragraphe 9, "Hypothèses sur la gravitation".

La *Revue Générale des Sciences* propose un long compte rendu de cet article de Lorentz en février 1915[47].

Après 1914, la clameur des combats impose un silence presque total à la diffusion de la Relativité pour quatre ans.

Néanmoins, en 1915, un court exposé de A. Bc. (sans doute Boutaric) intitulé : "Sur quelques conséquences du principe de relativité", mentionne la déviation des rayons lumineux par la masse du soleil comme conséquence de la relativité générale.[48]

Mais surtout, il existe une exception notable à ce désintérêt pour les derniers développements de la Relativité durant la guerre : en 1917, Ed. Guillaume publie dans les *Archives des sciences physiques et naturelles* un long article en trois parties intitulé : "Les bases de la physique moderne"[49]. Les sous titres de cette publication donnent une idée de l'effort qu'elle représente pour exposer la relativité restreinte et généralisée :

1- Le corps solide, les géométries et la mesure du temps.

2- La mécanique classique et la relativité des mouvements.

3- Les phénomènes lumineux et leurs théories.

4- La première théorie de la relativité : la théorie de la relativité restreinte.

5- Le temps absolu et le temps relatif. Signification physique de la théorie de la relativité.

6- Sur la possibilité de ramener la théorie de la relativité restreinte au temps universel.

7- La covariance universelle.

8- Le principe de l'équivalence de l'accélération et de la gravitation.

9- La seconde théorie de la relativité : la théorie de la relativité générale.

Nous sommes bien en présence du premier exposé raisonné en français de l'ensemble de la théorie restreinte et généralisée de la relativité. Malheureusement, il n'est pas certain que ce texte ait eu

---

[47]Boutaric, A., "Les théories actuelles de la gravitation", Revue Générale des Sciences, vol. 26, 1915, pp. 71-73.

[48]Bc. A., "Sur les conséquences du principe de relativité", *Revue scientifique (revue rose)*, 10, tome 95, 1915, pp. 178-179.

[49]Guillaume, Ed., "Les bases de la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles*, 43, 1917, pp. 5-21; 89-112; 185-198.

beaucoup d'impact quant à la diffusion de la Relativité. Premièrement le contexte ne s'y prête pas, cet article publié sous un titre assez anodin, dans une revue d'un pays neutre, est très éloigné des préoccupations des publications scientifiques françaises à la même époque, il n'est pas fait pour retenir l'attention. Deuxièmement, dans son paragraphe 6, en voulant sauver le temps universel, Guillaume revient sur son thème de prédilection mais, ce faisant, il change la nature de son travail qui, d'article d'exposition, devient, au moins dans ce paragraphe, un article polémique. Cette confusion entre l'exposition des résultats d'Einstein et les propres vues de l'auteur affaiblit la portée pédagogique du texte.

L'annonce de la formulation définitive de la relativité généralisée par Einstein en 1915 a lieu pour la première fois dans une revue française cette même année 1917, dans un long article publié par la *Revue Générale des Sciences* , dû à la plume de L. Bloch, docteur ès sciences et préparateur suppléant à la Sorbonne. Cet article, très mathématique, n'est pas à proprement parler un article de vulgarisation, mais l'auteur exprime clairement que les équations qu'exige le principe de relativité généralisé :

> *comprennent comme cas particulier les équations de l'ancien principe de relativité, et comme première approximation les équations de la physique classique. Les équations nouvelles, covariantes pour toute transformation de coordonnées, ne diffèrent des anciennes que dans les régions de l'espace-temps où le champ de gravitation est intense.*[50]

L'auteur conclut, après avoir rappelé que cette théorie rend compte du mouvement de périhélie de Mercure :

> *l'exemple qui vient d'être donné permet de fonder les plus grands espoirs sur la théorie nouvelle de la relativité. Cette théorie déduit de la seule idée de la relativité de la gravitation des équations qui paraissent vérifiées dans les champs de gravitation connus.*[51]

On voit bien que le ton ici n'est plus à la polémique mais à l'enthousiasme.

Le même Léon Bloch présente en 1918 "Quelques récents

---

[50]Bloch, L, "Relativité et gravitation (d'après les théories récentes)", in *Revue Générale des Sciences*, 1917, vol. 28, p 662.
[51]Bloch, L,op. cit., p 671.

progrès de la physique (1914-1918)"[52], mais il ne fait allusion à la relativité généralisée que dans son introduction, sans autre développement. Le titre de cet article témoigne néanmoins de la nécessité de rattraper le temps perdu pendant la guerre quant à la diffusion des sciences.

En décembre 1919, la même Revue[53] rend compte de l'observation par Eddington de la déviation de la lumière stellaire à proximité du soleil lors de l'éclipse du 29 mai 1919. Il s'agit d'un court article de Jean Bosler de l'observatoire de Meudon, dans la rubrique "Chronique et correspondance", au chapitre "astronomie", et intitulé "le principe de relativité généralisé et l'éclipse de soleil du 29 mai 1919". Cet article résume brièvement la genèse de la Relativité, attribuant la relativité restreinte à Lorentz, et parlant de "*la théorie de la relativité en faveur il y a 10 ans*", comme s'il s'agissait d'une théorie alors à la mode et aujourd'hui oubliée. L'auteur ajoute alors que cette théorie demandait à être étendue, "*c'est à quoi M. A. Einstein a consacré l'oeuvre qui vient de recevoir lors de la dernière éclipse une brillante confirmation*". Pour expliquer le principe d'équivalence, l'auteur prend ensuite l'exemple utilisé par Poincaré d'une Terre couverte de nuages impénétrables ne permettant pas d'acquérir la certitude de la rotation de la Terre. Cette allusion à Poincaré est intéressante car elle montre à nouveau qu'en France, à cette date, le travail de Poincaré est naturellement associé aux recherches sur la gravitation. Enfin l'article se conclut par cette affirmation :

> *la dernière éclipse a été pour le principe de relativité généralisé, l'occasion d'un succès qui attirera sans doute l'attention des physiciens et aussi celle des mathématiciens.*

Il est en effet remarquable que l'attention soit attirée sur cette confirmation expérimentale de la relativité généralisée par un astronome qui espère que ses collègues physiciens prendront la mesure de l'importance de cette observation astronomique pourtant considérée par Einstein lui même, depuis des années, comme une expérience cruciale .[54]

---

[52]Bloch, L., "Quelques récents progrès de la physique (1914-1918)", *Revue Générale des Sciences*, vol. 29, 1918, pp. 166-175.

[53]Bosler, J., "Le principe de relativité généralisé et l'éclipse de soleil du 29 mai 1919",in *Revue Générale des Sciences*, 15 déc. 1919, vol. 30, pp 669-670.

[54]Biezunski remarque que "quand Einstein devient célèbre en Angleterre, en 1919, les journaux français ne consacrent pas une ligne à l'événement, peut-être

À partir de 1920, les grands articles d'exposition de la Relativité se multiplient, les premiers ouvrages s'adressant au grand public font leur apparition. On trouvera dans les "Sources" la référence des publications qui n'étaient pas toujours recensées jusqu'à maintenant et qui ne sont pas citées dans ce chapitre car leur contenu ne modifie pas ce qui a déjà été dit sur la chronologie de la diffusion de la Relativité. Ce mouvement éditorial atteint son point culminant en 1922 avec la visite d'Einstein en France. On change alors de période en ce qui concerne la diffusion de la Relativité, on quitte celle de sa première introduction en France pour entrer dans celle de sa vulgarisation au sens propre. Cette seconde période a été étudiée par Biezunski[55].

---

fortuitement, en raison d'une situation politique agitée et de la grève qui débuta à peu près en même temps et paralysa la presse parisienne pendant trois semaines." in Biezunski, M., "Einstein à Paris", in : *La "Recherche" en histoire des sciences*, Paris, 1983, p 271.

[55]Biezunski, M., *La diffusion de la théorie de la relativité en France*, Doctorat de troisième cycle, Paris 7, 1981.

Troisième partie :

La dialectique de l'appropriation.

Chapitre 6

La Société française de philosophie et la Relativité.

Deux séances de la Société française de philosophie sont consacrées exclusivement à la Relativité dans le premier tiers du siècle. Celle du 19 octobre 1911 et celle, plus fameuse, du 6 avril 1922, en présence d'Einstein lui-même. Cette seconde séance présente pour notre étude un intérêt moindre que la première, en premier lieu parce qu'il y est question surtout de la relativité généralisée, mais aussi parce que la présence d'Einstein donne à la séance, non l'aspect d'une discussion qui progresse au fur et à mesure des prises de parole, mais plutôt celui d'une suite d'interventions préparées sur des sujets précis, afin d'avoir la réponse du savant allemand. Pourtant, certaines remarques faites au cours de cette séance de 1922 méritent d'être relevées, nous le ferons tout en accordant plus d'importance à la séance de 1911.

1- La volonté de comprendre.

La séance de la société française de philosophie du 19 octobre 1911 intitulée : "Le temps, l'espace et la causalité dans la physique moderne" présente un double intérêt.

En premier lieu, elle apparaît comme la première diffusion de la relativité restreinte en France hors des milieux scientifiques. Pourtant, un examen attentif du nom des participants[1] à cette séance montre que si elle est bien composée majoritairement de philosophes, il y a une forte minorité de scientifiques. D'autre part, rares sont les philosophes présents

[1]En l'absence de mention des prénoms nous avons pu néanmoins identifier sans confusion possible 20 des 29 participants à cette séance. Les 9 non identifiés avec certitude sont : Cresson, Deblos, Hartmann, Job, Mouton, Pacaut, Perrin (qui n'est sans doute pas le physicien Jean Perrin), Tisserand, Weber.

dont les écrits ne témoignent d'aucun intérêt particulier pour la science ou pour la philosophie de la connaissance : et tous les savants présents ont laissé une oeuvre de philosophie des sciences ou, pour le moins, ont fait un effort de diffusion et d'exposition des acquis de leur science. Cela n'est pas surprenant, nous sommes en présence, en ce 19 octobre 1911, d'esprits avides de savoir et de comprendre, mais aussi d'interlocuteurs compétents et exigeants bien que, le plus souvent, très largement ignorants de la Relativité. Sur les 20 participants identifiés, 12 sont des philosophes, dont 4 travaillent sur la philosophie des sciences et 1 sur la philosophie de la connaissance[2] ; 5 sont des savants dont 2 au moins ont une véritable oeuvre philosophique[3] ; 3 sont des sociologues[4]. Parmi ces présents, seuls 7 participent activement au débat avec Langevin : Émile Borel, Léon Brunschvicg, Alphonse Darlu, Édouard Le Roy, Gaston Milhaud , Perrin et Abel Rey.

Maximilien Winter est celui qui sera présenté par Xavier Léon, lors de la séance de 1922, comme l'auteur, au début de 1911, du premier ouvrage présentant la Relativité à des philosophes ; mais lors de cette séance de 1911, Winter ne prend pas une seule fois la parole et aucun des protagonistes de cette réunion ne fait allusion à son livre sur *La méthode dans la philosophie des mathématiques*.

La présentation de la Relativité est due à Langevin qui était déjà l'auteur de la communication du congrès de philosophie de Bologne en 1911. Ce congrès de Bologne ayant été le lieu du premier exposé en langue française de la théorie de la relativité. D'ailleurs, les participants à la séance du 19 octobre 1911 reconnaissent, pour plusieurs d'entre eux, avoir pris connaissance de cette nouvelle théorie grâce au compte rendu de la revue *Scientia*,[5] ou plus généralement au résumé paru dans la *Revue de métaphysique et de morale*.[6] Deux remarques des participants à la

---

[2]Philosophes : Alphonse Darlu, Lionel Dauriac, Henri Delacroix, Charles Dunan, André Lalande, Xavier Léon (le fondateur de la *Revue de Métaphysique et de Morale*, mais peut être s'agit-il de L. Léon, collaborateur de Couturat), Dominique Parodi; philosophes des sciences : Léon Brunschvicg, Gaston Milhaud, Abel Rey, Maximilien Winter; philosophe de la connaissance : Jules Lachelier.

[3]Savants : Émile Borel (math.), Paul Langevin (phys.), Henri Lebesgue (math.); savants et philosophes : Louis Couturat (math. et philo.), Édouard Le Roy (math. et philo.),

[4]Célestin Bouglé, Lucien Lévy-Brühl, François Simiand.

[5]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, pp 31-54.

[6]Langevin, P., "Le temps et la causalité", *Revue de métaphysique et de morale*; 1911, p. 455.

discussion résument bien leur état de connaissance au moment d'aborder les problèmes philosophiques que pose cette nouvelle théorie. Le Roy avant d'exposer un argument et afin de lui donner du poids, fait cette remarque :

> *j'ai lu attentivement l'article de M. Langevin dans la Revue* (de métaphysique et de morale); *je viens d'écouter non moins attentivement ses explications d'aujourd'hui.*[7]

Ce préliminaire nous renseigne sur les principales sources de connaissance pour un philosophe et un mathématicien n'ayant pas étudié la Relativité par nécessité professionnelle en 1911. À un autre moment de la discussion, Milhaud fait remarquer :

> *très peu au courant des travaux de Lorentz et d'Einstein, il se peut très bien que je n'aie pas tout compris dans l'exposé si intéressant qu'il* (Langevin) *nous a fait.*[8]

Cette remarque montre le deuxième apport précieux de cette séance du 19 octobre 1911. Il s'agit de la seule trace écrite rapportant les termes même d'un débat sur la Relativité au moment de sa toute première diffusion hors du milieu scientifique. Les doutes exprimés par Milhaud quant à sa bonne compréhension de la nouvelle théorie sont partagés par d'autres participants. Cet aveu montre dans quel esprit sont posées les questions et formulées les objections ; il s'agit de chercher à mieux comprendre, en quelque sorte de mettre à l'épreuve sa compréhension de la théorie ; de débusquer les équivoques, voire les contradictions ; de se mettre d'accord sur une acception commune du vocabulaire utilisé...

Il s'ensuit que les sujets abordés, lors de cette séance, contiennent explicitement, ou en filigrane, une grande partie des questions qui continueront à se poser ultérieurement. En particulier celles qui agiteront philosophes, scientifiques et vulgarisateurs français lors du voyage d'Einstein à Paris en 1922, et lors de la publication de *Durée et simultanéité* par Bergson.

En analysant cette discussion, nous serons amenés à introduire de nombreuses questions sur lesquelles nous reviendrons plus en détail dans les chapitres suivants.

---

[7]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, exposé de Langevin suivit d'une discussion, *Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, p.41.

[8]op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.37.

Ainsi, cette séance de la Société française de philosophie constitue-t-elle une bonne transition entre l'étude externe de la diffusion de la Relativité et son étude interne.

2- Où est Poincaré?

Il est remarquable que ni Milhaud, dans la remarque citée plus haut, ni Langevin dans son exposé, ni aucun des interlocuteurs lors de la discussion, ne font allusion à Poincaré qui, dès cette époque, apparaît comme écarté complètement de tout rôle ou influence dans la genèse de la Relativité. Nous développerons cette question dans le chapitre "enquête en paternité".

Il est vraisemblable que cet état de fait provient à la fois de Langevin, qui n'éprouve pas le besoin, pour la clarté de son exposé, de faire intervenir Poincaré, mais aussi de Poincaré lui même qui, de 1905 à 1911, n'a jamais montré qu'il avait jugé à sa juste valeur l'apport décisif d'Einstein. De ce fait Poincaré c'est en quelque sorte exclu lui même du débat.

Il est malgré tout un peu curieux d'entendre Rey affirmer à l'issue de l'exposé de Langevin :

> *les grands résultats qui viennent d'être énoncés ici étaient atteints séparément par Lorentz, Einstein et Langevin, et énoncés sous une forme assez différente par Minkowski.*[9]

D'accord pour Lorentz, Einstein et Minkowski, mais Langevin a-t-il vraiment sa place dans cette liste? Même s'il est indéniable que son intervention de 1904 au Congrès de Saint Louis[10] expose des vues, notamment sur l'éther, qui préparent ce qu'en dira Einstein ; même s'il est également vrai qu'il est le savant français qui a le plus fait, le plus tôt, pour la diffusion de la Relativité en France. Rey pousse sans doute la courtoisie un peu loin vis à vis de l'hôte de la Société française de philosophie!

Il n'en va pas de même, en 1922, lorsque Xavier Léon, dans son introduction à la séance, peut dire :

> *La Société Française de philosophie comptait parmi ses*

---

[9] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.28.

[10] Langevin, P., "La physique de l'électron,", *Revue Générale des Sciences*, vol. 16, 1905, pp.257-276.

membres un autre savant de génie : il s'appelait Henri Poincaré. Or vous savez le rôle capital que joua Poincaré dans la création de ce qu'on a appelé la mécanique nouvelle, en montrant la part de convention qui existait dans la mécanique classique et en introduisant certaines notions fécondes, par exemple la quantité de mouvement électro-magnétique ou la pression appelée "pression de Poincaré".

Mieux encore, dans ses "Leçons sur l'électricité et l'optique" publiées, il y a plus de vingt ans, en 1901, Henri Poincaré examinait les théories de Hertz, de Helmholtz, de Larmor, de J.J. Thomson, de Lorentz, et ses préférences allaient aux conceptions du célèbre physicien hollandais. Parlant notamment de l'expérience de Michelson, il écrivait ces lignes vraiment prophétiques :

"Je regarde comme très probable que les phénomènes optiques ne dépendent que des mouvements relatifs des corps matériels et cela non pas aux quantités près de l'ordre du carré ou du cube de l'aberration, mais rigoureusement. A mesure que les expériences deviendront plus délicates, ce principe sera vérifié avec plus de précision. Une théorie bien faite devrait permettre de démontrer le principe d'un seul coup dans toute sa rigueur. La théorie de Lorentz ne le fait pas encore. De toute celles proposées, c'est celle qui est le plus près de le faire."

La solution attendue par Poincaré, M. Einstein l'a apportée dans son mémoire de 1905 sur la relativité restreinte ; il a accompli la révolution que Poincaré avait entrevue et présentée à un moment où le développement de la physique semblait conduire à une impasse.

Quel spectacle c'eût été que la rencontre aujourd'hui, en cette enceinte, de ces deux créateurs de mondes, fils de pays différents, et quelle lumière en eût pu jaillir pour cette recherche de la vérité qui par delà les bornes des frontières, affirme l'universalité de l'esprit humain et

réalise le consentement de toutes les intelligences![11]

Derrière l'envolée lyrique et universaliste de la péroraison, cette présentation du rôle de Poincaré est beaucoup plus proche de la réalité que le silence total à son sujet de 1911. Ainsi, la diffusion de la nouvelle théorie, et sa bonne compréhension, vont de pair avec une meilleure connaissance de sa genèse, comme si les deux approches, celle de la vulgarisation et celle de l'histoire des sciences se soutenaient mutuellement, ou en tous cas marchaient du même pas.

3- Relativité et relativisme.

Après ces remarques préliminaires et périphériques, il faut maintenant revenir au coeur même de la discussion de la séance de 1911 et à ses aspects qui nous intéressent le plus.

Rey est le premier à prendre la parole après l'exposé de Langevin. Il a visiblement préparé un exposé construit pour introduire la discussion philosophique après la présentation plus scientifique de Langevin. Il veut convaincre ses collègues que la Relativité n'est pas une théorie had hoc et surtout qu'elle présente un réel intérêt philosophique. C'est ainsi qu'il dit:

> *l'expression philosophique de relativité, appelle à l'esprit d'une façon presque nécessaire celle de subjectivité. Au contraire la signification du principe physique de relativité est essentiellement objectif. Il exprime grosso modo que l'espace, le temps, le mouvement sont relatifs en fait, aux repères objectifs d'après lesquels on les détermine. Autrement dit, mouvement, espace et temps sont fonctions de certaines relations qui dépendent des choses et non de nous ou de notre manière de les concevoir et de les apprécier, de relations de fait, de relations objectives.*[12] (souligné par l'auteur).

Ainsi, lors de la première discussion sur la Relativité en dehors du cercle des physiciens, la question d'une éventuelle confusion entre Relativité et relativisme ne se pose pas, ou, plus exactement, est résolue

---

[11]Einstein, A., Bergson,H., Langevin, P,..., "La théorie de la relativité", séance du 6 avril 1922, *Bulletin de la Société française de Philosophie,* tome XVII, 1922, pp. 92-93

[12]op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.30

d'emblée afin d'éviter tout malentendu.

Jean Marc Lévy-Leblond écrit dans un article intitulé "l'arbre et la forêt : le mythe Einstein" :

> *L'exploitation des théories d'Einstein au profit du relativisme philosophique, savant ou populaire ("tout est relatif, comme dit Einstein"), témoigne de la même confusion et n'est pas pour rien dans la persistance du mythe.*[13]

Il est clair que cette remarque ne peut absolument pas s'appliquer à la première diffusion de la Relativité en France. Elle ne devient éventuellement pertinente, en ce qui concerne le "relativisme populaire", qu'avec la popularisation de cette théorie, après 1922.

Pour ce qui est du "relativisme savant", nulle part nous n'avons trouvé de confusion entre relativisme philosophique et relativité physique entre 1905 et 1922, tout au moins dans les écrits destinés à diffuser la nouvelle théorie. Il semble même qu'il y ait un procès d'intention à parler "*d'exploitation des théories d'Einstein au profit du relativisme philosophique savant*", puisque, dès 1911, la distinction est clairement établie d'emblée par Rey.

Il est vrai néanmoins que, lors de la séance de 1922, Meyerson fait remarquer, parlant du positivisme de Mach et du débat entre énergétistes et atomistes :

> *Il ne faut donc point s'étonner, la confusion que favorise l'emploi de terme un peu ambigu de relativité aidant, de voir les partisans de cette doctrine* (le positivisme) *chercher à s'appuyer sur les conceptions de M. Einstein, en proclamant que la relativité de l'espace prouve celle de notre connaissance dans tout ordre d'idées et nous montre par conséquent, combien il serait vain de vouloir pénétrer dans l'intérieur des choses, ainsi que prétendent le faire les théories atomiques.*[14]

Il y a donc bien eu récupération de la Relativité au profit de certaine conceptions épistémologiques, mais cette récupération est tout à fait volontaire et consciente ; elle ne résulte pas d'un malentendu mais

---

[13]in Lévy-Leblond, J.M., *L'esprit de sel. Science, politique, culture*, Paris, 1984, pp. 164-165.

[14]op. cit., séance du 6 avril 1922, p.110.

d'une extrapolation discutable, si ce n'est condamnable, car trahissant l'esprit de la théorie. Quoiqu'il en soit, cette récupération de la Relativité au profit du relativisme n'apparaît pas dans les écrits de vulgarisation avant 1922.

Lors de la séance de 1911, l'un des participants, Darlu, reviendra pourtant, malgré les mises en garde de Rey, sur cette question de la relativité et du relativisme, mais on ne peut pas dire qu'il fasse la confusion entre les deux, au contraire, il tient à marquer ce qui les différencie :

> *Je commence à comprendre. Il me paraît que ces conceptions scientifiques nouvelles introduisent dans la notion commune du temps un degré de relativité de plus. Nous savions déjà, surabondamment, que le temps est une idée relative, que, par exemple, subjectivement il y a au moins autant de durées différentes pour le même événement qu'il y a de consciences individuelles à le percevoir ; on découvre aujourd'hui que pour la mesure scientifique du temps, relativement objective, il peut y avoir des durées différentes du même événement.*[15]

Bien sûr, on pourrait reprocher à Darlu d'employer l'expression de "degré de relativité" alors qu'il ne s'agit pas d'une différence de degré mais bien de deux phénomènes de nature différente, mais on ne peut pas pour autant en conclure qu'il y a confusion entre relativisme et relativité, ni exploitation de la Relativité au profit du relativisme philosophique. Cela d'autant moins que Darlu n'emploie apparemment pas le terme de degré au sens de niveau mais plutôt au sens de paramètre d'un système, sans idée de hiérarchie.

Enfin, il faut souligner tout l'intérêt de cette réflexion qui s'accomplit pour ainsi dire sous nos yeux et qu'exprime le "je commence à comprendre". Nous ne sommes pas encore à l'étape de l'interprétation mais plus modestement à celle de l'effort sincère de compréhension.

Après avoir développé cette distinction entre relativité et relativisme dès le début de la séance, Rey ajoute :

> *c'est tout à fait indépendamment de nous et de nos mesures, bien que cela s'exprime en fin de compte dans nos mesures, que le temps que nous mesurons, que le diamètre solide que nous évaluons, seront en eux mêmes -et non*

[15] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 45.

nous paraîtront- plus grands ou plus courts d'après le mouvement qui entraînera la chose qui dure ou la chose dont nous mesurons le diamètre dans le sens du mouvement.[16]

Cette affirmation est beaucoup plus équivoque, en particulier l'expression "en eux mêmes". En effet, par définition, une chose en soi ne peut être plus grande ou plus courte, elle ne peut l'être que comparativement ou relativement à une autre. En fait, dans un référentiel en mouvement de translation uniforme par rapport à celui de l'observateur, le temps est réellement ralenti et les longueurs réellement contractées relativement au référentiel de l'observateur. Or il ne faut pas oublier que, là encore par définition ou même par nature, la Relativité est covariante, c'est à dire que la même chose peut-être dite si l'observé devient observateur. La façon dont s'exprime Rey revient à attribuer un rôle privilégié à un seul observateur dont les mesures décriraient la réalité en soi, alors qu'en fait elles décrivent la réalité de l'observateur ; une réalité parfaitement objective et positive mais qui ne peut être atteinte justement que grâce aux transformations de Lorentz et au postulat fondamental de la covariance de la Relativité.

Cette expression malheureuse "en eux même" est symptomatique du langage de ceux qui, ayant admis et compris la Relativité dès ses origines, veulent faire admettre son réalisme ; ce faisant ils emploient des expressions qui contredisent le postulat relativiste et conduisent à des paradoxes, tel celui des jumeaux dans lequel le voyageur est "en lui même" plus jeune que le sédentaire. Nous préciserons ce dernier point dans le chapitre sur "les temps de Langevin, Bergson et Guillaume".

4- Méta-référentiel ou Univers?

Dans la suite de la discussion, plusieurs intervenants abordent, sous des formes différentes, une même question, celle du troisième référentiel ou du méta-référentiel relativement auquel seraient mesurés les temps et les longueurs qui changent. Ainsi Le Roy suggère-t-il :

il me semble, est-ce une illusion? qu'il (Langevin) *parle presque toujours un langage de temps et d'espace absolus?*

[16] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.30

On dirait qu'il sous-entend un ordre vrai de succession entre les phénomènes...

Un peu plus loin, il est plus précis encore quand il dit :

dans le schème d'expérience que vous nous avez présenté, vous paraissez quelquefois sous-entendre aux deux systèmes de référence un système absolu qui serait l'éther...[17]

Plus tard, Brunschvicg aborde en fait le même sujet lorsqu'il dit :

vous ne substituez pas à la notion commune du temps la notion nouvelle du temps propre, vous les gardez toutes les deux. Vous n'êtes pas seulement un des horlogers liés à l'horloge, vous êtes fabricant d'horloges, c'est à dire que vous voudriez dominer les groupes divers d'observateurs, incapables d'accorder leurs montres, au lieu de vous confondre avec l'un d'eux,[18]

Enfin, Darlu revient lui aussi de façon très claire sur le même problème à la fin de la séance :

On nous parle de deux groupes d'observateurs qui mesurent, chacun de son côté, la durée d'une série de mouvements. Il y a nécessairement un tiers, un savant, si l'on veut, qui s'assure qu'il s'agit de la même suite de mouvements et qui, rapprochant les deux mesures, trouve qu'elles donnent des temps différents. (souligné dans le texte)[19]

Toute ces remarques, bien que dispersées au cours de la discussion, abordent en fait le même problème. Elles montrent qu'il y a là un point d'achoppement pour les philosophes vis à vis de la nouvelle théorie. Ce point d'achoppement n'est pas vraiment compris par le physicien qui n'y voit que la preuve d'une mauvaise compréhension de la théorie. Langevin est amené à répondre de façon lapidaire à de telles objections :

Chaque groupe d'observateurs a une horloge qui évalue le temps. Il n'y a pas lieu de se placer au point de vue d'un temps particulier.[20]

---

[17] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 41.
[18] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 43.
[19] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.44
[20] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.45.

Ou encore, de façon très limpide et éclairante :

Chaque groupe d'observateurs a son système de mesures aussi légitime que celui des autres, mais il n'est pas interdit à un groupe de raisonner en se plaçant au point de vue d'un autre. C'est seulement par des raisonnements de ce genre qu'on peut comprendre la signification du principe de relativité.[21]

Langevin explique encore un peu plus loin :

Il y a seulement à comprendre comment et pourquoi l'intervalle de temps entre deux mêmes événements peut être mesuré de manière différente par diverses horloges, également bien réglées, mais en mouvement les unes par rapport aux autres. L'unité se retrouve, non plus dans la notion de temps, mais dans la notion plus haute d'Univers, indépendante de tout système particulier de référence et dont le temps n'est qu'un aspect relatif, variable avec le mouvement de l'observateur, comme la perspective d'une même figure de l'espace n'est qu'un aspect relatif de cette figure, variable avec la position de l'observateur .[22]

Il peut sembler que cette notion d'Univers, introduite par Langevin et que la relativité permet d'atteindre (en fait cet espace-temps de Minkowski), est équivalent à ce référentiel privilégié dont parlent les philosophes. Mais il n'en est rien. l'Univers de Langevin n'a rien à voir avec un quelconque référentiel privilégié à partir duquel les physiciens s'assureraient que les mesures qu'ils font sur des événements à partir de référentiels en translation uniforme concernent bien, chaque fois, le même couple d'événements.

En fait, Langevin, dans son analogie avec la géométrie, ne parle pas de ce problème. Nous développerons cette analogie entre géométrie et relativité du temps et de l'espace dans le chapitre sur "la relativité de l'espace".

Langevin et les philosophes qui le questionnent ne parlent pas de la même chose ; celui-ci se place au niveau de la signification ultime de la Relativité qui permet de passer d'un point de vue particulier à une conception idéal d'Univers -ce qui faisait dire à Minkowski que le principe

---

[21] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 41.

[22] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 43.

de relativité est en fait le postulat du monde absolu- ; ceux-là se placent au niveau même des modalités pratiques des expériences de pensée qui permettent de concevoir la relativité du temps. Il y a donc malentendu, et l'explication de Langevin ne répond pas vraiment à cette question.

Ainsi, bien que les réponses de Langevin soient parfaitement convaincantes telles qu'elles sont exprimées, la question posée par les philosophes n'y trouvent pas une réponse satisfaisante, car le problème qu'elle pose n'est pas aussi simple que les réponses limpides de Langevin pouvaient le laisser supposer au premier abord. Il est possible que, pour un physicien, ces questions sur la façon de s'assurer que deux mesures distinctes, faites sur deux événements identiques, concernent bien deux événements identiques soient légitimement dénuées de pertinence. Il n'en demeure pas moins que la réponse apportée n'est pas non plus satisfaisante du point de vue de celui qui a posé la question.

Il y a là, semble-t-il, une incompréhension entre philosophes et physiciens qui ne provient pas seulement d'une mauvaise compréhension par les premiers de la Relativité mais aussi de la non perception, par les seconds, d'un problème difficilement contournable. Nous reviendrons longuement sur ce type d'équivoques dans le chapitre suivant en étudiant le cas précis de "la relativité de la simultanéité". On verra que ce problème peut soulever lui aussi la question d'un troisième référentiel.

5- Temps propre et temps relatif.

Une autre question revient à plusieurs reprises au cours de la discussion, elle concerne le temps, le temps propre et le temps relatif. Elle porte en filigrane l'expérience de pensée du voyageur et du sédentaire, mais Langevin ne l'expose pas explicitement comme il l'avait fait à Bologne, dans sa conférence précédente.

Nous examinerons cette question de façon plus approfondie dans le chapitre sur "Le temps de Langevin, Bergson et Guillaume" ; pour l'heure, nous nous contenterons de relever les arguments échangés et les problèmes soulevés.

Langevin affirme dans son exposé :

Appelons <u>temps propre</u> pour une portion de matière, l'intervalle de temps pour des observateurs qui lui sont liés

entre deux événements qui s'y succèdent, qui coïncident dans l'espace pour ces observateurs (...) Pour tous les autres systèmes de référence l'intervalle de temps sera plus grand (...) Cette existence du temps propre m'a permis de conclure que si un système matériel se meut avec une vitesse suffisamment grande, suivant un cycle fermé, par rapport à des observateurs O en mouvement uniforme, le temps propre qui sera écoulé pour lui entre le départ et le retour sera moindre que la mesure du même intervalle, faite par les observateurs O entre son départ et son retour.(souligné dans le texte)[23]

Il s'agit bien là de l'exposé succinct, sous une autre forme, du paradoxe dit de Langevin que celui-ci avait développé, de façon beaucoup plus détaillée, à Bologne.

L'exposé qui vient d'être cité est très proche de la façon dont Einstein lui-même abordait cette question dans son article historique de 1905 "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement".[24]

Or, il est remarquable que Langevin affirme " *cette existence du temps propre m'a permis de conclure...*", comme s'il était lui même l'inventeur de cette expérience de pensée.

Deux explications sont possibles. Soit Langevin fait preuve d'un certain manque de scrupule intellectuel, soit il n'a pas lu le mémoire d'Einstein de 1905 et arrive, par ses propres moyens, aux mêmes conclusions que lui.

Se pose alors la question de savoir qu'elles sont les sources de Langevin dans son étude de la relativité. A notre connaissance, le mémoire d'Einstein n'est ni publié ni traduit en France mais il semble douteux que Langevin n'ait pas consulté les *Annalen der Physik* pour préparer ses exposés et, à fortiori, son cours au Collège en France de 1910. La question reste ouverte.

A la fin de la séance de 1911, Langevin revient encore une fois sur cette question et précise alors clairement sa pensée :

La notion de vitesse de la lumière n'implique l'unité des temps que pour des observateurs immobiles les uns par

---

[23]op. cit., séance du 19 octobre 1911, pp. 26-27.

[24]Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1925, p. 27.

rapport aux autres, appartenant à un même groupe. Les nouvelles conceptions conservent cela. Mais les divergences apparaissent quand on compare les temps de deux groupes en mouvement l'un par rapport à l'autre. La lumière ne peut, conformément aux faits, se propager pour tous les groupes avec la même vitesse dans toutes les directions, sans nous obliger à admettre la relativité du temps.[25]

Jusque là, rien que de très classique, il s'agit d'un rappel banal des fondements de la Relativité. Langevin ajoute alors immédiatement:

La divergence se manifeste en particulier quand deux horloges sont liées, l'une à un système en translation uniforme qu'on peut considérer comme immobile et l'autre à un système en mouvement varié qui s'écarte du premier puis y revient. Des deux horloges l'une a vieilli plus que l'autre, celle qui reste ; si les deux horloges ont été réglées ensemble, l'une avancera sur l'autre après le mouvement.[26]

Ces deux citations de Langevin font partie d'un seul paragraphe. Pourtant, la situation physique envisagée dans la première partie de cet exposé est radicalement différente de celle mise en scène dans la seconde partie. Dans la première partie de son intervention, Langevin envisage des référentiels en mouvement rectiligne uniforme, dans ce cas la dilatation du temps constatée lors de la mesure du temps d'un référentiel dans un autre est parfaitement réciproque. Mais, dans la deuxième situation qu'il expose, si l'un des référentiels reste bien en translation uniforme, l'autre est en mouvement varié, c'est à dire circulaire ou accéléré. Langevin mentionne ce fait, (de même que dans son exposé préliminaire il parlait de système matériel se mouvant *"suivant un cycle fermé, par rapport à des observateurs en mouvement uniforme"*, distinguant là aussi mouvement uniforme et mouvement circulaire), mais il n'insiste pas sur ce point essentiel, laissant la porte ouverte à de regrettables confusions.

En effet, entre deux référentiels en mouvement de translation uniforme, les temps relatifs sont respectivement dilatés. La mesure d'un temps dilaté à partir d'un référentiel a son strict équivalent à partir d'un

---

[25] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 42.

[26] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.42.

autre référentiel ; or, selon Langevin, cette symétrie disparaît si l'un des référentiels n'est plus en translation uniforme. Mais pour son auditoire il n'est pas sûr que cette précision ait été reconnue à sa juste valeur. Il peut alors s'ensuivre des conclusions erronées sur le temps, conclusions qui sont à l'origine de la plupart des quiproquos liés au paradoxe dit des jumeaux, comme nous le montrerons dans le chapitre sur "les temps de Langevin, Bergson et Guillaume".

On peut aussi remarquer que, lorsque Langevin parle d'un "*référentiel en translation uniforme qu'on peut considérer comme immobile*", il prend une décision apparemment parfaitement légitime. En effet, en cinématique relativiste, depuis Galilée, le repos ou le mouvement ne sont que le fruit d'une pure décision arbitraire. Mais il n'en demeure pas moins qu'un système en translation uniforme ne peut-être considéré comme immobile en soi, ce qui reviendrait à réintroduire le repos ou le mouvement absolu. L'immobilité n'a de sens que relativement à un autre système de référence. Or, si cette immobilité est relative au système en mouvement, il va de soi que cette proposition peut-être inversée et que le référentiel immobile peut s'animer, mais dans ce cas, la symétrie des deux référentiels ne permet plus d'aboutir aux conclusions physiques de Langevin sur le temps, car ces conclusions nécessitent justement la non-symétrie des deux référentiels. Il devient alors nécessaire d'introduire un troisième référentiel relativement auquel le premier peut-être dit immobile. Ce troisième référentiel, relativement auquel une horloge est immobile et l'autre animée d'un mouvement accéléré fait penser à celui imaginé plus haut par les contradicteurs de Langevin. Nous pourrions montrer que, bien des années plus tard, la présence de ce troisième référentiel sera également implicite dans l'expérience de Hafele, en 1971 ; expérience destinée à montrer le moindre vieillissement d'une horloge atomique en mouvement dans un avion autour de la Terre. Mais cela nous éloignerait de notre sujet.[27]

6- Temps physique et temps physiologique.

Pour l'heure, en 1911, ces quiproquos ne sont pas exprimés, même

[27]nous développons ce point à la note 7 du chapitre sur "les temps de Langevin, Bergson et Guillaume".

si l'exposé de Langevin les rendaient dores et déjà possible. Ce qui va faire débat est en fait d'importance secondaire et trouve sa source dans la suite des propos de Langevin. En effet celui-ci ajoute :

> *mais nous sommes nous-mêmes des horloges. Si la vie d'un homme représente 30 000 rotations de l'horloge, il en sera toujours de même quelque soient la position et le mouvement de l'individu. Nous manquons sans doute là dessus d'expérience biologiques ; mais nous avons par contre des expériences magnétiques, optiques, mécaniques.*[28]

Curieusement, cette question de l'identité du temps physique et du temps biologique fait débat et semble, non pas naturelle mais, au contraire, d'une grande portée ; ce qui confirme le bien fondé de la volonté de Langevin, en formulant son expérience, de lutter contre une conception abstraite du temps physique. Langevin veut donner, en quelques sorte, de la chaire à la Relativité. C'est ainsi que Brunschvicg peut s'exclamer, après la remarque de Langevin :

> *ici la question devient plus intéressante encore ; mais je crois qu'elle dépasse la portée de l'expérience initiale. Il faudrait établir qu'au mouvement de l'horloge est lié la vie de l'horloger, que les phénomènes biologiques ou physiologiques sont sous la dépendance des phénomènes physiques qui servent à la mesure du temps. Dans ce cas, vous auriez en effet remanié, non plus le système de la mesure du temps, mais la conception même que le sens commun se fait du temps.*[29]

Une telle remarque justifie en effet les efforts de Langevin pour faire comprendre la portée de la relativité du temps, malgré les équivoques physiques que comporte son expérience de pensée.

Plus tard dans la discussion, cette question du vieillissement biologique revient sur le tapis. Darlu fait remarquer :

> *Le troisième observateur, le savant qui rapproche dans sa pensée les résultats des deux observations différentes constate que le nombre des heures n'est pas le même pour les deux horloges. Mais sa notion de l'heure en est-elle*

---

[28] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.42.

[29] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 42.

changée? Il faut bien qu'il attache le même sens au mot heure dans les deux cas, ou il ne constatera rien du tout. [30]

On aura remarqué qu'est introduit à nouveau ici le troisième référentiel à partir duquel sont menées les expériences de mesure du temps, mais ce n'est pas ce qui importe dans cette citation. Cette remarque de Darlu révèle que, pour l'heure, il n'a pas compris ce qu'est le temps propre et le temps relatif. Il imagine le physicien expérimentateur disposant d'un temps étalon qu'il peut appliquer à la mesure du temps dans d'autres référentiels pour évaluer de combien ce temps diffère de son temps étalon. Il en conclut que si une différence est constatée cela ne change rien au temps étalon, car s'il n'en était pas ainsi, le physicien ne pourrait plus constater aucun changement dans le temps des autres référentiels. En fait, Darlu applique au temps la remarque de Poincaré sur l'espace, selon laquelle, si l'ensemble de l'univers changeait brutalement d'échelle et nos instruments de mesure aussi, il serait impossible de s'en rendre compte. Cette remarque de Darlu est donc frappée au coin du bon sens, la dilatation du temps est bien mesurée relativement au temps propre de l'observateur. Mais le danger est alors de ne voir dans cette dilatation du temps qu'une illusion. C'est pour lutter contre cette erreur possible que Langevin avait développé son exemple. La réponse agacée de Perrin à Darlu exprime cela de façon lapidaire :

Mais on vous a dit qu'il y avait vieillissement.[31]

Darlu reprend alors la parole et formule une remarque qui montre l'importance de savoir si le temps et le vieillissement sont la même chose, car il en va de la compréhension de la dilatation du temps comme une réalité ou comme une illusion.

Darlu : on nous disait tout à l'heure, je crois, que l'application de ces considérations à la physiologie n'a pas été tentée. Mais soit! appelons vieillissement, si l'on veut, l'accélération de la marche des aiguilles de l'horloge. Je vois là un changement dans les faits observés ; je n'en vois pas dans l'idée même du changement, dans l'idée qu'un changement dure, commence à un moment et finit à un autre. Et c'est cette idée elle même qui permet de mesurer

---

[30] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.45.
[31] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p.45.

le changement dans un cas comme dans l'autre.[32]

Cette dernière remarque de Darlu est elle aussi très instructive sur les difficultés de compréhension de la Relativité. Que veut dire Darlu quand il parle "*d'idée même du changement*" qui permet "*de mesurer le changement*"? La seule façon de comprendre cette remarque est de considérer que pour lui, l'idée même du changement représente en fait le temps étalon dont nous parlions plus haut. Cette idée même du changement ne peut pas elle même changer si l'on veut pouvoir constater des changements dans la mesure du temps. Bien entendu, la Relativité ne se pose pas ce genre de problème, puisque pour elle le temps propre reste le temps propre quoiqu'il arrive, seul le temps relatif est dilaté. On pourrait prendre une analogie pour illustrer le point de vue de Darlu et celui des relativistes. C'est l'analogie de la bombe larguée par un avion - analogie que nous développons dans le chapitre sur "les temps de Langevin, Bergson et Guillaume" - on peut dire que Darlu se pose en fait toujours la même question de savoir qu'elle est la vraie trajectoire de la bombe tombant d'un avion. Est-ce celle observée depuis le sol ou celle observée depuis l'avion? Il recherche vainement le point de vue, le fameux troisième référentiel, qui puisse trancher ce faux problème. La bombe n'a pas de trajectoire en soi, elle en a une relativement à l'avion et une relativement au sol. Toutes deux sont réelles, aucune n'est illusoire, mais pour cela il faut préciser relativement à quel référentiel ce rapporte cette trajectoire, le sol où l'avion. Il est possible, depuis le sol, de déduire qu'elle est la trajectoire de la bombe depuis l'avion, bien que ce ne soit pas la trajectoire observée depuis le sol. Il en va de même pour le temps propre et le temps relatif. Ce que Darlu n'a pas encore compris, mais il le comprendra bientôt, en direct devant nous, lorsqu'il s'exclamera "*je commence à comprendre.*"

A la fin de la séance, Le Roy propose de s'entendre sur la définition du temps :

> *entre savants et philosophes, il faudrait une bonne fois s'entendre sur le langage à employer. Par exemple, les philosophes conviendraient de dire "temps" et les savants "heures".* [33]

Ce à quoi Perrin rétorque :

> *que les savants disent "vieillissement". C'est un mot auquel*

[32] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 45.
[33] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 46.

je tiens.

Le Roy : Il me paraît malheureux, car il fait intervenir en des questions de physique une image empruntée à la biologie. Pour parler le langage de M. Bergson, ce terme conviendrait à la durée, non au temps scientifique.

Darlu : L'heure est une partie du temps.

Le Roy : Voilà bien la confusion que je signalais. Oui, pour le philosophe, l'heure est un intervalle. Mais, pour le savant, ce n'est qu'une coïncidence, un alignement instantané. [34]

Cette ultime tentative de clarification opérée durant la séance de 1911 montre que le débat n'est pas clos. Le Roy souligne avec pertinence que le temps des physiciens est défini par la simultanéité, mais l'observation d'une simultanéité n'est qu'un moyen de mesurer la durée en calculant le rythme auquel se répètent ces "alignements instantanés", sinon on ne mesure pas le temps. Or, pour mesurer ce rythme, il faut déjà posséder un moyen de mesurer le temps, pour les physiciens cela ne pose pas de problème, ce moyen existe, c'est une horloge, ou plusieurs horloges, dont on admet que le mécanisme parfait et indéréglable est capable en toutes circonstances de nous renseigner sur le rythme de la succession d'événements simultanés. C'est ainsi que la Relativité prédit que ce rythme se ralentit s'il est mesuré depuis un système de référence dans un deuxième système en translation uniforme.

Lors de la séance de 1922, il sera à nouveau question du temps, par le biais d'une allusion au paradoxe de Langevin, dont il faut se rappeler qu'il a été longuement débattu lors des séances au Collège de France dans les jours qui ont précédés. C'est Painlevé qui affirme :

Il est certain qu'on ne peut trouver de contradiction logique dans la théorie de la Relativité restreinte, mais des difficultés considérables surgissent quand on passe d'un système d'inertie à un autre. Je tiens a bien signaler ces difficultés absolument essentielles et qui proviennent de ce que la correspondance entre le temps de l'observateur fixe et de l'observateur qui change de système d'inertie n'est plus univoque. Ce défaut de correspondance univoque empêche d'appliquer des raisonnements de réciprocité et

[34] op. cit., séance du 19 octobre 1911, p. 46.

crée une dissymétrie fondamentale. Je tiens à insister sur ce point, car je crois que personne - sauf M Langevin - ne l'avait remarqué suffisamment.

Et Langevin de remarquer :

Je tiens à signaler que ce défaut de symétrie, je l'ai fait ressortir en 1911 au Congrès de philosophie de Bologne, ainsi qu'à mon cours au Collège de France.[35]

A nouveau, on pourrait faire remarquer que ce problème était déjà posé par Einstein dans son mémoire de 1905, mais là n'est pas l'essentiel. Painlevé semble admettre le point de vue et la solution proposés par Langevin, auquel il rend hommage, et pourtant il emploie les expressions de "*difficultés considérables*" , de "*difficultés absolument essentielles*", qui laissent clairement entendre que, pour lui, le problème n'est pas réglé, même si la théorie ne présente pas de "*contradiction logique*".

Langevin reprend à son compte l'expression de "*défaut de symétrie*". Ce défaut de symétrie est une évidence puisque, dans l'expérience du voyageur de Langevin, l'un des référentiels a subi une accélération sans équivalent dans l'autre référentiel. Cette dissymétrie est le seul moyen de comprendre le moindre vieillissement du voyageur par rapport au sédentaire sans que la réciproque ne soit vraie.

Il n'est pourtant pas sûr que lorsque Painlevé parle de "changement de système d'inertie", il attribue le même sens que Langevin au "défaut de symétrie" qui en résulte.

En fait, dans ce court échange entre Painlevé et Langevin, il apparaît à nouveau que les deux hommes ne parlent pas de la même chose. Painlevé continue, comme lors des discussions du Collège de France, d'envisager deux référentiels d'inertie entre lesquels la mise en évidence d'un "défaut de symétrie" dû au changement de système d'inertie de l'observateur en mouvement présente bien une difficulté considérable, alors que Langevin souligne l'importance de ce "défaut de symétrie" qui n'est que la conséquence du fait que l'un des référentiels n'est pas en mouvement uniforme mais en mouvement quelconque. On retrouve ici, sous une forme très atténuée, le quiproquo que nous développons plus longuement dans le chapitre sur "le temps de Langevin, Bergson et Guillaume".

Pourtant, personne ne rebondira sur cette question, surtout pas

[35] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 98.

Einstein. Chacun devant penser qu'il n'y avait rien à ajouter sur le sujet, après les longs débats du Collège de France.

7- L'intuition du temps et la Relativité.

Au court de cette même séance de 1922, on prie Bergson de bien vouloir prendre la parole. Celui-ci expose alors assez longuement quelques unes des thèses qu'il développera dans *Durée et simultanéité*. Bergson commence par montrer comment nous avons l'intuition d'un temps universel selon le raisonnement suivant :

> *Chacun de nous se sent durer (...) Mais notre vie intérieure comprend des perceptions, et ces perceptions nous semblent faire partie tout à la fois de nous-mêmes et des choses. Nous étendons ainsi notre durée à notre entourage matériel immédiat. Comme, d'ailleurs, cet entourage est lui-même entouré, et ainsi de suite indéfiniment, il n'y a pas de raison, pensons-nous, pour que notre durée ne soit pas aussi bien la durée de toute chose.*[36]

Puis Bergson explique que la simultanéité est elle même une donnée intuitive. C'est une perception instantanée de deux événements qui

> *sont un et deux tout à la fois : un, en tant que mon acte d'attention est indivisible , deux en tant que mon attention se répartit cependant entre eux et se dédouble sans se scinder*[37].

Pour Bergson, l'intuition de la simultanéité est absolue en ce sens

> *qu'elle ne dépend d'aucune convention mathématique, d'aucune opération physique telle qu'un réglage d'horloge.*[38]

Enfin, après avoir rappelé la définition de la simultanéité selon Einstein, Bergson fait remarquer que cette définition ne peut se passer de la notion intuitive de simultanéité, car :

> *si cette simultanéité n'existait pas, les horloges ne serviraient à rien. (...) personne n'en achèterait. Car on*

---

[36] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 103.
[37] op. cit., séance du 6 avril 1922,p. 104.
[38] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 104.

n'en achète que pour savoir l'heure qu'il est ; et "savoir l'heure qu'il est" consiste à constater une correspondance, non pas entre une indication d'horloge et une autre indication d'horloge, mais entre une indication d'horloge et le moment où l'on se trouve, l'événement qui s'accomplit.[39]

Et Bergson de conclure :

Ce que je veux établir est simplement ceci : une fois admise la théorie de la relativité en tant que théorie physique, tout n'est pas fini. (...) Il reste à chercher jusqu'à quel point elle renonce à l'intuition, jusqu'à quel point elle y demeure attachée. Il reste à faire la part du réel et la part du conventionnel dans les résultats auxquels elle aboutit (...). Pour ce qui concerne le temps, on s'apercevra, je crois, que la théorie de la relativité n'a rien d'incompatible avec les idées du sens commun.[40]

Que peut répondre Einstein à une telle démonstration et surtout à une telle conclusion? En fait il ne se laisse pas entraîner sur le débat autour du temps et du sens commun. Il simplifie exagérément la question en résumant en une phrase la thèse de Bergson :

La question se pose donc ainsi : le temps du philosophe est-il le même que celui du physicien? [41]

Einstein répond alors à la question qu'il a lui même reformulée :

Le temps du philosophe, je crois, est un temps psychologique et physique à la fois ; or le temps physique peut être dérivé du temps de la conscience. [42]

Il montre ensuite comment l'homme est naturellement porté à passer de la notion de la simultanéité des perceptions à la simultanéité des événements eux mêmes. Il ajoute alors :

Mais rien dans notre conscience ne permet de conclure à la simultanéité des événements, car ceux-ci ne sont que des constructions mentales, des êtres logiques. Il n'y a donc

---

[39] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 106.

[40] op. cit., séance du 6 avril 1922, pp. 106-107. Nous développerons beaucoup plus longuement ces objections philosophiques dans le chapitre "Relativité et image du monde".

[41] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 107.

[42] op. cit., séance du 6 avril 1922, p. 107.

pas un temps des philosophes; il n'y a qu'un temps psychologique différent du temps des physiciens. [43]

Einstein admet ainsi volontiers que la Relativité ne change rien à notre perception du temps vécu, mais il refuse d'admettre avec Bergson que le temps de la Relativité n'ait rien d'incompatible avec le sens commun, car le temps vécu n'est en fait qu'un cas particulier du temps des physiciens. Il s'agit du temps propre mesuré à l'intérieur d'un référentiel considéré comme en mouvement uniforme.

Einstein en déniant toute existence au temps qu'il nomme "temps du philosophe", veut signifier qu'il refuse l'idée d'une conception du temps qui contiendrait à la fois le temps vécu et le temps du physicien, il refuse au philosophe le droit d'adopter un point de vue privilégié qui selon lui n'existe pas.

Pour Einstein, la conception du temps que permet d'atteindre la Relativité, bien que la mesure de ce temps soit le fait d'une convention, n'a rien de conventionnel mais décrit la réalité, même si cela ne change rien à notre perception commune du temps. Bien sûr la réponse d'Einstein à Bergson est plus allusive que l'interprétation que nous en faisons, mais il faut sans doute y voir de la courtoisie vis à vis de son interlocuteur et non un doute quelconque quant à la fausseté de la conclusion de Bergson.[44]

En 1911 le débat sur le temps portait sur l'identité entre temps physique et temps biologique, en 1922 il porte sur un point plus subtile : est-ce-que la conception relativiste du temps remet en cause sa conception intuitive? Or la réponse n'est pas simplement oui ou non, car la Relativité ne remet pas en cause notre perception quotidienne du temps, mais cela ne veut pas dire que cette intuition ne soit pas fausse. Il importe pour Einstein de faire reconnaître que cette intuition est trompeuse car la Relativité n'est pas une convention mais une théorie expérimentale et réaliste.

Mais il ne faut pas exagérer la portée de ce débat de 1922. À cette date, un large consensus s'est déjà réalisé, au moins chez les physiciens,

---

[43] op. cit., séance du 6 avril 1922 p. 107.

[44] Faisant allusion à ce débat entre Bergson et Einstein, Jacques Maritain remarque que "la tranquillité avec laquelle il (Einstein) déclarait à la Société de philosophie, à la suite de l'éloquente intervention de M. Bergson, que les événements ne sont que des contructions mentales, montre(nt) que sa manière de penser est entièrement dominée, sinon par le système kantien, du moins par les principes spirituels et les grandes préconceptions de l'idéalisme transcendantal." in Maritain, J., "De la métaphysique des physiciens, ou de la simultanéité selon Einstein", *La Revue universelle*, tome X, 9, 1922, p. 427.

autour de la Relativité et de sa signification. Le point de vue défendu par Bergson est assez isolé, il est néanmoins révélateur du fait qu'un véritable débat autour de la question du temps ne peut être confisqué par les physiciens.

Contrairement à la séance de 1911, qui soulevait les nombreuses questions qui se posent lorsqu'un esprit non averti aborde pour la première fois la Relativité, celle de 1922 met en scène des points de vues déjà cristallisés. Ce qui ne veut pas dire que les objections apportées par Bergson ne méritent que le mépris ; nous y reviendrons dans les chapitres sur "les temps de Langevin, Bergson et Guillaume" et "Relativité et image du monde".

Ainsi, la séance de 1911 présente un intérêt historique sans doute plus grand que celle de 1922 quant à son rôle dans la diffusion de la Relativité hors des milieux scientifiques. Elle pose d'emblée un certain nombre de questions fondamentales. Celle de la nature du temps sera vite dépassée et oubliée car c'est une fausse question. On ne voit pas l'ombre d'un argument qui permette de distinguer entre le temps biologique et le temps physique. Ce problème n'existe ni pour le physicien ni pour le philosophe. Il s'agit en fait d'un problème apparent, lié à une conception du temps trop peu soumise à examen. Il ne s'agit pas non plus d'un problème lié à une conception du temps dérivée du sens commun, car on ne voit pas en quoi le sens commun pourrait refuser l'identité du temps physique et biologique, au contraire il pousse plutôt à cette identification.

Il n'en va pas de même pour les autres sujets - en particulier celui concernant le troisième référentiel - ni des problèmes posés par le paradoxe de Langevin. Même si, lors de cette séance de 1911, la nature paradoxale de cette expérience n'est pas soulevée. Mais c'était peut être beaucoup demander à des hommes qui pour la plupart découvraient la Relativité.

Toute ces questions, nous allons maintenant pouvoir les reprendre et les approfondir dans les chapitres qui suivent, afin de mieux cerner les écueils qui guettent la première diffusion de la Relativité en France, non plus du fait du contexte de cette diffusion mais du fait de la nature même de la nouvelle théorie.

Chapitre 7

La relativité de la simultanéité.

Le concept de simultanéité est central dans la théorie de la relativité restreinte. Il devient crucial dans l'exposé de cette théorie à des non-physiciens. Dans ce chapitre, nous commencerons par étudier les conséquences, sur la compréhension de la théorie, de la façon dont la relativité de la simultanéité est établie et de la place qui lui est accordée dans un tel exposé. Nous reviendrons sur ce concept à propos de la définition du temps par Poincaré et Einstein. Nous verrons enfin, dans le chapitre sur "Relativité et image du monde", comment la négation du concept communément admis de simultanéité est un obstacle majeur à l'élaboration d'une image du monde.

Des problèmes de compréhension, des malentendus et des équivoques peuvent survenir soit du fait des méthodes d'exposition retenues par les diffuseurs de la Relativité, soit parce que le diffuseur et son public ne s'entendent pas sur les concepts utilisés. Le chapitre précédent sur "la Société française de philosophie et la Relativité" en fournit plusieurs exemples.

Sans chercher à établir une hiérarchie entre les bons et les mauvais diffuseurs, ni entre les publics réceptifs et ceux hermétiques à la nouvelle théorie mais, au contraire, en essayant de comprendre la logique du raisonnement du diffuseur et celle du récepteur, nous voudrions rechercher, en quelque sorte, le lieu et le moment où se noue le malentendu, en pratiquant une étude de cas à propos de la relativité de simultanéité.

Ces malentendus peuvent être extrapolés, à la lecture des articles ou des livres présentant la nouvelle théorie, mais ils se révèlent surtout clairement lors des débats oraux entre ceux qui diffusent la Relativité et ceux qui cherchent à la comprendre. Là encore, les séances de la Société française de philosophie nous ont fourni et nous

fournirons de nombreux exemples. Le décalage que l'on constate alors entre les questions posées et les réponses apportées montrent que, si bien souvent les questions dénotent une mauvaise compréhension de la Relativité, les réponses montrent aussi une mauvaise compréhension des questions posées.

Il semble que ce phénomène d'incompréhension réciproque se manifeste avec une particulière acuité à propos de la relativité de la simultanéité. Le problème est moins de savoir de quoi l'on parle lorsque l'on affirme que la simultanéité est relative mais plutôt dans le choix du moment de l'introduction de cette notion dans un exposé sur la Relativité et donc de la façon dont on fait admettre cette relativité.

Il faut remarquer que la question de savoir où placer la relativité de la simultanéité dans un exposé didactique est une question qui se pose depuis les débuts de la diffusion de la Relativité. Lorsque cette notion est présentée à l'aide de l'expérience de pensée imaginée par Einstein à un public qui connaît déjà le problème que pose la conciliation du principe de relativité et de la constance de la vitesse de la lumière, cela engendre des questions légitimes chez l'auditeur ; mais, lorsque la relativité de la simultanéité est introduite d'emblée, cette méthode, tout en évitant ces questions, en suscite d'autres. Si elle est simplement mentionnée comme une conséquence de la nouvelle théorie, alors elle n'est plus qu'un truisme. Nous voudrions montrer que le choix de la place de la relativité de la simultanéité dans un exposé sur la Relativité procède en fait d'une stratégie visant à faire admettre cette théorie par une modification progressive des conceptions classiques du temps. Cette stratégie permet d'éviter certaines objections mais est incapable de les éviter toutes.

1- Les pédagogies de la Relativité

Quelle stratégie adopter pour exposer la théorie de la relativité restreinte à un public de non-physiciens? Cette question se pose depuis la naissance de cette théorie.

C'est une question qui était même plus importante à l'époque de la première diffusion de la Relativité qu'à présent, car alors cette nouvelle théorie entrait en conflit avec les conceptions traditionnelles de l'espace et du temps, et ce, d'une façon plus brutale qu'aujourd'hui,

du fait justement de la totale nouveauté de cette nouvelle conception de l'espace et du temps.

Einstein lui-même s'est intéressé de près à cette question de la diffusion de sa théorie, il a estimé que le meilleur cheminement pour comprendre sa théorie était de suivre la progression que lui même avait suivie lors de son élaboration[1].

Aujourd'hui encore, une réflexion est menée sur la pédagogie de la Relativité. Nous présenterons très rapidement l'état de cette réflexion, car elle montre que la question posée en commençant, concernant les stratégies de présentation de la Relativité, n'a pas perdu de sa pertinence. Le point crucial reste bien, semble-t-il, hier comme aujourd'hui, celui de la place de la relativité de la simultanéité dans cette exposition de la Relativité. Or l'importance de cette question n'est pas toujours clairement perçue.

Dans un article publié en français, en 1979, dans le *Livre du centenaire d'Einstein*, Geoffrey Dorling tentait de faire le point sur "Les approches de l'enseignement de la relativité restreinte".[2]

L'auteur parle d'enseignement et non de vulgarisation ; cette distinction, qu'il dit aller de soi, n'est pourtant pas aussi évidente qu'elle en a l'air. La seule distinction que l'auteur retienne, entre enseignement et vulgarisation, est l'emploi ou non des mathématiques. Or cet emploi des mathématiques dépend du but pédagogique que l'enseignant se donne mais n'influe pas de façon déterminante sur la capacité à faire comprendre les enjeux et les résultats de la théorie de la relativité restreinte. De ce point de vue, il n'y a pas de différence fondamentale entre enseignement et vulgarisation. En revanche, si l'on considère que l'enseignement a atteint son objectif lorsque l'enseigné est capable de reproduire ou d'appliquer ce qu'il a appris, alors dans ce cas, en effet, les mathématiques sont indispensables ; mais chacun sait que l'on peut appliquer et reproduire sans avoir compris.

---

[1]Cette remarque concerne plus le livre d'Einstein, *La théorie de la relativité restreinte et généralisée*, Paris, 1921, que son article sur "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne" pour les *Archives des sciences physiques et naturelles* en 1910. Nous reviendrons sur cet article qui insiste prioritairement sur la négation de l'éther dans le chapitre : "Un éther peu volatil".

[2]Dorling G., "Approches de l'enseignement de la relativité restreinte", in *Einstein, le livre du centenaire*, Hier et demain, Paris, 1979, pp 247 à 262.

Pour appuyer son affirmation Dorling cite Éric Rogers qui, dans *Physics for the Inquiring Mind*[3], écrit :

> *La relativité étant une construction mathématique, les exposés vulgarisant qui tentent de l'expliquer sans mathématique sont quasiment voués à l'échec.*[4]

Pourtant, le même Rogers ajoute, dans le même ouvrage, toujours cité par Dorling mais plus loin dans son article :

> *Pour comprendre la relativité vous devrez soit en suivre intégralement l'algèbre dans des textes classiques, soit (...) étudier les origines et les résultats finaux, en faisant confiance aux traitement mathématique intermédiaire.*[5]

Ainsi les mathématiques retrouvent-elles leur juste place dans la théorie de la relativité restreinte ; comme le dit encore Rogers, celle d'un "langage", ou mieux d'un "serviteur intelligent" qui trouve les réponses aux questions posées si on lui fournit toute l'information dont on dispose et les hypothèses que l'on désire faire. Une telle conception machiniste du rôle des mathématiques est sans doute beaucoup trop restrictive et critiquable, mais elle n'est pas fondamentalement fausse dans le cas de la relativité restreinte. Il n'en va évidemment pas de même pour toutes les théories physiques et en particulier pour la relativité générale.

Quoi qu'il en soit, Dorling distingue trois grandes approches possibles.

La première part de l'évocation de la controverse sur l'entraînement de l'éther, puis, passant par l'expérience de Michelson et Morley et l'invariance de la vitesse de la lumière, en déduit le nouveau principe de relativité étendu aux phénomènes électromagnétiques. Cette première approche, historique, peut être intitulée l'approche par le courant d'éther. C'est celle adoptée par Einstein dans son article de 1910, ou par Castelnuovo dans son article de 1911[6]

---

[3]Rogers E. M., *Physics for the Inquiring Mind,* Princeton University Press, Addison Wesley, New York, 1968, cité par Dorling G., op. cit., pp 247 .

[4]Rogers E. M., cité par Dorling G., op. cit., p 247 .

[5]Rogers E. M., cité par Dorling G., op. cit., p 255.

[6]Einstein, A., "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles* en ,1910, pp.5-28 et 125-144; Castelnuovo, G., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", *Scientia,* XVII, 1911, pp. 51-75.

La seconde approche juge superflue ce rappel historique, elle part alors directement de la constatation expérimentale de la constance de la vitesse lumière pour tout observateur, quel que soit son mouvement relatif à la source de lumière. De ce fait découle la théorie de la relativité restreinte car, pour qu'une vitesse soit constante quelque soit l'état de mouvement du référentiel par rapport auquel elle est mesurée, cela nécessite de réviser les conceptions ordinaires de l'espace et du temps dont le rapport de l'un sur l'autre permet d'exprimer une vitesse.

La troisième approche est une approche par la dynamique, laissant de côté l'aspect cinématique. C'est une approche plus expérimentale, s'appuyant sur les images obtenues dans les accélérateurs de particules. Bien entendu une telle approche n'est possible que depuis que de telles expériences existent.

Il existe en fait une quatrième approche, l'approche géométrique. Dans ce cas, les questions, primordiales pour les physiciens, de constance de la vitesse de la lumière et même de relativité, peuvent ne pas être introduites, car elles découlent logiquement d'une bonne compréhension de la géométrie de l'espace temps de Minkowski. Dans son article, Dorling ne considère pas l'approche géométrique comme étant une quatrième possibilité de présenter la Relativité, mais simplement comme un des moyens d'en aborder le contenu mathématique sans utiliser l'algèbre. Il ajoute d'ailleurs que la géométrie de Minkowski n'est pas la seule possible ; il y en a en fait de nombreuses autres, et il cite comme exemple les diagrammes de R.W. Brehme que celui-ci utilise dans son *Introduction of the Théorie of Relativity.*[7]

Quoiqu'il en soit, de ces trois approches selon Dorling, les deux premières ne diffèrent pas essentiellement, en ce sens que la Relativité découle toujours de la constatation de la constance de la vitesse de la lumière quel que soit le référentiel d'inertie relativement auquel elle est mesurée. Néanmoins, la première approche, en insistant sur la nécessité d'abandonner le concept d'éther, prépare sans doute mieux le néophyte à admettre le principe de la constance de la vitesse de la lumière car, dans le cas contraire, l'éther, même s'il est négligé, joue implicitement le rôle de référentiel privilégié relativement auquel est mesurée cette vitesse et interdit donc de comprendre qu'elle puisse être

[7] R.W. Brehme, *Introduction of the Théorie of Relativity,* cité par Dorling, op. cit., p. 257.

constante par rapport à n'importe quel référentiel en mouvement uniforme.

Si Einstein souligne bien, dès l'introduction de son article de 1905 "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement", que tout le problème réside dans la conciliation de deux principes apparemment contradictoires, le principe de relativité et celui de la constance de la vitesse de la lumière, il introduit dans l'exposition de sa théorie, c'est à dire dans la démonstration du fait que ces deux principes peuvent être conciliés moyennant une modification de nos conceptions du temps et de l'espace, une démonstration intermédiaire absolument essentielle, celle de la relativité de la simultanéité. Cette démonstration est faite uniquement à l'aide de concepts classiques mais elle permet de surmonter la contradiction entre les deux principes initiaux. Les nouvelles conceptions de l'espace et du temps induites par la théorie ne sont qu'une conséquence nécessaire de cette démonstration. Cette démarche est celle suivie, à quelques détails près, aussi bien dans son mémoire de 1905 que dans son livre de vulgarisation intitulé : *La relativité*, datant de 1921, pour l'édition française, et de 1917 pour l'édition allemande.

2- Comment Einstein expose sa théorie, de l'article original à sa formulation pour le profane.

La question de la relativité de la simultanéité est abordée de façon très variable dans les ouvrages de vulgarisation de la Relativité. Elle n'occupe pas toujours la place centrale qui devrait être la sienne, ou plutôt la place première qui lui revient. Il s'ensuit qu'elle n'est pas toujours comprise, son rôle est souvent minimisé. Elle apparaît comme une conséquence évidente de la relativité du temps ou des longueurs, alors que dans la méthode suivie par Einstein, c'est elle qui permet d'admettre cette relativité..

Mais, d'autre part, cette méthode d'exposition de la Relativité en commençant par ce qu'Einstein lui-même appelle "la définition si naturelle de la simultanéité"[8], c'est à dire une définition selon le sens commun, pose à son tour de redoutables problèmes de compréhension

[8]Einstein, A.,*La relativité*, Gauthiers-Villars, Paris, 1956, réimpression par la Petite Bibliothèque Payot, 1986, p 36.

pour le profane, car c'est justement cette méthode naturelle, ou "douce", qui doit l'amener à accepter des conclusions que le sens commun réfute.

L'exposition de la théorie de la relativité, dans l'enseignement ou la vulgarisation, ne suit donc pas toujours la façon exacte dont Einstein lui même a cru bon de l'exposer. Or, l'ordre de cette exposition respecte bien le cheminement de la pensée d'Einstein qui affirme, dans l'introduction à son livre de vulgarisation *La relativité* :

> *L'auteur n'a pas ménagé sa peine pour présenter les idées fondamentales d'une manière aussi claire et simple que possible et, en gros, dans l'ordre et la connexion dans lesquels elles ont réellement pris naissance.*[9]

Il est évident que suivre la genèse d'une théorie physique dans l'esprit d'un physicien n'est pas toujours le meilleur moyen pour en faire l'exposition. Il n'en demeure pas moins qu'Einstein lui-même, en vulgarisant sa théorie, a considéré que cet ordre présentait un intérêt pédagogique.

Il est vrai que cet argument n'est pas déterminant mais un autre vient alors l'étayer. Dès l'origine de la diffusion de la Relativité vers des milieux non-scientifiques, des équivoques ont surgi, des incompréhensions se sont manifestées qui sont pour partie dues aux méthodes choisies pour exposer cette nouvelle théorie.

Le cas de la relativité de la simultanéité est particulièrement symptomatique de ce phénomène, mais il n'est pas le seul, le paradoxe de Langevin, dont l'origine se trouve dans l'article de 1905, en est un autre exemple. Nous nous intéresserons ici exclusivement au problème de la simultanéité.

Pour commencer, il n'est pas inutile de rappeler l'ordre suivi par Einstein pour exposer sa théorie, d'abord dans son article de 1905 puis dans son livre à destination d'un large public.

Dans l'article de 1905, Einstein commence par une introduction dans laquelle il rappelle que l'électrodynamique de Maxwell conduit à des asymétries qui ne sont pas inhérentes aux phénomènes décrits par la théorie.[10].

---

[9]Einstein, A.,*La relativité*, pp 5 et 6.

[10]C'est le problème de l'aimant et du conducteur en mouvement relatif dont la solution diffère si l'on se place du point de vue de l'aimant ou du conducteur alors qu'il s'agit du même courant électrique

Il rappelle ensuite l'impossibilité de mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport au milieu où se propage la lumière, il peut écrire alors :

> *ce n'est pas seulement dans la mécanique qu'aucune des propriétés des phénomènes ne correspond à la notion de mouvement absolu, mais aussi dans l'électrodynamique. (...) Nous voulons élever cette conjecture (dont le contenu sera appelé dans ce qui suit "principe de relativité") au rang d'une hypothèse et introduire en outre la supposition, qui n'est qu'en apparence incompatible avec ce principe, que la lumière se propage toujours dans le vide avec une certaine vitesse c indépendante de l'état de mouvement de la source lumineuse.*[11]

La première partie de cette citation fait allusion aux résultats négatifs des expériences de Michelson et Morley qui prouvent que la lumière émise par une source terrestre se propage dans toutes les directions avec la même vitesse. Dans cette expérience, la source et l'observateur sont en repos relatif. Ce fait est en conformité avec les exigences du principe de relativité mais en contradiction avec l'hypothèse d'un éther au repos absolu. Cette expérience entraîne, pour Einstein, la nécessité d'abandonner le concept d'éther luminifère au repos. En revanche, la seconde partie de cette citation, la supposition que la vitesse de la lumière est une constante indépendante du mouvement de la source, introduit la notion de mouvement relatif de la source et de l'observateur. Cette constance de la vitesse de la lumière quelque soit le mouvement relatif de la source et de l'observateur est "en apparence incompatible avec le principe de relativité". La conciliation de ces deux principes nécessitera une cinématique nouvelle. Or, dans ce cas de figure où la source et l'observateur sont en mouvement relatif, l'hypothèse de la constante de la vitesse de la lumière n'est pas la seule possible, ni la plus simple à concilier avec le principe de relativité. L'expérience de Michelson apporte la certitude que la vitesse de la lumière ne dépend pas de l'état de mouvement de la source et de l'observateur par rapport à l'éther, mais elle ne prouve pas que cette vitesse est indépendante du mouvement relatif de la source et de l'observateur. Admettre que la vitesse de la lumière peut être

---

[11]Einstein, A., *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1925. p 7.

composée avec la vitesse relative de la source et de l'observateur selon la règle galiléenne de l'addition des vitesses est l'hypothèse alternative à celle d'Einstein. C'est l'hypothèse balistique[12]. Cette hypothèse respecte le principe de relativité, en ce sens que si la vitesse de la lumière n'est plus une constante, ses variations ne font que renseigner sur un état de mouvement relatif et en aucun cas sur un mouvement absolu. En d'autres termes, la variation de la vitesse de la lumière ne permet pas de décider qui de la source ou de l'observateur est réellement en mouvement. Cette hypothèse permet de respecter la cinématique classique, en revanche elle n'est pas conciliable avec la théorie ondulatoire de la lumière. Si Einstein fait l'hypothèse de la constance de la vitesse de la lumière quelque soit le mouvement relatif de la source et de l'observateur, c'est que c'est la seule qui soit compatible avec la théorie électromagnétique de la lumière. De plus, pour Einstein, si la loi de la propagation de la lumière dans le vide est une loi générale de la nature, alors cette loi doit rester valable quel que soit le système de référence dans lequel elle est vérifiée, afin que soit respecté le principe de relativité. Autrement dit , pour Einstein, la constance de la vitesse de la lumière est une conséquence du principe de relativité et donc de l'abandon de l'éther. Il semble que ce soit cette considération, plus que toute autre donnée empirique ou théorique, qui lui ait fait poser cette hypothèse au rang de principe.

Cette explicitation des affirmations d'Einstein aide à comprendre certaines objections qui peuvent être faites à l'encontre de la suite de son raisonnement, car il n'est incontestable que dans ce cadre défini d'emblée. Cette remarque n'est une évidence que si l'on admet que la cinématique relativiste en est une, ce qui n'est pas le cas, surtout à l'époque que nous étudions

L'article est ensuite divisé en deux parties, la première partie traite de cinématique et la seconde de dynamique, nous ne considérerons que la première partie.

Elle débute par une définition de la simultanéité. La place de la simultanéité est primordiale au sens propre car, selon Einstein, c'est elle qui permet de définir le temps. Il n'y a pas d'autre définition physique du temps qui soit opérationnelle. Ce n'est donc pas un hasard mais bien cette nécessité qui pousse Einstein à commencer son article de 1905 "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement" par une

---

[12]Elle est exposée par Castelnuovo, op. cit., p. 59.

première partie intitulée "partie cinématique" et commençant par une "définition de la simultanéité".

C'est ainsi qu'il est amené à écrire d'emblée :

> *Si nous voulons décrire le mouvement* (souligné par l'auteur) *d'un point matériel, nous exprimons les valeurs de ses coordonnées en fonction du temps. Il ne faut pas perdre de vue qu'une telle description mathématique n'a de sens physique qu'à condition de se rendre préalablement compte de ce qu'il faut entendre ici par "temps". Il convient en effet de noter que tous nos jugements dans lesquels le temps joue un rôle sont toujours des jugements sur des événements simultanés.*(souligné par l'auteur) [13]

Cette définition est fondamentale, car c'est bien de la relativité de la simultanéité que découlera la relativité de l'espace et du temps, si l'on veut bien suivre la démarche d'Einstein lui-même.

Or, définir la simultanéité revient à synchroniser des horloges au repos. Le temps, selon Einstein, est défini par cette opération même de synchronisation. Cette synchronisation se fait au moyen de rayons lumineux dont il faut admettre par convention qu'ils parcourent toujours des distances égales en des temps égaux.

Autrement dit, simultanéité, synchronisation et temps ont la même signification physique. Ainsi Einstein peut-il écrire :

> *Le "temps" d'un événement est l'indication simultanée à ce dernier d'une horloge se trouvant au repos à l'endroit où cet événement se produit et qui est synchrone avec une certaine horloge au repos ; elle doit de plus être synchrone avec la même horloge pour toutes les déterminations du temps. (...)*
>
> *Ce qui est essentiel, c'est de définir le temps au moyen d'horloges au repos dans un système au repos ; à cause de cette relation étroite avec le système au repos, nous appellerons le temps que nous venons de définir "temps du système au repos".*[14]

---

[13]Einstein, *sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, 1925, p. 8.
[14]Einstein, *sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, 1925, p 12.

Dans ce premier paragraphe, il n'est donc question que de définir le temps dans un système de coordonnées, il n'est pas encore question de relativité.

Le second paragraphe de la première partie de l'article d'Einstein s'intitule : "De la relativité des longueurs et des temps".

Tout son raisonnement va reposer sur l'application des deux principes fondamentaux que sa théorie permet de concilier : le principe de relativité, c'est à dire l'indépendance des lois physiques vis à vis de l'état de mouvement du système, et la constance de la vitesse de la lumière quelque soit la vitesse de la source ou la vitesse du référentiel relativement auquel elle est mesurée, cette deuxième proposition n'étant que l'application du principe de relativité. Autrement dit, on peut résumer les deux postulats d'Einstein en un seul : la vitesse de la lumière est constante, quelque soit le référentiel relativement auquel cette vitesse est mesurée ; ce qui revient à dire que la mesure de la vitesse de la lumière ne peut rien nous apprendre sur l'état de repos ou de mouvement de ce référentiel ; il s'agit bien du principe de relativité.

Einstein démontre la relativité de la simultanéité dans ce paragraphe improprement intitulé : "De la relativité des longueurs et des temps". Improprement, car s'il annonce bien qu'il montrera ultérieurement que les longueurs sont relatives, il ne le fait pas encore dans ce paragraphe. Seul le lecteur qui connaît déjà les conclusions d'Einstein peut en effet déduire, de son exposé sur la relativité de la simultanéité, celle des longueurs. En fait, pour montrer la relativité de la simultanéité, Einstein n'a pas besoin d'emblée de la relativité des longueurs. Dans son livre à destination d'un plus large public, il distinguera clairement l'établissement de la relativité de la simultanéité de celle des longueurs, cette dernière devenant une conséquence nécessaire de la première. Néanmoins, ce rapprochement fait en 1905 entre ces deux relativités montre que ces problèmes sont inextricablement liés, ils ne peuvent être compris qu'ensemble, en quelque sorte simultanément, dans une vision synoptique. Les dissocier, pour simplifier le propos et montrer qu'il sont la conséquence l'un de l'autre, rend l'exposition de la théorie plus claire mais engendre également les questions que nous développons plus loin.

Dans le troisième paragraphe de son article de 1905, Einstein peut alors écrire les transformations de Lorentz nécessaires pour passer d'un référentiel à un autre. Alors seulement, il explicite les conséquences physiques de ce qu'il vient d'établir sur l'espace et sur le

temps. Il termine cette partie cinématique en énonçant le nouveau théorème de l'addition des vitesses.

Dans son livre de vulgarisation, Einstein suit en fait le même plan, si l'on veut bien admettre que les six premiers chapitres ne sont destinés qu'à préparer le lecteur à ce qui va suivre, en clarifiant ses idées sur la mécanique classique.[15]

Einstein peut alors aborder la chapitre crucial du livre : le chapitre sept, dans lequel il énonce le problème, à savoir l'apparente incompatibilité entre le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière ; ce chapitre correspond à l'introduction de son article de 1905. Pour se faire comprendre, il prend l'exemple d'un rayon lumineux dont la vitesse est mesurée depuis une voie de chemin de fer, puis depuis un wagon en mouvement sur cette voie. Le théorème galiléen de l'addition des vitesses montre que la vitesse de ce rayon ne peut pas être la même relativement à la voie et relativement au wagon. Or, affirme Einstein, ce fait est en contradiction avec le principe de relativité puisque la vitesse de la lumière est une loi générale de la nature qui doit rester la même quel que soit le référentiel choisi. Tout porte à penser que le principe de relativité est absolument général, il s'ensuit que c'est la loi de propagation de la lumière qui doit être changée, "mais le développement de la physique théorique a montré que ce chemin n'était pas praticable"[16]. Par cette phrase Einstein suggère que l'hypothèse balistique exposée plus haut permettrait de concilier le principe de relativité avec cette autre loi de la propagation de la lumière, mais c'est pour la rejeter aussitôt car elle est en contradiction avec les développements de la physique théorique. La conciliation de la constance de la vitesse de la lumière et du principe de relativité est donc une nécessité, c'est elle qui constitue l'objet de la théorie de la relativité.

La suite du livre suit le plan de l'article de 1905, mais sans introduire la notion de relativité des longueurs dans l'établissement de la relativité de la simultanéité. Le chapitre 8,"Sur la notion de temps en physique", donne une définition de la simultanéité et donc du temps, ce

---

[15]Clarification qui porte sur ce qu'est le contenu physique d'une proposition géométrique, ce qu'est un système de coordonnées, ce que sont l'espace et le temps pour la mécanique, ce qu'est un référentiel galiléen, ce que dit le principe de relativité dans la mécanique classique, quel est le théorème de l'addition des vitesses en mécanique classique.

[16]Einstein, A., *la relativité,* 1986, p.28.

point est développé dans le chapitre sur "Le temps selon Poincaré et Einstein". Le chapitre 9, montre "La relativité de la simultanéité", nous y revenons longuement dans le paragraphe suivant ; le chapitre 10 tire les conséquences de la relativité de la simultanéité sur "La relativité de la notion de distance spatiale". Le lien entre longueur et temps vient du fait que, selon Einstein, mesurer une longueur revient à déterminer le moment où les extrémités de la longueur à mesurer coïncident avec les extrémités de l'instrument de mesure, c'est à dire la règle. Autrement dit, mesurer une longueur est une opération équivalente à la détermination d'une simultanéité. S'il y a dislocation de la simultanéité entre des référentiels en mouvement relatif, il s'ensuit nécessairement une discordance sur la mesure des longueurs. Le Chapitre 11 introduit "La transformation de Lorentz". Le chapitre 12 sur "Le comportement des règles et de horloges en mouvement", tire les conséquences physiques de ce qui est établi dans les chapitres précédents, à savoir, la contraction relative des longueurs et la dilatation relative du temps. Le chapitre 13,"Le théorème de l'addition des vitesses, l'expérience de Fizeau", énonce la solution apportée au problème posé dans le chapitre 7 ; c'est le point d'orgue de cette partie cinématique, car dès lors le principe de relativité et celui de la constance de la vitesse de la lumière ne sont plus contradictoires. En 1905, Einstein n'avait pas vu le lien entre ce nouveau théorème de l'addition des vitesses et l'expérience de Fizeau, nous reviendrons sur ce point dans le chapitre sur "Principe et théorie". À partir du chapitre 14, il s'agit d'un commentaire de la théorie.

Ainsi Einstein commence-t-il par démontrer la relativité de la simultanéité c'est à dire celle du temps et des longueurs, pour ensuite tout naturellement, cette démonstration étant admise, concilier le principe de relativité et le postulat de la constance de la vitesse de la lumière qui dès lors ne sont plus contradictoires.

La conciliation de ces deux principes apparaît alors comme la conséquence logique de sa démonstration ; c'est à dire que la relativité du temps et de l'espace n'apparaît pas comme une hypothèse ad hoc introduite pour concilier ces deux principes.

Ce point est fondamental d'un point de vue épistémologique.

Pour autant, la démarche suivie n'apporte rien de nouveau ; elle ne fait que tirer les conséquences logiques de cette affirmation, posée comme un axiome, selon laquelle la vitesse de la lumière est constante

quelque soit la vitesse de translation du système de référence relativement auquel elle est mesurée. Pour que cela soit possible, étant donné qu'une vitesse est le rapport d'une distance sur le temps, ce sont bien les termes de ce rapport qu'il faut modifier si l'on veut conserver une vitesse constante.

Toute la remarquable habileté d'Einstein est de commencer par faire admettre à l'aide d'une expérience de pensée n'utilisant que des notions classiques les modifications relatives des distances et du temps. Il peut alors en déduire un nouveau théorème de l'addition des vitesses vérifiant que la vitesse de la lumière reste constante et concilier ainsi les deux principes initiaux.

3- Qelques arguments critiques quant à l'établissement de la relativité de la simultanéité.

Ce rappel étant fait, il est désormais possible d'analyser en quoi la question de la simultanéité peut poser des problèmes de compréhension de la théorie suivant la place qu'on lui accorde dans un exposé sur la Relativité ; mais surtout du fait de la manière dont cette relativité est établie.

On peut brièvement résumer la façon dont Einstein met en évidence la relativité de la simultanéité en utilisant l'expérience de pensée mise en scène au chapitre 9 de son livre à destination du grand public[17]. Soit une voie ferrée portant deux point A et B et leur milieu M où se trouve un observateur ; soit un train circulant de gauche à droite sur cette voie et portant deux points A' et B', déterminant un segment d'égale longueur à AB, et leur milieu M' où se trouve un second observateur. Deux éclairs frappant les points A et B ou A' et B' sont considérés comme simultanés s'il sont perçus simultanément en M ou M'. Si ces éclairs ont lieu au moment précis où A coïncide avec A' et B avec B', ces mêmes événements sont simultanés pour M mais ne le sont plus pour M' qui s'est déplacé durant le temps que les signaux ont mis pour se propager vers M et M'. Durant ce laps de temps, M' s'est rapproché de B et éloigné de A.

Cette expérience de pensée est satisfaisante pour qui reste strictement dans le cadre voulu par Einstein ; elle suscite de nombreuses

---

[17]Einstein, *la relativité,* 1986, chap. 9, pp. 34-36.

questions pour qui veut lui donner un contenu physique concret, sans encore posséder les clés de la Relativité. Nous allons montrer tour à tour comment cette expérience peut être interprétée dans l'un et l'autre cas.

Tout d'abord, cette expérience est si simple que les résultats qu'elle entraîne sur les longueurs et le temps sont difficiles à admettre. Après tout, il suffit que l'observateur en M' ne soit pas au milieu de AB pour que les événements A et B ne lui semblent plus simultanés, alors qu'ils le sont pour l'observateur en M qui est au milieu de AB.

Or, dans l'exemple d'Einstein, il s'agit exactement de cela. La simultanéité est disloquée simplement parce que, du fait du mouvement du train entre le moment où les éclairs sont émis et celui où leur lumière parvient en M, M' s'est déplacé vers B et n'est donc plus au milieu de AB.

Il s'agit là d'une conséquence de la spatialisation du temps. Dès lors, la simultanéité n'est plus qu'une question de point de vue, elle peut parfaitement se disloquer sans qu'il soit aucunement besoin de changer la conception classique du temps.

D'autre part, face à une telle expérience de pensée, celui qui a déjà pris connaissance des difficultés soulevées par la conciliation du principe de relativité et de la constance de la vitesse de la lumière ne peut s'empêcher de se poser un certain nombre de questions. Ces questions dépendent de la façon dont ont été compris les deux principes initiaux. Si dans l'esprit du lecteur la conciliation de ces deux principes apparaît toujours comme impossible, ce qui est normal, puisque la démonstration de la relativité de la simultanéité est la première étape vers la conciliation de ces principes, alors les questions suivantes surgissent légitimement. La vitesse de la lumière relativement au train est-elle la même que relativement à la voie? Ou encore, l'origine de l'éclair se trouve-t-il dans le référentiel voie ou dans le référentiel train? Ces questions tombent si l'on admet que la vitesse de la lumière est constante quel que soit le mouvement relatif de la source et de l'observateur, mais dans l'exemple concret pris par Einstein c'est justement ce qui reste à prouver.

Pour Einstein ces questions ne se posent pas, puisqu' il s'agit de constater que deux événements simultanés par rapport à la voie ne le sont plus par rapport au train ; la vitesse de la lumière peut être alors remplacée par n'importe quel objet se déplaçant de telle sorte qu'il aille aussi vite de A en M que de B en M, ce qui permet, par convention, de définir la simultanéité et donc le temps. C'est à dire que cette définition

conventionnnelle de la simultanéité et la mise en évidence de sa relativité peuvent être faites en négligeant complètement les problèmes que pose l'électrodynamique. En 1910, Einstein écrit d'ailleurs très clairement :

> *On pourrait se servir d'ondes sonores qui se propageraient entre A et B, (...) Il est indifférent de choisir tel genre de signaux plutôt que tel autre.*
> Mais il ajoute de façon très significative :
> *Cependant, parmi tous les genres de signaux que l'on peut employer, nous donnerons notre préférence à ceux où l'on fait usage de rayons lumineux se propageant dans le vide, car, le réglage exigeant l'équivalence du chemin d'aller avec celui du retour,* (ici Einstein parle en fait de la synchronisation, des horloges, nous y revenons dans la chapitre suivant) *nous aurons alors cette équivalence par définition, puisque, en vertu du principe de la constance de la vitesse de la lumière, la lumière dans le vide se propage toujours avec la vitesse c.* [18]

Si l'on admet que l'acceptation de la constance de la vitesse de la lumière contient en fait l'acceptation de la théorie de la relativité et de sa cinématique propre, on admettra que dans cette déclaration Einstein reconnaît qu'il a besoin, pour établir cette cinématique, d'utiliser le résultat qu'il cherche à établir.

Bien sûr, du point de vue d'Einstein, dans son expérience de pensée, le référentiel par rapport auquel est mesuré la vitesse de la lumière n'a pas d'importance ; la seule chose qui compte c'est d'admettre que AM et BM sont couverts dans le même temps. En fait, chercher à savoir quelle est la vitesse de la lumière par rapport au train ou à la voie témoigne toujours de préoccupations de la mécanique classique, du type : la lumière se déplace-t-elle dans un milieu immobile par rapport à la voie ou entraîné par le wagon etc..? Mais toutes ces questions ne sont définitivement résolues que lorsque la Relativité a été admise.

D'autre part, pour Einstein, que les deux éclairs proviennent de flashs installés au bord de la voie ou aux extrémités du train cela ne change rien au résultat de sa démonstration. Quelque soit l'origine physique des éclairs, le train ou la voie, s'ils sont simultanés pour

---

[18]Einstein, A, "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles*, XXIX, 1910, pp. 23-24.

l'observateur de la voie ils ne le sont plus pour celui du train, mais il n'en va pas forcément de même pour son lecteur.

Comme le suggère Einstein, on pourrait remplacer le train et la voie par un bateau et un quai et les éclairs par deux pierres tombant dans le canal ; la simultanéité étant définie par la rencontre des ondes créées par la chute des deux pierres, si cette chute est simultanée pour l'observateur du quai elle ne l'est plus pour l'observateur du bateau qui avance vers la pierre jetée devant lui et fuit la pierre jetée derrière lui. À vrai dire, dans cette analogie, l'eau du canal joue le rôle de l'éther, or Einstein n'a pas besoin de ce milieu pour expliquer la relativité de la simultanéité. Néanmoins cette analogie permet de comprendre que l'expérience de pensée d'Einstein reste valable même avec un milieu ondulant, nous y reviendrons.

Pourtant, dans son expérience de pensée telle qu'il la présente dans son petit livre de vulgarisation, Einstein prend bien soin de préciser que le train est aussi long que la voie et que les deux référentiels s'interpénètrent intimement. Il éprouve alors le besoin de préciser dans cet ouvrage :

> *Nous pouvons, sans commettre des erreurs fondamentales, faire abstraction du fait que ces structures, à cause de l'impénétrabilité des corps solides, devraient en réalité se détruire mutuellement.*[19]

Or, Einstein a besoin de ce cas de figure pour éviter le problème qui se pose à propos du rayon lumineux qui suivrait la voie puis, à un certain moment, pénétrerait dans le train, tout en conservant relativement à celui ci la même vitesse que relativement à la voie. Ce que son exemple cherche justement à rendre compréhensible.

Dans l'expérience imaginée par Einstein on peut éviter de se poser ce problème, puisque durant toute la démonstration le rayon lumineux est à la fois le long de la voie et dans le train. En fait cela ne change rien, mais le problème est comme masqué, il n'apparaît pas clairement. En quelque sorte, si l'on se laisse guider par Einstein, on oublie de se le poser.

Mais l'objet de la démonstration de la relativité de la simultanéité étant justement de prouver que la vitesse de ce rayon lumineux est la même mesurée du train ou de la voie, cela revient à dire

---

[19]Einstein, *La relativité,* 1986, p.41.

qu'Einstein utilise, au cours de sa démonstration, le résultat que cette démonstration doit prouver. Il y a là une sorte de raisonnement circulaire : la vitesse de la lumière est constante puisque la vitesse de la lumière est constante.

Mais il n'en est rien si l'on admet qu'Einstein a bien démontré auparavant la relativité du temps, à ceci près que pour démontrer la relativité du temps il utilise justement cet exemple du train et de la voie.[20]

Cette analyse de l'expérience de pensée utilisée par Einstein permet de comprendre qu'elle soulèvera, de façon légitime chez un public qui n'a pas encore compris que la constance de la vitesse de la lumière nécessite l'abandon de l'éther, le problème du troisième référentiel par rapport auquel serait mesurée la vitesse de la lumière, puisque Einstein ne précise pas de quel référentiel il s'agit ; et pour cause, puisque pour lui, par principe, la vitesse de la lumière est constante quel que soit le référentiel dans lequel elle est mesurée. C'était bien un des sens des questions posées à Langevin lors de la séance de la Société française de philosophie en 1911, nous allons y revenir.

Pourtant, on peut montrer que l'expérience de pensée d'Einstein reste pertinente, même si l'on persiste à imaginer un milieu ondulant. En quelque sorte, dans l'exemple du bateau et du quai, le troisième référentiel est celui du canal dans lequel se propagent les ondes de la chute des pierres. Dans ce cas, le canal est immobile relativement au quai, mais si l'on imagine une péniche remplie d'eau et se déplaçant sur le canal, si, par ailleurs, les deux pierres dont nous avons parlé tombent dans l'eau contenue dans la péniche, la chute de ces deux pierres apparaîtra simultanée sur la péniche mais successive pour l'observateur du quai. Autrement dit, l'exemple d'Einstein marche dans

---

[20]Jacques Maritain fait une remarque très proche mais philosophiquement plus sévère, lorsqu'il écrit " en réalité on ne cherche nullement à définir la simultanéité, on suppose la simultanéité déjà connue, on fait appel pour cela à la notion (confuse mais véridique) que le sens commun nous en donne; et l'on cherche un moyen ou une méthode de constater par des mesures sensibles si cette simultanéité est réalisée ou non dans tel cas. Mais une fois qu'on a inventé une telle méthode, on déclare qu'elle constitue la définition même, la seule définition de la simultanéité qui présente un sens (pour le physicien, et sans doute aussi pour le non-physicien!). Et l'on substitue brutalement cette "définition" factice à la notion de sens commun qu'elle suppose, et qui va (...) se retrouver renversée par elle : ce qui fait un bel exemple de prestigitation logique." in Maritain, J., "De la métaphysique des physiciens, ou de la simultanéité selon Einstein", *La Revue universelle*, tome X, 9, 1922, p. 432.

les deux cas, il n'est pas besoin de déterminer si la vitesse de la lumière est mesurée relativement au train ou à la voie.

De même, il n'est pas besoin de savoir si les éclairs frappent le train ou la voie, ni s'ils sont issus du train ou de la voie. Si l'on reprend l'exemple du quai et de la péniche, les deux pierres peuvent être lâchées du quai ou de la péniche, cela ne change rien au problème. Il est même possible de concrétiser la contraction des longueurs et la dilatation du temps en imaginant les deux pierres lâchées de l'extrémité de deux perches situées à la proue et à la poupe de la péniche. Pour que la chute de ces deux pierres soit simultanée pour la péniche qui avance relativement au canal, en admettant toujours que la simultanéité est définie par la rencontre des deux ondes de choc, le marinier doit soit raccourcir la perche qui est à sa poupe, c'est à dire derrière lui, soit lâcher cette même pierre plus tôt que celle qui est à sa proue, c'est à dire devant lui. Il y a dans cette opération une sorte de figuration imparfaite de la contraction des longueurs et de la dilatation du temps.

Néanmoins les difficultés soulevées par la démonstration de la relativité de la simultanéité expliquent sans doute qu'en 1910, Einstein ait choisi de commencer par insister sur la nécessité d'abandonner l'éther, abandonnant ainsi tout référentiel privilégié relativement auquel serait mesurée la vitesse de la lumière. Cette démarche évite nombre de questions soulevées plus haut, pourtant ce n'est pas celle qu'Einstein retiendra finalement dans son ouvrage de 1917.

4- La Relativité exposée par Langevin

Il est utile d'analyser aussi la façon dont Langevin expose la relativité de la simultanéité en 1911, au Congrès de philosophie de Bologne, étant donné que c'est cet exposé qui fera connaître la Relativité en France. D'ailleurs, à la séance de la Société française de philosophie de la même année, comme il a déjà été dit, c'est encore Langevin qui expose cette théorie et, de l'aveu même des participants, elle n'est connue que par cet effort de diffusion du savant français. On verra alors que les objections faites à Langevin permettent de comprendre les malentendus inévitables qui existent entrent ceux qui exposent la Relativité et ceux qui reçoivent cet exposé.

Langevin commence par affirmer que la notion d'espace et de temps est purement empirique ; il n'y a pas d'espace et de temps à priori.

Or l'électromagnétisme exige justement une nouvelle conception de l'espace et du temps qui n'est plus celle de la mécanique rationnelle. Puis il fait un développement sur la valeur des théories physiques, prenant comme exemple l'atomistique qui a fini par s'imposer ; or aujourd'hui, dit-il, l'enjeu est de savoir si l'on veut ou non conserver l'admirable synthèse de l'électromagnétisme, cette synthèse étant entrée en conflit avec la mécanique du fait de l'impossibilité de démontrer un mouvement par rapport à l'éther.

> *Il faut choisir : si nous voulons conserver une valeur absolue aux équations de la mécanique rationnelle, au mécanisme, ainsi qu'à l'espace et au temps qui leur correspondent, il nous faut considérer comme fausses celles de l'électromagnétisme, renoncer à la synthèse admirable dont j'ai parlé plus haut (...). Si nous voulons au contraire conserver l'électromagnétisme, il faut adapter notre esprit aux conceptions nouvelles qu'il exige pour l'espace et le temps et envisager la mécanique rationnelle comme n'ayant plus que la valeur d'une première approximation lorsqu'il s'agit de mouvement dont la vitesse ne dépasse pas quelques milliers de km/s.*[21]

C'est après cette longue présentation du problème que Langevin commence à montrer la solution que celui-ci trouve dans la théorie d'Einstein.

Il introduit tout d'abord la notion d'espace temps à quatre dimensions de Minkowski, c'est à dire de ligne d'univers, et seulement alors il aborde la question de la simultanéité.

Il affirme alors que la simultanéité absolue vient de l'hypothèse implicite d'une causalité instantanée.

Il affirme ensuite, à l'instar d'Einstein, que la notion de distance, dépendant de la simultanéité de la mesure, elle a également un sens absolu.

Langevin remarque ensuite que deux événements successifs peuvent toujours coïncider dans l'espace par rapport à un autre référentiel, ce qui n'est pas le cas pour le temps, car l'intervalle dans le temps des deux événements a un sens absolu.

C'est cette dissymétrie qui disparaît avec la Relativité.

---

[21],Langevin P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, p. 37.

Langevin expose ensuite le cas de couple d'événements dans l'espace et de couple d'événements dans le temps.

Langevin appelle un couple d'événements dans l'espace deux événements qui sont séparés par une distance plus grande que le chemin parcouru par la lumière pendant leur intervalle de temps. Dans ce cas, l'ordre de succession de ces événements dépend du système de référence choisi. Cet ordre peut-être inversé, ce qui est sans conséquence, puisqu'il ne peut y avoir de relation de cause à effet entre ces deux événements.

Dans le cas d'un couple d'événements dans le temps, la distance qui les séparent est inférieure au trajet de la lumière durant leur intervalle de temps. Ici, l'ordre de succession de ces événements à un sens absolu et ne peut-être inversé, quel que soit le référentiel d'où sont observés ces événements, car il peut y avoir entre eux un lien de causalité. Ces deux événements ne peuvent coïncider dans le temps mais peuvent coïncider dans l'espace suivant le référentiel choisi.

Cette explication de Langevin est passablement complexe et en tout cas beaucoup moins claire que celle d'Einstein. Cette explication appelle en fait les questions que lui poseront certains philosophes sur le fait que l'on ne peut pas être sûr qu'il s'agit d'un même couple d'événements, sauf à admettre l'existence d'un troisième référentiel, privilégié, garantissant qu'il s'agit bien d'un couple d'événements. Nous reviendrons plus loin sur cette objection fondamentale déjà signalée.

Langevin termine son exposé en décrivant ce qui deviendra le paradoxe des jumeaux.

Devant la Société française de philosophie, Langevin reprend à peu près le même ordre d'exposition mais il commence son exposé par une affirmation qui montre bien le rôle central que doit jouer la question de la simultanéité dans la Relativité:

> *... La question du temps ; pour beaucoup de philosophes, cette notion se confond avec celle de la succession des états de conscience d'un même individu, des événements qui s'enchaînent dans une même portion de matière ; les physiciens ont à envisager des événements qui se passent en des points différents et en particulier à préciser la notion de simultanéité. Ils se sont demandé ce qu'on entend par simultanéité et par succession de deux événements distants dans l'espace. Nous verrons qu'une grande partie des*

résultats récents concerne la réponse à cette question. Au point de vue des conceptions habituelles de la mécanique, la simultanéité ou ordre de succession de deux événements distants dans l'espace a une signification absolue, indépendante des observateurs ; dans les conceptions nouvelles, au contraire, cette signification est purement relative : deux événements simultanés pour certains observateurs ne le sont pas pour d'autres en mouvement par rapport aux premiers ; deux événements qui se succèdent dans un certain ordre pour les premiers observateurs peuvent se succéder dans l'ordre opposé pour les seconds. Le temps du philosophe correspond à la succession d'une série très particulière d'événements, ceux qui s'enchaînent dans une même portion de matière ou dans une même conscience et se confond, au point de vue de la mesure, avec ce que nous appellerons le "temps propre" de cette portion de matière ; nous aurons à nous poser la question de comparer les temps propres de diverses portions de matière en mouvement les une par rapport aux autres.[22]

Dans ce paragraphe, Langevin résume clairement la méthode qu'il va utiliser pour exposer la théorie. En particulier, il introduit ces fameux couples d'événements observés dans deux référentiels en mouvement relatif ; ce qui provoquera les questions des philosophes sur la méthode utilisée pour s'assurer qu'il s'agit bien du même couple d'événements.

Chez Langevin, ces couples d'événements jouent le rôle des éclairs lumineux chez Einstein, et les deux référentiels en mouvement relatifs de Langevin correspondent au train et à la voie d'Einstein. Hormis le fait que l'exposé d'Einstein est plus concret et moins difficile à suivre que celui de Langevin, les questions que ce dernier va susciter pourraient tout aussi bien être posées à l'exposé Einstein.

---

[22]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, *Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, pp .2 et 3.

5- Nouveaux malentendus.

Il est possible maintenant d'analyser concrètement comment ces efforts pour diffuser la théorie de la relativité restreinte vont être reçus par un public de non-scientifiques. Nous prendrons à nouveau l'exemple d'un public de philosophes qui est le premier à se pencher sur la nouvelle théorie, avant qu'elle n'atteigne, plusieurs années plus tard, le grand public.

Lors de la séance du 19 octobre 1911 de la Société française de philosophie, la question de l'hypothétique troisième référentiel, nécessaire pour s'assurer que les événements observés dans les deux référentiels de l'expérience de pensée d'Einstein sont bien les mêmes, sera posée à deux reprises. Il faut, en effet, revenir maintenant sur cette question déjà mentionnée dans le chapitre précédent, afin de déterminer dans quelle mesure elle provient de la façon d'exposer la théorie et dans quelle mesure elle provient d'une mauvaise compréhension de cette théorie.

La question est posée une première fois par Le Roy. Cette question est d'autant plus cruciale que, dans sa façon d'exposer la Relativité, Langevin, comme il est dit plus haut, rend ce problème pour ainsi dire incontournable. Rappelons les termes du dialogue déjà cité :

> _ *Permettez moi d'exprimer une impression dont je ne puis me défendre. (...) Il me semble -est-ce une illusion?- qu'il* (Langevin) *parle presque toujours un langage de temps et d'espace absolus. On dirait qu'il sous -entend un ordre vrai de succession entre les phénomènes...*
>
> *Langevin: _ Un ordre propre à chaque groupe d'observateurs.*
>
> *Le Roy: _ Là est la question. Je voudrais la voir posée rigoureusement en termes de temps et d'espaces relatifs. Dans le schème d'expérience que vous nous avez présenté, vous paraissez quelquefois sous-entendre aux deux systèmes de référence un système absolu qui serait l'éther...*
>
> *Langevin: _ J'ai soin de dire pour chaque raisonnement par quels observateurs je le suppose fait. Je dis par exemple que des observateurs O voient simultanés deux*

événements qui sont vus successifs par d'autres observateurs O'.

Le Roy : _ Soit. Les premiers observateurs voient simultanés les signaux lumineux et se disent que les seconds observateurs ne doivent point les voir tels. En quelle mesure y a-t-il là autre chose que la théorie, faite du point de vue des premiers observateurs, d'une illusion inévitable des seconds?

Langevin :_ Il ne saurait être question ici d'illusion. Chaque groupe d'observateurs à son système de mesure aussi légitime que celui des autres, mais il n'est pas interdit à un groupe de raisonner en se plaçant au point de vue d'un autre. C'est seulement par des raisonnements de ce genre qu'on peut comprendre la signification du principe de relativité.[23]

Cet échange est significatif des difficultés que soulève l'expérience de pensée choisie par Langevin pour définir la simultanéité et donc le temps.

Pourtant, les réponses de Langevin sont convaincantes, à l'issu de l'échange la question peut sembler éclaircie.

Mais il n'en est rien, puisqu'un peu plus tard elle est abordée à nouveau sous un autre angle par Darlu. Il faut à nouveau revenir sur son dialogue avec Langevin.

Darlu :_ Je ne prétends pas apporter une objection, mais je voudrais signaler une difficulté qui m'embarrasse et m'empêche de concevoir la portée philosophique de ces considérations scientifiques. On nous parle de deux groupes d'observateurs qui mesurent, chacun de son côté, la durée d'une série de mouvements. Il y a nécessairement un tiers, un savant, si l'on veut, qui s'assure qu'il s'agit de la même suite de mouvements et qui rapprochant les deux mesures, trouve qu'elles donnent des temps différents. Ce tiers a donc dans son esprit une notion déterminée du mouvement, une notion déterminée du temps qu'il applique également aux deux expériences. Les expériences diffèrent, mais en quoi sa notion du temps est-elle changée? Par

[23]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", op. cit., p 41.

hypothèse même elle est la même puisqu'elle lui permet de rapprocher, de comparer les deux expériences, d'en énoncer les résultats(...)

Langevin :_ Chaque groupe d'observateurs a une horloge qui évalue les temps. Il n'y a pas lieu de se placer au point de vue d'un temps particulier.

Darlu :_ Le troisième observateur, le savant qui rapproche dans sa pensée les résultats des deux observations différentes constate que le nombre des heures n'est pas le même pour les horloges. Mais sa notion de l'heure en est-elle changée? Il faut bien qu'il attache le même sens au mot heure dans les deux cas, ou il ne constatera rien du tout.[24]

De cet échange on peut retenir, comme il a été dit au chapitre précédent, la réponse de Langevin, laconique et d'une belle simplicité, contenant l'essence même de la Relativité.

Pourtant, il ne répond pas complètement aux remarques de Darlu. Il n'est pas nécessaire de revenir sur le concept de temps étalon esquissé par Darlu dont il a été aussi question dans le chapitre précédent ; mais quand il dit : *il y a nécessairement un tiers (...) qui s'assure qu'il s'agit de la même suite de mouvements*, Darlu énonce une difficulté de principe tout à fait fondamentale qui ne peut être balayée d'un revers de la main.

Si cette condition n'est pas remplie, le reste de l'expérience perd toute pertinence et, pour que cette condition soit remplie, il faut en effet choisir un troisième référentiel. Si l'on se contente, comme le répète Langevin, de dire dans quel référentiel on se trouve, il n'y a plus aucune garantie que l'on parle bien des mêmes événements.

En quelque sorte, l'expérience suppose une sorte de méta-référentiel. Dès lors, il y aura un méta-temps et un méta-espace. Il s'agit toujours de la même difficulté, celle qu'Einstein occultait en supposant le train aussi long que la voie, afin que la question ne se pose pas.

Il est évident que le problème disparaît si l'on admet que la relativité du temps et de l'espace est une nécessité consécutive à la constance de la vitesse de la lumière quel que soit le mouvement de la source. Encore une fois, toutes ces explications ne deviennent pleinement compréhensibles qu'une fois admise la cinématique

[24]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", op. cit., pp 44 et 45.

relativiste, or ces explications sont bien destinées à faire admettre cette cinématique nouvelle.

6-Un saut épistémologique

C'est bien la démarche suivie par Einstein et Langevin qui aboutit aux problèmes soulevés aux paragraphes 3 et 5 de ce chapitre ; cette démarche prétendant établir la relativité du temps à partir d'expériences de pensée n'utilisant que des notions communément admises. Il est alors naturel que l'esprit se refuse à admettre les conclusions révolutionnaires qui en découlent et cherche des solutions respectant le sens commun.

La démarche n'est plus du tout la même si le point de départ est d'admettre que la vitesse de la lumière est constante quel que soit le référentiel relativement auquel elle est mesurée car, dans ce cas, cette affirmation est déjà en elle même tellement absurde que la simplicité de la solution apportée par Einstein en devient confondante. L'esprit ne peut qu'adhérer à une telle solution qui rend limpide un problème apparemment insoluble. Ce n'est qu'après, comprenant toutes les conséquences en chaîne de ce qu'il vient d'admettre que le vertige le reprend, mais il est alors dans une telle clarté que plus rien ne peut lui faire abandonner la Relativité qui apporte une solution si simple.

Les philosophes, en 1911, sont dans le premier état d'esprit décrit plus haut. À l'évidence Langevin est dans le second. C'est pourquoi les réponses de ce dernier, dans leur laconisme, emporte si facilement l'adhésion. Pourtant, cet état d'esprit de Langevin l'empêche de voir la pertinence de certaines remarques qui lui sont faites ; remarques dont la pertinence n'atteint d'ailleurs pas la théorie elle même mais bien la façon dont elle est exposée, y compris, comme nous l'avons montré, dans l'article originel d'Einstein en 1905.

On est en face, au sens propre, d'un saut épistémologique qu'il n'est sans doute pas possible de franchir à pas mesurés, à petits pas ou progressivement.

Toute démarche progressive, partant de l'expérience commune, engendre ses propres objections issues de l'expérience commune et qui sont, dès lors que l'on reste sur ce terrain, imparables.

Pour franchir cette étape il faut un véritable saut. Une fois ce pas décisif accompli, toutes les explications, y compris les plus triviales,

mènent au résultat désormais admis et, plus encore, les objections apportées aux raisonnements qui tentent de faire admettre ce résultat sont interprétées comme un signe d'incompréhension, pour ne pas dire plus.

Le dialogue n'est plus vraiment possible entre ceux qui ont fait ce saut et ceux qui ne l'ont pas fait. Pourtant la bonne logique et le raisonnement juste se trouvent des deux côtés de cette barrière.

L'histoire de la diffusion du principe de relativité est riche de ce genre de situation. De ce point de vue, le paradoxe de Langevin apparaît comme un véritable archétype, mais la question de la relativité de la simultanéité permet peut-être de mieux en démonter le mécanisme.

En effet, il existe deux stratégies pour exposer la relativité de la simultanéité. La première consiste à l'introduire après avoir démontré la nécessité de la relativité du temps et des longueurs, c'est ainsi que procède Castelnuovo. Dans ce cas on enfonce une porte ouverte car si le temps est relatif, la simultanéité ne peut évidemment garder un sens absolu. La seconde stratégie, qui est celle d'Einstein lui-même, consiste à montrer que la simultanéité est relative à l'aide de concepts classiques, or cette démonstration n'est pas capable à elle seule de faire admettre la relativité du temps et des longueurs puisqu'elle génère ses propres objections qui sont du domaine du bon sens et qui empêchent alors de comprendre la nécessité qu'il y a à modifier les conceptions classiques de l'espace et du temps. D'autre part, si la contradiction entre le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière est préalablement bien comprise, la démonstration de la relativité de la simultanéité, en utilisant l'expérience de pensée d'Einstein, fait naître dans l'esprit du profane toutes les questions inévitables concernant l'origine et la vitesse du signal lumineux relativement à deux référentiels en translation uniforme.

Ainsi, il ne semble pas que la relativité de la simultanéité soit le sésame obligée à une compréhension de la Relativité, puisque une bonne compréhension de cette relativité de la simultanéité présuppose une bonne compréhension de la théorie de la relativité, au moins dans sa partie cinématique.

Il n'est pas impossible que le cas de Poincaré entre aussi dans cette problématique, mais de façon assez différente. Poincaré avait à sa disposition une conception suffisamment élaborée et somme toute satisfaisante du problème qui se posait à l'électrodynamique pour ne pas

ressentir le besoin de sauter le pas de la relativité einsteinienne. En quelque sorte, sa dynamique de l'électron lui tenait lieu de solide bon sens et, de même que le bon sens ne peut mener à la Relativité que ceux qui ont déjà accompli le saut épistémologique, de même l'électrodynamique de Poincaré est un obstacle vers la Relativité au sens eisteinien.

Chapitre 8

Le temps selon Poincaré et Einstein.

1- Temps et convention.

Poincaré et Einstein donnent tous les deux une définition du temps et de la simultanéité qui peuvent sembler très proches, voire même identiques. En fait elles diffèrent suffisamment pour qu'il soit possible d'y voir une explication de leurs divergences quant à la Relativité.

La première différence vient de la finalité de ces définitions. Pour Poincaré, il s'agit de trouver une explication au fait que les expériences de Michelson ne permettaient pas de déceler le mouvement de la Terre par rapport à l'éther, il avait alors besoin d'un temps local. Pour Einstein c'est très différent, il a besoin d'une définition claire du temps qui rende ce paramètre utilisable en physique, sans que cette définition soit une réponse à telle ou telle expérience physique ; il s'agit simplement de préciser un concept qui, jusque là, semblait aller de soi, et dont la signification relevait du simple bon sens.

Pourtant, Poincaré précède de beaucoup Einstein dans sa réflexion sur le temps, puisque son premier article sur le sujet date de 1898. Il est intitulé "La mesure du temps" et parait dans la *Revue de Métaphysique et de Morale* ; il sera repris dans *La valeur de la science,* dont il constitue le chapitre deux.

Ce texte ne concerne pas directement la question du temps local qui nous intéresse ici, mais tente de démêler les conventions qui sont à la base de notre mesure du temps. Dans cet article, Poincaré expose les difficultés que rencontre le physicien pour construire une définition rigoureuse du temps et particulièrement de la simultanéité. Il fait alors cette remarque essentielle :

Il est difficile de séparer le problème qualitatif de la

> *simultanéité du problème quantitatif de la mesure du temps ; soit qu'on se serve d'un chronomètre, soit qu'on ait à tenir compte d'une vitesse de transmission, comme celle de la lumière, car on ne saurait mesurer une pareille vitesse sans mesurer un temps.*(souligné par Poincaré).[1]

Poincaré pose clairement ici le problème, apparemment insoluble, d'une définition de la simultanéité permettant de définir le temps, alors même que cette définition de la simultanéité repose sur la comparaison de signaux lumineux dont la vitesse, supposée constante, présuppose, pour être calculée, la mesure du temps.

C'est exactement le même problème que pose Einstein quand il écrit, à propos de la détermination de la simultanéité de deux éclairs en A et B observés depuis le milieu M de la droite AB :

> *votre définition serait tout à fait correcte, si je savais déjà que la lumière, qui communique à l'observateur en M la perception des deux éclairs, se propage avec la même vitesse sur la droite AM que sur la droite BM. Une vérification de cette supposition ne serait possible que si l'on disposait déjà d'un moyen de mesurer le temps. On paraît donc se mouvoir ici dans un cercle vicieux.* [2]

Poincaré conclut son article de 1898 sans résoudre le problème qu'il a soulevé mais en indiquant clairement la voie à suivre pour y parvenir :

> *Nous n'avons pas l'intuition directe de la simultanéité, pas plus que celle de l'égalité de deux durées. (...) Nous y suppléons à l'aide de certaines règles que nous appliquons presque toujours sans nous en rendre compte. Mais quelle est la nature de ces règles? Pas de règle rigoureuse ; une multitude de petites règles applicables à chaque cas particulier. Ces règles ne s'imposent pas à nous et on pourrait s'amuser à en inventer d'autres (...) Nous choisissons donc ces règles, non parce qu'elles sont vraies, mais parce qu'elles sont les plus commodes, et nous pourrions les résumer en disant :*

---

[1]Poincaré, H., *La valeur de la science*, Flammarion, 1905, rééd. 1970, p. 54.
[2]Einstein, A., *La relativité*, trad. par M. Solovine, Gauthier-Villars, Paris, 1956, réimpression 1986, pp. 31-32.

> *"La simultanéité de deux événements, ou l'ordre de leur succession, l'égalité de deux durées, doivent être définies de telle sorte que l'énoncé des lois naturelles soit aussi simple que possible". En d'autres termes, toutes ces règles, toutes ces définitions ne sont que le fruit d'un opportunisme inconscient.*[3]

Par cette conclusion, Poincaré montre la voie pour sortir du cercle vicieux qu'il soulignait plus haut ; pourtant il laissera à Einstein le soin de franchir ce pas en adoptant une convention permettant de définir la simultanéité, et donc le temps, sans avoir besoin d'une définition préalable, explicite ou non, du temps.

C'est ainsi qu'Einstein écrit à la suite de la remarque citée plus haut :

> *Je maintiens quand même ma définition de tout à l'heure* (définition de la simultanéité), *puisqu'en réalité elle ne présume rien de la lumière. La définition de la simultanéité ne doit remplir qu'une seule condition, de nous fournir dans chaque cas réel un moyen empirique pour décider si le concept à définir est confirmé ou n'est pas confirmé. Il est indiscutable que ma définition remplit cette condition. Affirmer que la lumière met le même temps à parcourir la droite AM que la droite BM n'est pas en réalité une supposition ou une hypothèse sur la nature physique de la lumière, mais une convention que je peux faire librement, pour parvenir à une définition de la simultanéité.*[4]

Ce dialogue imaginaire entre Poincaré et Einstein résume en fait l'essentiel de ce qui distingue la notion du temps selon l'un et l'autre savant. Cette attitude de Poincaré, face aux problèmes posés par la mesure du temps, est celle qui sous tend toute sa réflexion sur le temps local, que ce soit avant ou après 1905. Il est important de noter qu'elle inclue, de façon à peine implicite, le temps relatif comme une convention commode et non comme une nécessité imposée par l'expérience. Il en résulte évidemment que le temps local de Poincaré n'a pas le même statut physique que le temps relatif d'Einstein car, si

---

[3]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 54.
[4]Einstein, A., *La relativité*, 1986, p.32.

pour Einstein la définition de la simultanéité est purement conventionnelle, en revanche, la dislocation de cette simultanéité est un fait réel ; autrement dit, le temps propre d'un référentiel quelconque n'est plus une convention au même titre que le temps local de Poincaré, mais un fait qui peut être soumis au verdict de l'expérience.

Il fallait préciser ce point d'emblée car il permet de comprendre que, malgré des similitudes dans leurs raisonnements, les deux savants ne parlent pas exactement de la même chose. Poincaré et Einstein admettent tous les deux que la mesure du temps est conventionnelle. Pour Poincaré, cette convention sur la mesure entraîne que la notion de temps physique, particulièrement de temps local, est aussi conventionnelle. Il adopte, en quelque sorte, une attitude positiviste. Pour Einstein, la convention sur la mesure n'entraîne pas que l'objet de la mesure soit conventionnel. Son attitude est réaliste. C'est l'oubli de cette différence qui conduit à penser que la définition du temps de Poincaré est la même que celle d'Einstein.

2- Deux définitions du temps.

Il est nécessaire de pousser plus avant notre investigation car, dans son article de 1898, Poincaré, en voulant définir le temps, ne pensait pas explicitement aux problèmes posés par la mesure du temps dans l'électrodynamique des corps en mouvement. Il serait donc malhonnête d'en rester à cette confrontation entre un texte précoce de Poincaré et un texte tardif d'Einstein ; textes qui plus est, ne portant pas exactement sur le même sujet.

Cela s'impose d'autant plus que Poincaré va proposer une définition du temps dans le cadre de l'électrodynamique qui peut être comparée point par point avec celle d'Einstein. On verra pourtant que cette définition du temps ne parvient pas à briser le cercle vicieux que Poincaré signalait dès 1898.

Poincaré éprouve la nécessité de préciser ce qu'est le temps local dès 1900 dans un article intitulé : "La théorie de Lorentz et le principe de réaction". Cette définition, qu'il reprendra à plusieurs reprises, ne variera plus, y compris après la publication de l'article d'Einstein. On retrouve cette définition du temps selon Poincaré dans

l'article sur la "Dynamique de l'électron" de 1908, destiné aux lecteurs de *La Revue Générale des Sciences,* puis à nouveau dans ses deux conférences sur la "Mécanique nouvelle" en 1909.

Comment et pourquoi Poincaré définit-il le temps local?

En 1900, dans l'article sur "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", Poincaré présente les choses ainsi :

> *(...) en réalité, ce que nous avons appelé le principe du mouvement relatif n'a été vérifié qu'imparfaitement comme le montre la théorie de Lorentz. Elle est due à une compensation d'effets mais (...) pour que la compensation se fasse, il faut rapporter les phénomènes non pas au temps vrai t, mais à un certain temps local t' défini de la façon suivante.*
>
> *Je suppose que des observateurs placés en différents points règlent leurs montres à l'aide de signaux lumineux ; qu'ils cherchent à corriger ces signaux du temps de la transmission, mais qu'ignorant le mouvement de translation dont ils sont animés et croyant par conséquent que les signaux se transmettent également vite dans les deux sens, ils se bornent à croiser les observations, en envoyant un signal de A en B, puis un autre de B en A. Le temps local t est le temps marqué par les montres ainsi réglées. Si alors V (...) est la vitesse de la lumière, et v la translation de la Terre que je suppose parallèle à l'axe des x positifs, on aura :* $t' = t - vx/V^2$.[5]

Cette définition du temps s'incrit dans une longue démonstration de Poincaré visant à établir dans quelle mesure la théorie de Lorentz ne respecte pas le principe réaction ; ce point est développé dans le chapitre "Principe ou théorie". Il s'agit en fait d'un moment important des recherches de Poincaré pour tenter de concilier la théorie de Lorentz et les principes de relativité, de réaction, de conservation de l'énergie ainsi que les résultats de l'expérience de Fizeau, tous ces problèmes étant intimement liés.

Dans l'introduction à son article fondamental de 1905 "Sur la

---

[5]Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles,* tome 5, pp 252-278, 1900; reproduit dans *Oeuvres,* vol. 9, Paris, 1954, p.482.

dynamique de l'électron", Poincaré précise le problème de la mesure, or cette question a un lien directe avec la détermination du temps :

> *Comment faisons nous nos mesures? En transportant, les uns sur les autres, des objets regardés comme des solides invariables, répondra-t-on d'abord ; mais cela n'est plus vrai dans la théorie actuelle, si l'on admet la contraction lorentzienne. Dans cette théorie, deux longueurs égales, ce sont, par définition, deux longueurs que la lumière met le même temps à parcourir.*[6]

Dans son article de 1908 pour la *Revue générale des sciences* , il reprend la même définition :

> *nous mesurons une longueur non plus avec le mètre, mais par le temps que la lumière met à la parcourir .*[7]

Ces définitions peuvent être rapprochées de celle que donne Einstein dans son article de 1905 :

> *par définition (...) le temps nécessaire à la lumière pour aller de A à B est égal au temps qu'elle met pour aller de B en A.*[8]

Ou encore dans son livre sur la relativité :

> *affirmer que la lumière met le même temps à parcourir la droite A M que la droite B M* (M est le milieu de AB) *n'est pas en réalité une supposition ou une hypothèse sur la nature de la lumière, mais une convention que je peux faire librement, pour parvenir à une définition de la simultanéité.*[9]

On remarquera que les définitions de Poincaré et d'Einstein sont inverses. Pour Poincaré, c'est le temps mis par la lumière qui permet de mesurer les longueurs ; pour Einstein si deux longueurs sont égales

---

[6]Poincaré, H.,"Sur la dynamique de l'électron", *Oeuvres*, Paris, 1954, vol. 9, p.498. Il faut noter que Poincaré ajoute aussitôt " peut-être suffirait-il de renoncer à cette définition pour que la théorie de Lorentz fût aussi complètement bouleversée que l'a été le système de Ptolémée par l'intervention de Copernic." Mais il ne précise pas qu'elle pourrait être une définition alternative.

[7]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", *Revue Générale des Sciences*, t. 19, p. 393

[8] Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1925, p11.

[9]Einstein, A., *La relativité*, 1986, p.32.

alors la lumière mettra le même temps à les parcourir ; ici c'est Poincaré le physicien et Einstein le géomètre.

Comme nous l'avons montré dans le chapitre sur "la relativité de la simultanéité" et rappelé au début de ce présent chapitre, pour Einstein il est indispensable d'admettre que M est bien le milieu de A B, sans se poser de question sur la façon dont on a mesuré ce milieu. Pour Poincaré, M ne peut être le milieu de A B que si la lumière met le même temps pour aller de A en M et de B en M. Mais dans ce cas on se trouve alors dans le cercle vicieux que signalait Einstein :

> cette *définition serait tout à fait correcte, si je savais déjà que la lumière (...) se propage avec la même vitesse sur la droite A M que sur la droite B.M. Une vérification de cette supposition serait possible que si l'on disposait déjà de moyen de mesurer le temps. On paraît donc se mouvoir ici dans un cercle vicieux.*[10]

Ainsi la convention adoptée par Einstein est bien indispensable si l'on veut utiliser les signaux lumineux pour synchroniser des horloges. Poincaré, qui a parfaitement perçu cette difficulté, comme le prouve son article de 1898 mentionné plus haut, ne peut pas la résoudre car il adopte bien, lui, contrairement à Einstein, une hypothèse sur la nature de la lumière ou, en tous cas, sur son mode de propagation : celle-ci se déplace à vitesse constante relativement à un milieu immobile qui est l'éther. Évidemment, Einstein se garde bien de faire une telle hypothèse.

Pourtant, il est possible d'objecter qu'Einstein n'échappe pas non plus à ce cercle vicieux, puisqu'il ne précise pas comment est calculé le milieu M de AB. Or, comme le signale Poincaré, dans le théorie lorentzienne, du fait de la contraction des longueurs, on ne mesure plus une distance avec un solide invariable, mais à l'aide du temps que met la lumière à parcourir cette distance ; ce qui revient à dire que pour mettre en oeuvre la méthode d'Einstein permettant de déterminer une simultanéité, et donc définir le temps, il faut déjà mesurer le temps pour calculer la vitesse de la lumière, on retrouve bien le cercle vicieux que Poincaré et Einstein stigmatisaient.

D'un point de vue einsteinien, cette objection ne tient pas ; précisément parce qu'Einstein ne se place pas, dans sa définition de la simultanéité, dans le cadre lorentzien mais dans un cadre tout à fait

---

[10]Einstein, A., *La relativité*, 1986, pp. 31-32.

classique, où il est possible de mesurer une distance avec un mètre. Comme nous l'avons montré dans la chapitre sur "la relativité de la simultanéité", il est en effet tout a fait indispensable à Einstein de faire admettre une définition classique de la simultanéité, afin d'en tirer ultérieurement les conséquences relativistes, lorsque cette définition est appliquée à deux référentiels en mouvement rectiligne uniforme ; ce qui n'est évidemment pas le cas de A, B et M qui sont au repos dans un même référentiel.

Avant de tirer toutes les conséquences de ce point, il est nécessaire de revenir sur la définition du temps selon Poincaré dans ses écrits postérieurs à 1905. Dans l'article déjà cité de *La Revue Générale des Sciences* , il expose a nouveau sa définition du temps :

> *supposons deux observateurs, placés l'un en A, l'autre en B, et voulant régler leur montres au moyen de signaux lumineux. Il conviennent que B enverra un signal à A quand sa montre marquera une heure déterminée, et A remet sa montre à l'heure au moment où il aperçoit le signal. Si l'on opérait seulement de la sorte, il y aurait une erreur systématique, car comme la lumière met un certain temps t pour aller de B en A, la montre de A va retarder d'un temps t sur celle de B. Cette erreur est aisée à corriger. Il suffit de croiser les signaux. Il faut que A envoie à son tour des signaux à B ; et après ce nouveau réglage, ce sera la montre de B qui retardera d'un temps t sur celle de A. Il suffira alors de prendre la moyenne arithmétique entre les deux réglages.*
>
> *Mais cette façon d'opérer suppose que la lumière met le même temps pour aller de A en B et pour revenir de B en A. Cela est vrai si les observateurs sont immobiles ; cela ne l'est plus s'ils sont entraînés dans une translation commune, parce qu'alors A, par exemple, ira au devant de la lumière qui vient de B ; tandis que B fuira devant la lumière qui vient de A. Si donc les observateurs sont entraînés dans une translation commune et s'ils ne s'en doutent pas, leur réglage sera défectueux ; leurs montres n'indiqueront pas le même temps ; chacune d'elles indiquera le temps local,*

convenant au point où elle se trouve.
Les deux observateurs n'auront aucun moyen de s'en apercevoir, si l'éther immobile ne peut leur transmettre que des signaux lumineux, marchant tous avec la même vitesse. (...) Le phénomène que chacun d'eux observera sera soit en avance, soit en retard ; il ne se produira pas au même moment que si la translation n'existait pas ; mais, comme on l'observera avec une montre mal réglée, on ne s'en apercevra pas et les apparences ne seront pas altérées.[11]

Dans sa conférence sur la mécanique nouvelle, prononcée d'abord à Göttingen le 28 avril 1909, puis le 3 août 1909, lors du congrès de Lille, il reprend la même définition du temps en la rendant plus concrète ; en situant A à Paris et B à Berlin. Il précise alors très clairement :

Or A et B sont emportés dans le mouvement de la terre par rapport à l'éther, véhicule des ondes électriques. Quand A a envoyé son signal il fuit devant lui, B s'éloigne de même, le temps employé sera plus long que si les deux observateurs étaient au repos.[12]

A Lille il a clarifié son propos :

Quand A a envoyé son signal, B s'éloigne (du fait de la rotation de la terre d'Ouest en Est) ; le temps employé sera plus long que si les deux observateurs étaient au repos.[13]

A première vue la définition de la simultanéité, et donc du temps, est très proche dans l'article d'Einstein de 1905, en fait nous montrerons qu'il n'en est rien.

Einstein commence par définir la simultanéité de deux horloges A et B dans un système au repos de la même façon que Poincaré.

Soit placée en un point A de l'espace une horloge. Un

---

[11]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p. 391-392.

[12]Poincaré, H., "La mécanique nouvelle, (sechster vortrag)", conférence faite en français à l'Université de Gottingen le 28 avril 1909, in *Sechs Vorträge über ausgewählte Gegenstände aus der reinen Mathematik und mathematischen Physik von Henri Poincaré,* Leipzig und Berlin, B.G.T., 1910, p.54.

[13]Poincaré, H., "La mécanique nouvelle", Conférence devant l'Association française pour l'Avancement des Sciences, Congrès de Lille, 3 août 1909, in *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la relativité,* Gauthiers-Villars, 1924, rééd. Jacques Gabay, 1989, p 7.

observateur qui s'y trouve peut évaluer la durée des événements qui se déroulent dans le voisinage immédiat de A en notant les positions des aiguilles simultanées à ces événements. En supposant placées au point B de l'espace une autre horloge -qui est exactement de même construction que celle en A- un observateur qui s'y trouve pourra également évaluer la durée des événements qui se déroulent dans son voisinage immédiat. Mais il n'est pas possible de comparer, sans convention préalable, la situation dans le temps d'un événement en A avec celle d'un événement en B. Jusqu'à présent nous n'avons qu'un temps A et un temps B, mais pas de temps commun à A et à B. Ce dernier temps peut-être établi en posant par définition que le temps nécessaire à la lumière pour aller de A en B est égal au temps qu'elle met pour aller de B en A. Supposons qu'un rayon lumineux parte à l'instant t_a *de A vers B, qu'il soit réfléchi en B à l'instant* t_b *et qu'il soit de retour en A à l'instant* t'_a. *Les deux horloges sont par définition synchrones si*

$t_b - t_a = t'_a - t_b$

(...) nous appellerons le temps que nous venons de définir "temps du système au repos" .[14]

Mais la définition d'Einstein diffère sensiblement de celle de Poincaré lorsqu'il s'agit de définir les temps de systèmes en mouvement relatif. Pour lui la dislocation de la simultanéité est purement relative :

des observateurs participant au mouvement de la tige (c.a.d. système en mouvement) *affirmeraient par conséquent que les deux horloges* (c.a.d. du système au repos) *ne sont pas synchrones, tandis que les observateurs se trouvant dans le système au repos soutiendraient qu'elles sont synchrones.*[15]

Einstein arrive à ce résultat par le même raisonnement que Poincaré sur la synchronisation des horloges, mais évidemment il ne s'agit pas de la même situation physique.

Dans son livre de vulgarisation sur *la Relativité*, Einstein

---

[14]Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, pp. 11-12.
[15]Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, p. 15.

reprend le même raisonnement, dans le chapitre huit sur "la notion de temps en physique" (qui correspond à la définition du temps dans un système au repos), et dans le chapitre neuf sur "la relativité de la simultanéité".

Son exposé est alors encore plus clair car il prend bien soin de distinguer la relativité du temps de la relativité des longueurs mais, surtout, parce qu'il remplace les trajets de la lumière de A en B puis de B en A, par celle de la lumière de A et de B vers le point M, milieu de la droite AB. Dans le premier cas de figure Einstein avait besoin de deux puis de quatre observateurs aux points A, B et A', B'. Dans le second cas de figure il n'a besoin que d'un seul observateur au point M, milieu de la droite A B et d'un second en M', pour comparer les observations d'un observateur en mouvement avec celles d'un observateur au repos ; hormis ces points de détail la démonstration reste la même que celle de 1905.

Ce qui distingue radicalement l'explication de Poincaré de celle d'Einstein, c'est que le premier envisage les conséquences du mouvement de A et B relativement à l'éther immobile tandis que le second n'envisage que le mouvement relatif de deux référentiels galiléen quelconques. Il s'ensuit que, pour Poincaré, si A et B sont en mouvement à travers l'éther immobile, ils ne sont pas synchrones mais n'ont aucun moyen de s'en apercevoir ; tandis que pour Einstein, deux observateurs liés à un même référentiel peuvent toujours se synchroniser, par exemple Paris et Berlin liés à la terre ; en revanche la simultanéité sera disloquée pour d'autres observateurs liés à un référentiel en mouvement par rapport au premier.

Autrement dit, le noeud du problème pour Poincaré vient du fait que les observateurs sont en mouvement par rapport au corps immobile dans lequel se propage les ondes lumineuses, à savoir l'éther ; pour Einstein le problème ne se pose pas de savoir dans quel milieu se propage la lumière et encore moins de déterminer si ce milieu est en mouvement ou au repos voire au repos absolu.

Pour Einstein le postulat de la constance de la vitesse de la lumière par rapport à n'importe quel référentiel dans lequel elle est mesurée (ce qui est une expression du principe de relativité) est suffisant, alors qu'en fait, pour Poincaré, la vitesse de la lumière ne peut être constante que relativement au milieu dans lequel elle se propage, à savoir l'éther supposé immobile.

Il faut redire ici que le point de vue de Poincaré est plus intuitif que celui d'Einstein, car quand ce dernier prend l'exemple de l'éclair qui frappe la voie simultanément aux points A et B de cette voie au moment où les extrémités A' et B' du train coïncident avec les point A et B de la voie, on ne peut s'empêcher de se poser la question de savoir dans quel milieu se propage la lumière issue de ces éclairs vers le point M de la voie, équidistant de A et B, et le point M' du train, équidistant de A' et B'.

Dire que M' se rapproche de B et s'éloigne de A et en conclure que les éclairs sont simultanés pour A et B et successifs pour A' et B' n'est vrai que si l'on admet que la lumière se déplace dans un milieu immobile par rapport à A et B. Un tel milieu est strictement équivalent à l'éther de Poincaré.

En effet, si la lumière issue de A et B se propage dans un milieu emporté avec le train, alors les éclairs sont simultanés pour A'et B' et successifs pour A et B. Poincaré l'avait parfaitement vu lorsqu'il écrivait dans son article "Sur la dynamique de l'électron" paru en 1908 dans la *Revue Générale des Sciences* :

> *si les autres signaux* (autres que lumineux) *qu'ils* (les observateurs A et B) *pourraient s'envoyer leur sont transmis par des milieux entraînés avec eux dans leur translation,* les observateurs n'auront aucun moyen de s'apercevoir que leur temps n'est pas synchronisé.[16] (si l'on admet que seuls les signaux lumineux permettent de synchroniser les horloges).[17]

---

[16]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p. 392.

[17]Il faut admettre que cette affirmation de Poincaré n'est pas entièrement convaincante. Si les observateurs disposaient d'un moyen de communiquer par des signaux "transmis par des milieux entraînés avec eux dans leurs translation", ils disposeraient au contraire d'un moyen de constater que leurs montres réglés par signaux lumineux ne sont pas synchrones. Il est remarquable que Poincaré lui-même tienne exactement ce raisonnement dans sa conférence de St Louis de 1904 sur "L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique" : "Qu'arriverait-il si on pouvait communiquer par des signaux qui ne seraient plus lumineux et dont la vitesse de propagation différait de celle de la lumière? Si, après avoir réglé les montres par le procédé optique, on voulait vérifier le réglage à l'aide de ces nouveaux signaux, on constaterait des divergences qui mettraient en évidence la translation commune des deux stations", (in *La valeur de la science*, Flammarion, 1970, p. 134). Mais il reste vrai que, dans son article de 1908, Poincaré n'envisage pas d'utiliser ces autres signaux pour synchroniser les horloges, il veut montrer, au contraire qu'un tel réglage suffit à expliquer l'impossibilité de mettre en évidence un mouvement de translation par rapport à l'éther, si l'on néglige le carré de l'aberration. Pour rendre compte de l'expérience de Michelson il a ensuite besoin de la contraction de Lorentz.

Pour autant, quand Poincaré écrit sans aucune ambiguïté :
qu'il *"est absolument impossible* (à A et B) *de savoir si leur chronomètres marquent ou non la même heure"*,
qu'il ne pourront *"jamais connaître qu'une différence apparente de temps, qu'une espèce d'heure locale"*, [18]
il n'apporte pas la même réponse qu'Einstein, même si l'on pense pouvoir assimiler les observateurs A et B de Poincaré aux observateurs M et M' d'Einstein.

Cette réponse n'est pas la même précisément parce que les observateurs A et B de Poincaré sont immobiles l'un par rapport à l'autre, tandis que les observateurs M et M' d'Einstein sont en translation relative. C'est bien ce point précis qui distingue la définition du temps de Poincaré de celle d'Einstein. Cette dernière est vraiment relativiste parce que totalement covariante ; elle est beaucoup plus générale que celle de Poincaré qui elle n'est qu'une réponse à l'échec des expériences du type de celles de Michelson, dans lesquelles l'émetteur et le récepteur du rayon lumineux sont en repos relatif.

Si l'on se souvient que Poincaré formule la plus longue définition du temps local à partir de 1908, c'est à dire trois ans après l'article d'Einstein "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement", qu'il la répète en 1909, que cette définition était déjà prête en 1900, on admettra que cet attitude n'a pas contribué à la bonne compréhension de la relativité du temps, en France, durant ces premières années de diffusion de la nouvelle théorie.

3- Réflexions dévoyées.

On ne peut pas quitter cette question du temps selon Poincaré sans revenir à son article de 1898 sur "La mesure du temps". Dans cet article publié par la *Revue de Métaphysique et de Morale*, Poincaré aborde toute une série de questions qui, pour n'avoir pas de lien direct avec le temps de la Relativité, ont pourtant probablement influencé la façon dont étaient comprises les modifications apportées par la nouvelle théorie à la notion commune de temps. On ne peut déterminer avec certitude l'influence exercée par ces réflexions de Poincaré en

---

[18] Poincaré, H., "La mécanique nouvelle",op. cit., p 7.

l'absence de références explicites faites à ses écrits par ceux qui semblent s'en être inspirés. Nous nous contenterons donc de poser quelques questions.

Poincaré insiste d'abord sur le fait que la continuité du temps psychologique prouve qu'il est une catégorie de notre esprit :

> *D'où vient ce sentiment qu'entre deux instants quelconques il y a d'autres instants? Nous classons nos souvenirs dans le temps, mais nous savons qu'il reste des cases vides. Comment cela se pourrait-il si le temps n'était une forme préexistant dans notre esprit? Comment saurions-nous qu'il y a des cases vides, si ces cases ne nous étaient révélées que par leur contenu?* [19]

Poincaré présente ensuite clairement la distinction entre le temps psychologique et le temps physique :

> *En un mot, le temps psychologique nous est donné et nous voulons créer le temps scientifique et physique.*
> *(...) Donc deux difficultés :*
> *1 Pouvons-nous transformer le temps psychologique, qui est qualitatif, en temps quantitatif?*
> *2 Pouvons-nous réduire à une même mesure des faits qui se passent dans des mondes différents?*[20]

C'est dans les réponses qu'il apporte à cette deuxième question que Poincaré soulève des problèmes qui seront repris dans les débats sur la Relativité.

> *En 1572, Tycho-Brahé remarqua dans le ciel une étoile nouvelle. (...) il avait fallu pour le moins deux cents ans, avant que la lumière partie de cette étoile eût atteint notre terre. Cette conflagration était donc antérieure à la découverte de l'Amérique.* [21]

Remarque banale, phénomène bien connu, mais Poincaré ajoute :

> *Eh bien, (...) quand je dis que ce phénomène est antérieur à la formation de l'image visuelle de l'île d'Espanola dans la conscience de Christophe Colomb, qu'est-ce que je veux dire?*
> *Il suffit d'un peu de réflexion pour comprendre que*

---

[19]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 42.
[20]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 42.
[21]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 47.

toutes ces affirmations n'ont par elles-mêmes aucun sens.

Elles ne peuvent en avoir que par suite d'une convention. [22]

Car, ajoute-t-il plus loin :

Mon présent n'est-il pas plus près de mon passé d'hier que du présent de Sirius?[23]

Poincaré montre alors que nous ressentons le besoin de nous faire une représentation de l'univers entier et que, pour ce faire, nous nous mettons à la place d'une sorte de dieu imparfait, capable de classer dans son temps tous les événements de l'univers, comme nous même classons dans notre temps les événements qui nous entourent. Mais cette représentation psychologique ne saurait être satisfaisante pour le physicien qui a besoin d'une définition claire de la simultanéité et de l'antériorité. Par sa critique Poincaré remet radicalement en cause l'intuition commune selon laquelle il existe un temps universel, allant de soi. Il montre en particulier que les notions de simultanéité ou d'antériorité entre des événements éloignés n'ont rien d'évident et ne sont que le résultats de l'adoption de règles commodes.

Ces critiques peuvent apparaître comme préparant le terrain à la Relativité. En un sens, c'est ce qu'elle font, mais il ne faut pas assimiler la critique que fait Poincaré de l'idée métaphysique de temps universel avec la remise en cause, à laquelle aboutit la théorie de la Relativité, du concept de temps absolu. Le risque d'équivoque vient du fait que Poincaré appui sa démonstration sur des exemples qui reposent tous sur le temps mis par un signal lumineux pour nous parvenir, or la Relativité ne dit rien de neuf sur cette question. Il risque donc d'y avoir malentendu, car il devient possible de reprocher à la Relativité de ne pas répondre aux questions posées par Poincaré. Une autre attitude, pire encore, est de réduire les apports de la Relativité à ce que disait déjà Poincaré en 1898.

Il est possible de prendre deux exemples qui illustrent ces attitudes : celui de l'abbé Moreux, qui réduit la Relativité à des questions prérelativistes, et celui de Bergson qui reproche à la Relativité de ne pas répondre à toutes les questions sur le temps. Les exemples de Moreux et de Bergson n'ont pas grand chose en commun, ne serait-ce que parce

---

[22]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 47-48.
[23]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 49.

que Bergson a bien compris les enjeux de la Relativité alors que Moreux non, mais tous deux utilisent des arguments que l'on trouvait déjà chez Poincaré en 1898.

En 1922 l'abbé Moreux publie *Pour comprendre Einstein!* Ouvrage qui, malgré le point d'exclamation moqueur de son titre, témoigne d'une totale incompréhension de la Relativité. Dans son chapitre deux, l'auteur explique longuement que la relativité du temps n'est que le résultat du temps mis par la lumière pour parvenir à l'observateur. En fait, le temps retarde, selon Moreux, de la même manière que l'observation de la supernova par Tycho-Brahé retardait par rapport au moment de son explosion. Moreux prétend ainsi dissiper les "équivoques", débusquer les "sophismes", révéler "tout le secret de l'affaire".

> *Voilà la vraie raison pour laquelle le public a pris si grand intérêt à la relativité. On lui a tant et tant débité de ces raisonnements paradoxaux qu'il a fini par croire que ceux-ci reposaient sur une base véritablement scientifique.*[24]

Pour aligner ce tissu d'erreurs, Moreux ne se réclame pas de Poincaré, mais il n'est pas interdit de penser qu'une lecture superficielle de l'article de celui-ci, alliée à un parti pris contre la Relativité, aient entraîné Moreux dans son explication totalement fausse. Bien sûr Poincaré est totalement innocent de cette mauvaise interprétation de ses écrits, mais nous sommes bien en présence d'une interprétation réductrice de la Relativité, qui ramène ses acquis à des faits connus depuis longtemps.

Il existe également chez Bergson de nombreuses conceptions proches de celles de Poincaré dans son article de 1898. Il serait d'ailleurs sans doute plus exact de dire que Poincaré a sans doute été influencé par le Bergson des *Données immédiates de la conscience*, mais notre propos n'est pas de démêler ses influences réciproques.

Quoiqu'il en soit, quand en 1922, lors de la séance de la Société française de philosophie qui se tient en présence d'Einstein, Bergson prend la parole, c'est pour développer ce que Poincaré appelait le problème de la mesure du temps d'événements se passant à des échelles très différentes. Bergson souligne que si le problème se pose à l'échelle de l'univers, il se pose aussi à l'échelle microscopique.

---

[24]Moreux, Abbé, *Pour comprendre Einstein!*, Paris, 1922, p. 55.

> *Ce que je veux établir est simplement ceci : une fois admise la théorie de la relativité en tant que théorie physique , tout n'est pas fini. (...) Il reste à faire la part du réel et la part du conventionnel dans les résultats auxquels elle aboutit.*[25]

Pour Bergson, le temps de la Relativité reste une convention commode au sens où l'entendait Poincaré. Cette conclusion n'est pas acceptable par les relativistes. Pour Bergson, cette convention est loin d'épuiser tous les problèmes que pose le temps.

Cette attitude consiste, en fait, à envisager la Relativité comme une réponse aux questions sur le temps que posait Poincaré dès 1898. Comment passer du temps psychologique, qualitatif, au temps scientifique, quantitatif? Comment transposer le temps vécu à l'univers dans son ensemble? Or la théorie de la relativité ne répond pas exactement à ces questions car elle ne se les pose pas en ces termes. Le questionnement d'Einstein sur le temps est finalement moins ambitieux. Il a besoin d'une définition non équivoque de la simultanéité. Cette définition, il l'adopte comme une convention, au sens poincaréin du terme. À partir de là, il prévoit que l'on pourrait mesurer les temps relatifs des différents référentiels en mouvement uniforme ; ces mesures sont des faits expérimentaux qui ont une réalité physique positive. La contraction du temps relatif est donc un fait physique observable et non une convention commode. Il y a convention sur la mesure du temps non sur le temps lui-même. Il est vrai que cette affirmation pose implicitement le problème de savoir ce qu'est le temps en dehors de toute mesure. Pourtant, le problème du temps psychologique, le concept de durée, l'intuition du caractère continu du temps ne se posent pas, ou plus exactement ne reçoivent aucune réponse nouvelle de la conception relativiste du temps.

A nouveau, on remarque donc un malentendu entre les relativistes, pour lesquels ces problèmes sont d'un autre ordre, et leurs contradicteurs qui, comme Bergson, ne peuvent manquer de relever que la réponse des relativistes est incomplète.

Il existe pourtant une réponse de la Relativité à la question posée par Poincaré de savoir comment concilier le temps de Sirius et notre temps terrestre. Cette réponse est dans le concept de cône de lumière de l'espace-temps et de présent relatif de l'observateur. On sait

---

[25]"Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911,*Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, pp 106-107.

le rôle joué par Poincaré dans l'élaboration du concept d'espace-temps, dès son article de 1905, publié en 1906, "Sur la dynamique de l'électron". Pourtant, dans les commentaires sur la Relativité que nous avons étudiés, en particulier dans les interventions de Bergson, ce concept d'espace-temps n'est pas pris en compte. Au contraire, Bergson veut montrer que l'hypothèse d'un temps universel, commun aux consciences et aux choses, est une hypothèse fondée, alors que ce qu'il appelle les temps multiples de la relativité n'ont pas tous, selon lui, le même degré de réalité. Avec ce genre de remarques, Bergson se situe bien dans la problématique posée par Poincaré en 1898, sans même aller aussi loin que lui dans la critique de l'idée métaphysique de temps universel.

Poincaré n'est pas responsable des interprétations qui sont faites de ses écrits ; il semble néanmoins indéniable que ceux-ci témoignent d'une réflexion sur le temps physique bien antérieure à l'énoncé de la théorie de la relativité et qu'ils jouent un double rôle contradictoire dans la réception de cette théorie. Ils préparent à la fois l'abandon du temps absolu par une critique pénétrante du concept de temps universel, tout en contribuant à minorer les bouleversements introduits par la théorie de la relativité dans le concept de temps, car cette théorie est loin de répondre à l'ensemble des questions que posait Poincaré à propos de ce concept de temps..

Cette interprétation du rôle joué par les écrits de Poincaré sur la compréhension des problèmes que pose le concept de temps corrobore ce que nous disions plus haut sur les différences fondamentales entre la définition du temps selon Poincaré et selon Einstein.

Chapitre 9

Le temps de Langevin, Bergson et Guillaume.

1-Naissance d'une expérience de pensée.

Dans son article fondateur de 1905 "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement" Einstein écrit :

> *une horloge placée à l'équateur de la Terre et entraînée par elle retardera d'une minime fraction sur le temps marqué par une horloge de même construction et soumise aux mêmes conditions que la première mais qui est placée au pôle.*[1]

Cette remarque est le point de départ de toutes les expériences de pensée du type "voyageur de Langevin". Elle contient déjà toutes les équivoques qui entraîneront confusions et polémiques à propos du moindre vieillissement du voyageur par rapport au sédentaire.

En effet, Einstein ne se contente pas de proposer un moyen physique de mettre en évidence le mouvement de rotation de la Terre à l'aide d'une expérience faite à l'intérieur du référentiel terrestre, mais il imagine, du même coup, une expérience qui fait intervenir un mouvement circulaire et non un mouvement rectiligne uniforme. A partir de là toutes les confusions sont possibles et beaucoup d'objections deviennent logiquement recevables.[2]

---

[1]Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1925, p. 27.
Dans : Balibar, F., sous la direction de, *Einstein, oeuvres choisies*, 6 vol., Seuil-éditions du CNRS, Paris, 1989-1993, ce passage est traduit comme suit : "l'on conclut qu'une montre à spiral se trouvant à l'équateur doit retarder très légèrement par rapport à une montre de fabrication identique placée à l'un des pôles terrestres - toutes choses égales d'ailleurs."

[2]Einstein lui-même jugera nécessaire de revenir sur l'interprétation à donner à son expérience de pensée dans une lettre à Adler du 29 septembre 1918. Dans cette lettre Einstein affirme sans ambiguïté que les deux systèmes de référence ne sont pas équivalents du point de vue de la relativité restreinte mais seulement du point de vue de la relativité généralisée. Ainsi, en 1905, cette expérience de

Langevin, quand il exposera pour la première fois, au Congrès de philosophie de Bologne, son expérience imaginaire du boulet, est beaucoup moins imprécis qu'Einstein quant aux conditions physiques de cette expérience. Ayant achevé son exposé sur la relativité il précise très clairement :

> *Dans tout ce qui précède, les systèmes de référence employés sont supposés animés de mouvements de translation uniformes : pour de tels systèmes seulement les observateurs qui leur sont liés ne peuvent expérimentalement déceler leur mouvement d'ensemble, pour de tels systèmes seulement les équations de la physique doivent conserver leur forme quand on passe de l'un à l'autre.*[3]

Langevin ajoute alors :

> *La théorie prévoit la possibilité de mettre en évidence par des expériences électromagnétiques ou optiques, toute accélération du mouvement d'ensemble d'un système matériel, au moyen d'expériences intérieures à ce système, quand ce ne serait qu'en constatant l'émission d'ondes par des corps électrisés liés au système, immobile par rapport à lui. (...) Nous allons voir se manifester sous une autre forme ce caractère absolu de l'accélération.*[4]

À partir de là, Langevin montre que le temps d'un référentiel accéléré est plus court que celui d'un référentiel resté en mouvement

---

pensée ne respectait pas la covariance de la théorie de la relativité, ce qui explique les problèmes d'interprétation qu'elle a soulevés. "Si l'horloge U est en permanence au repos relativement à un système de référence galiléen K, tandis que U' décrit un cercle relativement à ce système, U' prend du retard sur U, bien que les horloges soient de construction identique et que U - du point de vue cinématique - décrive exactement le même cercle relativement au système K' rigidement fixé à U'. (souligné par nous) Il n'y aurait contradiction avec le principe de relativité (restreinte) que si les deux systèmes K et K' étaient également légitimes au sens du principe de la relativité restreinte; or ils ne le sont pas, car K' n'est pas un système de référence galiléen (non accéléré) (souligné par l'auteur). Les deux systèmes ne sont équivalents en droit que si l'on se place du point de vue de la relativité générale. Dans ce cas, la différence dans le rythme des horloges s'explique par l'action combinée de l'influence de la vitesse et du potentiel de gravitation (souligné par l'auteur). Il n'apparaît donc aucune contradiction." in *Einstein, oeuvres choisies*, vol.6., Seuil-éditions du CNRS, Paris, 1989-1993, p21.

[3]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, pp 46-47.

[4]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", pp 47-48.

de translation uniforme, "il suffit de s'agiter, de subir des accélérations pour vieillir moins vite"[5] ; l'exemple du boulet vient illustrer de façon concrète cette affirmation.

Si l'on admet que les équations de la relativité restreinte permettent d'obtenir ce résultat, la question est réglée, mais si l'on considère que la relativité restreinte est restreinte aux référentiels d'inertie pour lesquels le mouvement n'est plus qu'une notion relative, alors la contraction du temps est elle aussi relative et réciproque, ce qui manifeste le caractère covariant de la théorie.

Tout le débat sur ce qui deviendra le paradoxe des jumeaux vient d'une confusion entre ces deux points de vue.

Si ce débat est aujourd'hui, et depuis longtemps, considéré comme clos en faveur de Langevin par l'immense majorité des physiciens, il n'en demeure pas moins un moment révélateur des problèmes posés par la diffusion de la Relativité au début des années vingt.

Rappelons comment Langevin expose son expérience de pensée.

Langevin imagine deux hommes, l'un reste sur Terre, le second est propulsé dans l'espace à une vitesse proche de celle de la lumière par un canon à la Jules Verne. Après un an de voyage, le boulet, profitant de l'action gravitationnelle d'une étoile, revient vers la Terre. Au retour, la Terre a vécu deux siècles et le voyageur deux ans.

Si, par cet exemple, Langevin voulait faire comprendre que la dilatation du temps dans un référentiel en mouvement, relativement à un référentiel d'origine considéré au repos, est une réalité physique, que le temps biologique, le temps vécu, est lui aussi ralenti, (d'où le moindre vieillissement du voyageur par rapport au sédentaire), alors cette expérience ne serait paradoxale qu'au sens faible du terme. Il s'agit d'admettre une réalité heurtant le bon sens : le temps coule moins vite dans un référentiel en mouvement relatif. L'esprit peut se refuser à l'accepter mais il ne peut, pour se faire, arguer d'une contradiction logique dans le raisonnement ainsi exposé ; il ne peut opposer à cette affirmation que le poids des habitudes de pensées.

Il est d'ailleurs aisé de démontrer rigoureusement le moindre vieillissement du voyageur à l'aide d'un diagramme de Minkowski faisant clairement apparaître que la ligne d'espace-temps du voyageur est plus courte que celle du sédentaire.

---

[5]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", p 49.

Mais immédiatement une objection vient à l'esprit : en relativité, par définition, il n'est pas possible de distinguer entre deux référentiels en mouvement relatif rectiligne et uniforme. Il n'y a plus ni mouvement absolu ni repos absolu, mouvement et repos ne sont que relatifs. Il en résulte que, si le temps du voyageur ralentit relativement à la Terre, de même le temps de la Terre ralentit relativement au voyageur. On aboutit alors à cette conclusion totalement paradoxale, au sens où elle est contradictoire et absurde, selon laquelle, lors du retour, le sédentaire retrouve le voyageur plus jeune que lui, tandis que le voyageur retrouve le sédentaire plus jeune que lui.

Mais en 1911, Langevin ne se heurte pas à cette contradiction, qu'il n'expose d'ailleurs pas, car il postule d'emblée qu'il y a dissymétrie des situations physiques du voyageur et du sédentaire. Pour Langevin, son expérience doit montrer quelque chose, non pas dans le cadre de deux référentiels en mouvement rectilignes uniformes, mais dans le cadre d'un référentiel en mouvement uniforme et d'un autre référentiel en mouvement accéléré. Pourtant, tout en mettant en avant cette dissymétrie, Langevin affirme explicitement que son expérience relève de la relativité restreinte dont elle est, selon lui, un prolongement logique. Même en 1922, alors que la relativité généralisée aurait offert à Langevin un cadre beaucoup plus adéquat pour résoudre le paradoxe de son expérience imaginaire, celui-ci continuera de n'envisager de solution que dans le cadre de la relativité restreinte. Il y a là une équivoque fondamentale qui induira en erreur ceux qui, comme Bergson, utiliseront cette expérience mentale comme point de départ de leurs réflexions ; tout en restant dans le cadre de deux référentiels en mouvement uniforme, ce qui n'est pas la situation physique décrite par Langevin.

Pour l'heure, en 1911, Langevin justifie la dissymétrie des deux systèmes de références de façon un peu déroutante pour des non-scientifiques. Au lieu d'aborder directement le problème crucial des accélérations subies par le voyageur, il commence par changer de point de vue en examinant comment, à l'aide de signaux lumineux, le sédentaire peut avoir des nouvelles du voyageur et réciproquement. Il doit alors utiliser l'effet Doppler-Fizeau, selon lequel il y a une modification apparente de la fréquence d'une onde monochromatique lorsque la source qui l'émet ou le récepteur qui la reçoit sont en mouvement ; la radiation est déplacée vers les grandes longueurs d'ondes si la source s'éloigne et vers les courtes longueurs d'ondes si elle

se rapproche.

Langevin peut alors expliquer que, pendant le voyage aller, chacun voit l'autre vivre deux cents fois plus lentement qu'à l'ordinaire, il y a donc dilatation relative et réciproque du temps ; puis il poursuit en écrivant que, lors du retour, chacun voit vivre l'autre d'une vie deux cents fois accélérée : il y a toujours réciprocité. Pour résoudre le problème de la dissymétrie, Langevin écrit alors :

> *ainsi la dissymétrie tient à ce que le voyageur seul a subi, au milieu de son voyage, une accélération qui change le sens de sa vitesse et le ramène au point de départ, ce qui fait que le voyageur voit la Terre s'éloigner et se rapprocher de lui pendant des temps égaux chacun pour lui à un an, tandis que la Terre, prévenue de cette accélération seulement par l'arrivée d'ondes lumineuses, voit le voyageur s'éloigner d'elle pendant deux siècles et revenir pendant deux jours.*[6]

Là encore, le raisonnement est physiquement parfaitement légitime ; sa validité peut à nouveau être démontrée à l'aide d'un diagramme de Minkowski faisant figurer les signaux lumineux transmettant le rythme de l'horloge du sédentaire vers le voyageur et celle du voyageur vers le sédentaire. Chacun constate alors que l'autre vieillit moins rapidement que lui, et cela dans les mêmes proportions, lors du voyage aller ; puis, lors du retour, chacun constate que l'autre vieillit plus vite que lui, mais ce changement de jugement, bien que toujours réciproque, n'a pas lieu au même moment. Le sédentaire constate que le voyageur vieillit plus que lui alors que le voyageur a déjà accompli bien plus que la moitié de son voyage ; ainsi le sédentaire constate-t-il au total un vieillissement moins grand du voyageur.

Pourtant l'argumentation de Langevin n'est pas totalement satisfaisante. Tout d'abord, si Langevin fait clairement intervenir au coeur de son raisonnement la notion d'accélération, afin de justifier la dissymétrie des deux systèmes de références, l'accélération dont il parle n'est pas celle qui est ressentie par le voyageur mais celle qui est perçue par le sédentaire avec un temps de retard, ce qui n'est pas du tout la même chose ; car autant l'accélération ressentie par le voyageur -non seulement lors du demi-tour mais encore lors du départ et de l'arrivée- rend sa situation non réciproque de celle du sédentaire,

---

[6]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", p 51.

autant la perception du changement du sens de la vitesse par le sédentaire peut être appliquée au voyageur, si on décide de l'immobiliser et de mettre en mouvement le sédentaire. Autrement dit, Langevin prétend conserver à l'accélération, comme il le dit lui même, "un sens absolu", alors que, dans sa démonstration, elle n'a plus qu'un sens relatif et donc transposable d'un référentiel à l'autre.

Ainsi Langevin donne à l'accélération un statut physique qui lui est indispensable pour expliquer que la situation physique du voyageur ne soit pas symétrique de celle du sédentaire ; il n'a d'ailleurs aucun mal à le faire car le bon sens exige que se soit le voyageur qui ait fait demi-tour et non la Terre ; pourtant la démonstration mathématique qui sous-tend son raisonnement n'accorde pas ce statut particulier à l'accélération ; cette démonstration est, elle, parfaitement réversible ; il suffit pour cela d'en inverser les termes.

S'il n'en était pas ainsi, il serait théoriquement possible, en multipliant ce genre d'expériences dans une sorte de régression indéfinie, de déterminer un référentiel privilégié au repos absolu dans lequel le temps s'écoulerait à une vitesse infinie tandis que tous les autres référentiels verraient leur temps s'écouler de plus en plus lentement, en fonction de leur accélération relativement à ce référentiel au repos absolu. Ce n'est plus de la physique mais de la pseudo-métaphysique. [7]

---

[7]Tout bien considéré, l'expérience réalisée en 1971 par J. Hafele et R. Keating, généralement considérée comme ayant apporté la preuve définitive de la validité de la situation imaginée par Langevin, n'évite pas cette critique sur la possibilité de déterminer un référentiel au repos absolu.
Dans cette expérience, un avion embarquant une horloge atomique fait le tour de la Terre vers l'Est puis vers l'Ouest, le temps marqué par l'horloge embarquée est ensuite comparé avec celui d'une horloge restée sur Terre. Les différences de temps ainsi constatées coïncident avec celles prévues par les calculs. Le compte-rendu que nous avons consulté (Cherki, M, "Paradoxe des jumeaux : la réponse des horloges atomiques", *La Recherche*, 1972, 3, p.978) ne précise pas si la comparaison des temps se fait alors que l'avion est encore en vol avec sa vitesse de croisière ou après l'atterrissage, dans le premier cas les conditions de l'expérience de Langevin ne seraient pas totalement réunies, mais l'essentiel n'est pas là.
En effet, cette expérience repose sur le raisonnement suivant (qui n'est pas clairement exposé dans la source que nous avons consultée) : lors de ses deux voyages l'avion met environ 48 heures pour faire le tour de la Terre et revenir à son point de départ (en fait 41,2 heures quand il a volé vers l'Est et 48,6 heures quand il a volé vers l'Ouest, les variations de la durée du trajet dépendant de la circulation atmosphérique générale). Quand l'avion vole vers l'Est, dans le sens de rotation de la Terre, l'aéroport a accompli durant son trajet deux rotations, l'avion, pour revenir à son point de départ, en accomplit donc trois, il en résulte que l'horloge embarquée doit ralentir par rapport à celle restée sur Terre puisqu'elle a volé plus vite, couvrant une plus grande distance dans le même laps de temps. En

De façon plus prosaïque, il n'est pas illégitime de reprocher à Langevin, si l'on reste dans le cadre stricte de la relativité restreinte (c'est à dire si l'on néglige les accélérations), de fournir, par son expérience, un moyen physique de distinguer, entre deux référentiels en mouvement relatif uniforme, celui qui bouge "réellement" de celui qui est "réellement" au repos ; bref de réintroduire le mouvement et le repos absolu, ce qui est en contradiction avec le principe de relativité. Il s'agit là de la forme la plus forte de ce qu'il est convenu d'appeler le paradoxe de Langevin.

D'autre part, Langevin, dans son exposé, commet en quelque sorte une erreur pédagogique. En effet, dans un premier temps, il compare les temps relatifs du sédentaire et du voyageur et, dans un deuxième temps, afin de montrer que les situations ne sont pas symétriques, il fait intervenir des signaux lumineux au moyen desquels

---

revanche, si l'avion vole vers l'Ouest, toujours en 48 heures, lorsqu'il revient à son point de départ il a accompli une rotation de moins que la Terre, son horloge a donc tourné plus vite que celle restée au sol puisque l'avion allait plus lentement que la Terre.

Ce raisonnement sous-entend que les rotations de l'avion et celle de la Terre sont mesurées à partir d'un troisième référentiel qui est considéré au repos, en l'occurrence il s'agit du Soleil dont le passage au méridien permet de calculer le nombre de rotations de la Terre. S'il n'en était pas ainsi, on ne pourrait pas prévoir de différence entre un voyage de l'avion vers l'Est et un autre vers l'Ouest. En effet, si l'on prenait la Terre comme référentiel au repos, que le voyage se passe vers l'Est ou vers l'Ouest, il entraînerait toujours un ralentissement du temps propre de l'avion.

Ainsi, les modalités de cette expérience supposent-elles qu'il est possible de calculer le temps de ce référentiel commun à la Terre et à l'avion, le temps du système solaire, qui est plus lent que celui de la Terre et de l'avion. Or ce temps propre du système solaire, l'expérience le présuppose mais ne le mesure pas. Cette expérience est donc fondée sur la réintroduction implicite du repos absolu et, partant, d'un espace et d'un temps absolu, relativement auquel est mesuré celui de la Terre comme celui de l'avion. A tout le moins, cette expérience nécessite un référentiel privilégié, ce qui est en contradiction avec le postulat de la relativité selon lequel tous les référentiels sont équivalents.

En d'autres termes, cette expérience prouve que le phénomène mesuré n'est pas réciproque (relativement à un avion volant vers l'Est le temps de la Terre n'est pas plus lent), ainsi interprété ce résultat est plutôt une preuve contre la relativité ! (En fait si la réciprocité existe ce serait entre le référentiel système solaire d'une part et les référentiels Terre et avion de l'autre).

Ce résultat souligne le paradoxe de Langevin plus qu'il ne le résout. Pourtant, l'extrême précision des résultats obtenus par cette expérience, leur concordance avec les calculs prévisionnels, apparaissent comme devant clore définitivement le débat. Mais si le but de cette expérience était de prouver, encore une fois, que les effets relativistes de la dilatation du temps existent et ont des conséquences physiques observables, ce fait était déjà amplement confirmé par d'innombrables expériences et observations physiques et cette expérience de Hafele et Richard n'était pas nécessaire, si ce n'est pour frapper les esprits; en revanche, si cette expérience devait clore le débat sur le coeur même du paradoxe de Langevin, il apparaît alors qu'elle n'a pas atteint ce but.

les temps relatifs sont respectivement connus. Ce faisant, il déplace le problème et introduit une certaine confusion. Il est très probable que cette façon d'expliquer la dissymétrie entre les temps relatifs par les temps respectivement perçus est à l'origine de la réflexion erronée de Bergson, en particulier lorsqu'il compare la dilatation du temps relatif à un effet de perspective. En effet, le raisonnement de Langevin encourage le non-scientifique à admettre que le temps d'un référentiel en mouvement relatif uniforme est ralenti ou accéléré, par rapport à son temps propre, suivant le sens du mouvement de ce référentiel. Or, il s'agit d'un simple effet Doppler. La Relativité affirme, comme l'écrit Langevin lui-même, que le temps propre d'un référentiel en mouvement uniforme est plus court mesuré dans ce référentiel que depuis n'importe quel autre référentiel en mouvement uniforme par rapport au premier.

S'il était indispensable d'introduire la notion de perception des temps relatifs, il eût été moins équivoque d'imaginer que chacun des protagonistes avait le moyen d'observer directement le temps de l'autre à l'aide d'un télescope lui permettant de lire l'heure sur l'horloge de l'autre. La couleur des horloges auraient alors été décalée vers le rouge lors de l'aller, puis vers le violet lors du retour, mais durant tout le voyage chacun aurait pu constater, à l'aller comme au retour, que l'horloge de l'autre ralentissait par rapport à la sienne. Mais ce n'est pas ce que veut montrer Langevin qui lui, au contraire, insiste sur la dissymétrie provoquée par l'accélération subie par l'un des référentiels.

2- Cette expérience est-elle paradoxale?

Les problèmes soulevés par cette expérience de pensée ressurgiront onze ans plus tard, lors de la séance du 3 avril 1922 au Collège de France, en présence d'Einstein et de personnalités françaises du monde scientifique, au premier rang desquelles Paul Langevin à qui revient l'initiative de l'invitation du prix Nobel allemand. Paul Painlevé soumet alors à l'assemblée une expérience imaginaire, analogue à celle imaginée par Langevin onze ans plus tôt. Il faut remarquer que nulle part il n'est fait référence à un quelconque paradoxe de Langevin.

Dans le cas de figure imaginé par Painlevé, il s'agit d'un train qui traverse une gare à grande vitesse, lors du passage devant l'horloge

de la gare, le chef de train règle sa montre sur cette horloge. Puis le train fait demi-tour et revient vers la gare. En tenant compte de la vitesse du train et de la distance parcourue, on peut alors calculer le retard de la montre du chef de train par rapport à l'horloge du chef de gare.

> *Ce qui choque M. Painlevé,* écrit Charles Nordmann dans la *Revue des deux mondes, ce n'est pas que des hommes vieillissent réellement moins vite que d'autres simplement parce qu'ils ont voyagé, mais ce qui heurte la logique c'est l'absence de réciprocité. Si A voit les mètres et les horloges de B raccourcis et ralentis, il en va de même pour B par rapport à A. Donc la réciprocité exige que le chef de train voit l'horloge de la gare en retard sur la sienne. Mais si tel est le cas on se trouve en présence d'une absurdité, d'une impossibilité, car il est contraire au bon sens que deux hommes voient au même instant et au même lieu deux horloges Hl et H2 de telle sorte que Hl soit en avance sur H2 et H2 en avance sur Hl.*[8]

On voit bien ici se manifester l'équivoque signalée plus haut, Painlevé n'envisage que deux référentiels en mouvement rectiligne uniforme ; il ne tient pas compte de l'accélération de l'un des deux ; il se place strictement dans le cadre de le relativité restreinte.

Il s'agit également du premier exposé explicite du paradoxe de Langevin sous sa forme forte. *La Nature*, sous la plume de Max Morand[9], en donne un compte rendu similaire.

La question est grave, elle est de nature à remettre en cause la cohérence interne de la théorie de la relativité. Tous les comptes rendus montrent qu'Einstein ne se laisse absolument pas ébranler par le problème soulevé par Painlevé. Max Morand écrit :

> *Einstein répond qu'on peut très facilement résoudre la difficulté de deux façons.*
>
> *- Au point de vue formel, on n'a pas le droit d'appliquer le principe de relativité restreinte aux systèmes considérés, le raisonnement n'est donc pas valable. Car pendant la période de changement de vitesse le train*

---

[8]Nordmann, C., "Einstein expose et discute sa théorie", in *Revue des deux mondes*, IX, 1922, pp. 147-148.

[9]Moran, M., "Einstein au Collège de France", in *La Nature*, I, 1922, pp. 315-320.

n'est plus un système de Galilée, mais surtout l'ensemble des deux systèmes allant dans un sens puis dans l'autre ne forment pas un système d'inertie. Il n'y a donc pas réciprocité entre un système de référence qui a changé une fois de direction et l'autre pas.

- D'autre part il est facile de montrer que les observations du chef de gare et du chef de train sont concordantes. Si le chef de gare voit l'horloge du chef de train retarder, le chef de train voit celle du chef de gare avancer.[10]

Il est intéressant de noter avec quelle aisance Einstein va au coeur du problème, à l'endroit précis où se noue le paradoxe. Sa réponse contient les deux solutions possibles à ce paradoxe ; soit il relève de la relativité généralisée et, dans ce cas, l'accélération explique la dissymétrie des situations ; soit il relève de la relativité restreinte et, dans ce cas, il est possible de négliger les accélérations, mais il faut alors envisager la présence de trois et non pas deux référentiels distincts. Il est remarquable que, par la suite, de nombreux physiciens reprendront cette explication des trois référentiels, car elle permet justement de rester dans le cadre de la relativité restreinte.

En effet, si l'on admet qu'il y a bien trois référentiels et non deux, c'est parce qu'il y a eu changement de direction, or si ce changement de direction ne peut-être appliqué qu'au voyageur et en aucun cas au sédentaire, c'est qu'on lui accorde un caractère absolu et non pas relatif ; qu'est ce qu'un changement de direction si ce n'est un changement du sens de la vitesse et qu'est ce qu'un changement du sens de la vitesse si ce n'est une accélération? Autrement dit, en introduisant la notion de troisième référentiel, on réintroduit la notion d'accélération non réciproque de l'un des deux référentiels d'origine ; ce qui permet de résoudre le problème dans le cadre de la relativité restreinte.

Quoiqu'il en soit, la réponse d'Einstein n'a pas clos le débat puisque finalement Painlevé et Einstein se mettent d'accord pour confier à Langevin le soin d'apporter à la séance suivante la solution du problème.

Langevin exposera sa réponse lors de la séance du 5 avril 1922. Jusqu'à présent la teneur exacte de la démonstration de Langevin

---

[10]Moran, M., op. cit., pp. 316.

semblait perdue, il n'en restait que des allusions. Or nous avons pu retrouver l'exposé exact de Langevin, soigneusement consigné par Max Morand pour la revue *La Nature*[11] ; Max Morand doit à sa qualité d'élève de l'École Normale Supérieure d'avoir pu assister à une séance qui n'était pas ouverte au public.

Langevin souligne d'entrée :

que les objections soulevées ne peuvent porter que sur la signification physique et non sur la cohésion mathématique de la théorie.[12]

Signifiant par là l'enjeu de sa démonstration, car une théorie physique mathématiquement cohérente ne présente aucun intérêt si elle ne rend pas compte de la réalité physique.

Vient alors une longue démonstration mathématique décrivant pas à pas ce qui se passe à chaque étape du voyage. Pour plus de commodité, Langevin imagine que la voie est bordée d'horloges devant lesquelles passe successivement le chef de train, tandis que le train immensément long possède une multitude de montres qui passent successivement devant la gare. En appliquant les transformations de Lorentz, Langevin peut alors convertir le temps du train en temps de la gare et réciproquement, à chaque instant du voyage. La clé de son raisonnement est le moment où le train change brusquement de direction pour revenir vers la gare. Alors, sous l'effet de l'accélération, toutes les montres du train se trouvent déréglées ; il faut les synchroniser à nouveau sur celle du chef de train qui elle ne doit pas être touchée, car elle est la montre de référence pour le train. Il en résulte que le chef de gare et le chef de train ont vu se passer devant eux les mêmes phénomènes, il y a réciprocité durant le voyage. Mais, lorsque le chef de train repasse devant la gare, sa montre retarde par rapport à celle du chef de gare. Le chef de gare fait la même constatation, l'horloge de la gare est bien en avance sur la montre du chef de train. Ainsi le paradoxe disparaît, tout en conservant la réciprocité entre le référentiel gare et le référentiel train durant tout le voyage.

Il est clair que dans sa démonstration Langevin propose la même solution qu'en 1911 tout en introduisant un troisième référentiel permettant d'expliquer la non réciprocité du train et de la gare. Il

---

[11]Moran, M., op. cit., pp. 315-320.

[12]Moran, M., op. cit., pp. 316.

conserve pour cadre de son expérience deux référentiels en mouvement relatif rectiligne et uniforme, tout en faisant subir à l'un des deux un phénomène physique qui ne peut avoir de réciproque dans l'autre référentiel, ce qui constitue bien l'introduction d'un nouveau référentiel. En effet, si l'on reste dans la cadre stricte de la relativité restreinte, c'est à dire de deux référentiels en mouvement relatif uniforme, admettre le résultat de Langevin pour deux référentiels galiléen revient à admettre qu'il existe un moyen physique de distinguer lequel de ces deux référentiels est en mouvement absolu et lequel est au repos absolu. Ce qui est en contradiction avec le postulat relativiste lui-même, cela a déjà été signalé. En revanche, si l'on se place du point de vue de Langevin, la différence dans la mesure du temps n'est qu'une des manifestations physiques de l'accélération de l'un des deux référentiels. Pourtant ce sont bien les équivoques inhérentes à cette expérience de pensée qui expliquent les mauvaises interprétations dont elle sera l'objet.

3- Le cas Bergson, un malentendu.

En 1922, H. Bergson publie son ouvrage si critiqué : *Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein*[13]. A l'évidence ce livre est construit autour d'une réflexion sur le paradoxe de Langevin et d'un approfondissement de ses conséquences philosophiques.

Bergson affirme, en substance, qu'il n'y a pas de paradoxe car le point de vue du voyageur est symétrique de celui du sédentaire ; chacun voit l'autre moins vieillir que lui, mais il s'agit d'une sorte d'effet de perspective temporelle et, au retour, tous les deux auront vécu la même durée et auront donc le même âge.

Une fois cette conclusion admise, Bergson peut en tirer des conséquences sur la nature du temps, ce qui constitue le coeur de sa démonstration. Il y a réciprocité, affirme Bergson, entre les deux systèmes de référence S et S'. Donc, quand un observateur dans S mesure un temps ralenti dans S', de quel temps s'agit-il? Il ne s'agit pas du temps vécu dans S, évidemment ; il ne s'agit pas non plus du temps vécu dans S', puisque les deux systèmes sont équivalents et ont donc le même temps. S'agit-il alors du temps que S imagine vécu par S'? Là

[13]Bergson, H., *Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein*, Paris, Alcan, 1922.

encore non, car lorsque l'observateur de S fait cette imagination, il se transporte par l'esprit dans S' et c'est le temps de S qui devient ralenti. Cette analyse permet à Bergson d'affirmer que le temps relatif n'est que du "néant dilaté", qu'il n'existe qu'un seul temps réel, c'est le temps réellement vécu. Ce qui ramène le philosophe à son thème central de la durée, que la théorie de la relativité permet de prouver, selon lui, alors qu'auparavant on ne pouvait en avoir que l'intuition.

L'ensemble de cette démonstration sera condamné sans appel par des scientifiques comme Becquerel ou Einstein qui tenteront de démontrer à Bergson ses erreurs, condamné aussi par des vulgarisateurs comme André Metz.[14]

En fait, quelles sont les erreurs de Bergson ? Il y en a plusieurs mais de nature différente.

La première est quand il compare les effets relativistes sur le temps à un simple effet de perspective temporelle, suggérant que le temps se dilate lorsque deux référentiels s'éloignent et se contracte lorsqu'ils se rapprochent, ce qui est faux ; la Relativité enseigne que le temps d'un système de référence donné est le plus court par rapport à la mesure de ce même temps faite depuis n'importe quel autre référentiel en mouvement de translation uniforme par rapport au premier. Nous avons suggéré que cette erreur trouvait très probablement sa racine dans l'explication de Langevin lui-même, lorsqu'en 1911 il fait intervenir, dans son exposé, l'effet Doppler-Fizeau.

D'autre part, Bergson, en 1922, reste dans le cadre strict de la relativité restreinte, négligeant complètement les accélérations. Il aboutit donc à des conclusions que les physiciens récusent mais qui sont pourtant la conséquence logique de ces conditions dans lesquelles se déroule l'expérience, si l'on néglige les accélérations. A savoir : deux référentiels galiléens sont équivalents pour décrire un phénomène physique, la Relativité affirme l'invariance des lois physiques et ne permet pas de déterminer un référentiel privilégié. Il s'ensuit que les temps sont respectivement ralentis du fait de la translation relative des deux systèmes de référence. Mais pour Bergson ce résultat n'aboutit pas à un paradoxe logique, du type Hl inférieur à H2 et H2 inférieur à Hl, car les deux protagonistes ayant le même temps propre sont d'accord sur

14Metz, A., "H. Bergson; Durée et simultanéité", in *La relativité, exposé élémentaire des théories d'Einstein et réfutation des erreurs contenues dans les ouvrages les plus notoires*, Chiron, Paris, 1923, pp65-75.

leur âge respectif lors de leurs retrouvailles[15]. Ils ont le même âge car les temps dilatés étaient des temps relatifs et non des temps propres. Cette conclusion est considérée comme erronée, car semblant nier la réalité de la dilatation du temps, elle est pourtant inévitable si l'on veut conserver à la Relativité sa covariance. Ce n'est pas la faute de Bergson si le voyageur ne pourra en fait jamais retrouver le sédentaire sans subir une accélération qui fait changer le sens de sa vitesse, expliquant alors son moindre vieillissement.

En 1971, dans son *Histoire du principe de relativité*, M.A. Tonnelat fait remarquer, dans son chapitre intitulé "Relativité restreinte et philosophie", que la conclusion de Bergson concernant l'âge respectif du voyageur et du sédentaire est correcte :

> *car des phénomènes identiques rapportés à leur système propre sont indifférents aux mouvements rectiligne et uniforme de ce système. Si Langevin obtient des conclusions différentes, c'est évidemment en postulant que les situations physiques ne sont pas symétriques l'une de l'autre.* Elle ajoute : *pourtant, et c'est l'excuse de Bergson, les conclusions de Langevin supposent uniquement l'application des formules de Lorentz, en négligeant les temps d'accélération.*[16]

Le vocabulaire employé par Bergson a également joué un grand rôle dans le rejet de son ouvrage par les physiciens. D'une part il emploie les termes d'observateur "vivant et conscient" qu'il oppose à des observés "fantômes", à des "marionnettes vides", d'autre part il parle de "temps réel", qu'il oppose aux "temps dilatés", "disloqués", "auxiliaires" ou "fictifs". Ces expressions peuvent laisser supposer une conception anthropomorphique de la physique d'une part, et n'accordent pas de réalité physique au temps relatif d'autre part.

En ce qui concerne l'anthropomorphisme, l'accusation ne tient pas, l'observateur "vivant et conscient" pourrait tout aussi bien être un appareil de mesure ; par cette expression Bergson désigne simplement le système de référence à partir duquel sont effectuées les mesures.

Sur cette question, M.A. Tonnelat écrit que :

les qualificatifs utilisés par Bergson sont (...) motivés

---

[15]À ce propos,voir la note 41 du chapitre sur "la relativité de l'espace", où est relevée la dissymétrie entre le statut des longueurs et du temps en Relativité.

[16]Tonnelat, M.A., *Histoire du principe de relativité*, Paris, 1971, pp 284-285.

> *(...) par la prédominance accordée à l'observateur sur l'observé (et non sur l'observable) dans tout énoncé d'une relativité de l'observation . Dans le sentiment de Bergson, un observateur et son cortège d'observables imposent provisoirement sa vision d'espace et de temps. L'objet n'est qu'une lointaine déduction. L'observateur voit son expérience s'ordonner dans "ses" catégories. C'est en ce sens, -et non en raison d'un anthropomorphisme naïf- que l'observateur peut être "vivant et conscient". Des appareils enregistreurs le sont tout autant que lui.*[17]

Il n'en va pas de même en ce qui concerne le temps. Si pour Bergson il est clair que les temps propres sont identiques, ce qui est le postulat même de la Relativité, il n'accepte pas la réalité physique des temps relatifs. Or ce point de vue n'est pas acceptable, car il repose sur une fausse question, il n'y a pas à décider quel est le temps "réel" ; cette question est aussi vaine que de se demander qu'elle est la véritable trajectoire de la bombe lâchée par un avion, selon l'analogie que nous avons déjà utilisée. Est-ce la trajectoire en diagonale unissant l'avion, au moment du largage, et le sol au moment de l'impact, telle qu'elle est observée du sol ou, au contraire, la trajectoire verticale, telle qu'elle est observée de l'avion? Cette question n'a pas de sens, il n'y a pas une trajectoire réelle et une trajectoire fictive, mais bien deux trajectoires relatives qui dépendent du référentiel choisi, le sol ou l'avion. Vue du sol, la trajectoire verticale est bien une trajectoire apparente relativement à l'avion, et la trajectoire diagonale la trajectoire observée relativement au sol ; mais dans les deux cas l'impact de la bombe est bien la preuve qu'aucune de ces trajectoires n'était fictive!

Il en va de même pour le temps mesuré dans un système de référence et la mesure, faite depuis ce même système de référence, du temps d'un autre système en translation uniforme par rapport au premier. Ce temps dilaté est aussi réel que le temps propre ; il n'en demeure pas moins un temps apparent, ou mieux, un temps relatif, ce qui ne le transforme pas, contrairement à ce qu'affirme Bergson, en "néant dilaté".

Mais ce point est finalement secondaire comparativement à l'enjeu central de la controverse qui oppose Bergson à ses

---

[17]Tonnelat, M.A., op. cit., p287.

contradicteurs.

Tous lui démontrent que le temps du voyageur à son retour est effectivement plus court que celui du sédentaire, en postulant évidemment la non-réciprocité des deux référentiels, tout en restant pourtant dans le cadre de la relativité restreinte. Cela revient, une nouvelle fois, à dire qu'il existe un moyen de distinguer entre un référentiel au repos et un référentiel en mouvement ; c'est la réintroduction du repos et du mouvement absolu et, partant, d'un espace absolu. C'est la négation même de la Relativité.

C'est cette conclusion que Bergson ne veut pas admettre, à juste titre. Dans le cadre de la relativité restreinte le raisonnement de Bergson n'est donc pas critiquable, au vocabulaire près.

En 1923, le livre de Bergson est réédité, augmenté de trois appendices qui, selon l'auteur :

> *montrent explicitement qu'il n'y a pas de différence, en ce qui concerne le Temps, entre un système animé d'un mouvement quelconque et un système en translation uniforme.*[18]

De ces trois appendices de 1923, le premier revient sur le paradoxe des jumeaux, les deux suivants traitent de la réciprocité de l'accélération. Bergson tente alors de répondre à l'objection selon laquelle les situations des deux jumeaux de Langevin ne sont pas équivalentes, puisqu'un seul des deux a subi une accélération. Bergson reprend ici exactement le même raisonnement que celui appliqué pour deux référentiels en translation uniforme ; or, si la réciprocité est dans ce cas indiscutable, il n'en va pas de même dans le cas d'un référentiel accéléré. Pourtant, cette affirmation de Bergson est le résultat d'une compréhension intime des conséquences de la relativité restreinte.

Comme l'écrit M.A. Tonnelat :

> *en réduisant l'espace absolu à une forme vide, la Relativité Restreinte érige en Principe l'impossibilité de mettre en évidence le mouvement rectiligne et uniforme par rapport à ce vide. Elle introduit, en droit, une exigence plus grande : la généralisation de cette conséquence à tous les mouvements, inertiaux ou accélérés. Par rapport à un support matériel universel,*

---

[18]Bergson, H., *Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein*, Paris, Alcan, 1923. cet avant propos figure encore dans la septième édition de 1968 mais a disparu dans l'édition "Quadrige" de 1992.

le mouvement relatif inertial aurait dû se manifester; par rapport à une forme vide, le mouvement relatif accéléré devrait être sans incidence.[19]

Bergson ne dit pas autre chose. En fait, il réduit les forces de l'accélération à des forces fictives qui peuvent être annulées en choisissant un système de référence convenable.

Mais la démonstration de Bergson n'est valable que dans le cadre d'une pure cinématique qui reste incapable de distinguer entre un mouvement libre et un mouvement accéléré. En revanche, la dynamique et le principe d'inertie donnent un sens physique au mouvement accéléré et, partant, le distingue clairement du mouvement rectiligne uniforme.

Il semble bien que ces appendices, qui devaient lever le quiproquo entre Bergson et ses contradicteurs, n'ont réussi qu'à confirmer ces derniers dans l'opinion que Bergson n'avait pas vraiment compris la Relativité.

Enfin, il est probable que la condamnation dont a été victime le livre de Bergson s'inscrive dans le rejet plus global des auteurs qui, à la même époque, font une réflexion critique sur le temps et la Relativité. Or l'ouvrage de Bergson, si on prend le temps d'y regarder de près, ne commet pas les mêmes erreurs que les autres mais est victime de cet amalgame.

Le cas le plus exemplaire est celui d'Édouard Guillaume qui publie sur le sujet deux articles dans la *Revue de Métaphysique et de Morale* en 1918 et 1920.

L'article de 1918 a un titre sans équivoque : "La théorie de la Relativité et le temps universel". Dans cet article l'auteur pose l'hypothèse suivante :

Si le temps universel est vraiment une forme fondamentale de notre entendement, il doit être possible d'exprimer le groupe chrono-géométrique de Lorentz en fonction de cette variable, c'est à dire d'un paramètre indépendant du système de référence.[20]

A l'issue d'un long développement l'auteur se pense autorisé à conclure :

Arrivé au terme de notre étude, nous voyons qu'on peut

---

[19]Tonnelat, M.A., op. cit., p. 303.

[20]Guillaume, Ed., "La théorie de la Relativité et le temps universel", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1918, p. 290.

> *répondre par l'affirmative à la question que nous nous étions posé : les résultats de la théorie de la relativité peuvent s'exprimer indifféremment en temps local ou en temps universel. Les deux points de vue sont également justifiés et physiquement indiscernables.*[21]

Une telle affirmation n'est évidemment pas correcte du point de vue de la Relativité, même si nous ne sommes pas capable de juger de la pertinence de la démonstration de Guillaume[22]. Ce qui importe c'est qu'il est possible qu'elle ait influencé Bergson dans sa propre réflexion, le conduisant à la conclusion beaucoup plus juste selon laquelle les temps propres sont identiques tandis que seuls les temps relatifs sont différents.

En 1920, Édouard Guillaume revient sur ce sujet dans un article intitulé : "La Théorie de la Relativité et sa signification". Il aborde alors explicitement le paradoxe des jumeaux et écrit à ce propos :

> *Ainsi, alors que les voyageurs emmenés dans S2 auraient fait dans les espaces interstellaires une randonnée de deux ans, en revenant sur la Terre ils trouveraient celle-ci vieillie de deux siècles! On voit que ce résultat paradoxal provient de ce que nous écrivons la même unité "ans" après les nombres 2 et 200, au lieu de les considérer comme des mesures différentes d'une seule et unique durée.*[23]

Le paradoxe dont parle Guillaume est le paradoxe au sens faible du terme, au sens où il heurte le bon sens, pourtant il ajoute que :

> *cette conclusion est manifestement en contradiction avec le principe de relativité.*[24]

---

[21]Guillaume, Ed., "La théorie de la Relativité et le temps universel", p. 323.

[22]Michel Biezunski rapporte dans son *Einstein à Paris*, Presses Universitaires de Vincennes, 1991, p. 21-22, que, lors de la séance du 5 avril 1922 au Collège de France, en présence d'Einstein, Guillaume expose sa conception du temps absolu qui nécessite de considérer la vitesse de la lumière comme une constante relative aux observateurs. M. Biezunski rappelle à ce propos que Guillaume avait entretenu, en 1917, une correspondance à ce sujet avec Langevin et que ce dernier lui avait objecté que cette conception du temps n'était pas universelle "mais doublement relative", puisque sa mesure "dépend à la fois des deux systèmes à comparer". Toujours selon M. Biezunski, citant *Le Producteur*, c'est E. Borel qui fait remarquer, en 1922, le peu de valeur de l'objection de Guillaume s'appuyant à la fois "sur les formules de transformation de la théorie restreinte et (...)(faisant) intervenir simultanément le temps de la mécanique rationnelle ordinaire".

[23]Guillaume, Ed., "La théorie de la Relativité et sa signification", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1920, p. 446.

[24]Guillaume, Ed., "La théorie de la Relativité et sa signification", p. 446.

Ce qui montre que Guillaume avait parfaitement compris le caractère contradictoire de cette conclusion avec le principe même de relativité. Mais, si Bergson a lu cet article, il est certain qu'il a relevé cette notion de durée unique mais sujette à des mesures différentes.

Dans sa façon de s'exprimer il semble bien que Bergson soit plus clair, moins équivoque et, somme toute, plus relativiste que Guillaume ; pourtant, à la lecture des articles de Guillaume, on comprend beaucoup mieux comment le livre de Bergson s'inscrit dans un courant de réflexion cherchant à préserver le temps absolu. Ce courant ne pouvait être que condamné voire ignoré par les relativistes ; on comprend alors que le livre de Bergson ait été inclus dans ce rejet sans appel et sans être lu toujours avec assez d'attention.

Le même Édouard Guillaume publie, en 1922, dans la *Revue générale des sciences* [25], le seul article, à notre connaissance, favorable à Bergson et intitulé : "La question du temps d'après M. Bergson". Or, dans cet article, Guillaume affirme clairement que la preuve que Bergson a raison se trouve dans l'absence d'effet physique constatable expérimentalement de la dilatation du temps relatif. Une telle affirmation n'est évidemment pas acceptable car erronée mais, à nouveau, il semble bien que le malheureux Bergson ait été confondu avec ses maladroits commentateurs.

Au total, *Durée et simultanéité* ne méritait pas les jugements qu'il a le plus souvent suscités. Sur le fond du problème, une fois admis les postulats de l'auteur, postulats imposés par Langevin en particulier, si l'on oublie de prendre en compte les accélérations, il faut bien admettre que c'est Bergson qui a raison quant à l'identité des temps propres de référentiels d'inertie ; toutes les objections qui lui sont faites se situent dans un autre cadre. On peut alors imaginer Bergson ayant le sentiment que c'étaient ses contradicteurs qui n'avaient pas compris la Relativité. Évidemment, dans ces conditions, le quiproquo était total. Comme l'écrit M.A. Tonnelat :

> *parmi les erreurs de Bergson, plusieurs d'entre elles -psychologiquement compréhensibles-, devraient mettre en garde les Relativistes contre des textes elliptiques, incomplets, peu compréhensibles et certainement mal compris. S'il a exprimé incorrectement ses critiques, Bergson a parfois, très*

[25]Guillaume, E., "La question du temps d'après M. Bergson", *Revue générale des sciences*, XXXIII, 1922, pp 573-582.

justement, ressenti certaines subtilités et, peut-être, certaines déficiences moins de la théorie que de son expression. (...) Dans ce procès qui l'oppose aux Relativistes, sinon à la Relativité, le philosophe nous semble mériter ainsi le bénéfice de fortes circonstances atténuantes.[26]

4- Paradoxe et diffusion, un mauvais ménage.

A l'issue de cette étude, on comprend mieux le rôle joué par "le voyageur de Langevin" dans la diffusion de la Relativité.

Cette expérience de pensée très concrète avait été imaginée par Langevin dans un souci pédagogique, pour mieux faire comprendre les conséquences de la Relativité à un public de non-spécialistes. Malheureusement, elle contenait une ambiguïté originelle rédhibitoire. Dans l'esprit de Langevin, cette expérience était destinée à faire comprendre les conséquences physiques d'un mouvement accéléré, mais il la présente dans le cadre stricte de la relativité restreinte aux référentiels d'inertie.

Cette expérience de pensée servira alors de point de départ aux réflexions profondes et pertinentes de ceux à qui elle était adressée et qui, sans être physiciens, savent pourtant raisonner juste. Malheureusement, les conclusions auxquelles ces penseurs téméraires aboutiront, malgré le rigoureux enchaînement d'un raisonnement droit et jamais en contradiction avec le principe de relativité, s'avéreront physiquement fausses. Il n'en faudra pas plus pour leur attirer la condamnation des physiciens, sans autre forme de procès. Pourtant, les physiciens, en refusant de comprendre les arguments recevables des non-physiciens, contribuent eux aussi à ce dialogue de sourds.

Nous sommes bien en présence, à nouveau, comme dans le cas de la relativité de la simultanéité, d'une incompréhension réciproque entre diffuseurs et récepteurs de la science, incompréhension dont la faute n'incombe pas seulement au récepteur trop ignorant ou aveuglé de préjugés, mais autant au diffuseur qui oublie que ce qu'il dit n'est pas reçu comme une révélation mais comme le point de départ d'une réflexion personnelle de la part de son auditeur ; réflexion

---

[26]Tonnelat, M.A., op. cit., p293.

indispensable à l'assimilation de tout savoir nouveau.

Est-ce la faute de l'élève si le savoir qu'il a reçu contenait les prémisses de développements logiques que son professeur ne savait même pas y avoir mis, mais dont les conclusions semblent maintenant fausses au professeur? Le professeur juge de la fausseté de ces conclusions en vertu de critères que l'élève ne possède pas ; quant à l'élève, sûr de la rectitude logique de son raisonnement, il ne peut comprendre en quoi ses conclusions sont fausses. L'incompréhension réciproque est alors inévitable et difficilement surmontable. En ce sens le paradoxe de Langevin peut apparaître comme un obstacle à la diffusion de la Relativité.

Chapitre 10

La relativité de l'espace.

1- Qu'est-ce que l'espace?

Qu'est ce que l'espace, pour le géomètre, pour le physicien, pour le philosophe, pour le sens commun? Quel rapport y-a-t-il entre espace et système de référence? Qu'est ce que l'espace absolu, quel rapport a-t-il avec le repos ou le mouvement absolus? L'espace peut-il être relatif? Y-a-t-il des invariants spatiaux? Les problèmes posés par l'éther épuisent-ils ces questions ?

Tenter de montrer comment ces questions étaient posées et quelles réponses leurs étaient apportées lors des premières années de la diffusion de la Relativité est indispensable à l'étude de cette diffusion. En effet, dès l'époque que nous étudions, tous ces problèmes passent généralement au second plan, et l'on pense souvent avoir tout dit quand on a signalé que la Relativité entraîne une contraction des longueurs mesurées entre deux référentiels en mouvement relatif rectiligne et uniforme. En revanche, les passions s'enflamment lorsqu'il s'agit d'aborder la relativité du temps. Il semble que cette différence de traitement entre l'espace et le temps permette de mieux comprendre comment s'est faite la réception de la Relativité, si l'on réussit à saisir les raisons de cette différence d'intérêt.

On objectera, à juste titre, que séparer la relativité du temps de la relativité de l'espace est le plus sûr moyen pour ne pas comprendre la Relativité. Si cette remarque est pertinente concernant un exposé de vulgarisation sur la Relativité, il n'en va pas de même pour une étude de sa diffusion, car dans ce cas il est clair que cette distinction existe, même après que les travaux de Minkowski ont commencé a être diffusés.

Poincaré est, au début de ce siècle, très probablement l'auteur qui a poussé le plus loin la réflexion sur ce qu'est l'espace pour le géomètre et pour le physicien. Mais nous ne commencerons pas cette

étude par les écrits de Poincaré, car ils nous entraîneraient trop loin de la question centrale qui nous préoccupe, à savoir : comment les conceptions de l'espace ont influé sur la réception de la théorie de la relativité. Nous nous contenterons, pour commencer, de définitions de l'espace qui puissent faire consensus.

D'un point de vue philosophique et du sens commun, on peut emprunter à Lalande[1] cette définition de l'espace :

> *Milieu idéal* (c'est à dire que pris dans son ensemble, il n'est pas une chose ni une sensation, mais une production ou une construction de l'esprit, et ceci nonobstant les opinions professées quant à notre façon de connaître l'étendue), *caractérisé par l'extériorité de ses parties, dans lequel sont localisés nos percepts, et qui contient par conséquent toutes les étendues finies. L'espace tel que le considère l'intuition commune est caractérisé par ce fait qu'il est homogène (les éléments qu'on peut y distinguer par la pensée sont qualitativement indiscernables), isotrope (toutes les directions y ont les mêmes propriétés), continu et illimité.*[2]

D'un point de vue physique, il est possible également de trouver une définition de l'espace qui fasse consensus.

Aujourd'hui, en effet, la question de l'espace en physique est présentée à peu près toujours de la même façon dans la littérature de diffusion de cette science. L'introduction de l'article "Espace-temps" de l'*Encyclopédia Universalis* en donne une formulation particulièrement claire et concise :

> *La mécanique classique, sous la forme mathématique rigoureuse que lui a donnée Newton, repose sur les deux concepts fondamentaux d'espace et de temps absolus : un événement ponctuel est parfaitement déterminé lorsqu'on connaît sa position dans l'espace, identifié à l'espace euclidien à trois dimensions, et sa date. Mais ces notions sont théoriques : la*

---

[1]Lalande, A, "Espace", *Vocabulaire technique et critique de la philosophie,* P.U.F., 1926, Quadrige, 1993, p.298.

[2]Cette définition ne reprend pas à son compte la critique de Poincaré qui distingue l'espace géométrique de l'espace représentatif, lequel n'est "ni homogène, ni isotrope; on ne peut même pas dire qu'il ait trois dimension", *La science et l'hypothèse,* p. 81.

détermination d'un point de l'espace par ses coordonnées dépend du choix préalable d'un système de référence considéré comme absolu, et la détermination de la date d'un événement suppose une notion intuitive de temps absolu sur lequel des observateurs différents peuvent se mettre d'accord. La théorie électromagnétique de Maxwell allait matérialiser cet espace géométrique absolu par la notion d'éther, substratum universel pour tous les phénomènes physiques.

Avec l'analyse critique faite par Einstein, dans son mémoire de 1905, des méthodes de mesure des longueurs et du temps, avec la théorie de la relativité restreinte qui en découle, le temps et l'espace perdent leur statut jusqu'alors indiscuté. L'équivalence entre deux observateurs qui sont en mouvement relatif uniforme implique qu'il n'y a pas d'espace absolu ; de plus, les observations spatio-temporelles de deux tels observateurs étant reliées par la transformation de Lorentz, qui considère de manière tout à fait semblable les coordonnées et la variable temps, chaque observateur possède sa propre échelle de temps et il n'y a plus de simultanéité universelle. Cette multiplicité des temps, jointe à l'absence d'un système de référence absolu, a conduit Minkowski à la conclusion qu'on ne peut plus considérer l'espace et le temps comme des notions indépendantes ayant chacune une signification physique objective : « Seule une sorte d'union des deux peut conserver une réalité indépendante. »[3]

On trouve, dans cette définition, la notion d'espace correspondant à l'espace euclidien qui nécessite de choisir un système de référence considéré comme absolu, lequel s'identifiera bientôt à l'éther de Maxwell. Il y a là une ellipse, car qu'est-ce qu'un repère absolu? C'est un repère considéré au repos absolu, c'est en ce sens que l'éther peut-être identifier à l'espace absolu. De même, la fin de l'espace absolu veut simplement dire la fin d'un repère privilégié, ou

[3]Anonyme, introduction à l'article "Espace-temps", *Encyclopédia Universalis*, vol.8, 1989, p. 741.

l'équivalence de tous les systèmes de coordonnées.

Cette présentation des choses est réductrice, elle donne artificiellement à la Relativité un rôle révolutionnaire dans l'abandon de l'espace absolu, or ce n'est pas si simple ni si tranché ; Il est remarquable qu'à l'époque de la première diffusion de la Relativité en France les auteurs soulignaient clairement ce point.

D'autre part, identifier l'éther à l'espace absolu présuppose que l'éther soit homogène et isotrope, ce qui n'est pas toujours admis, en particulier par les adversaires de la Relativité qui veulent avant tout sauver l'éther.

2- L'éther n'est pas l'espace.

Commençons par ce dernier problème, pour revenir ensuite plus longuement sur la question du passage de l'espace absolu à l'espace relatif. C'est Castelnuovo qui pose le plus clairement la question :

> *Il est permis de se demander si la conception agnostique par rapport à l'éther avec laquelle Einstein précise le principe de relativité, satisfait notre intuition physique. Il est certain que si nous admettons, pour l'univers entier, l'invariabilité rigoureuse de la configuration, des caractères, et des constantes physiques de l'éther, nous sommes conduit à envisager l'espace absolu, idée dont nous tâchons de nous affranchir. Mais à côté de cette hypothèse d'homogénéité absolue, qui a un caractère purement mathématique, la physique nous suggère l'idée d'une régularité statistique, analogue à celle que la théorie cinétique admet pour les gaz. Les caractères de l'éther ne sauraient-ils varier, au moins dans des limites restreintes, en fonction du temps et de la position dans l'espace? Dans un milieu ainsi conçu, les lois de la propagation vibratoire n'auraient évidemment qu'une valeur statistique et pourraient donner lieu à des écarts, dont la valeur absolue croîtrait avec l'étendue du champ d'observation.*[4]

[4]Castelnuovo, G., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", *Scientia*, vol. XVIII, 1911, supplément, pp 74-75

Castelnuovo ajoute que, dans cette hypothèse, le principe de relativité serait encore respecté et même plus complètement que dans la théorie d'Einstein, puisque la constante universelle qu'est la vitesse de la lumière qui avait survécu à la destruction de l'espace absolu serait alors remplacé par une valeur ayant le caractère d'une moyenne. Il ajoute alors :

> *L'optique classique s'obtiendrait en passant à la limite et en étendant à l'univers entier l'hypothèse de l'homogénéité vérifiée pour un espace infinitésimal. Mais ce passage à la limite rétablirait précisément l'absolu qui, d'une façon plus ou moins explicite, accompagne toute hypothèse d'homogénéité.* [5]

Brillouin soulève un problème analogue lorsqu'il écrit, après avoir rappelé les expériences qui mettent en lumière les défauts d'homogénéité de l'éther, :

> *On comprendra que dans cet état d'esprit sceptique quant à l'homogénéité et à l'isotropie rigoureuse de l'éther dans tout l'univers, je n'admette pas volontiers le rôle fondamental que la théorie de la relativité fait jouer à la vitesse de la lumière dans le vide.* [6]

Brillouin montre ensuite, nous sommes en 1913, qu'Einstein lui même est en train de remettre en cause la constance de la vitesse de la lumière dans le vide ; il fait alors allusion à la mise au point de la relativité généralisée ; nous avons traité de ce point dans le chapitre sur "Diffusion et généralisation".

On peut retenir de ces remarques de Castelnuovo et de Brillouin que l'identification de l'éther à l'espace absolu ne va pas de soi pour les physiciens, même s'il faut bien reconnaître que, dans le cas de Brillouin, cette remarque est destinée à éviter l'abandon de l'éther sous prétexte que la Relativité exige l'abandon de l'espace absolu. Le cas de Castelnuovo est beaucoup plus nuancé, on pourrait même voir dans ses remarques une sorte de pressentiment de ce que sera l'espace non-euclidien de la relativité généralisée et qu'Einstein nommera d'ailleurs l'éther dans son article de 1920.

---

[5]Castelnuovo, G., op. cit., pp 74-75

[6]Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Scientia*, vol.I, 1913, p. 22.

3- Espace absolu et espace relatif.

En ce qui concerne le premier problème soulevé plus haut, à savoir que la passage de la notion d'espace absolu à celle d'espace relatif serait un acquis exclusif de la relativité restreinte, là encore les premiers diffuseurs de la Relativité prennent souvent soin de nuancer fortement cette affirmation. C'est encore Castelnuovo qui écrit avec force et pertinence en introduction à son article sur la Relativité :

> *Lorsque, dans ses immortels Principes, Newton établissait les notions de repos absolu et de mouvement absolu, il obéissait davantage à l'esprit du temps qu'aux exigences d'un développement de la mécanique. Le mouvement d'un corps n'est déterminé que si l'on considère un second corps, auquel ce mouvement puisse être rapporté. D'autre part, ce corps, ou système de repère, peut se mouvoir avec une certaine liberté sans que soient modifiées les lois du mouvement considéré. Celles-ci énoncent seulement les propriétés du mouvement relatif, mais ne permettent pas de caractériser le mouvement absolu. (...) Il est commode, à la vérité, de parler d'un corps au repos ; mais l'expression, entendue au sens de Newton, n'a pas de signification réelle.*[7]

Il était en effet nécessaire de rappeler que la mécanique classique connaît la relativité galiléenne et ignore en fait l'espace absolu au sens de système de référence au repos absolu. En effet, Newton emprunte la notion d'espace absolu à la philosophie anglaise de son temps ; "pour expliquer l'action à distance autrement que comme une qualité scolastique des choses ou comme une propriété de la matière, Newton fait intervenir le concours de Dieu qui agit instantanément sur toute chose par l'entremise de l'espace, lequel est, en quelque sorte, l'organe des sens de Dieu"[8]. Il n'en demeure pas moins que l'éther immobile de Lorentz a donné une nouvelle existence physique à cet espace absolu ; c'est en ce sens seulement que la relativité d'Einstein détruit l'espace absolu.

Mais Castelnuovo souligne aussi le fait qu'il est plus simple de

---

[7]Castelnuovo, G., op. cit., p. 51.

[8]Locqueneux, R., *Histoire de la physique*, Q.S.J.?, p. 48.

faire de la mécanique dans un repère que l'on considère au repos et qui, de ce fait, peut-être assimilé à l'espace absolu.

> *Lorsque l'on étudie un phénomène qui se produit dans un corps quelconque, il convient de relier ce corps à un système de repère. Le choix du système n'est pas tout à fait indifférent. L'expérience nous révèle l'existence de systèmes par rapport auxquels les lois de la mécanique présentent un caractère particulièrement simple. Par exemple un tel système est fourni par le Soleil, lorsqu'on fait abstraction du mouvement propre de rotation de l'astre autour de son axe. Tout autre corps ou système, animé d'un mouvement de translation uniforme par rapport au premier, jouit des mêmes propriétés. Chacun de ces systèmes naturels de repère a dans la dynamique le même rôle que l'espace en repos absolu des métaphysiciens : aucun fait mécanique n'autorise à préférer un des dits systèmes aux autres.* [9]

Langevin développe avec beaucoup de pénétration cette question, dans sa conférence sur "le temps, l'espace et la causalité en physique" devant la Société française de philosophie en 1911.

On va voir que, dans cette intervention, Langevin examine d'abord ce qu'est l'espace géométrique. Il peut être bon de rappeler préalablement la définition de l'espace géométrique telle que la formule Lalande.

> *1) il a trois dimensions , c'est à dire que par un point on peut mener trois droites perpendiculaires entre elles, et on n'en peut mener que trois; 2) il est homaloïdal, c'est à dire qu'on peut y construire des figures semblables à toute les échelles.*[10]

On aura reconnu dans la définition 1 le système de coordonnées utilisé par les physiciens.

Langevin ajoute à cette définition la notion de relativité de l'espace géométrique.

> *Il y a tout d'abord une relativité de l'espace. Chaque observateur examine l'espace d'un point de vue personnel et l'aspect des choses change avec la position*

---

[9]Castelnuovo, G., op. cit., p. 53.
[10]Lalande, A, op. cit., p. 298.

> *qu'il occupe. Malgré ce changement, on a pu dégager, dans la notion d'espace, une réalité extérieure à chacun de nous, indépendante du système particulier auquel on la rapporte, et dont l'étude constitue l'objet de la géométrie. Le principe de relativité de l'espace consiste en ceci que les lois de la géométrie sont indépendantes du point de vue particulier d'où l'espace est observé.* [11]

Langevin expose ensuite ce qu'est un système de coordonnées et comment un système de transformation (lesquelles transformations forment un groupe), permet d'exprimer les coordonnées d'un système de référence dans un autre système de référence. Langevin peut alors montrer que dans une figure formée par deux points :

> *il y a donc un élément, la distance de ces deux points, qui reste invariant malgré le changement quelconque du système d'axes. On peut dire que cet élément est intrinsèque à la figure, correspondant à une réalité indépendante de tout système d'axes. (...) La géométrie pure fait intervenir uniquement de pareils éléments et traduit les propriétés des figures par des relations entre ces éléments. (...) Par conséquent, les équations qui expriment les propriétés des figures ou les lois de la géométrie, dans le langage des coordonnées, doivent avoir la même forme dans tous les systèmes d'axes. Cette forme doit être invariante pour toutes les transformations du groupe de la géométrie. (...) Le principe de relativité de l'espace est l'affirmation d'une telle invariance et de l'existence de la réalité extérieure de l'espace.* [12]

Cet exposé, banal pour un mathématicien géomètre, est en revanche très original en introduction à une présentation de la Relativité. Il permet à Langevin, par analogie, de faire comprendre ce qu'est la relativité en physique ; à savoir que les relations entre les diverses grandeurs physiques mesurées restent invariantes dans des référentiels d'inertie différents, même si les grandeurs mesurées

---

[11] Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, Bulletin *de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, p. 3.

[12] Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", pp. 4 et 5.

changent. Pour Langevin l'extension de ce principe de relativité à tous les phénomènes physiques, c'est à dire y compris électromagnétiques, permet d'atteindre à une réalité plus haute que celle de l'espace, qui, sous le nom d'Univers, correspond à l'espace-temps de Minkowski.

Plus concrètement , en ce qui concerne la mécanique, Langevin rappelle que :

> *un aspect particulier du principe général de relativité avait été reconnu par les fondateurs de la mécanique et traduit par les équations du mouvement. C'est le fait que des expériences purement mécaniques effectuées à l'intérieur d'un système en translation uniforme, ne peuvent pas déceler ce mouvement ; autrement dit qu'il n'y a pas de mouvement de translation absolu.* [13]

Langevin ajoute ensuite cette remarque très pertinente qui permet de distinguer le statut du temps absolu de celui de l'espace dans la mécanique classique :

> *Un postulat fondamental de la mécanique classique est celui qui fait jouer au temps le rôle d'un des invariants dont j'ai parlé plus haut : c'est ce que j'appellerai l'hypothèse du temps absolu. (...) Si, pour la mécanique, l'intervalle dans le temps de deux événements a un sens absolu, il n'en sera pas de même de leur distance dans l'espace.* [14]

Dans "L'évolution de l'espace et du temps", Langevin présente également cette dissymétrie entre la conception du temps et celle de l'espace :

> *dans la conception ordinaire du temps on attribue à* (la) *simultanéité un sens absolu, on la suppose indépendante du système de référence. (...) Il en est autrement pour la distance dans l'espace : c'est un fait bien simple et contenu dans les notions habituelles que la distance dans l'espace de deux événements n'a pas en général de sens absolu et dépend du système de référence employé.*[15]

---

[13]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", p.6.

[14]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", pp. 6 et 7.

[15]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, p. 38.

Pour illustrer cette affirmation, Langevin prend l'exemple de deux objets que l'on laisse tomber sur la voie par le trou du plancher d'un train en marche. Les deux événements que constituent la chute de ces objet se passent en un même lieu dans le train et dans deux lieux différents sur la voie.

> *La distance dans l'espace de ces deux événements est nulle pour les premiers observateurs, et égale au contraire pour les autres au produit de la vitesse du wagon par l'intervalle de temps qui sépare les chutes des deux objets.*[16]

Langevin ajoute alors :

> *C'est seulement dans le cas où les deux événements sont simultanés que leur distance dans l'espace à un sens absolu, ne varie pas avec le système de référence.*[17]

Ce qui veut dire que la dimension d'un objet garde un sens absolu, puisque mesurer un objet consiste à en relever la position simultanée de ses extrémités. Langevin montre ensuite que pour deux événements successifs dans le temps il est toujours possible de trouver un référentiel dans lequel il coïncident dans l'espace. Il peut alors conclure :

> *Ce qu'on peut ainsi réaliser pour l'espace, la coïncidence de deux événements dans l'espace par un choix convenable du système de référence, nous avons vu qu'on ne peut pas le réaliser pour le temps, puisque l'intervalle dans le temps de deux événements a un sens absolu, est mesuré de la même manière dans tous les systèmes de référence.*
>
> *Il y a là une dissymétrie entre l'espace et le temps habituellement donnés que les conceptions nouvelles font disparaître : l'intervalle dans le temps, comme la distance dans l'espace y deviennent variables avec le système de référence, avec le mouvement des observateurs.* [18]

Dans son exposé devant la Société française de philosophie il écrit très clairement :

> *Nous verrons que cette dissymétrie entre les propriétés*

---

[16]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", pp. 39-40.
[17]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", p. 40.
[18]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", pp. 40-41.

de l'espace et du temps, telles que les exige la mécanique, disparaît dans la conception plus générale qu'impose la forme nouvelle du principe de relativité.[19]

Dans quelle mesure ces analyses pénétrantes de Langevin facilitent-elles ou non la compréhension de ce que la relativité d'Einstein apporte à la notion d'espace?

L'auditeur de Langevin est amené à considérer que l'espace géométrique connaît le principe de relativité qui se manifeste par la reconnaissance des invariant ne dépendant pas du système de référence choisi ; c'est le cas de la distance entre deux points par exemple. Puis, passant à la mécanique, cet auditeur est amené à admettre que la physique connaît des invariants analogues à ceux de la géométrie, par exemple le temps. Enfin, cet auditeur doit remarquer que si l'intervalle de temps entre deux événements, ou au contraire leur simultanéité, a un sens absolu, il n'en va pas de même en ce qui concerne la position de ces événements dans l'espace ; seuls les événements simultanés ont une position dans l'espace qui ne change pas en fonction du repère choisi ; au contraire la distance dans l'espace de deux événements successifs n'est pas invariable mais dépend du référentiel retenu.

Quand on connaît déjà les conclusions de la relativité d'Einstein, on ne peut qu'admirer la subtilité de ce préambule destiné à faire admettre que, puisque la détermination d'une longueur est une opération qui consiste à faire coïncider simultanément les extrémités de l'objet à mesurer avec les extrémités de l'instrument de mesure, il s'ensuit nécessairement que, si cette simultanéité n'a plus de sens absolu, alors la mesure de la longueur non plus.

Mais est ce si simple dans l'esprit de qui découvre pour la première fois la Relativité? Comment concilier l'idée qu'en géométrie l'espace est relatif et la longueur un invariant (idée banale), avec l'idée nouvelle que, dans la mécanique relativiste, non seulement le temps n'est plus un invariant mais la longueur non plus? Et cela d'autant plus que Langevin prend soin de rappeler que dans la mécanique classique la distance entre deux événements (c'est à dire la longueur qui sépare le lieu de ces événements, qu'il est donc naturel d'assimiler aux points de la géométrie) est purement relative et que cette distance n'a un

[19]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", p.7.

caractère absolu que dans le cas où ces événements sont simultanés.

Autrement dit, pour le néophyte, la nouvelle théorie ne change apparemment rien, d'un point de vue spatial, à l'ancienne mécanique, hormis dans le cas particulier de deux événements simultanés.

Or la mécanique relativiste enseigne la contraction réciproque des longueurs entre deux référentiels en mouvement de translation uniforme. Évidemment, Langevin développe longuement ce point, mais toute son introduction invite à minimiser la nouveauté de cette contraction.

D'ailleurs, si l'on parle communément de la relativité du temps, est-il pour autant légitime de parler de la relativité de l'espace? Que signifie cette expression? N'est-elle pas ambiguë voire vide? Tout dépend à nouveau du sens donné au terme espace. La Relativité affirme seulement que la mesure des longueurs change en fonction du référentiel galiléen choisi, lorsque cette mesure est faite dans le sens de la translation de ces référentiels et non perpendiculairement.

Il apparaît ainsi, à nouveau, qu'une présentation trop subtile de la Relativité, on pourrait presque dire trop intelligente, ne favorise pas forcément sa compréhension. En ce sens que, pour comprendre ces subtilités, il faut déjà avoir compris la Relativité. Sinon ces remarques contribuent à banaliser ce que la Relativité apporte de nouveau dans notre conception de l'espace.

4- L'espace selon Poincaré.

Comme signalé plus haut, Poincaré est sans doute celui qui a poussé le plus loin et avec le plus de constance sa réflexion épistémologique sur le concept d'espace. La réflexion de Poincaré est d'abord celle d'un mathématicien, mais elle est celle aussi d'un physicien.

Poincaré développe ses réflexions sur l'espace d'un point de vue géométrique dans la deuxième partie de *La science et l'hypothèse*, intitulée :"L'espace". Il poursuit cette réflexion dans les chapitres trois et quatre de *La valeur de la science*, intitulés :"La notion d'espace" et "L'espace et ses trois dimensions". D'un point de vue plus physique, Poincaré traite de l'espace dans la troisième partie de *La science et l'hypothèse*, dans le chapitre sept intitulé : "Le mouvement relatif et le mouvement absolu". Il y revient dans *Sciences et méthode*, dans le livre

deux intitulé : "Le raisonnement mathématique", au chapitre un, "La relativité de l'espace". Il y a quelques allusions à ces réflexions dans "La dynamique de l'électron" de la *Revue Générale des Sciences.* Mais surtout Poincaré a eu le temps d'écrire une synthèse de l'ensemble de ses réflexions sur l'espace dans sa conférence de 1912, à l'Université de Londres, intitulée : "l'espace et le temps", et publiée dans *Dernières pensées.* Cette conférence présente le grand intérêt de fournir une sorte de résumé de la pensée de Poincaré établi par lui même ; laissons parler le maître :

> *J'écarterai d'abord l'idée d'un prétendu sens de l'espace qui nous ferait localiser nos sensations dans un espace tout fait, dont la notion préexisterait à toute expérience, et qui avant toute expérience aurait toutes les propriétés de l'espace du géomètre. (...) Le sens de l'espace se réduit donc à une association constante entre certaines sensations et certains mouvements.(...)*[20]

Cette première citation exprime de façon succincte la position de Poincaré quant au statut épistémologique de la notion d'espace. Poincaré expose ensuite ce qu'il appellera la relativité psychologique de l'espace.

> *Pourquoi maintenant et dans quelle mesure l'espace est-il relatif? Il est clair que si tous les objets qui nous entourent et notre corps lui même, ainsi que nos instruments de mesure étaient transportés dans une autre région de l'espace, sans que leurs distances mutuelles varient , nous ne nous apercevrions pas.(...) Si les objet étaient tous agrandis dans une même proportion, et qu'il en fût de même de nos instruments de mesure nous ne nous en apercevrions pas d'avantage. Ainsi non seulement nous ne pouvons connaître la position absolue d'un objet dans l'espace, de sorte que ce mot "position absolue d'un objet ", n'a aucun sens et qu'il convient de parler seulement de sa position relative par rapport à d'autres objets ; mais le mot "grandeur absolue d'un objet", "distance absolue de deux points" n'a aucun sens ; on doit parler de deux*

[20]Poincaré, H., *Dernières pensées,* Flammarion, 1913, réédition de 1963, pp. 97-98

grandeurs, du rapport de deux distances.[21]

Il est clair que cette relativité "psychologique" de Poincaré n'a aucun rapport avec la relativité de l'espace géométrique exposée par Langevin. Elle rejoint le sens commun qui sait que les notions de grand ou de petit, de proche ou de lointain, n'ont qu'une valeur relative et aucun sens absolu. On remarquera aussi que, pour Poincaré, l'espace n'existe que par sa mesure, nous avons montré qu'il en était de même pour sa conception du temps, dans le chapitre sur "le temps de Poincaré et d'Einstein".

Ce paragraphe sur l'espace psychologique est en fait un résumé de l'article de Poincaré de 1907 intitulé "La relativité de l'espace" et publié justement dans une revue de psychologie[22], avant d'être repris dans *Sciences et méthode*. Or cet article avait donné lieu a une courte polémique avec Émile Borel, en cette même année 1907. Polémique très éclairante sur la façon dont a été reçue la réflexion de Poincaré sur le relativité de l'espace.

Dans son commentaire de l'article de Poincaré sur "La relativité de l'espace", Émile Borel fait justement remarquer que si les hypothèses de Poincaré ont :

> *simplement pour objet de nous rappeler que notre connaissance est bornée à des systèmes de relations et par suite ne peut déceler toutes les modifications qui laissent immuables ces systèmes de relations,* alors, *c'est là une thèse philosophique générale, que personne ne songe plus à contester.*[23]

Borel conclut son court article par cette remarque qui montre bien que la réflexion de Poincaré n'est pas une présentation de la relativité einsteinienne :

> *Il n'était peut-être pas inutile de préciser que ses idées sur la relativité de l'espace sont des idées de métaphysicien et non de savant : l'appareil scientifique qui les entourent n'ajoute rien au doute métaphysique de l'existence des objets extérieurs.*
>
> *Mais les développements analytiques de M. Poincaré*

---

[21]Poincaré, H., *Dernières pensées*, pp.98-100.

[22]in *Année psychologique*, 1907, pp. 1-17.

[23]Borel, E., "La relativité de l'espace de M. Henri Poincaré", la *Revue du mois*, tome 4, 1907, pp. 115-118, repris in *Émile Borel philosophe et homme d'action*, Gauthier Villars, 1967, p. 73.

> *risquent de donner au lecteur, hypnotisé par l'appareil mathématique, l'impression que dans l'affirmation de cette relativité, il y a autre chose que l'attitude métaphysique primitive.*[24]

Ces réflexions de Borel ne dénotent pas une mauvaise compréhension des propos de Poincaré, mais au contraire mettent en lumière le fait que parler de relativité de l'espace n'a pas de sens autre que cette "attitude métaphysique primitive", si l'on envisage seulement la contraction de Lorentz. Car, comme le souligne vigoureusement Borel :

> *cette théorie* (de Lorentz-Fitzgerald*) n'a un sens que si l'on prend comme* <u>*espace absolu*</u> (souligné par Borel) *le milieu dans lequel se produisent les phénomènes lumineux, milieu dans lequel la vitesse de la lumière est supposée être la même dans toutes les directions.*[25]

Cette petite polémique entre Poincaré et Borel en 1907 montre à quel point la théorie d'Einstein était encore méconnue à cette date. Elle montre aussi que les écrits de Poincaré ne préparent pas vraiment à sa réception. Il est amusant de voir Borel mettre en garde Poincaré contre le risque de laisser entendre que l'espace puisse être relatif dans un autre sens que celui communément admis de la relativité de l'espace géométrique, alors que ce même Borel tentera en 1922 d'exposer de façon originale la relativité d'Einstein dans son article "Einstein à Paris"[26]

D'autre part, cette idée de la relativité de l'espace au sens intuitif présentée par Poincaré dans son article de 1907, comme dans sa conférence de 1912, rejoint les grands mythes de la littérature fantastique qui a exploité ces confrontations d'échelles dans Gargantua, ou, de façon beaucoup plus systématique, dans les voyages de Gulliver. Poincaré lui même utilise ce moyen, dans son article de 1907, pour passer de l'espace psychologique restreint à ce qu'il appelle :

> *le grand espace, qui ne sert pas seulement pour moi, mais où je peux loger l'univers, j'y arriverai par un acte d'imagination. Je m'imaginerai ce qu'éprouverait*

---

[24]in *Émile Borel philosophe et homme d'action*, p. 73.

[25]in *Émile Borel philosophe et homme d'action*, p. 73.

[26]Borel, E., "Einstein à Paris", Revue hebdomadaire, tome 4, 1922, pp.195-202, repris in *Émile Borel philosophe et homme d'action*, Gauthier Villars, 1967, pp. 44-49.

un géant qui pourrait atteindre les planètes en quelques pas ; ou, si l'on aime mieux, ce que je sentirais moi-même en présence d'un monde en miniature où ces planètes seraient remplacées par de petites boules, tandis que sur l'une de ces petites boules s'agiterait un lilliputien que j'appellerais moi. [27]

C'est encore cette intuition de la relativité de l'espace que l'on retrouve sous une forme différente dans les deux infinis de Pascal :

dans la vue de ces infinis, tous les finis sont égaux ; et je ne vois pas pourquoi asseoir son imagination plutôt sur un que sur l'autre.[28]

Encore une fois, cette intuition est un obstacle à la compréhension de la relativité restreinte, car elle nourrit le sentiment que le relativité de l'espace se limite à cette relativité psychologique, somme toute assez évidente.

Poincaré ajoute alors, suivant en cela le même cheminement que Langevin :

Mais on peut envisager la relativité du temps et de l'espace à un point de vue tout différent.[29]

Il introduit alors la notion de relativité "physique" selon sa propre terminologie. Les lois auxquelles obéit le monde peuvent s'exprimer par des équations différentielles, lesquelles équation ne sont pas altérées si l'on change les axes de coordonnées, ou si ces axes de coordonnées sont animés d'un mouvement de translation rectiligne uniforme. Ce principe de relativité est donc beaucoup plus restreint que la relativité psychologique, puisque les équations différentielles seraient altérées si les axes de coordonnées étaient en rotation par exemple.

Il y a là quelque chose qui choque un peu nos idées sur la relativité de l'espace, idées fondées sur la relativité psychologique, [30]écrit Poincaré.

Et de fait, cette altération des équations différentielles dans le cas d'un mouvement non rectiligne ou non uniforme est bien une sorte de manifestation de l'espace absolu. Pourtant, la relativité restreinte ne résout pas ce problème, puisqu'elle est par définition restreinte aux

---

[27] Poincaré, H., *Science et méthode*, Flammarion, 1908, réédition de 1963, p. 113.
[28]Pascal, B., *Pensées*, Garnier Flammarion, 1976, 72-199, p.69.
[29]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 101.
[30]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 102.

référentiels d'inertie. On voit bien ici que les préoccupation de Poincaré dépassent de beaucoup l'extension du principe de relativité aux phénomènes électromagnétiques, pour aboutir au seul résultat qui compterait vraiment à ses yeux, une relativité généralisée à tous les types de mouvements.

Poincaré montre ensuite que le principe de relativité ne s'applique pas aux équations finies directement observables, mais aux équations différentielles. Il explique alors à quelle condition il est possible de passer des équations finies aux équations différentielles dont elles sont les intégrales. Seule l'expérience permet de déterminer la valeur à attribuer aux constantes d'intégration. Il peut affirmer :

> *On voit donc quel est le sens du principe de relativité physique ; il n'est plus une simple convention ; il est vérifiable et par conséquent il pourrait n'être pas vérifié ; c'est une vérité expérimentale. (...) on conçoit mieux pourquoi le principe de relativité physique a moins d'extension que le principe de relativité psychologique ; ce n'est plus une nécessité due à la nature même de notre esprit ; c'est une vérité expérimentale à laquelle l'expérience impose des limites.*[31]

Cette démonstration de Poincaré brièvement résumé ici mais dont il suffit d'admettre la conclusion (le principe de relativité physique est de nature expérimentale) est d'une importance fondamentale. Si ce principe est de nature expérimentale "il est susceptible d'une incessante révision", ce qui lui confère un statut éminemment provisoire ; on voit bien ici encore combien cette conception est éloignée de celle d'Einstein qui considère justement ce principe comme une nécessité imposée par la nature même de notre esprit, même s'il est vrai qu'il ne le dit pas de cette façon. D'ailleurs Poincaré est ensuite obligé de montrer comment un principe d'origine expérimental peut redevenir une convention en géométrie, car celle-ci doit échapper aux incessantes révisions. On reviendra sur ces problèmes dans le chapitre sur "principes ou théorie".

C'est seulement après avoir fait admettre la nature expérimentale du principe de relativité physique que Poincaré pose la question :

---

[31]Poincaré, H., *Dernières pensées*, pp. 105-106.

> *Quelle est alors la révolution qui est due aux récents progrès de la physique? Le principe de relativité, sous sa forme ancienne, a du être abandonné, il est remplacé par le principe de relativité de Lorentz. Ce sont les transformations du "groupe de Lorentz" qui n'altèrent pas les équations différentielles de la dynamique.* [32]

Qu'en 1912, Poincaré ne juge pas utile de citer Einstein ne peut manquer de surprendre, sauf à admettre que pour lui la relativité d'Einstein est strictement identique à la transformation de Lorentz ; ce qui n'est pas le cas, et ce que Poincaré ne pouvait manquer de savoir.

D'ailleurs Poincaré utilise lui même une expérience de pensée typiquement einsteinienne quand il explique très clairement :

> *Voilà deux observateurs, le premier lié aux axes fixes, le second aux axes mobiles, mais se croyant l'un et l'autre en repos. Non seulement telle figure que le premier regarde comme une sphère, apparaîtra au second comme une ellipsoïde ; mais deux événements, que le premier regardera comme simultanés, ne le seront plus pour le second.* [33]

La conclusion de Poincaré est malgré tout sans équivoque quant à la valeur qu'il accorde à ces conceptions nouvelles :

> *Quelle va être notre position en face de ces nouvelles conceptions ? Allons-nous être forcés de modifier nos conclusions ? Non certes : nous avions adopté une convention parce qu'elle nous semblait commode, et nous disions que rien ne pourrait nous contraindre à l'abandonner. 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 pour ne pas troubler leurs vieilles habitudes. Je crois, entre nous, que c'est ce qu'il feront encore longtemps.* [34]

Peut-on être plus prudent vis à vis de la nouvelle théorie? voire plus méfiant? Le ton badin de la confidence, "entre nous", à quelque

---

[32]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 108.
[33]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 108.
[34]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 109.

chose d'assassin.[35]

5- La quatrième dimension.

Lors de cette même conférence Poincaré aborde rapidement la question de l'espace temps de Minkowski. Il écrit alors avec une grande clarté :

> *Tout se passe comme si le temps était une quatrième dimension de l'espace ; (...) l'essentiel est de remarquer que dans la nouvelle conception l'espace et le temps ne sont plus deux entités entièrement distinctes et que l'on puissent envisager séparément, mais deux parties d'un même tout et deux parties qui sont comme étroitement enlacées de façon qu'on ne puisse plus les séparer facilement.* [36]

S. Walter a montré, dans sa thèse sur *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la relativité restreinte*, qu'Einstein, au contraire, n'acceptera qu'en 1912 la formulation géométrique de la relativité et l'espace-temps à quatre dimensions de Minkowski. Ce dernier l'avait pourtant exposé dès 1908, lors d'une conférence à Cologne. Walter rappelle aussi que :

> *Poincaré et Einstein observèrent indépendamment que les transformations de Lorentz (nommées ainsi par*

---

[35]Dans la conclusion de son article de 1908 pour la *Revue Générale des Sciences* sur "La dynamique de l'électron" (tome 19, 1908, p. 402), Poincaré précise sa pensée quant au statut de la mécanique nouvelle : "Qu'on me permette un voeu, pour terminer. Supposons que, d'ici quelques années, ces théories subissent de nouvelles épreuves et qu'elles triomphent; notre enseignement secondaire courra alors un grand danger : quelques professeurs voudront, sans doute, faire une place aux nouvelles théories. Les nouveautés sont si attrayantes, et il est si dur de ne pas sembler assez avancé! Au moins, on voudra ouvrir aux enfants des aperçus et, avant de leur enseigner la Mécanique ordinaire, on les avertira qu'elle a fait son temps et qu'elle était bonne tout au plus pour cette vieille ganache de Laplace. Et alors, ils ne prendront pas l'habitude de la Mécanique ordinaire.
Est-il bon de les avertir qu'elle n'est qu'approchée? Oui; mais plus tard, quand il en seront pénétrés jusqu'aux moelles, quand ils auront pris le pli de ne penser que par elle, quand ils ne risqueront plus de la désapprendre, alors on pourra sans inconvénient, leur en montrer les limites.
C'est avec la Mécanique ordinaire qu'ils doivent vivre; c'est la seule qu'ils auront jamais à appliquer; quels que soient les progrès de l'automobile, nos voitures n'atteindront jamais les vitesses où elle n'est plus vraie. L'autre n'est qu'un luxe, et l'on ne doit penser au luxe que quand on ne risque plus de nuire au nécessaire."

[36]Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 108.

Poincaré) forment un groupe ; Poincaré seul exploita cette connaissance dans la recherche des invariants. Parmi les aperçus de Poincaré découlant de son emploi d'une quatrième coordonnées imaginaire en t racine carrée de -1 a été l'interprétation d'une transformation de Lorentz en tant que rotation autour de l'origine dans un espace à quatre dimensions, et l'invariance de la somme des carrés dans cet espace, qu'il a décrite comme une mesure de distance. Cette analyse forma ensuite la base de son évaluation de la possibilité d'une théorie covariante de la gravitation.[37]

Mais ce n'est pas l'assimilation du temps à un quatrième coordonnée de l'espace qui joue directement un rôle dans la diffusion de la Relativité, et plus particulièrement de la relativité de l'espace, hors des milieux scientifiques. En revanche, l'idée même d'un espace à plus de trois dimensions est de nature à enflammer les imaginations.

Notre hypothèse est que la contraction des longueurs ne retient pas vraiment l'attention car ce phénomène est bientôt occulté par une notion beaucoup plus spectaculaire : celle des espaces à plus de trois dimensions et des perspectives qu'ils ouvrent à l'imagination.

Déjà, dans la *Science et l'hypothèse*, dans son chapitre sur "Les géométries non euclidiennes", Poincaré, présentant la géométrie de Riemann, imagine un monde à deux dimensions peuplé d'êtres plats, vivant dans un espace sphérique ; c'est dire sur la surface d'une sphère dans un espace à trois dimensions. Il peut alors écrire :

Leur espace sera donc sans limite puisqu'on peut sur une sphère aller toujours devant soi sans jamais être arrêté, et cependant fini ; on n'en trouvera jamais le bout, mais on pourra en faire le tour.[38]

Cet exemple de Poincaré peut facilement être complété, afin de comprendre les possibilités extraordinaires que dévoilent l'ajout d'une dimension à l'espace. Imaginons que ces êtres plats découvrent la troisième dimension. Il existe dès lors pour eux un chemin plus court que la ligne droite pour se rendre d'un point à un autre de leur espace à deux dimensions. En effet, le plus court chemin à la surface d'une sphère est un grand cercle ou géodésique mais, avec la troisième

---

[37]Walter, A, S, *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte*, 1905-1915, thèse de doctorat, Paris VII, 1996, p. 33.
[38]Poincaré, H, *La science et l'hypothèse*, p.66.

dimension, ces êtres peuvent emprunter un des rayons de la sphère pour se rendre, par un chemin plus court, d'un point à un autre de la surface de cette sphère. Cet exemple banal mais imaginable à partir de la situation mise en scène par Poincaré, ne s'applique pas vraiment à l'espace temps à quatre dimensions de Minkowski, mais à l'espace quadridimentionnel de la relativité généralisée. La relativité généralisée affirme que les corps soumis à la gravitation parcourent en fait des lignes droites dans un espace courbe à quatre dimensions ; ce sont ces géodésiques de l'espace-temps qui apparaissent comme des cercles dans notre espace euclidien à trois dimensions.

Il est possible que cette lecture, riche de possibilités pour la science fiction, ait finalement laissé à l'arrière plan les contractions spatiales de la relativité restreinte. Autrement dit, l'imagination s'est emparée des possibilités offertes par la quatrième dimension spatiale à partir de ce qu'elle peut concevoir en passant d'un espace à une puis deux, puis trois dimensions. Il n'est pas nécessaire pour cela de maîtriser la géométrie à plus de trois dimensions.

Jacques Maritain écrivait pour s'en moquer, en 1920 :

> *sans doute la révolution einsteinienne va-t-elle ouvrir au spiritualisme scientifique des perspectives imprévues. Déjà, avec l'hyper-espace, plusieurs auteurs estimables concevaient aisément qu'à la mort du corps l'âme file à l'anglaise par la quatrième dimension.*[39]

Nous n'avons pas pu identifier ces "auteurs estimables", mais il est évident que cette remarque de Maritain vient corroborer l'hypothèse selon laquelle c'est bien la quatrième dimension qui enflamme les imaginations. Or, entendu de cette façon, cette quatrième dimension n'est en rien le fruit de la Relativité mais simplement d'une géométrie à plus de trois dimensions.

Ainsi, de quelque façon que l'on pose le problème de l'espace, il semble bien que ce ne soit pas la modification de ce concept par la nouvelle théorie qui ait retenue l'attention. Ni l'abandon de l'espace absolu, ni l'affirmation de la relativité de cet espace, ni même la contraction des longueurs n'apparaissent comme des nouveautés totales, en revanche la remise en cause du temps absolu est beaucoup plus excitante. Même si, comme l'écrit Poincaré :

---

[39]Maritain, J., "Einstein et la notion du temps", *La Revue universelle*, tome 2, 9, 1920, p.358.

> *ce que nous avons dit de l'espace s'applique au temps. (...) Le temps mesurable est aussi essentiellement relatif. Et si tous les phénomènes se ralentissaient, et s'il en était de même de la marche de nos horloges, nous ne nous en apercevrions pas ; et cela quel que soit la loi de ce ralentissement, pourvu qu'elle soit la même pour toutes les horloges. Les propriétés du temps ne sont donc que celles des horloges, comme les propriétés de l'espace ne sont que celles des instruments de mesure.*[40]

La grande différence reste néanmoins, comme le soulignait Langevin, que dans la mécanique classique le temps jouait toujours le rôle d'un invariant, ce qui n'était pas le cas de la position dans l'espace. Il en résulte que ce qu'il est convenu d'appeler les paradoxes temporels de la relativité restreinte retiennent beaucoup plus l'attention que les modifications apportées par la nouvelle théorie à nos conceptions de l'espace. Il est significatif que Langevin, dans son expérience imaginaire du boulet, fasse intervenir le moindre vieillissement du voyageur relativement au sédentaire mais ne juge pas utile de mentionner son rapetissement[41]. Il y avait pourtant là matière à frapper un auditoire de néophytes. Cette absence de mise en valeur de ce que l'on pourrait appeler les paradoxes spatiaux de la relativité est peut être un argument supplémentaire tendant à prouver que ce n'est pas par ce biais que la nouvelle théorie a pénétré les milieux non-scientifiques.

---

[40] Poincaré, H., *Dernières pensées*, p. 101.

[41] Il faut pourtant souligner qu'il y a une différence fondamentale entre le statut du temps et celui des longueurs en relativité restreinte. Les mesures d'une même longueur ou de l'intervalle temporel entre deux événements donnent des résultats différents si elles sont effectuées depuis un référentiel au repos par rapport aux objets de la mesure ou depuis un référentiel en mouvement relatif rectiligne et uniforme par rapport à ceux-ci. Mais si les deux référentiels se retrouvent au repos relatif, de nouvelles mesures seront concordantes en ce qui concerne les longueurs alors que les horloges restent désynchronisées, car elles gardent, en quelque sorte, contrairement aux règles, la "mémoire" du temps relatif. C'est précisément cette distinction entre la mesure des longueurs et celle du temps que n'accepte pas Bergson dans sa critique du paradoxe des jumeaux.

Chapitre 11

Un éther peu volatil.

Il est communément admis que l'énoncé de la théorie de la relativité restreinte par Einstein a entraîné l'abandon de l'hypothèse de l'éther.

L'étude des modalités de cet abandon apporte un double éclairage sur la diffusion de la Relativité.

Le concept d'éther peut être considéré comme un indicateur indirect du degré d'assimilation de la théorie de la relativité ; l'emploi de celui là étant inversement proportionnel à l'acceptation de celle ci. Si l'on admet que ce rapport est grossièrement vrai, alors l'étude de l'évolution de l'utilisation du concept d'éther entre 1905 et 1922 devient un instrument précieux pour mesurer les étapes de diffusion de la Relativité.

Mais le concept d'éther n'est pas univoque, il s'ensuit que son abandon revêt plusieurs significations. Mettre en lumière les différentes acceptions du concept d'éther vers 1905 est donc nécessaire pour comprendre ce qui est abandonné quand le concept tombe en désuétude. D'autre part, ce qui est abandonné doit-il l'être nécessairement si l'on adhère à la Relativité? L'abandon de l'éther en un certain sens entraîne-t-il son abandon dans tous les sens? La réponse à ces questions fournit également un éclairage indirect sur la diffusion de la Relativité.

1- Milieu ondulant et/ou espace absolu ?

L'abandon de l'éther recouvre en fait un double abandon : l'abandon d'un milieu ondulant expliquant la transmission des ondes électromagnétiques et l'abandon d'un système de référence au repos

absolu relativement auquel était mesurée la vitesse de propagation de ces ondes électromagnétiques[1]. Le renoncement à un éther mécanique[2], support de l'ondulation électromagnétique, n'est en fait qu'une conséquence de l'abandon de l'espace absolu : si la Relativité est étendue aux phénomènes électromagnétiques, alors il n'est plus possible de rapporter ces phénomènes à un référentiel absolu, l'éther devient donc inutile. Or, il est difficile de renoncer à l'éther espace absolu, sans renoncer en même temps à l'éther mécanique, car sa conservation, même sous forme d'un éther purement électromagnétique et immatériel, sous-entend implicitement la conservation d'un espace absolu ; quand bien même cet espace absolu serait explicitement nié. Il subsiste alors une équivoque à laquelle n'échappera pas Poincaré lui-même.

Mais l'éther mécanique n'avait pas besoin de la relativité restreinte pour disparaître ; dès l'origine il n'était qu'une hypothèse non-nécessaire, introduite par la conception mécanique de la nature. Avant même l'énoncé de la théorie de la relativité restreinte, la notion de champ électromagnétique pouvait être pensée indépendamment de celle de repère absolument immobile. En revanche, le renoncement à l'éther comme matérialisation de l'espace absolu est une conséquence directe et nécessaire de la relativité restreinte.

Dans son article de 1911 pour la revue *Scientia*, Castelnuovo explique clairement comment l'élaboration de l'éther électromagnétique au XIX éme siècle aboutit subrepticement à la réintroduction de l'espace absolu dans la mécanique :

> *A côté des corps matériels, qui entrent dans la question en examen, on fait figurer un milieu hypothétique, l'éther de l'optique et de l'électromagnétisme, auquel on*

---

[1]Le problème est en fait un peu plus complexe, car dès la fin du XIX ème siècle, en particulier avec la théorie de Maxwell, il y a incompatibilité entre la conception d'un éther à la fois milieu inerte supportant les phénomènes sans inter-agir avec eux et référentiel au repos absolu (éther que l'on pourrait appeler cinématique), et la conception d'un éther comme champ électromagnétique capable d'interactions avec les phénomènes électromagnétiques (éther électromagnétique).

[2]L'expression "éther mécanique" s'applique ici aussi bien au milieu inerte support des ondulations électromagnétiques (éther cinématique) qu'au champ définit grâce à des modèles mécaniques par Maxwell, Thomson (Lord Kelvin) ou Helmoltz (éther électromagnétique). "Maxwell se borne finalement à démontrer qu'une explication mécanique de l'électricité et du magnétisme fondée sur un modèle d'éther est toujours possible, il reconnaît donc l'utilité -mais aussi les limites- de ce genre d'explication. (...) les propriétés mécaniques de l'éther s'estompent devant les relations qu'elles ont contribué à suggérer", précise M.A. Tonnelat dans l'article "Êther" de l *Encyclopédia Universalis*, vol. 8 p. 949.

rapporte le mouvement de la matière. Mais on attribue ensuite à l'éther des propriétés qui reconstituent en lui ce système au repos absolu dont on croyait être débarrassé .[3](souligné par nous).

Ce piège que constitue l'éther électromagnétique en devenant un référentiel absolu, sans que cela ait été clairement voulu, est un élément central pour comprendre les controverses à son sujet. Poincaré lui-même avait clairement souligné ce fait lorsqu'il faisait remarquer que l'introduction de l'éther par la physique théorique était une violation du principe de relativité, tandis que l'impossibilité de mettre en évidence expérimentalement le mouvement de la terre par rapport à cet éther était au contraire une confirmation de ce principe par la physique expérimentale qui se montrait, dans ce cas, plus respectueuse des principes que la physique théorique.[4] .

L'abandon de l'éther ne s'est pas fait en un jour. Ce n'est que progressivement, au cours de la décennie qui suit 1905, que le deuil s'accomplit. En fait il s'agit d'un effacement à la fois progressif et convulsif ; la notion d'éther tombe en désuétude plus qu'elle n'est volontairement abandonnée ; cette évolution ne va pas sans quelques tentatives désespérées pour sauver l'éther électromagnétique beaucoup plus que l'espace absolu.

Cette évolution peut être bornée par deux articles d'Einstein disponibles en français dès l'époque que nous étudions. Le premier date de 1910, il est intitulé "le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne"[5] ; le second date de 1920, il est traduit en français en 1921 sous le titre : "L'éther et la théorie de la relativité"[6].

En 1910, Einstein insiste sur la nécessité de renoncer à l'éther dans le cadre de la relativité restreinte ; en 1920, au contraire, il signale que ce renoncement n'est pas exigé par la relativité restreinte.

En 1910, Einstein expose sa théorie qui est encore très méconnue

---

[3]Castelnuovo, G., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", in *Scientia, Rivista internazionale di sintesi scientifica,* 1911, vol. 17, supplément pp 51-52, traduction de Picquet H.

[4]Ce point est développé dans le chapitre sur "Principe ou théorie".

[5]Einstein, A., "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles,* Genève, XXIX, 1910, pp. 5-28 et 125-144.

[6]Einstein, A., *L'éther et la théorie de la relativité,* trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1921, repris dans Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité,* trad. par M. Solovine et M.A. Tonnelat, Paris, Gauthier-Villars, 1972, pp 63-74.

des non-spécialistes. Il cherche le moyen le plus efficace pour faire comprendre qu'il est possible de concilier le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière. Il lui semble alors que le premier pas à franchir pour arriver à cette conciliation est d'admettre qu'il n'existe pas de référentiel privilégié pour calculer la vitesse de la lumière. Une fois ce point admis, il devient possible de comprendre que cette constance est une lois générale de la nature restant valable dans tous les systèmes de référence inertiels. C'est bien de l'espace absolu, ou encore d'un système de référence au repos absolu, dont se débarasse, avec l'éther, Einstein. Il s'agit du référentiel privilégié de Lorentz. L'abandon de l'éther marque donc la différence essentielle qui sépare la relativité de Lorentz et Poincaré de celle d'Einstein. En ce sens, la démarche d'Einstein est parfaitement justifiée. On a vu néanmoins qu'il abandonnera cet ordre d'exposition de sa théorie par la suite, mettant en premier lieu la démonstration de la relativité de la simultanéité ; ce qui ne va pas sans poser de redoutables problèmes de compréhension au profane, comme il a été dit dans le chapitre sur "La relativité de la simultanéité". Mais, d'autre part, cette insistance sur la nécessité de renoncer à l'éther sera une des raisons importante de la résistance de certains physiciens face à la Relativité, comme il a été dit dans le chapitre sur "Les premières étapes de la diffusion de la relativité". C'est sans doute une des raisons qui fait que, par la suite, Einstein n'insiste plus prioritairement sur l'abandon de l'éther, car il lui semble que cela créé des équivoques. Dans son esprit, l'abandon de l'éther est imposé par l'abandon de l'espace absolu, or ses contradicteurs se placent du point de vue du rôle physique de l'éther dans la transmission des ondes électromagnétiques. Sans doute Einstein estime-t-il alors qu'il est plus efficace d'établir d'emblée une nouvelle cinématique dont une des conséquences est de rendre l'éther inutile, plutôt que d'insister de but en blanc sur cet abandon qui heurte l'intuition.

Dix ans plus tard, alors que la question de l'éther pouvait sembler définitivement réglée, Einstein fait une mise au point sur le sujet qui montre bien la complexité du problème, et qui éclaire rétrospectivement les débats sur l'éther depuis 1905. C'est le 5 mai 1920 qu'Einstein prononce, à l'Université de Leyde, une conférence intitulée : "L'éther et la théorie de la relativité". Le texte de cette conférence sera traduit en 1921 par M. Solovine et publié aux éditions Gauthier-Villars [7].

---

[7] Einstein, A., *L'éther et la théorie de la relativité,* op. cit.

Il est éclairant de connaître ce qu'Einstein lui-même pensait du problème de l'éther, alors que celui-ci n'était déjà plus un débat crucial entre les physiciens.

Einstein débute son exposé par un rappel historique sur la conception de l'éther depuis Newton, Maxwell et Hertz jusqu'à Lorentz. Il peut alors écrire :

> *les choses en étaient là lorsque H.A. Lorentz intervint. Par une merveilleuse simplification des fondements théoriques, il est arrivé à établir l'accord entre la théorie et l'expérience.* (Einstein fait ici allusion à l'éther de Hertz qui a, comme la matière, des propriétés mécaniques et des propriétés électriques, ces propriétés n'ayant entre-elles aucun lien logique ; l'éther de Hertz est d'autre part en contradiction avec l'expérience de Fizeau par exemple.*) Il réalisa ce progrès de la théorie de l'électricité -le plus considérable depuis Maxwell- en dépouillant l'éther de ses propriétés mécaniques et la matière de ses propriétés électro-magnétiques. Non seulement dans l'espace vide, mais aussi à l'intérieur des corps matériels, l'éther seul, et non pas la matière atomique, est le siège des champs électromagnétiques. Les particules élémentaires de la matière sont, d'après Lorentz, seules capables d'effectuer des mouvements ; leur action électromagnétique réside uniquement en ceci qu'elles portent des charges électriques. Lorentz réussit ainsi à réduire toute action électromagnétique aux équations des champs dans le vide établies par Maxwell.*
>
> *En ce qui concerne la nature mécanique de l'éther de Lorentz, on peut dire plaisamment que l'immobilité est la seule propriété mécanique que Lorentz lui a encore laissée. On peut ajouter que tout le changement opéré par la théorie de la relativité restreinte dans la conception de l'éther consistait en ceci, qu'elle dépouilla l'éther de sa dernière propriété mécanique, c'est à dire l'immobilité.*[8](souligné par nous).

---

[8]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 67.

Einstein ajoute un peu plus loin :

le point de vue qu'on pouvait, au premier abord, adopter en face de cet état de chose semblait être le suivant : l'éther n'existe point du tout. Les champs électromagnétiques ne représentent pas des états d'un milieu, mais sont des réalités indépendantes, qui ne peuvent être réduites à rien d'autre et qui ne sont liées à aucun substratum, exactement comme les atomes de la matière pondérable. (...) Une réflexion plus attentive nous apprend pourtant que cette négation de l'éther n'est pas nécessairement exigée par le principe de la relativité restreinte. On peut admettre l'existence de l'éther, mais il faut alors renoncer à lui attribuer un état de mouvement déterminé, c'est à dire il faut le dépouiller par l'abstraction de son dernier caractère mécanique, que Lorentz lui a encore laissé. nous verrons (...) que cette façon de voir (...) est justifiée par les résultats de la théorie de la relativité générale.[9]

En effet, cette conférence de 1920 est postérieure à l'énoncé de la théorie de la relativité générale ; il s'ensuit que la réflexion d'Einstein sur l'éther est renouvelée par cette théorie, c'est ainsi qu'il peut conclure :

D'après la théorie de la relativité générale, l'espace est doué de propriétés physiques ; dans ce sens par conséquent l'éther existe. Selon la théorie de la relativité générale un espace sans éther est inconcevable, car non seulement la propagation de la lumière y serait impossible, mais il n'y aurait même aucune possibilité d'existence pour les règles et pour les horloges, et par conséquent aussi pour les distances spatio-temporelles au sens de la physique. Cet éther ne doit cependant pas être conçu comme doué de la propriété qui caractérise les milieux pondérables, c'est-à-dire comme constitué de parties pouvant être suivies dans le temps : la notion de mouvement ne doit

---

[9]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 68-69.

pas lui être appliquée.[10]

Ainsi, pour Einstein, il est clair que la théorie de la relativité restreinte se passe aisément de la notion d'éther mais pas nécessairement et ce, parce que la théorie de la relativité généralisée, elle, attribuant des propriétés physiques à l'espace, ressuscite l'éther.

> *La notion de l'éther a de nouveau acquis un contenu précis, contenu certes qui diffère notablement de celui de l'éther de la théorie ondulatoire mécanique de la lumière. L'éther de la théorie de la relativité générale est un milieu privé de toutes les propriétés mécaniques et cinématiques, mais qui détermine les phénomènes mécaniques (et électromagnétiques).* [11] *(...) Si nous considérons le champ de gravitation et le champ électromagnétique du point de vue de l'hypothèse de l'éther, il existe en principe entre les deux une différence notable. Aucun espace, et aussi aucune partie d'espace, sans potentiels de gravitation, car ceux-ci lui confèrent ses propriétés métriques, sans lesquelles il ne pourrait en aucune façon être conçu. L'existence du champ de gravitation est intimement liée à l'existence de l'espace. On peut, par contre, très bien imaginer une partie de l'espace sans champ électromagnétique.*[12]

Ces définitions de l'éther dans le cadre de la relativité généralisée sont lumineuses, mais le vocable "éther" n'apporte pas grand chose à la démonstration. Le mot "espace" suffit pour exprimer ce dont Einstein veut parler, à condition de ne pas considérer l'espace comme un cadre vide mais comme étant lui-même déterminé par la matière qu'il contient, en ce sens qu'elle est la cause de la gravitation. D'ailleurs Einstein lui même écrit :

> *(...) Comme d'après nos conceptions actuelles, les particules élémentaires de la matière ne sont autre chose dans leur essence que des condensations du*

---

[10]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 74.

[11]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 71.

[12]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 72-73.

> *champ électromagnétique, notre représentation actuelle du monde reconnaît deux réalités, qui, tout en étant liées par la connexion causale, sont logiquement tout à fait séparées l'une de l'autre : ce sont l'éther gravifique et le champ électromagnétique, ou, comme on pourrait les appeler encore, l'espace et la matière.*[13]

En effet il semble plus prudent de nommer l'éther gravifique espace, tout simplement, ce qui évite de réintroduire la possibilité d'un éther dans la relativité restreinte, et ce, dans le seul but de ne pas être en contradiction flagrante avec l'affirmation de l'existence d'un éther dans la relativité généralisée. En supprimant le mot on supprime le problème, sans rien retirer à la théorie, tout en lui évitant de tomber dans les innombrables équivoques que suscite le concept d'éther. D'ailleurs, c'est bien, semble-t-il, ce qui est advenu par la suite, le mot éther n'étant plus employé par les physiciens, y compris en relativité générale, car ce terme technique, loin de clarifier la notion d'espace, l'obscurcissait au contraire.

Cette conférence d'Einstein a, de notre point de vue, un grand intérêt car elle montre que, contrairement aux idées reçues, le concept d'éther est loin d'être balayé dès 1905. Il connaît même une seconde jeunesse avec la relativité généralisée. Cela doit mettre en garde contre la tentation de distinguer de façon simpliste entre les esprits ouverts, ayant compris la nouvelle théorie et qui abandonnent l'éther, et les esprits obtus et bornés qui refusent cet abandon. En fait, pour chaque cas, il faut se demander de quel éther il s'agit et quelles sont les motivations pour le garder ou l'abandonner. De ce point de vue, la réflexion menée par Einstein est très instructive.

La question des propriétés physiques de l'espace n'est d'ailleurs pas introduite par la relativité généralisée mais seulement résolue par elle dans un sens relativiste, ce qui est fondamental. Les travaux de Coriolis dans les années 1830 sur la force qui porte son nom, encore appelée force centrifuge composée ou loi de déviation (car en fait il ne s'agit pas d'une force au sens propre du terme mais bien de la manifestation des propriétés physiques de l'espace), ceux de Foucault dans les années 1850 sur le pendule et le gyroscope, avaient mis depuis

---

[13]Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, p. 73

longtemps en évidence l'existence, pour la dynamique, de repères de mouvement privilégié. Comme l'écrit M.A. Tonnelat :

> *Le principe de relativité restreinte postule l'équivalence de tous les systèmes d'inertie (systèmes en mouvement rectiligne et uniforme) pour l'énoncé des lois de la physique. Selon Einstein, les systèmes d'inertie se déduisent les uns des autres par une transformation de Lorentz (Einstein, 1905) et non, comme on le postulait jusqu'alors, par une transformation de Galilée.*
> *L'équivalence « restreinte » ainsi postulée se limite aux systèmes d'inertie, sans inclure les systèmes accélérés. En particulier, des expériences (pendule de Foucault, etc.) peuvent déceler la présence de telles accélérations, manifestant ainsi des mouvements « absolus » rapportés forcément à un espace, lui aussi, absolu.*
> *Pour écarter l'idée d'espace absolu, contraire aux postulats d'une physique relativiste, il faudrait étendre aux systèmes accélérés l'équivalence réservée jusqu'alors aux systèmes d'inertie. Cette équivalence ne peut évidemment nier les effets physiques produits par les accélérations, mais elle consiste à les attribuer à la structure géométrique de l'espace-temps.*[14]

Remarquons au passage que les référentiels d'inertie dont traite la relativité restreinte sont des idéalisations qui n'existent pas expérimentalement ; l'expérience du pendule de Foucault venant prouver que toute expérience réalisée sur Terre ne peut-être qu'approximativement considérée comme étant faite dans un référentiel en mouvement rectiligne uniforme.

En 1911, Langevin souligne ce fait avec force dans son exposé sur "l'évolution de l'espace et du temps":

> *les systèmes de référence employés* (dans la démonstration de Langevin pour exposer la relativité restreinte) *sont supposés animés de mouvements de translation uniformes : pour de tels systèmes seulement les observateurs qui leur sont liés ne peuvent expérimentalement déceler leur mouvement d'ensemble, pour de tels systèmes seulement les*

[14]Tonnelat, M.A., "Gravitation", in, *Encyclopédia Universalis*, vol.10, 1989, p 773.

équations de la physique doivent conserver leur forme quand on passe de l'un à l'autre. Pour de tels systèmes tout se passe comme s'ils étaient immobiles par rapport à l'éther : une translation uniforme dans l'éther n'a pas de sens expérimental.

Mais il ne faut pas conclure pour cela, comme on l'a fait parfois prématurément, que la notion d'éther doit être abandonnée, que l'éther est inexistant , inaccessible à l'expérience. Seule une vitesse uniforme par rapport à lui ne peut être décelée, mais tout changement de vitesse, toute accélération à un sens absolu. [15]*(...) Nous avons donc prise sur l'éther par l'intermédiaire des accélérations.*[16]

On retrouve ici le même raisonnement que développera Einstein neuf ans plus tard.

Quoiqu'il en soit, il est clair que la relativité restreinte n'est pas capable de nier l'existence d'un référentiel privilégié, au repos absolu, car elle ne rend pas compte des mouvements accélérés qui continuent d'être la preuve physique de cet espace absolu, et donc de l'éther considéré sous cet angle.

Mais sous cet angle seulement, car l'éther électromagnétique de Lorentz est au repos absolu, or c'est bien cet éther, support des phénomènes ondulatoires, qui est rendu inutile par la relativité restreinte, car à jamais insaisissable par l'expérience. C'est pourquoi la distinction que nous avons établi d'entrée entre un éther espace absolu et un éther électromagnétique est plus difficile a démêler qu'il n'y paraît au premier abord. Cette distinction est utile méthodologiquement mais un peu artificielle. Qui plus est, la Relativité suppose une conception ondulatoire de la lumière et non corpusculaire, ce qui pose immédiatement le problème du milieu ondulant qui n'est pas aisément remplaçable par la notion peu intuitive de champ.

Suivant le point de vue retenu, l'un ou l'autre de ces problèmes est mis en avant dans les controverses sur l'éther qui succèdent à l'énoncé de la Relativité en 1905. Mais il faut alors se rappeler que, quel

---

[15] Le caractère absolu de cette accélération est mise en lumière par l'expérience du voyageur de Langevin, comme il a été dit dans le chapitre sur "le temps de Langevin, Bergson et Guillaume."

[16] Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, pp 46-47.

que soit ce point de vue, il contient en fait tous les autres en filigrane. Encore une fois, c'est le seul moyen de ne pas avoir une vue simpliste et finalement anhistorique du débat. Ni Einstein, ni Langevin n'échappent, dans les textes que nous avons cités, à cette remarque.

Dans la littérature dépouillée sur le sujet, on peut distinguer trois types de publications : d'abord celles qui font allusion à l'éther à propos de la dynamique de l'électron ou de questions astronomiques (dans le cas de l'électrodynamique, l'éther est alors un élément constitutif de la théorie) ; ensuite les articles ayant pour objet l'éther lui-même et qui tentent de faire le point de façon nuancée sur les différentes conceptions que ce terme recouvre ; enfin il y a quelques publications d'auteurs voulant démontrer l'existence de l'éther en définissant avec précision ses caractéristiques physiques et même chimiques.

2- L'éther, une habitude de pensée ou une nécessité théorique?

En mars 1905, Langevin publie, dans la *Revue Générale des Sciences* , un long article intitulé : "La physique de l'électron" qui est la transcription de son rapport présenté, en septembre 1904, au Congrès International des Sciences et Arts de Saint Louis. Cet article veut faire le point sur la notion si neuve et si féconde d'électron. La première partie de cet article s'intitule "l'éther électromagnétique", ce titre est déjà en lui-même tout un programme. Même si l'expression "d'éther électromagnétique" n'est pas vraiment nouvelle, Langevin la définit de façon assez neuve. En effet, Langevin écrit que l'éther magnétique est un :

> *milieu homogène et vide de matière dont l'état se trouve entièrement défini, au phénomène près de la gravitation, quand nous connaissons en chacun de ses points la direction et la grandeur des deux champs électrique et magnétique. J'insiste dès maintenant sur la possibilité d'atteindre ces notions, ainsi que la notion connexe de charge électrique, indépendamment de toute dynamique, je veux dire par des considérations n'impliquant nullement la connaissance des lois du*

mouvement de la matière.[17]

On ne saurait être plus clair, l'éther se réduit à un champ électromagnétique, autant dire qu'il n'existe pas en tant que milieu physique, mais cela Langevin ne le dit pas explicitement. Il ne peut d'ailleurs pas le dire car ce n'est pas exactement ce qu'il pense. Pour lui, l'éther reste *"le siège de deux formes distinctes de l'énergie, la forme électrique et la forme magnétique"*.[18] Pourtant, plus loin dans son article, il affirme à plusieurs reprises :

> *Je crois qu'il faudra nous habituer à penser un éther indépendamment de toute représentation matérielle.*[19]

> Ou encore : *on se trouve ainsi amené à appliquer au milieu éther, en considérant comme fondamentales les notions de masse et de force qu'elles impliquent, les équations de la Dynamique matérielle, déduites de principes fondés sur l'observation de la matière seule, toujours prise en masse et sans action sensible des rayonnements (...) On étend ainsi, par une induction hardie, ces principes dans un domaine pour lequel ils n'ont pas été créés, et l'on admet aussi de manière implicite la possibilité d'une représentation matérielle de l'éther.*[20]

> Ou enfin : *je crois impossible de surmonter ces difficultés et d'aboutir à une image matérielle de l'éther, dont la nature et les propriétés sont complètement distinctes, et probablement beaucoup plus simples et plus unes que celles de la matière.*[21]

Mais surtout Langevin rejette clairement l'éther mécanique lorsqu'il écrit :

> *c'est bien plutôt l'éther qu'il faut considérer comme fondamental, et il est alors naturel de le définir initialement par les propriétés que nous lui connaissons, c'est à dire par les champs électrique et*

---

[17]Langevin, P., "La physique des électrons", (rapport présenté au Congrès international des Sciences et Arts à Saint-Louis, le 22 sept. 1904.), *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol.16, p257.

[18]Langevin, P., "La physique des électrons", p258.

[19]Langevin, P., "La physique des électrons", p258.

[20]Langevin, P., "La physique des électrons", p261.

[21]Langevin, P., "La physique des électrons", p261.

magnétique, considérés comme fondamentaux et qu'il est possible d'atteindre (...) sans admettre à aucun moment la connaissance des lois de la Dynamique, les notions de masse et de force sous leur forme ordinaire. Nous retrouverons ces dernières comme des notions dérivées et secondaires. (...) Il semble ainsi beaucoup plus naturel de renverser la conception de Maxwell et de considérer l'analogie qu'il a signalée entre les équations de l'électromagnétisme et celles de la Dynamique sous la forme de Lagrange comme justifiant beaucoup plus la possibilité d'une représentation électromagnétique des principes et des notions de la Mécanique ordinaire, matérielle, que la possibilité inverse.[22]

Ainsi, avec prudence verbale mais détermination sur le fond, Langevin prépare à l'abandon de l'éther matériel et mécanique qu'il remplace par un éther purement électromagnétique. Cet éther de Langevin est, pour ainsi dire, impossible à distinguer de la notion moderne de champ.

Langevin envisage également l'éther en tant que référentiel absolu :

Si nous pouvons, au point de vue actuel, concevoir l'éther comme supportant ces axes de Galilée, il n'en résulte pas nécessairement que les phénomènes électromagnétiques nous permettent d'atteindre le mouvement absolu.[23]

Il conclut sur cette question en supposant que :

peut-être des expériences d'un autre type que celles qu'on a tentées jusqu'ici, des expériences dynamiques et non plus statiques, permettront-elles de saisir le mouvement absolu, les axes liés à l'éther, au lieu d'en simplement concevoir l'existence.[24]

Mais il ne croit pas lui-même à cette possibilité. En fait il semble déjà penser ici à son expérience du boulet dans laquelle l'accélération du voyageur garde un sens absolu et permet de mettre en évidence l'espace absolu, et donc l'éther, au même titre que les expériences de Coriolis ou

---

[22]Langevin, P., "La physique des électrons", p266.
[23]Langevin, P., "La physique des électrons", p261.
[24]Langevin, P., "La physique des électrons", p262.

de Foucault, comme nous le signalions plus haut

Dans cet article, le terrain semble parfaitement préparé à un abandon rapide de l'éther, à la fois comme substance matérielle et comme référence absolue. Einstein peut venir pour porter l'estocade à cette notion inutile. Pourtant il n'en sera rien, l'éther a encore de beaux jours devant lui, en particulier à cause de la place qu'il occupe dans l'électrodynamique de Lorentz et Poincaré.

En 1908, dans son article intitulé "La dynamique de l'électron"[25], Poincaré utilise encore le concept d'éther comme un outil familier ; sans reprendre explicitement à son compte les pénétrantes critiques formulées par Langevin quelques années plutôt ; sans laisser entendre qu'un tel concept pourrait-être superflu. Il y a deux explications possibles à cette attitude. Selon la première, Poincaré écrit ici un article de synthèse et de vulgarisation ; il veut présenter un tableau cohérent de l'électrodynamique ; autrement dit, il ne veut pas surcharger et compliquer son propos par des considérations sur l'éther. Cette explication sous-entend néanmoins que, pour Poincaré, l'hypothèse éther reste utile et permet un exposé plus limpide des phénomènes électromagnétiques que son abandon. L'autre explication est que l'éther fait encore partie intégrante et naturelle du bagage conceptuel de l'auteur et que celui-ci ne peut donc s'en passer. Mais il ne s'agit plus de l'éther purement mécanique, mais bien de l'éther électromagnétique de Langevin. Les extraits suivant peuvent recevoir ces deux interprétations. Poincaré écrit :

> *Tous ces électrons baigneraient dans l'éther. L'éther serait partout identique à lui-même, et les perturbations s'y propageraient suivant les mêmes lois que la lumière ou les oscillations hertziennes* <u>*dans le vide*</u> .[26]
> (souligné par Poincaré)

Le conditionnel ne s'applique pas à l'éther mais bien à la conception électronique de la matière. En revanche, le soulignement insiste sur l'identité de l'éther et du vide, ce qui plaide pour l'immatérialité de l'éther mais non pour son inexistence. Et ce, d'autant

---

[25]publié dans le *Revue Générale des Sciences* en 1908 et repris dans *Science et Méthode* sous le titre "la mécanique nouvelle", à ne pas confondre avec les fameux articles de 1905 et 1906 intitulés *Sur la dynamique de l'électron* .

[26]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", *Revue Générale des Sciences*, t. 19, 1908, p.389.

moins que Poincaré, dans la suite de son explication, attribue un rôle central à cet éther :

> *En dehors des électrons et de l'éther, il n'y aurait rien. Quand une onde lumineuse pénétrerait dans une partie de l'éther où les électrons seraient nombreux, ces électrons se mettraient en mouvement sous l'influence de la perturbation de l'éther, ils réagiraient ensuite sur l'éther. C'est ainsi que s'expliquerait la réfraction, la dispersion, la double réfraction et l'absorption. De même, si un électron se mettait en mouvement pour une cause quelconque, il troublerait l'éther autour de lui et donnerait naissance à des ondes lumineuses, ce qui expliquerait l'émission de la lumière par les corps incandescents.*[27]

Plus loin Poincaré introduit l'hypothèse de "l'inertie de l'éther" :

> *Les électrons ne sont plus rien par eux-mêmes ; ils sont seulement des trous dans l'éther, et autour desquels s'agite l'éther ; plus ces trous seront petits, plus il y aura d'éther, plus par conséquence l'inertie de l'éther sera grande.*[28]

Cette hypothèse confère à l'éther une réalité physique et phénoménologique à défaut de matérielle. Poincaré a besoin de l'éther dans son électrodynamique.

En ce qui concerne l'éther comme référentiel au repos absolu, Poincaré écrit :

> *Mais si l'éther n'est pas entraîné par le mouvement de la Terre, est-il possible de mettre en évidence, par le moyen de phénomènes optiques, la vitesse absolue de la Terre, ou plutôt sa vitesse par rapport à l'éther immobile?*[29]

Ainsi Poincaré est prêt à abandonner l'espace absolu mais il conserve l'éther. N'écrit-il pas de façon très symptomatique dans *Science et méthode* :

> *Sa véritable vitesse* (celle de la Terre), *(j'entends, cette fois, non sa vitesse absolue qui n'a aucun sens, mais sa*

---

[27]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p.389.
[28]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p.390.
[29]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p.391.

vitesse par rapport à l'éther), je ne la connais pas, je n'ai aucun moyen de la connaître.[30]

Or, si l'éther n'est plus l'espace absolu, pourquoi le conserver encore si ce n'est parce que Poincaré en a besoin dans sa description électromagnétique du monde? Sinon il faut admettre une contradiction logique dans l'affirmation de Poincaré.

Miller avait déjà relevé ce fait quand il écrivait dans "On some other approaches to electrodynamics in 1905"[31] que :

the principle of relativity of Bucherer, Lorentz and Poincaré (...) was the basis of a theory in which empirical data could be explained to have been caused by electrons interacting with an ether.[32] (souligné par l'auteur).

Ou encore :

Abraham, Bucherer, Lorentz and Poincaré, among others that included Max Planck and Hermann Minkowski, continued to cling to an ether chiefly because : 1) it was the basic ingredient to what appeared to be the realization of long-sought-after unification of the sciences - an electromagnétic world-picture; 2) something had to mediate disturbances and explain physical effects.[33]

D'ailleurs, en 1909, Lorentz publie dans la *Revue Générale des Sciences* le texte d'une conférence faite au VIème Congrès International des Mathématiciens, intitulée : "Le partage de l'énergie entre la matière

---

[30]Poincaré, H., *Science et méthode*, Flammarion, 1908, pp.98-99.

[31]qu'on pourrait traduire par : "Sur quelques autres approches de l'électromagnétisme en 1905".

[32]Miller, A.I., "On some other Approaches to Electrodynamics in 1905" in : Woolf, H. (éd.), *Some Strangeness in the proportion. A Centenial Symposium to celebrate the Achievements of Albert Einstein*, London/Amsterdam u.a., Addison-Wesley, 1980, p85.
"le principe de relativité de Bucherer, Lorentz et Poincaré (...) était le fondement d'une théorie selon laquelle les faits empiriques pouvaient être expliqués comme ayant été causés par l'interaction entre les électrons et l'éther."

[33]Miller, A.I., op. cit., p86.
" Abraham, Bucherer, Lorentz et Poincaré parmi d'autres, dont Max Planck et Hermann Minkowski, continuent de s'accrocher à l'éther principalement parce que 1) il était l'élément de base qui apparaissait dans la longue quête vers l'unification des sciences - vers une image électromagnétique du monde; 2) quelque chose devait transmettre les perturbations et expliquer les effets physiques"

pondérable et l'éther"[34]. Ainsi il apparaît bien que, si pour Lorentz et Poincaré la question de l'espace absolu est résolue depuis longtemps, l'éther continue d'être une hypothèse nécessaire et constitutive de leur dynamique de l'électron.

D'ailleurs, la conférence que Poincaré prononce le 11 avril 1912 devant la société de Physique de Paris, qui sera publiée dans *Le Journal de Physique théorique et appliquée* puis dans *Dernières pensées*, et qui traite des derniers développements de l'atomistique et de la théorie des quantas, s'intitule symptomatiquement "les rapports de la matière et de l'éther".[35]

D'une façon plus simple, M. Brillouin, dans son article de 1913 de la revue *Scientia*, revient sur la nécessité selon lui de l'éther électromagnétique :

> *(...) l'impossibilité de connaître des mouvements autre que des mouvements relatifs est trop évidente pour être discutée ; mais des mouvements de quoi? de la matière pesante seule? ou de celle-ci et de l'éther? La nouvelle théorie ignore l'éther ; dans l'espace interstellaire et interplanétaire, elle parle encore de champ électrique, de champ magnétique ; elle écrit des équations qui les définissent ; mais dans ces espaces elle ne met aucune substance, et les vecteurs sont, comme en gravitation, de simples notations algébriques pour des grandeurs qui ne prennent de réalité que là où existe de la substance électrique. C'est un point de vue parfaitement soutenable ; mais si nous y sommes habitués en gravitation, c'est parce que nous regardons cette action comme se faisant sentir instantanément partout, aucune observation n'ayant révélé une durée de propagation. Pour les actions électromagnétiques, il n'en est plus de même ; nous connaissons pour l'avoir mesurée, la vitesse avec laquelle elle se propage. Alors nous ne pouvons éviter la question suivante : pendant les 8 minutes que l'énergie lumineuse met à venir du soleil à*

---

[34] in *Revue Générale des Sciences*, vol.20; 1909.

[35] Poincaré, H., "Les rapports de la matière et de l'éther", Conférence du 11 avril 1912 aux séances de Pâques de la Société de Physique de Paris, in *Le journal de Physique théorique et appliquée*, t. 2, 1912, pp 347-360; repris in *Dernières pensées*, Flammarion, 1913, chapitre 7, même titre.

la terre, en voyageant avec une vitesse uniforme, que devient-elle? N'est ce pas se moquer que se contenter d'écrire les équations et se refuser à les regarder comme traduisant les propriétés d'un milieu, puisque l'énergie abandonnée par le soleil n'est pas aussitôt recueillie par la terre? Sans plus insister, la vitesse de propagation finie de l'énergie électromagnétique a, pour moi, comme conséquence inévitable l'existence d'une substance remplissant les espaces interplanétaires, et dont les propriétés sont, en partie au moins, définies par les équations du champ électromagnétique. Suivant une comparaison banale mais toujours juste, l'existence de l'éther est aussi certaine pour nous que pouvait l'être celle de l'air avant l'invention de la machine pneumatique et des pompes à compression. Pour l'éther il nous manque la machine à compression ; beaucoup de physiciens pensent actuellement que ce simple énoncé est une absurdité. Pour moi, je ne vois rien dans la physique moderne qui permette de conclure de notre impuissance actuelle à une impuissance de principe ; je continuerai donc à parler d'éther.[36]

Ce long extrait, déjà cité partiellement dans le chapitre sur "les premières étapes de la diffusion", montre parfaitement la position des physiciens qui refusent d'abandonner l'éther sous prétexte qu'il est impossible de mettre en évidence le mouvement de la terre par rapport à ce milieu. Comme le reconnaît honnêtement Brillouin, cette position n'est sans doute plus majoritaire en 1913, mais elle traduit ce qui pour beaucoup d'entre eux est une évidence : si la lumière est une onde alors il existe nécessairement un milieu ondulant. Il faut souligner le fait que l'argument concernant la vitesse finie de la lumière par rapport à la transmission instantanée de la gravitation est particulièrement pertinent. La notion de champ électromagnétique reste peu satisfaisante pour un physicien réaliste qui cherche à concevoir de quoi il s'agit et ne se contente pas d'une approche positiviste.

L'année suivante, en 1914 Max Abraham, toujours dans *Scientia* , écrit :

---

[36]Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Scientia*, vol.I, 1913, pp 10-11.

> *Peu importe que l'on se représente un milieu, l'éther, comme support du champ électromagnétique, ou que l'on se figure seulement l'espace comme doué de propriétés physiques, mêmes là où il ne contient pas de matière pondérable ; il suffit de connaître les équations du champ qui expriment la propagation des forces électromagnétiques dans l'espace ou dans l'éther.* [37]

Cette affirmation est la plus conciliante que l'on puisse faire, elle évite l'anathème ; mais un "espace doué de propriétés physiques, même là où il ne contient pas de matière pondérable", est-ce une définition orthodoxe du champ au sens algébrique dont parlait Brillouin, ou une définition déguisée de l'éther au sens de milieu physique?

Plus loin dans son article, Abraham fait la remarque suivante, à laquelle il a déjà été fait allusion dans le chapitre sur "les premières étapes de la diffusion" :

> *Bien des partisans de la théorie de la relativité déduisent du premier postulat de cette théorie* (celui de la relativité) *qu'on peut se passer d'un milieu remplissant l'espace, d'un éther. Et en effet par suite de ce postulat, l'éther n'apparaît pas dans le mouvement rectiligne uniforme.* [38]

Nous sommes ici en présence d'une expression particulièrement claire du fait que la Relativité entraîne comme conséquence logique l'abandon de ce milieu dont aucune expérience ne peut révéler l'existence. Mais Abraham ajoute ensuite avec perspicacité :

> *D'autre part, comme l'a fait observer P. Ehrenfest, le second postulat, celui de la constance de la vitesse de la lumière, n'est pas bien compréhensible sans l'aide de la théorie des ondulations. (Dans la théorie de l'émission* (corpusculaire), *la vitesse de la lumière dépend de celle de la source lumineuse ; cette théorie ne satisfait pas au second postulat). Le second postulat témoigne que la théorie de la relativité tire son origine de la théorie du champ électromagnétique. Les relativistes radicaux, ennemis de l'éther, renieraient volontiers cette*

---

[37]Abraham , M., "Die neue Mechanik", traduit par Philippi, M.E., "La nouvelle mécanique", *Scientia*, vol XV, 1914, traduction : supplément p 11.
[38]Abraham , M.,"La nouvelle mécanique", p20.

origine.[39]

Et pourquoi ces relativistes radicaux renieraient-ils cette origine ondulatoire de la relativité, si ce n'est parce qu'elle suppose un milieu ondulant? Cette remarque prouve que la conciliation tentée au début de son article par Abraham entre champ et éther n'est pas totalement satisfaisante. Enfin, faisant allusion aux travaux de E. Wiechert, Abraham fait remarquer que si la vitesse de la lumière est bien une vitesse limite indépassable, alors :

> *les physiciens se verraient certainement obligés d'édifier une théorie où cette vitesse limite s'interpréterait comme étant la vitesse de propagation des forces dans le milieu remplissant l'espace. Wiechert cherche ainsi à reconstruire l'éther en partant d'idées relativistes.* [40]

Abraham montre bien que la théorie de la relativité n'entraîne absolument pas une attitude univoque vis à vis de l'éther. Trois sont possibles en partant des principes fondamentaux de cette théorie : soit la négation totale de l'éther par conviction relativiste ; soit une plus grande précaution, du fait de la constance de la vitesse de la lumière qui est dès lors forcément un phénomène ondulatoire ; soit enfin la conviction que le caractère indépassable de la vitesse de la lumière est un indice sur la nature physique de cet espace qui ne permet pas la transmission instantanée. On notera qu'il y a dans cette dernière remarque une préfiguration de l'éther selon la relativité généralisée tel qu'Einstein le définissait dans son article de 1920 ; même si ici les prémisses sont erronées, car il ne s'agira pas alors des caractéristiques physiques de l'espace mais de ses caractéristiques géométriques.

L'éther, durant la même période, reste également utile en astronomie. C'est ainsi qu' en 1909, la *Revue Générale des Sciences* publie un article de Ch. Nordmann intitulé : "Les idées nouvelles sur les vitesses relatives des diverses vibrations lumineuses dans l'éther intersidéral". Dans cet article, l'auteur fait le point sur l'éventuel pouvoir de dispersion lumineuse de l'espace cosmique. Il conclut en affirmant que ces recherches :

> *nous renseigneront sur une des modalité les plus*

---

[39]Abraham , M.,"La nouvelle mécanique", p20.
[40]Abraham , M.,"La nouvelle mécanique", p20.

importantes de cet éther que la Philosophie naturelle tend de plus en plus à considérer comme le "Grand Tout" où germe l'ensemble des formes de l'énergie et de la matière.[41]

Il insiste ensuite sur l'intérêt astronomique du phénomène pour déterminer les distances célestes. Enfin, il termine en écrivant :

la dispersion de la lumière dans les espaces célestes ne peut être qu'une propriété spécifique de l'éther lui-même.

On notera dans cette conclusion la prégnance qu'exerce alors sur les esprits l'électrodynamique de Lorentz et Poincaré, qualifiée ici de philosophie naturelle.

Toujours en cette année 1909, un autre article aborde la question de l'absorption de la lumière stellaire par l'éther[42]. Cet article est fondé sur le raisonnement suivant, plus les étoiles sont éloignées plus elles apparaissent faibles ; ce fait tend à prouver l'existence d'un éther absorbant "à moins que nous n'assignions à notre soleil une position unique dans l'univers, autrement dit la place de densité maximum". Ainsi, sans chercher les autres causes possibles du déclin de magnitude apparente avec la distance, l'auteur invoque en faveur de l'éther un argument de principe : le refus de tout géocentrisme universel. L'hypothèse éther devient alors la plus moderne.

3- La fin de l'éther, pourquoi pas?

Certains articles de vulgarisation publiés durant la période et qui tentent de faire le point sur la question de l'éther, tout en restant prudents, envisagent néanmoins sont abandon pur et simple. Ils semblent de ce fait plus ouverts à l'esprit du temps que ceux de Poincaré qui, eux, s'inscrivent dans le prolongement d'une longue et difficile réflexion menée avec Lorentz sur l'électrodynamique. Les articles dont nous allons parler ne subissent pas tous le poids de ce passé, de cette

---

[41] Nordmann, Ch., "Les idées nouvelles sur les vitesses relatives des diverses vibrations lumineuses dans l'éther intersidéral", in *Revue Générale des Sciences,* vol 20, 1909, pp 350-361.

[42] anonyme, "Absorption de la lumière stellaire par l'éther", in *Revue Générale des Sciences,* vol 20, 1909, p 477.

culture, en quelque sorte.

Le premier article sur le sujet date de 1908, il s'intitule : "Les origines de la théorie de l'éther"[43]. Son auteur, Léon Bloch, est docteur ès Lettres, sa thèse principale s'intitule *La philosophie de Newton* et sa thèse complémentaire *Les origines de la théorie de l'éther et la physique de Newton,* toutes deux publiées en 1908[44]. Il s'agit d'un article pédagogique, destiné à ébranler les certitudes du lecteur quant à l'éther qui "a pris place dans la science non comme une hypothèse mais comme une vérité" ; ayant fini "par vaincre toutes les objections de principe." Or, souligne l'auteur, "si la notion d'éther joue un rôle capital chez tous les physiciens, il n'en est peut-être pas deux qui conçoivent l'éther exactement de la même manière". Première brèche dans l'édifice, l'éther n'est pas un concept clairement défini.

> *Aux propriétés simples que Newton attribuait à l'éther pour expliquer les phénomènes d'optique et de gravitation sont venues s'ajouter des propriétés nouvelles, destinées à faire de l'éther un médiateur universel, aussi bien en électricité, en magnétisme et en mécanique qu'en optique ou en astronomie. De là ces précisions graduelles apportées aux différentes théories de l'éther, de là cette multiplicité de définitions et de point de vue qui semble bien faite, au premier abord, pour encourager le scepticisme.*[45]

Mais il ajoute un peu plus loin : "Il faut en conclure que, de nos jours, elle (la théorie de l'éther) fournit une image féconde des phénomènes." Après un développement historique sur la notion d'éther, l'auteur termine en citant un article de Ritz, publié en 1908 dans les *Annales de chimie et de physique* et intitulé "Recherches sur l'électrodynamique générale". Article dans lequel l'auteur affirme que "l'éther n'existe pas ou plus exactement, il faut renoncer à se servir de cette image". Ainsi, après une présentation somme toute prudente de

---

[43]Bloch, L., " Les origines de la théorie de l'éther", in *Revue Générale des Sciences,* vol 19, 1908, pp 886-897.

[44]Ces renseignements proviennent de *La revue scientifiques* dans laquelle Léon Bloch publie en 1908 un article intitulé "La mécanique de Nexton et la mécanique moderne", 23, 1908, pp. 705-712. Nous n'avons pas réussi à établir avec certitude si ce Léon Bloch est le même que celui qui publie des articles sur la Relativité dans différentes revues entre 1917 et 1922, ce dernier étant docteur en sciences et préparateur suppléant à la Sorbonne, il semble qu'il s'agisse d'homonymes.

[45]Bloch, L., " Les origines de la théorie de l'éther", pp 886-897.

l'état de la question, Bloch se réfugie derrière un auteur scientifique pour introduire l'idée que l'éther n'existe pas.

Il est particulièrement intéressant de noter que la Rédaction de la *Revue Générale des Sciences* a jugé utile, fait unique à notre connaissance, de compléter cet article par une assez longue note dans laquelle elle affirme :

> *Au moment où l'étude de plusieurs sortes de phénomènes -flux cathodique, rayonnement X, ionisation, radioactivité, phénomène de Zeeman, actions diverses du champ magnétique- remet en cause les hypothèses fondamentales de la physique, y compris la notion même de l'éther, il nous paraît intéressant d'appeler l'attention du lecteur sur l'origine des doctrines régnantes.(...). Quand on habite une vieille maison, il est toujours prudent d'en suspecter la solidité. Mais lorsque l'édifice commence à fléchir, la question s'impose de savoir s'il y a moyen de l'étayer ou si l'on doit chercher ailleurs un abri. L'article suivant achemine le lecteur à considérer utilement cette éventualité.*[46]

On est bien en présence d'un grand malade, le diagnostic vital est plus que réservé, mais il faut préparer le patient avec ménagement à l'issue fatale. Voilà pourquoi cette introduction métaphorique, mais suffisamment claire, pour éviter au lecteur toute erreur d'interprétation d'un article un peu trop elliptique. Ainsi la *Revue Générale des Sciences* a, dès 1908, un point de vue quasi définitif quant à l'avenir de l'éther ; point de vue qui ne coïncide pas avec celui d'un de ses plus fameux auteur, Poincaré lui-même. La prudence de ton s'explique sans doute plus par ce fait que par un doute réel quant à la valeur scientifique du concept d'éther.

En cette même année 1908, la revue *la Nature* publie une série d'articles de vulgarisation, sous la plume de L. de Launay. Contrairement à celui contemporain de la *Revue générale des sciences*, ces articles de *la Nature* ne remettent pas en cause le concept d'éther, au contraire. Le premier de ces articles s'intitule : "La matière et l'éther".

> *Nous commencerons par la notion fondamentale de la matière et de l'éther : ce "substratum", auquel s'appliquent tous les phénomènes, et dont la*

---

[46] in *Revue Générale des Sciences*, vol 19, 1908, p 886

> *connaissance plus précise est à vrai dire le but principal de nos investigations.*[47]

Selon l'auteur, l'éther reste bien la question centrale de toute étude de la matière et des rayonnements. Dans un article ultérieur il écrira :

> *cette matière est le théâtre apparent* (des phénomènes lumineux, électriques, calorifiques) *et l'éther interposé le théâtre réel.*[48]

Au début de son article sur l'éther, l'auteur fait preuve pourtant d'une certaine prudence en écrivant :

> *nous ne pouvons pas à vrai dire affirmer que l'éther existe d'une réalité objective ; mais tout se passe comme s'il existait.* C'est à dire que *toutes les propriétés (...) que nous sommes amenés à lui attribuer, entraînent des conséquences logiques qui se vérifient expérimentalement. Cela est suffisant pour justifier* (l'éther). [49]

Ainsi, d'entrée de jeu, le procès est-il clos en faveur de l'éther. L'auteur décrit ensuite l'éther de Lorentz et Poincaré mais il va plus loin encore en affirmant par exemple :

> *Nous tordons un ressort d'acier ; ce qui se tord, c'est l'éther interposé entre des atomes indéformables et seulement susceptibles d'être déplacés. (...) la plupart des propriétés communément attribuées à la matière sont celles de l'éther juxtaposé ou interposé.*[50]

Pour rendre compte de la gravitation il écrit :

> *On est alors tenté de se demander si, comme l'éther pénètre la matière et englobe les particules matérielles, il n'y aurait pas, entre les électrons discontinus dont se compose l'éther, un éther au second degré, encore plus subtil, plus impondérable, plus dense, plus rigide, dans lequel la transmission des vibrations arriverait à se faire à une vitesse telle qu'elle nous semblerait instantanée.*[51]

---

[47]De Launay, L., "La matière et l'éther", *La Nature*, vol.21, 1908, p390.
[48]De Launay, L., "Les ions et les électrons", *La Nature*,vol 22, 1909, p71.
[49]De Launay, L., "La matière et l'éther", p390.
[50]De Launay, L., "La matière et l'éther", p391.
[51]De Launay, L., "La matière et l'éther", p391.

Enfin, il conclut en évoquant l'hypothèse d'Oliver Lodge, selon laquelle l'éther serait l'instrument d'une autre forme de pensée qui agirait sur la nôtre, comme l'éther intervient dans nos sensations habituelles. Ainsi, cet article, loin d'introduire le doute quant à l'existence de l'éther en fait, au contraire, la réalité ultime.

L'article précédent de la *Revue Générale des Sciences*, semble donc particulièrement en avance sur les conceptions généralement admises par les vulgarisateurs vers 1908.

Pourtant en 1912, sous le titre "Nos conceptions actuelles sur l'éther", la *Revue Générale des Sciences* publie un long article aboutissant à des conclusions très différentes. L'auteur de cet article est P.G. Nutting, directeur du bureau américain des poids et mesures. Après avoir passé en revue les conceptions les plus récentes de l'éther, y compris celles de "quelques relativistes" qui "rejetteraient l'éther entièrement, sous prétexte qu'il est inutile", l'auteur ajoute immédiatement qu'"il m'est impossible de voir comment on pourrait s'en passer, non plus que des atomes et des molécules."[52]

Au total, cet article résume les conceptions déjà bien connues de l'éther d'un Poincaré ou d'un Lorentz, voire même d'un Langevin dès 1904. À savoir, un éther non mécanique mais purement électromagnétique, ne possédant ni masse, ni rigidité, ni densité, indéformable, immobile, isotrope et homogène. Alors, affirme l'auteur, de deux choses l'une, ou l'éther est quand même mécanique, mais dans un espace à quatre dimensions que le physicien expérimental de l'espace à trois dimensions ne peut espérer atteindre, ou les propriétés de l'éther sont non-mécaniques, et d'une nature encore inconnue. "Nous sentons instinctivement que la solution finale devra être physique et à trois dimensions"[53], conclut l'auteur.

L'éther n'est pas mort encore, mais il est devenu à la fois si subtil et si compliqué qu'il ne pourra pas se maintenir longtemps. Cet article est un des derniers tentant de faire le point sur la question, après il n'y en aura plus besoin, car la question aura disparue.

En 1913, la *Revue Générale des Sciences* publie le compte rendu d'un article d'astronomie, paru dans *Scientia* et écrit par Fournier d'Albe, lequel affirme que la négation de l'éther "gagne chaque jour du

---

[52]Nutting, P.G., "Nos conceptions actuelles sur l'éther", in *Revue Générale des Sciences*, vol. 23, 1912, pp 573-576.
[53]Nutting, P.G., op. cit., p.576.

terrain", ce qui donne à l'auteur une sorte de vertige métaphysique :

> *et l'on voit réapparaître cet abîme béant de l'espace vide que l'on croyait avoir comblé une fois pour toutes avec l'éther.* [54]

Plus que d'un vertige il s'agit d'ailleurs plutôt d'un délicieux frisson, puisque l'auteur montre ensuite comment la théorie d'Einstein s'accorde à l'électromagnétisme sans qu'il soit besoin de faire intervenir l'éther.

Néanmoins il est encore possible de trouver des tentatives tardives pour concilier le résultat négatif des expériences de Michelson avec l'hypothèse éther. C'est ainsi qu'en 1915, L. de la Rive publie un article intitulé "Hypothèse sur le mouvement de l'éther dans le voisinage de la Terre".

> *L'hypothèse que je propose, écrit l'auteur, consiste à admettre que le globe terrestre emporte avec lui une enveloppe d'éther qui participe à son mouvement comme une balle le fait pour une enveloppe gazeuse. La vitesse des couches successives d'éther varie de manière qu'elle est la même que celle de la matière terrestre au contact même avec elle et qu'elle finit par s'annuler à une distance suffisamment grande. L'aberration des étoiles subsiste et tout phénomène d'aberration de source terrestre est supprimé.*[55]

Cette hypothèse assez peu originale montre bien les efforts déployés, dix ans après l'énoncé de la relativité restreinte, pour tenter de sauver la mécanique classique. Malheureusement ces hypothèses sont incapables d'aboutir à une description physique satisfaisante et non contradictoire de l'éther.

Ce ne sont pourtant pas les tentatives qui ont manqué.

---

[54] anonyme, "Astronomie, l'espace interstellaire",(résumé d'un article de Fournier d'Albe paru dans *Scientia* en juillet 1913), in *Revue Générale des Sciences*, vol.24, 1913, p914.

[55] Rive, L. de la , "Hypothèses sur le mouvement de l'éther dans le voisinage de la Terre", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 40, 1915, p. 274.

4- L'éther malgré tout.

Certains auteurs gardent jusqu'au bout l'espoir de définir les caractéristiques physiques et même chimiques de l'éther, souvent ils l'envisagent comme une réalité matérielle.

Ainsi, en 1904, la *Revue Générale des Sciences* signale que Mendeleiev a attribué, par hypothèse, une nature gazeuse à l'éther. L'article original en russe date de 1902. Mendeleiev assigne à l'éther une position fixe dans sa table périodique sous le nom de gaz X ; le plus léger de tous ; sans affinité chimique mais pouvant être dissous "par ces éléments à haut poids atomique ou être accumulé autour de ces derniers, agissant à la façon de centres d'attraction comme le Soleil pour les planètes". Le compte rendu se termine par cette conclusion :

> *Ainsi les idées quasi-mystiques sur l'éther, son existence présumée sous la forme d'une sorte de quatrième état de la matière, échappant à toute perception, disparaîtraient pour faire place à une conception plus scientifique, sinon définitive, tout au moins digne d'attirer l'attention.*[56]

A propos de cette tentative, on peut lire dans *Éléments d'histoire des sciences* de M. Serres :

> *Voilà certes une opération aventureuse! Mais Mendeleiev n'est pas un novice en matière d'inductions hardies. Le risque ne lui fait pas peur ; il lui réussit plutôt. Et cette fois il n'a pas le choix. La chimie est en péril. Mendeleiev se rebelle et tente l'impossible pour sauver les bases de la sciences qu'il a cultivé toute sa vie. (...) Il accomplit le souhait, longtemps caressé, d'une réunion de la physique et de la chimie sous l'égide de la mécanique. Enfin et surtout, il renforce le prestige de la classification périodique en étendant son empire jusqu'aux limites de l'univers matériel.*[57]

En 1907, la *Revue scientifique*, rendant compte des travaux d'Olivier Lodge écrit :

> *Aujourd'hui on a des raisons de croire que* (la densité de

---

[56]anonyme, "sur une conception chimique de l'éther", in *Revue Générale des Sciences*, vol. 15, 1904, pp 719-720.

[57]Serre, M., sous la dir. de, *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, 1989, p.450.

> l'éther) *est 10^{10} fois supérieure à celle du platine et que chaque millimètre cube de l'espace contient l'équivalent de milliers de tonnes d'éther animé de mouvements gyrostatiques s'effectuant à la vitesse de la lumière.*[58]

En 1912, le même Sir Oliver Lodge publie *The Ether of space*,[59] ouvrage dans lequel il fait la synthèse des qualités requises par l'éther pour s'accorder avec les nouveaux faits physiques. Il affirme ainsi que l'éther est incompressible et stationnaire, sans aucune viscosité, qu'il possède une densité constante de 10^{12} et une énergie interne de 10^{13} unités C.G.S.[60]. Son livre se termine par l'affirmation selon laquelle seule la théorie de Fitzgerald et Lorentz permet à l'heure actuelle de donner une explication satisfaisante à l'absence d'effet mesurable du vent d'éther. Ainsi encore en 1912, la Revue rend-elle compte d'ouvrages qui envisagent l'éther comme une réalité indiscutable et de mieux en mieux connue.

Enfin, en 1914, la *Revue Générale des Sciences* rend compte, dans un article consacré à l'optique et rédigé par L. Houllevigue, professeur à la faculté des sciences de Marseille, des nouvelles expériences de M. Sagnac[61] mettant en évidence "un vent relatif d'éther"[62]. Le titre du paragraphe concernant l'éther est une profession de foi : "la réalité de l'éther". L'auteur affirme qu'il :

> *ne croit pas (...) que l'éther ait été inventé uniquement pour donner un sujet au verbe onduler.* Puis il écrit : *Le résultat de cette expérience est un des plus importants que l'optique ait enregistré depuis Fresnel, puisqu'il prouverait indiscutablement l'existence d'un milieu transmetteur des ondes, indépendant des milieux matériels ; ainsi se trouverait terminé, en faveur de*

---

[58] G. N., "La densité de l'éther", *Revue scientifique (revue rose)*, 4, 1907, p. 115.

[59] Lodge, Sir O., *The Ether of Space*, Londres et N.Y., compte rendu in *Revue Générale des Sciences*, vol. 23, 1912, p 480.

[60] Le C.G.S. est un système d'unités basé sur le centimètre , le gramme et la seconde ; actuellement le système international est fondé sur le mètre, le kilogramme et la seconde, (système M.K.S.)

[61] Les expériences de Sagnac et leurs rapports avec la théorie de la relativité ont été étudiés par Regino H. Martinez-Chavanz dans sa thèse sur *L'expérience de Sagnac et le disque tournant*, Paris VI, 1980.

[62] "dans les expériences de M. Sagnac l'éther affirme son existence par sa résistance à un mouvement de rotation". Or, en faisant tourner le dispositif expérimental dans un sens puis dans l'autre on obtient des franges lumineuses déplacées, ce qui met en évidence "un vent relatif d'éther". d'après Houllevigue, "Revue d'optique", in *Revue Générale des Sciences*, vol. 25, 1914, pp 440-446.

l'éther, un débat encore indécis.[63]

Cet espoir est émouvant mais il sera vain. Il faut remarquer aussi qu'il s'agit d'un article d'optique qui ne fait pas intervenir l'électromagnétisme. On a pu dire que les expériences de Sagnac, mais aussi celles similaires de Harress et de Pogany, étaient l'analogie optique du pendule de Foucault. De fait, ces expériences mettent en évidence, par des moyens optiques, le caractère absolu d'un mouvement de rotation ; c'est en ce sens seulement qu'elles semblent prouver l'existence de l'éther, mais d'un éther purement cinématique, en fait d'un espace absolu. Cet éther n'est autre que celui mentionné par Einstein dans son article de 1920 quand il qualifiait ainsi l'espace courbe quadridimentionnel de la relativité généralisée. En effet, l'interprétation satisfaisante de l'expérience de Sagnac se trouve bien dans l'extension du principe de relativité aux mouvements accélérés et non dans le retour à un espace absolu.[64]

A l'issue de cette étude il est possible de relever quelques points fondamentaux concernant la disparition du concept d'éther en France et donc de l'acceptation de la Relativité.

La question de l'éther en France est étroitement dépendante de la théorie électromagnétique de Lorentz et Poincaré ; de ce fait, l'éther comme forme de l'espace absolu retient peu l'attention ; ce qui explique que le rejet de tout référentiel absolu par la relativité restreinte n'ait pas eu de réelle répercussion sur la conception de l'éther. D'autre part, la conception de l'éther d'un Lorentz ou d'un Poincaré est déjà totalement dématérialisée ; il ne s'agit plus de l'éther mécanique du siècle précédent, mais d'un éther électromagnétique qui cependant ne peut être complètement remplacé par la notion de champ, car il reste indispensable à la cohérence de l'édifice électromagnétique bâti par Lorentz et Poincaré.

Ce n'est sans doute pas un hasard si l'abandon du concept d'éther est postérieur à la mort de Poincaré ; sa stature, son autorité, la part active et parfois déterminante qu'il a pris dans l'élaboration des théories

---

[63]Houllevigue, L., "Revue d'optique", in *Revue Générale des Sciences,* vol. 25, 1914, pp 440-446.

[64]Lors du voyage d'Einstein à Paris en 1922 Sagnac sera un des objecteurs d'Einstein lors de la première séance au Collège de France le 3 avril. Michel Biezunski rapporte que son intervention agressive et peu compréhensible a laissé un souvenir pénible aux participants. In Biezunski, M., *Einstein à Paris,* Presses Universitaires de Vincennes, 1991, p. 20.

nouvelles de la physique, en faisait une référence incontournable. Il était probablement difficile de ne pas s'incliner devant la solidité mathématique de sa dynamique de l'électron dans laquelle l'éther gardait un rôle central.

Chapitre 12

Principe ou théorie.

> *Les principes, selon la conception d'Einstein, sont des "faits empiriques généralisables", qui peuvent être traduits dans un formalisme, mais leur nature est physique (...) avant d'être formelle. Dans la théorie, les principes fonctionnent comme des "restrictions" aux théories possibles.* [1]
>
> *(...) Einstein a été amené à établir une distinction épistémologique (...) entre deux genres de théories, celles qu'il appelle "constructives" et celles qu'il qualifie de "théories à principes". Les premières visent à donner directement une explication des phénomènes, décrits par de nombreuses données expérimentales. (...) L'autre genre de théories (...) "emploie(nt) la méthode analytique, non la méthode synthétique". (...) "Les éléments qui en forment la base et le point de départ ne sont pas construits à titre d'hypothèses, mais sont des propriétés générales de phénomènes de la nature, des principes" découverts à partir de l'expérience. Les deux stades de la théorie de la relativité obéissent à cette définition.* [2]

En présentant ainsi le rôle de la théorie et la place des principes dans la pensée scientifique d'Einstein, Michel Paty répond à la question posée par le titre de ce chapitre, la Relativité est-elle un principe ou une théorie? Ainsi posée, la question peut d'ailleurs sembler manquer de pertinence, tant il apparaît clairement que le principe de relativité est pour Einstein un impératif qui doit être concilié avec un autre

[1] Paty, M., *Albert Einstein ou la création scientifique du monde*, Les Belles Lettres, Paris, 1997, p. 138.
[2] Paty, M.,op. cit., pp. 135-136.

principe, celui de la constance de la vitesse de la lumière. C'est de cette conciliation que naîtra la théorie dite de la relativité restreinte, qu'il faudrait mieux appeler, comme le suggère Michel Paty, la théorie de la covariance restreinte aux référentiels d'inertie[3] .

Pourtant, du point de vue qui nous intéresse, celui de la diffusion de la Relativité, cette réponse qui n'est pas discutable épistémologiquement, n'épuise pas la question. Deux types de problèmes restent en suspend. D'une part il faut se demander ce que l'on entendait par principe et théorie au moment de cette diffusion, d'autre part il est intéressant de relever l'emploi de l'un ou l'autre terme dans la littérature de diffusion de la Relativité, en tentant de mesurer une évolution dans cet emploi.

Lors des premières années de la diffusion de la Relativité en France, environ jusqu'à la Première Guerre mondiale, les présentateurs de la Relativité la qualifie soit de principe, soit de théorie ; le premier terme ayant tendance à s'effacer peu à peu devant le second. Cette hésitation et cette évolution sémantique ne sont pas sans signification.

Deux méthodes d'interprétation complémentaires de ce fait sont possibles. La première consiste à analyser les termes de principe et de théorie au sens où ils sont entendus par les philosophes ; la seconde consiste à faire la même étude du point de vue des physiciens. Étant donné que la diffusion de la Relativité est, primitivement, exclusivement le fait des physiciens, il va de soi que la deuxième analyse sémantique est plus pertinente que la première ; néanmoins il n'est pas inutile de se demander comment ces termes sont compris par les philosophes, afin de clarifier la question et d'éviter les équivoques. D'autant plus que les philosophes seront les premiers, parmi les non-scientifiques, à recevoir la nouvelle théorie.

Notre propos n'est pas de faire une étude philologique et philosophique des termes de principe et de théorie mais simplement de chercher à savoir comment ils pouvaient être compris par le public qui reçoit la première diffusion de la Relativité en France. C'est pourquoi nous définirons ces termes à l'aide du *Dictionnaire philosophique* de Lalande qui donne, par hypothèse, le sens de ces concepts tels qu'ils étaient communément admis par la communauté philosophique française de la première moitié du siècle.

---

[3]Paty, M., op. cit., p. 66.

1- Principe et théorie selon les philosophes.

D'après Lalande, au point de vue logique, le terme principe possède deux significations approchantes dont la seconde est plus générale que la première. Dans son premier sens le mot principe désigne une :

> *proposition posée au début d'une déduction, ne se déduisant elle-même d'aucune autre dans le système considéré, et par suite mise, jusqu'à nouvel ordre, en dehors de toute discussion. Dite aussi proposition première.*

Le deuxième sens généralise celui-ci, en faisant des principes d'une science (il faut noter le passage du singulier au pluriel qui nous semble essentiel dans ce glissement sémantique) :

> *l'ensemble des propositions directrices, caractéristiques, auxquelles tout le développement ultérieur doit être subordonné.* [4]

C'est dans ce sens que principe est utilisé par Newton dans ces *Philosophiae naturalis principia mathematica.* Ces définitions ont suscité les remarques suivantes de J. Hadamard, lors de la séance du 10 juillet 1913 de la Société française de philosophie :

> *En langage scientifique ce mot est vague ; mais il faut des mots de ce genre et principe me semble devoir rester du nombre. Il ne donne aucune indication sur le rôle logique de la proposition envisagée. Un principe peut-être un axiome ou un théorème, s'il s'agit de mathématiques ; un fait expérimental, une généralisation de faits expérimentaux, aussi bien que le résultat d'une déduction, s'il s'agit de physique. Précisément parce que les principes sont des propositions fondamentales, leur place logique peut être particulièrement exposée à changer au cours de l'évolution scientifique.*[5]

Le principe de relativité peut donc s'entendre au sens 1 de Lalande.

---

[4]Lalande, A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, P.U.F. 1926, Quadrige 1993, vol.2, pp.827-830.

[5]Lalande, A., op. cit., pp.827-828.

Un principe n'est pas exactement un postulat, même si le terme postulat est parfois utilisé pour désigné un principe lorsqu'il est utilisé au sens d'une :

> *proposition qui n'est pas évidente par elle même, mais qu'on est conduit à recevoir parce qu'on ne voit pas d'autre principe auquel on puisse rattacher soit une vérité qu'on ne saurait mettre en doute, soit une opération ou un acte dont la légitimité n'est pas contestée.*[6]

Ce n'est pas non plus un axiome au sens de :

> *prémisse considérée comme évidente, et reçue pour vraie sans démonstration par tous ceux qui en comprennent le sens.*[7]

Une théorie est, toujours selon Lalande, une "*construction spéculative de l'esprit, rattachant des conséquences à des principes.*"[8] En ce sens, la théorie de la relativité est un développement des conséquences du principe de relativité. C'est à dire que l'emploi de l'expression théorie de la relativité, de préférence à celle de principe de relativité, témoignerait de l'acceptation par son auteur des conséquences de ce principe, telles que les a mises en lumière Einstein (nous montrerons plus loin que ce sens est en effet compris ainsi par les physiciens). D'autant que théorie se définit aussi :

> *par opposition au détail de la science : large synthèse se proposant d'expliquer un grand nombre de faits, et admise, à titre d'hypothèse vraisemblable, par la plupart des savants d'une époque.*[9]

En ce sens, la théorie se rapproche du paradigme de Kuhn, et l'emploi de l'expression de théorie de la relativité serait le signe de l'apparition d'un consensus quant à sa validité ou, tout au moins, quant à sa capacité explicative.

Mais Lalande précise que théorie se définit aussi par opposition à la connaissance certaine :

> *construction hypothétique, opinion d'un savant ou d'un philosophe sur une question controversée.*

Il précise d'ailleurs que le mot théorie, quelque soit son

---

[6]Lalande, A., op. cit., p. 798.
[7]Lalande, A., op. cit., vol.1, p. 105.
[8]Lalande, A., . op. cit., vol.2, p.1127.
[9]Lalande, A., op. cit., p.1128.

acception :

> *est très fréquemment employé en un sens péjoratif. On qualifie de théorie (...) une conception individuelle et hasardeuse, due à l'imagination ou au parti pris plus qu'à la raison.* [10]

Il semble bien que, durant la guerre de 14-18, certains auteurs donnent ce sens à l'expression "théorie de la relativité" qui devient alors une construction artificielle et gratuite de l'esprit de déduction typiquement allemand, manquant de la finesse de l'intuition latine[11].

2- Physique mathématique, physique théorique et physique expérimentale.

Si l'on veut chercher le sens que les physiciens eux-mêmes donnaient aux termes principe et théorie, deux auteurs permettent de mener à bien cette recherche : Poincaré, qui a poussé très loin sa réflexion sur ce que sont les principes en physique ainsi que sur le rôle de la physique mathématique, et Duhem, qui a exploré la notion de théorie physique.

Il est nécessaire de rappeler au préalable ce qui distingue la physique expérimentale de la physique théorique, ainsi que la distinction à la fois rationnelle et institutionnelle entre la physique théorique et la physique mathématique.

Pour ce qui concerne la distinction entre physique expérimentale et physique théorique, telle qu'elle est entendue aujourd'hui, on peut se reporter à la définition donnée par R. Omnès dans l'*Encyclopédia Universalis.*

Cette définition est en partie anachronique en ce qui concerne notre recherche ; elle mérite néanmoins d'être citée car elle clarifie la distinction entre physique expérimentale et physique théorique telle qu'on l'entend communément aujourd'hui, ce qui est nécessaire afin de comprendre comment les physiciens du début du siècle envisageaient le problème :

> *La distinction entre physique expérimentale et physique théorique reflète tout d'abord celle des*

---

[10] Lalande, A., op. cit., p.1128.

[11] Voir à ce sujet l'opinion exprimée par Duhem dans le chapitre sur "la science au sevice de la patrie".

> *différentes étapes de la découverte, l'expérience intervenant dans l'établissement des données et la vérification, la théorie prenant en charge la création de l'hypothèse et la déduction de ses conséquences. Cette distinction correspond surtout à une spécialisation des physiciens, qui semble exigée à la fois par la complexité des techniques instrumentales actuelles et par l'étendue des connaissances mathématiques qui sont utiles à la théorie.* [12]

Il faut noter qu'une telle distinction est en partie artificielle pour des raisons épistémologiques. Pierre Duhem avait fortement souligné, dans son ouvrage sur les théories physiques, qu'il n'y à pas de distinction entre physique expérimentale et physique théorique puisque :

> *« une expérience de physique n'est pas seulement l'observation d'un phénomène ; elle est en outre l'interprétation théorique de ce phénomène ».*[13]

Poincaré lui même ne distinguait pas entre physique expérimentale et physique théorique, mais bien entre physique expérimentale et physique mathématique, comme le montre le titre de sa conférence devant le congrès de physique de 1900 sur "les rapports de la physique expérimentale et de la physique mathématique". Néanmoins, si chez Duhem la physique théorique est par principe indissociable de la physique expérimentale, chez Poincaré la physique théorique est plutôt annexée par la physique mathématique :

> *tel est le rôle de la physique mathématique ; elle doit guider la généralisation de façon à augmenter (...) le rendement de la science .*[14]

Ce point de vue est totalement confirmé par une récente étude qu'H. Barreau a publié dans *Philosophia Scientiae.* Citant la thèse de J.L. Destouches de 1938, il écrit : "*Poincaré ne s'est point préoccupé de ce séparatisme entre Physique théorique et Physique mathématique : il emploie uniquement ce dernier terme et y englobe la Physique théorique.*" Barreau ajoute que, pour Poincaré, "*à la physique expérimentale s'oppose non la physique théorique mais la physique*

---

[12]Omnès, R., "Physique, les fondements et les méthodes", *Encyclopédia Universalis*, vol. 18, p. 261.

[13]cité par Paty, M., in "Pierre Duhem", *Encyclopédiea Universalis*, vol. 7, p. 740.

[14]Poincaré, H, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, 1902, rééd. 1968, p. 161.

mathématique" . Selon Barreau, cette attitude s'explique par le fait que *"Poincaré ne partage pas l'ambition de ceux qui pensent que la science peut atteindre le fond des choses ; il lui suffit qu'elle en révèle les "rapports véritables", qui s'expriment justement en relations mathématiques*".[15]

Pour autant, cette distinction entre physique théorique et physique mathématique est généralement perçue comme fondamentale par les contemporains de Poincaré. J. M. Lévy Leblond en donne cette définition actuelle dans l'*Universalis*. Nous citons cette définition anachronique pour les mêmes raisons de clarification que celle d'Omnès citée plus haut :

> *La physique théorique dégage et applique les lois et crée et met en œuvre les concepts physiques sous la contrainte de la physique expérimentale et en interaction étroite avec celle-ci. Elle comporte différents niveaux, qui peuvent aller de l'interprétation de tel résultat expérimental spécialisé à l'aide des lois physiques connues jusqu'à la recherche de lois fondamentales nouvelles. Elle est mathématique dans la mesure où les mathématiques (y) jouent (un) rôle constitutif.*
>
> *On désigne en général sous le nom de physique mathématique une activité beaucoup plus spécialisée, que l'on pourrait décrire comme une tâche de refonte et d'épuration de la physique théorique. Les théories physiques à leur naissance sont en effet marquées par les conditions historiques de leur production. Leur formulation garde souvent trace des luttes d'idées que leur découverte a exigées. Elles se présentent comme des édifices, neufs certes, mais encore recouverts d'échafaudages et parsemés de débris provenant des anciennes constructions qu'ils remplacent. Retirer les échafaudages, enlever les débris, mettre en pleine lumière la structure interne de l'édifice, la nature et la solidité de ses assises comme ses points faibles, c'est ainsi que l'on peut décrire la tâche de la physique*

---

[15]Barreau, H., "Le concept de physique mathématique dans *La science et l'hypothèse*", *Philosophia Scientiae*, vol.1, cahier spécial 1, 1996, pp. 29-54.

> *mathématique. Il s'agit donc d'une activité nécessairement récurrente, portant sur des théories et des concepts déjà créés et assurés. Elle permet d'évaluer le degré exact de corrélation entre un certain nombre d'énoncés théoriques, donc d'estimer la rigidité ou la souplesse relatives d'un système théorique face à la nécessité ou à l'éventualité d'une refonte.*[16]

À cette définition actuelle de la physique théorique et mathématique, il est utile d'ajouter ce que dit Duhem de la théorie physique et donc, indirectement, des méthodes de la physique théorique. La conception de la théorie physique développée par Duhem est clairement présentée par M. Paty dans l'*Universalis* :

> *L'objet de la théorie physique, pour Duhem, est d'établir « un système abstrait qui a pour but de résumer et de classer logiquement un ensemble de lois expérimentales, sans prétendre expliquer ces lois ».*
> *« une expérience de physique ne peut jamais condamner une hypothèse isolée, mais seulement tout un ensemble théorique ». Il n'y a donc pas d'expérience cruciale, ni les faits ni les hypothèses n'étant isolés, et l'on ne compare que des systèmes entiers, celui des représentations théoriques et celui des données d'observation. Une infinité de faits théoriques différents peuvent être pris pour la traduction d'un même fait pratique, ce qui condamne l'induction.(...) « les vérifications expérimentales ne sont pas la base de la théorie, elles en sont le couronnement ». Il précise, dans « La Valeur de la théorie physique » (1908, in* La Théorie physique, *2e éd.), que seuls sont vrais ou faux les énoncés de faits d'expérience, et non les théories elles-mêmes et leurs propositions, qui sont prises par convention et pour leur caractère de commodité. C'est encore par une convention que nous choisirons, dans l'ensemble des propositions théoriques en défaut, celles que nous rejetterons : en fait, c'est le "bons sens" qui est juge des*

---

[16]Lévy Leblond, J.M., "Physique, physique et mathématique", *Encyclopédia Universalis*, vol. 18, p. 272.

hypothèses à abandonner.[17]

Ces définitions épistémologiques de la physique théorique et mathématique correspondent à une division institutionnelle entre ces deux disciplines. D'un point de vue institutionnel, la distinction entre physique mathématique et physique théorique est clairement marquée en France. À la Faculté des sciences, la physique mathématique fait partie des sciences mathématiques, tout comme la Mécanique physique, la Mécanique rationnelle et la Mécanique analytique. Poincaré est titulaire de la chaire de physique mathématique de 1886 à 1896. À la Faculté des sciences de Paris, dans le département des sciences physiques, la chaire de Physique théorique et céleste n'est créée qu'en 1920, celle des théories physiques qu'en 1928.

En ce qui concerne les rapports entre la Mécanique rationnelle et la physique, Emile Borel écrit dans *La Revue du mois* :

> *Ce qui fait l'intérêt propre de la mécanique rationnelle, c'est que c'est la seule branche des sciences physiques qui puisse être exposée sous une forme déductive, c'est à dire où un petit nombre de principes (lentement acquis par l'expérience des siècles) peuvent-être posés à priori et donnent, par un mécanisme logique admirable, qui est une des plus belles conquêtes de l'intelligence humaine, les équations qui régissent avec précision un grand nombre de phénomènes naturels.*
>
> Borel précise en conclusion de son article :
>
> *les mathématiciens doivent être reconnaissants aux physiciens de l'intérêt que ceux-ci portent à la Mécanique ; ils doivent surtout ne pas ignorer les relations intimes de la Mécanique avec la physique théorique ni avec la technique expérimentale et industrielle ; mais ils doivent en même temps ne pas cesser de cultiver la Mécanique comme une science autonome, pour laquelle les applications pratiques sont une fin à ne jamais perdre de vue, mais non un moyen d'exposition dominant la théorie toute entière.*[18]

On ne saurait être plus clair sur la hiérarchie et les liens de

[17]Paty, M., "Pierre Duhem", *Encyclopédia Universalis*, vol. 7, p. 740.

[18]Borel, E., "La Mécanique rationnelle et les physiciens", *La Revue du mois*, vol. 2, 1910, pp. 414-423.

dépendance qui existent entre la mécanique rationnelle, qui appartient aux mathématiques, et la physique théorique, puis la physique expérimentale qui est ici mise sur le même pied que les applications industrielles.

3- Poincaré et la physique des principes.

Il est nécessaire maintenant de chercher à savoir ce que sont des principes pour les physiciens du début du siècle. La réflexion la plus poussée, sur cette question, se trouve chez Poincaré dont la précision et la rigueur des définitions viennent, en partie, contredire ce qu'affirmait Hadamard sur le caractère vague et imprécis de la notion de principe chez les physiciens.

La définition des principes par Poincaré porte sur leur origine, leur nature et leur rôle. L'origine des principes est empirique, mais le passage du statut de vérité expérimentale fortement généralisée et toujours vérifiée à celui de principe entendu comme postulat rigoureusement vrai est le fait d'une libre convention. Par nature le principe est donc conventionnel, cette convention ne peut être remise en cause par l'expérience. Le rôle du principe ainsi conçu est de permettre l'interprétation de faits nouveaux. Un tel principe n'est ni vrai ni faux, il est simplement utile. L'expérience ne peut pas contredire un tel principe mais il peut devenir inefficace et donc inutile.

La première définition des principes se trouve dans *La science et l'hypothèse*. Dans ce premier texte, l'accent est mis sur l'origine empirique des principes mais surtout sur leur caractère conventionnel. Poincaré écrit à l'issue d'une étude critique sur la valeur des principes de la mécanique :

> *Les principes de la mécanique se présentent donc à nous sous deux aspects différents. D'une part, ce sont des vérités fondées sur l'expérience et vérifiées d'une façon très approchée en ce qui concerne des systèmes presque isolés. D'autre part, ce sont des postulats applicables à l'ensemble de l'univers et regardés comme rigoureusement vrais. Si ces postulats possèdent une généralité et une certitude qui faisaient défaut aux vérités expérimentales d'où ils sont tirés, c'est qu'ils se*

> *réduisent en dernière analyse à une simple convention que nous avons le droit de faire, parce que nous sommes certains d'avance qu'aucune expérience ne viendra la contredire. (...) On s'explique ainsi comment l'expérience a pu édifier les principes de la mécanique, et pourquoi cependant elle ne pourra les renverser.* [19]

Issus de l'expérience, les principes sont devenus des postulats que l'expérience ne pourra plus réfuter ; ce sont des conventions librement choisies. Cette conception des principes selon Poincaré permet de mesurer avec quelle acuité celui-ci sera sensible à la crise de la physique et à la remise en cause de ces principes. Car, bien que par définition une convention puisse être changée librement, cette convention porte sur la décision d'ériger en principe une vérité empirique et non sur cette vérité elle même ; autrement dit, la crise de la physique des principes touche non seulement les principes en tant que convention, mais plus encore en tant que vérité empirique constamment vérifiée.

Dans *La valeur de la science*, Poincaré revient sur la définition des principes. Il insiste alors tout particulièrement sur leur origine expérimentale ; il montre comment des expériences de plus en plus généralisées deviennent insensiblement, par un conventionnalisme souvent inconscient, des principes irréfutables :

> *ces principes sont des résultats d'expériences fortement généralisées ; mais ils semblent emprunter à leur généralité même un degré éminent de certitude. Plus ils sont généraux, en effet, plus on a fréquemment l'occasion de les contrôler et les vérifications, en se multipliant, en prenant les formes les plus variées et les plus inattendues, finissent par ne plus laisser de place au doute.* [20]

Cette nouvelle définition des principes est moins claire que la première quant au passage des principes du statut de vérité d'origine empirique à celui de convention, mais elle correspond sans doute mieux à la réalité historique de l'émergence des principes en physique. Les principes apparaissent ici comme une construction progressive

Plus loin dans son ouvrage, Poincaré donne la définition la plus

---

[19]Poincaré, H, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, p. 151.
[20]Poincaré, H., *La valeur de la science*, Flammarion, 1905, rééd. 1970, p. 127.

achevée du principe en physique ; c'est à elle que fait allusion Lalande quand il définit le principe au point de vue logique. Ici Poincaré insiste sur le rôle heuristique des principes en physique.

> *Les savants (par un nominalisme inconscient) ont élevé au dessus des lois ce qu'ils appellent des principes. Quand une loi a reçu une confirmation suffisante de l'expérience, nous pouvons adopter deux attitudes, ou bien laisser cette loi dans la mêlée ; elle restera soumise alors à une incessante révision qui sans aucun doute finira par démontrer qu'elle n'est qu'approximative. Ou bien on peut l'ériger en principe, en adoptant des conventions telles que la proposition soit certainement vraie. Pour cela on procède toujours de la même manière. La loi primitive énonçait une relation entre deux fait bruts A et B ; on introduit entre ces faits bruts un intermédiaire abstrait C, plus ou moins fictif (...). Et alors nous avons une relation entre A et C que nous pouvons supposer rigoureuse et qui est le principe ; et une autre entre C et B qui reste une loi révisable. Le principe, désormais cristallisé pour ainsi dire, n'est plus soumis au contrôle de l'expérience. Il n'est pas vrai ou faux , il est commode.* [21]

On retrouve ici l'affirmation selon laquelle, bien qu'issu de l'expérience, le principe est élevé à ce rang par une convention adoptée par commodité, il est dès lors soustrait au verdict de l'expérience. Il en résulte, comme le souligne plus loin Poincaré, que la science ne peut se faire que sur des lois, toute loi pouvant être décomposée en un principe et une loi, mais cette décomposition n'aboutit jamais à la disparition de la loi devant le principe.

En 1904, dans sa conférence à St Louis sur "l'état actuel et l'avenir de la physique mathématique", publiée également dans *La valeur de la science,* le ton a changé. "La physique des principes", selon l'expression même de Poincaré, est en crise. Il n'est plus l'heure de définir ce que sont des principes mais de constater que ces principes risquent de devenir inefficaces, du fait des derniers développements de la physique. Il n'est pas inutile de rappeler quels sont ces principes. Citons encore Poincaré :

---

[21] Poincaré, H., *La valeur de la science,* pp. 165-166.

Le principe de conservation de l'énergie, ou principe de Mayer, (...) le principe de Carnot, où principe de dégradation de l'énergie ; le principe de Newton, ou principe de l'égalité de l'action et réaction ; le principe de la relativité (qui dans la science et l'hypothèse est appelé le principe du mouvement relatif) *d'après lequel les lois des phénomènes physiques doivent être les mêmes soit pour un observateur fixe, soit pour un observateur entraîné dans un mouvement de translation uniforme ; de sorte que nous n'avons et ne pouvons avoir aucun moyen de discerner si nous sommes, oui ou non, emportés dans un pareil mouvement ; le principe de la conservation de la masse, ou principe de Lavoisier ; j'ajouterai le principe de moindre action.* [22]

Avant de passer en revue la remise en cause de ces différents principes par la physique expérimentale, Poincaré peut ajouter :

Ces principes sur lesquels nous avons tout bâti vont-ils s'écrouler à leur tour? Depuis quelques temps, on peut se le demander.[23]

Avec une grande honnêteté Poincaré peut alors écrire :

n'avez vous pas écrit, pourriez vous me dire si vous vouliez me chercher querelle, n'avez vous pas écrit que les principes, quoique d'origine expérimentale, sont maintenant hors d'atteinte de l'expérience parce qu'ils sont devenus des conventions? Et maintenant vous venez nous dire que les conquêtes les plus récentes de l'expérience mettent ces principes en danger. Eh bien, j'avais raison autrefois et je n'ai pas tort aujourd'hui. (...)si un principe cesse d'être fécond, l'expérience sans le contredire directement, l'aura cependant condamné.[24]

Dans cette dernière phrase, Poincaré fait allusion aux hypothèses ad hoc, à la fois invérifiables et infalsifiables, introduites pour tenter de sauver les principes. On verra plus loin que l'éther, selon Poincaré fait partie de ce type d'hypothèses. Ces hypothèses ne

[22]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 127.
[23]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 129.
[24]Poincaré, H., *La valeur de la science*, pp. 145-146.

peuvent être réfutées par l'expérience, ce qui confirme qu'un principe ne peut être atteint par l'expérience, mais, dès lors, un tel principe ne sert plus à rien car il ne nous donne plus les règles pour interpréter le fonctionnement des systèmes complexes. Poincaré avait donné, pour illustrer ce rôle des principes, l'exemple d'un mécanisme dont seul le rouage initial et le rouage final sont apparents, le rouage final tournant dix fois moins vite que le rouage initial ; et bien, devant ce cas de figure, sans rien savoir du fonctionnement de la machine, le principe de conservation de l'énergie nous permet de conclure qu'un couple appliqué au rouage initial équilibrera un couple dix fois supérieur appliqué au rouage final.

Mais l'essentiel de cet extrait n'est pas là. On n'a pas toujours assez insisté sur le fait suivant, peut-être d'ailleurs ne l'a-t-on pas toujours bien perçu : ce que craint Poincaré dans la crise nouvelle que traverse la physique mathématique, c'est l'écroulement des principes sur lesquels cette physique est pour l'heure fondée. Or, parmi ces principes, figure celui de relativité qui "lui aussi est battu en brèche"[25]. Quand il écrit :

> *ainsi le principe de relativité a été dans ces derniers temps vaillamment défendu* (allusion à la théorie de Lorentz), *mais l'énergie même de la défense prouve combien l'attaque était sérieuse*[26],

Poincaré n'envisage absolument pas un principe de relativité comme l'énoncera Einstein l'année suivante. Il craint au contraire que, malgré les efforts de Lorentz et les siens propres, il faille un jour se résoudre à abandonner ce principe . Il ne le souhaite pas mais, pour lui, la lucidité exige de ne pas exclure à l'avenir une physique mathématique ayant abandonné le principe de relativité. Cette attitude est à l'opposé de celle d'Einstein qui fait du principe de relativité un postulat de base incontestable qu'il s'agit de concilier avec un second postulat, celui de la constance de la vitesse de la lumière. Poincaré est inquiet pour le principe de relativité, il n'exclut pas de devoir l'abandonner un jour. Einstein est serein, il ne conçoit pas le moindre doute quant à la validité de ce principe. L'esprit en paix, il peut consacrer tout son effort de réflexion à le concilier avec l'électromagnétisme. Il y a une sorte d'inconscience dans cette attitude

---

[25]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 132.
[26]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 134.

d'Einstein, une inconscience libératrice, tandis que Poincaré, plus sage, mesure dans toute son étendue les risques que court ce principe. Conscient à l'extrême, il est comme hypnotisé par ce danger ; en fait il ne croit déjà plus assez à ce principe pour être certain qu'il gardera dans l'avenir sa validité universelle. D'autre part, Poincaré ne peut séparer le principe de relativité de l'ensemble des autres principes de la mécanique ; il a une vision globale du problème qu'il envisage dans toute sa complexité. Chaque remise en cause d'un principe à des conséquences sur les autres. Il ne peut pas non plus se contenter d'une approche cinématique, car le monde est pesant et obéit aux lois de la dynamique ; d'un point de vue physique la cinématique reste un jeu de l'esprit.

C'est pourquoi, quand Poincaré ajoute :

> *supposons maintenant que tous ses efforts* (pour sauver les principes) *échouent, et, tout compte fait, je ne le crois pas, (...)nous devrions rebâtir à neuf. (...) je ma hâte de dire, pour terminer, que nous en sommes pas là et que rien ne prouve qu'ils* (les principes) *ne sortiront pas de la lutte victorieux et intacts*[27],

on ne peut pas en conclure qu'il envisage la physique nouvelle conservant les principes et en tirant toutes les conséquences, ainsi qu'Einstein le fera pour le principe de relativité, mais bien plutôt qu'il espère que la crise actuelle de la physique mathématique ne remettra pas fondamentalement en cause la physique des principes.

En effet, l'autre solution, si l'on ne veut pas tout rebâtir à neuf, consiste à "chercher à raccommoder les principes ébréchés". Or, cette solution, Poincaré la récuse car c'est celle qui consiste à introduire des hypothèses ad hoc qui rendent les principes inopérants.

Il est pourtant indéniable que Poincaré à une vision claire de ce que pourra être la mécanique nouvelle quand il affirme :

> *peut-être aussi devrons-nous construire toute une mécanique nouvelle que nous ne faisons qu'entrevoir, où, l'inertie croissant avec la vitesse, la vitesse de la lumière deviendrait une limite infranchissable. La mécanique vulgaire, plus simple, resterait une première approximation.*[28]

---

[27]Poincaré, H., *La valeur de la science*, pp. 145-147.
[28]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 147.

Il trace même le programme que réalisera Einstein avec la relativité généralisée quand il écrit :

> *La masse à deux aspects, c'est à la fois un coefficient d'inertie et une masse attirante entrant comme facteur dans l'attraction newtonienne. Si le coefficient d'inertie n'est pas constant, la masse attirante pourra-t-elle l'être? Voilà la question.*[29]

Il est d'ailleurs remarquable qu'Einstein résoudra ce problème en postulant l'égalité de la masse pesante et de la masse inerte, sans se poser la question de savoir si l'on peut garder le principe de la conservation de la masse pesante après avoir abandonné celui de la masse inerte. Il suivra ainsi la même démarche que pour la relativité restreinte, lorsqu'il postulait à la fois le principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière. Cet exemple confirme que Poincaré et Einstein posent souvent les mêmes problèmes en des termes opposés. Il confirme aussi que pour Poincaré une théorie électrodynamique qui n'incluerait pas la gravitation ne saurait être satisfaisante.

Pour l'heure, en 1904, Poincaré s'empresse d'ajouter qu'en tout état de cause "Nous n'aurions pas à regretter d'avoir cru aux principes", ne serait-ce que parce qu'ils resteront valables en première approximation. Mais ceci montre aussi que, dans son esprit, la mécanique future ne sera plus celle des principes, même s'il envisage qu'ils sortent "de la lutte victorieux et intacts"[30].

Deux principes méritent d'être étudiés plus précisément afin de comprendre comment Poincaré tente de les défendre. Le premier est le principe de réaction, qui selon Poincaré est en lien étroit avec le principe de relativité, le principe de conservation de l'énergie et les résultats de l'expérience de Fizeau; le second est le principe de relativité lui-même. Nous exposerons également comment Poincaré interprétait le résultat de l'expérience de Fizeau, il se situe alors à l'exacte charnière d'une interprétation classique et relativiste.

---

[29]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 139.
[30]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 147.

4- Poincaré et le principe de Newton[31].

Poincaré définit clairement, dès 1895, un ambitieux programme de recherche dans un article intitulé : "À propos de la théorie de M. Larmor". Il rappelle les conditions auxquelles devraient satisfaire toute théorie électrodynamique des corps en mouvement, à savoir :

> *1- Elle devrait rendre compte des expériences de M. Fizeau, c'est à dire de l'entraînement partiel des ondes lumineuses (...),*
>
> *2- Elle doit être conforme au principe de la conservation de l'électricité et du magnétisme ;*
>
> *3- Elle devrait être compatible avec le principe de l'égalité de l'action et de la réaction.* [32].

Il ajoute plus loin :

> *Il faudra un jour ou l'autre modifier nos idées en quelque point important et briser le cadre où nous cherchons à faire entrer à la fois les phénomènes optiques et les phénomènes électriques.*[33]

Il affirme alors, faisant allusion, entre autre, à l'expérience de Fizeau, mais aussi à celles de Michelson :

> *l'expérience a révélé une foule de faits qui peuvent se résumer dans la formule suivante : il est impossible de rendre manifeste le mouvement absolu de la matière, ou mieux le mouvement relatif de la matière pondérable par rapport à l'éther ; tout ce qu'on peut mettre en évidence, c'est le mouvement de la matière pondérable par rapport à la matière pondérable.*[34]

Ce texte présente le programme de travail de Poincaré pour des années, en ce qui concerne la dynamique de l'électron. On y trouve

---

[31]C'est après avoir rédigé ce chapitre que nous avons pris connaissance d'un article essentiel d'O. Darrigol sur "Henri Poincaré's Criticism of *Fin de Siècle* Electrodynamics", (in *Stud. Hist. Mod. Phys.*, vol26, 1, 1995, pp. 1-44) ; on y trouvera une étude complète des contributions de Poincaré à la nouvelle électrodynamique, particulièrement une évocation de sa tentative de concilier le principe de réaction et la théorie de Lorentz. Ainsi, certaines de nos affirmations perdent de leur originalité mais gagnent en certitude, du fait de leur confirmation par une étude d'histoire des sciences, alors que notre propre point de vue reste celui de la diffusion des sciences.

[32]Poincaré, H., "À propos de la théorie de M. Larmor", *Oeuvres*, 1954, vol. 9, p. 395

[33]Poincaré, H., "À propos de la théorie de M. Larmor", p412.

[34]Poincaré, H., "À propos de la théorie de M. Larmor", p412.

aussi sa conception la relativité qui, au fond, n'évoluera pas. Nous reviendrons plus loin sur cette question, dans le paragraphe 6 de ce chapitre.

Cinq ans plus tard, en 1900, l'article de Poincaré sur "La théorie de Lorentz et le principe de réaction" est un moment important de la réalisation de ce programme, car il est celui où Poincaré reconnaît l'impossibilité de sauver ce principe en ce qui concerne la matière seule ; c'est à dire sans tenir compte de sa réaction sur l'éther.

En 1895, Poincaré pouvait encore écrire :

> *il me paraît bien difficile d'admettre que le principe de réaction soit violé, même en apparence, et qu'il ne soit plus vrai si l'on envisage seulement les actions subies par la matière pondérable et si l'on laisse de côté la réaction de cette matière sur l'éther.*[35]

En 1900, Poincaré a abandonné cet espoir de sauver le principe de réaction appliqué à la matière seule. Dans son article sur "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", Poincaré montre qu'il y a entre le principe du mouvement relatif, le principe de conservation de l'énergie et le principe de réaction "une connexion intime et nécessaire". Le principe de réaction s'impose naturellement à l'esprit car son abandon rendrait possible le mouvement perpétuel. Quant au principe de relativité, il s'impose à l'esprit dans le cas d'un système isolé, mais il n'en va plus de même si l'on considère la matière et l'éther. Dans ce cas, il devient légitime de prétendre mettre en évidence la translation de la Terre par rapport à l'éther. Or, toutes les expériences tentées dans ce sens ont été négatives. Poincaré ajoute alors :

> *La théorie de Lorentz explique ce résultat négatif. Il semble que le principe du mouvement relatif, qui ne s'imposait pas à priori, est vérifié à posteriori et que le principe de réaction devrait s'ensuivre ; et cependant il n'en est pas ainsi, comment cela se fait-il?*
> *C'est qu'en réalité, ce que nous avons appelé le principe du mouvement relatif n'a été vérifié qu'imparfaitement comme le montre la théorie de Lorentz. Elle est due à une compensation d'effets .*[36]

C'est ici que Poincaré explique la différence entre le temps vrai

---

[35]Poincaré, H., "À propos de la théorie de M. Larmor", p412.

[36]Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction",*Oeuvres*, vol. 9, Paris, 1954, p.483.

et le temps local. Cette distinction, que nous avons rappelé dans le chapitre sur "le temps de Poincaré et d'Einstein", prend, dans la démonstration de Poincaré, une place centrale car il va montrer ensuite qu'il en est de même avec le principe de réaction, pour lequel il faudra distinguer l'énergie apparente de l'énergie réelle.

La suite de la démonstration consiste donc à prouver que si le principe de relativité ne peut s'appliquer à la matière seule, il en va de même pour le principe de réaction. Poincaré prend l'exemple d'un émetteur d'énergie électromagnétique unidirectionnel. Si cet émetteur est en mouvement et que les phénomènes observés sont rapportés au référentiel en mouvement alors, l'énergie apparente n'est pas égale à l'énergie réelle. Sinon il y aurait violation du principe de la conservation de l'énergie.

> *Si donc il se produit un recul* (de l'appareil émetteur) *c'est que l'énergie apparente n'est pas égale à l'énergie réelle et que les phénomènes dans le mouvement relatif ne sont pas exactement les mêmes que dans le mouvement absolu.* [37]

Poincaré peut alors conclure :

> *Ainsi, d'après la théorie de Lorentz, le principe de réaction ne doit pas s'appliquer à la matière seule ; le principe du mouvement relatif ne doit pas non plus s'appliquer à la matière seule. Ce qu'il importe de remarquer, c'est qu'il y a entre ces deux faits une connexion intime et nécessaire.* [38]

En 1895, Poincaré écrivait :

> *L'impossibilité de mettre en évidence un mouvement relatif de la matière par rapport à l'éther ; et l'égalité qui a sans doute lieu entre l'action et la réaction sans tenir compte de l'action de la matière sur l'éther, sont deux faits dont la connexité semble évidente.*[39]

Il est clair qu'en 1900 Poincaré ne garde plus l'espoir de sauver le principe de réaction pour la matière seule. Désormais, le principe de réaction, comme le principe de relativité, ne peuvent plus s'appliquer à la matière seule mais à la matière et à l'éther. Il ne tire toutes les conséquences de ce fait que lors de la conférence de Saint Louis en 1904,

---

[37]Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", p.484.
[38]Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", p.488.
[39]Poincaré, H., "À propos de la théorie de M. Larmor", p413.

lorsqu'il reconnait que l'hypothèse de l'éther destinée à sauver le principe de réaction ruine en fait ce principe.

> *Mais s'il* (le principe de réaction)*peut tout expliquer, c'est qu'il ne nous permet de rien prévoir, il ne nous permet pas de choisir entre les différentes hypothèses possibles, puiqu'il explique tout d'avance. Il devient donc inutile.*[40]

Rappelant son propre cheminement sur cette question, Poincaré avoue :

> *(...)j'ai longtemps pensé que ces conséquences de la théorie* (de Lorentz), *contraires au principe de Newton* (principe de réaction), *finiraient un jour par être abandonnées et pourtant les expériences récentes sur les mouvements des électrons issus du radium semblent plutôt les confirmer.*[41]

En 1908, Poincaré écrira simplement :

> *Il faut donc adopter la théorie de Lorentz et par conséquent renoncer au principe de réaction.*[42]

Pour Poincaré, le problème est désormais clairement résolu au terme d'une évolution de plus de dix ans. Il faut remarquer que durant toutes ces années, pour Poincaré, le problème du principe de réaction à autant d'importance que celui du principe de relativité. Ce fait n'est pas anodin quant à la réception de la Relativité au sens einsteinien. D'autant moins que dans le cas du principe de relativité, ce qu'il faut désormais admettre, selon Poincaré, c'est qu'il s'applique à la matière et à l'éther, ce qui n'était pas à priori évident ; tandis que dans le cas du principe de réaction, il faut admettre qu'il ne s'applique pas à l'électrodynamique, même en tenant compte des rapports de la matière et de l'éther ; ce qui avait été l'ultime tentative de Poincaré pour sauver ce principe. Autrement dit, le principe de relativité peut être tant bien que mal sauvé par la théorie de Lorentz et ses hypothèses had hoc du temps local et de la contraction des électrons, tandis que toutes les tentatives pour sauver le principe de réaction se sont avérées vaines. Il est probable que Poincaré soit particulièrement affecté par cet échec du sauvetage du principe de réaction, car c'est un peu un échec personnel.

---

[40]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 136.

[41]Poincaré, H., *La valeur de la science*, pp. 136-137.

[42]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", *Revue Générale des Sciences*, 1908, vol. 9, p. 394.

Il s'ensuit qu'il ne sera pas en mesure d'apprécier à sa juste valeur le point de vue d'Einstein, car la solution qu'il propose ne fournit pas une alternative à l'abandon du principe de réaction. Encore une fois, le point de vue essentiellement dynamique de Poincaré ne peut se satisfaire du point de vue esssentiellement cinématique d'Einstein.

Ainsi, la résistance de Poincaré face à l'écroulement de la physique qu'il qualifie lui-même "des principes" est une attitude constante de sa part. Elle trouve un illustration particulièrement convaincante à propos du principe de réaction. Après avoir espéré sauver ce principe pour la matière seule (1895), Poincaré admet qu'il ne peut-être appliqué qu'à la matière et l'éther (1900), pour finalement reconnaître que cette solution vide ce principe de sa valeur heuristique (1904), enfin seulement il consent à son abandon pur et simple (1908).

5- Poincaré et l'expérience de Fizeau.

Dans son article de 1900, Poincaré revient sur une autre condition à laquelle doit satisfaire toute électrodynamique, à savoir rendre compte de l'expérience de Fizeau. Cette expérience est d'ailleurs une conséquence logique du fait que le principe de relativité et le principe de réaction ne peuvent s'appliquer à la matière seule.

> *De cette corrélation entre ces deux faits, découle une conséquence importante ; c'est que l'expérience de Fizeau est déjà elle même contraire au principe de réaction. Si, en effet, comme l'indique cette expérience, l'entraînement des ondes n'est que partiel, c'est que la propagation relative des ondes dans un milieu en mouvement ne suit pas les même lois que la propagation dans un milieu au repos, c'est à dire que le principe du mouvement relatif ne s'applique pas à la matière seule et qu'il faut lui faire subir au moins une correction à savoir celle dont j'ai parlé plus haut et qui consiste a tout rapporter au "temps local." Si cette correction n'est pas compensée par d'autres, on devra conclure que le principe de réaction n'est pas vrai non plus pour la matière seule.* [43]

[43]Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", p.488.

L'expérience de Fizeau sera considérée plus tard par Einstein comme une expérience cruciale en faveur de la théorie de la relativité dont elle confirme le théorème de l'addition des vitesses. Pourtant, dans son article de 1905, Einstein ne fait pas mention de l'expérience de Fizeau. La première mention en français, sous la plume d'Einstein, de cette expérience comme un argument en faveur de sa théorie se trouve dans son article de 1910[44]. Il la cite aussi comme un argument décisif en faveur de la nouvelle théorie dans son livre de vulgarisation sur la relativité, dans le chapitre significativement intitulé "Le théorème de l'addition des vitesses, l'expérience de Fizeau"[45]. D'après H. Barreau et Costa de Beauregard, il faut attendre 1930 pour que J. Hadamard démontre qu'il est possible de déduire la cinématique relativiste par un raisonnement de théorie des groupes de ce résultat de Fizeau[46].

Pour autant, l'expérience de Fizeau constituait, bien avant qu'Einstein ne s'intéresse à ce problème, un point d'achoppement pour la théorie électromagnétique de la lumière, car elle montrait qu'il était impossible de mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à l'éther à l'aide d'expériences optiques du premier ordre (c'est à dire dans le rapport v/c).

Une première expérience de Fizeau était destinée à départager la théorie de l'émission (la lumière est corpusculaire) de la théorie de la vibration (la lumière est une onde). Cette expérience montre qu'il y a un ralentissement de la vitesse de la lumière dans un milieu réfringent, comme le prévoyait la théorie de la vibration, alors que celle de l'émission prévoyait une accélération de la lumière dans un tel milieu. Mais ce n'est pas à cette expérience que fait allusion Poincaré. En effet, Fizeau a également mesuré la vitesse de la lumière dans un liquide en mouvement. Il s'agissait alors de vérifier la formule de l'entraînement partiel des ondes dans un liquide en mouvement, telle que l'avait formulée Fresnel dès 1818, afin de rendre compte du fait que l'indice de réfraction est indépendant du mouvement de la Terre. Dans ce cas, la vitesse de la lumière n'obéit pas au théorème galiléen de l'addition des vitesses (la vitesse de la lumière relativement à l'observateur au repos devrait être le résultat de l'addition de la vitesse de la lumière dans un milieu réfringent et de la vitesse du liquide) mais à un théorème

---

[44]Einstein, A., "Le principe de relativité dans la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles*, XXIX, 1910, p. 134.
[45]Einstein, A., *La relativité*, 1956, pp. 48-52.
[46]Sur cette question voir aussi Paty, M. *Einstein philosophe*, 1993, pp. 112-115.

respectant le coefficient d'entraînement de Fresnel. En 1895, Lorentz a montré qu'il était possible de concilier ce résultat avec la théorie électromagnétique de la lumière.

C'est dans ce contexte que se situe le texte de Poincaré en 1900. Il est possible d'essayer d'analyser comment la façon dont Poincaré envisageait cette question prépare ou non à la solution relativiste que lui apportera Einstein avec la relativité restreinte. Autrement dit, de savoir comment les écrits de Poincaré préparaient ou non ses lecteurs à comprendre que la cinématique relativiste rendait compte de l'expérience de Fizeau. Michel Paty a montré que pour Einstein la solution apportée par Lorentz à l'expérience de Fizeau constituait le lien entre la théorie de Maxwell et la relativité restreinte[47]. Poincaré ne franchira pas ce pas et en restera à la théorie de Lorentz.

Lorsqu'il parle d'entraînement partiel des ondes, Poincaré veut dire que le fluide en mouvement semble n'entraîner que partiellement la lumière qui le traverse. Poincaré parle alors très clairement de la propagation relative des ondes dans un milieu au repos ou en mouvement. Mais, bien qu'ayant employé l'expression de propagation relative, il explique alors que cette différence de propagation est la preuve que les lois de propagation sont différentes dans un milieu au repos et dans un milieu en mouvement ; or cette affirmation n'est pas relativiste, car le repos et le mouvement seraient alors des absolus révélés par le fait que les lois physiques sont différentes dans l'un et l'autre état. Pourtant, Poincaré ajoute immédiatement, dans la suite de la phrase, que ce fait prouve que le mouvement relatif ne s'applique pas à la matière seule, c'est à dire qu'il s'applique aussi à l'éther, à condition d'utiliser le temps local ; cette affirmation est, quant à elle, relativiste au sens de la relativité de Lorentz. En fait comme l'écrit Castelnuovo :

> *l'entraînement des ondes lumineuses dans le liquide en mouvement qui semble partielle si l'on s'en tient à la cinématique de Galilée, est en réalité totale pour Einstein.*[48]

Cette phrase marque clairement la différence entre une interprétation relativiste ou classique de l'expérience de Fizeau. Poincaré fait encore une interprétation classique du résultat, même s'il

---

[47]Paty, M., op.cit., p. 134.

[48]Castelnuovo, G., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", *Scientia*, vol. XVIII, 1911, supplément, p. 73.

relève clairement le caractère relativiste de la nature même de l'expérience. Mais il s'agit évidemment de la relativité au sens où l'entendait Lorentz, c'est à dire en considérant toujours un éther au repos.

Il est possible aussi de faire l'interprétation suivante : quand Poincaré parle de propagation relative des ondes que veut-il dire exactement? S'il veut dire relativement à l'observateur au repos (par rapport au liquide en mouvement), alors il est dans le même cas de figure qu'Einstein ; mais s'il veut dire propagation des ondes relativement à un liquide au repos ou relativement à un liquide en mouvement, alors il s'éloigne de toute lecture relativiste de l'expérience car, comme l'affirmera Einstein, cette question ne se pose pas puisque, par définition, la vitesse de la lumière est constante(compte tenu de son ralentissement dans un milieu réfringent) que ce soit relativement à un référentiel au repos ou relativement à un référentiel en mouvement par rapport au premier. Autrement dit, pour Einstein, il ne saurait être question de se poser le problème de la loi de la propagation de la lumière car celle-ci est un axiome de départ, c'est la constante qu'il faut justement concilier avec le principe de relativité ; en revanche il est très important de vérifier si l'expérience confirme la vitesse de la lumière mesurée dans le référentiel en mouvement depuis le référentiel au repos.

Dans sa conférence de 1904 à Saint Louis, Poincaré montre à nouveau que l'expérience de Fizeau rend impossible le sauvetage du principe de réaction en supposant que " l'énergie en se propageant restait toujours attachée à quelque substratum matériel"[49], car l'expérience de Fizeau a montré qu'il n'en était rien

En 1908, dans son article sur "La dynamique de l'électron", Poincaré revient sur cette question ; son interprétation de l'expérience de Fizeau n'est alors plus du tout relativiste au sens einsteinien. Ce qui ne laisse pas de surprendre à la date où est rédigé son article.

> *Pour lui* (Lorentz), *l'éther est au repos, les électrons seuls sont en mouvement ; dans le vide, où l'éther entre seul en jeu, dans l'air, où il entre presque seul en jeu, l'entraînement, est nul ou presque nul ; dans les milieux réfringents, où la perturbation est produite à la fois par les vibrations de l'éther et par celles des*

[49]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 136.

électrons mis en branle par l'agitation de l'éther, les ondulations se trouvent partiellement entrainées[50]

Poincaré ajoute alors que les expériences de Fizeau ont confirmé cette hypothèse de l'entraînement partiel émise par Fresnel et améliorée par Lorentz. Il est peu probable qu'en 1908 Poincaré n'ait pas encore réalisé que la relativité restreinte permettait de rendre compte du résultat de l'expérience de Fizeau. Il est possible qu'il ait choisi sciemment de ne pas mentionner ce fait car la solution apportée par Einstein n'est fondée sur aucune considération électrodynamique, ce qui est justement le propos de Poincaré dans son article.

6- Poincaré et le principe de relativité.

En ce qui concerne la remise en cause de ce principe de relativité, Poincaré souligne fortement que c'est bien la physique théorique qui l'avait abandonné la première lorsque la théorie électromagnétique prévoyait la possibilité de mettre en évidence le mouvement absolu de la Terre. Il montre avec clarté que l'explication qui consiste à dire, qu'en fait, on ne mesure que le mouvement relatif de la Terre par rapport à l'éther, n'est qu'un piètre subterfuge pour tenter de sauver le principe de relativité, car il n'est, dès lors, plus qu'une illusion, un principe inutile qui ne peut plus servir à rien. Il n'est plus qu'un moyen de raccommoder un principe ébréché, pour reprendre l'image de Poincaré.

Je sais bien ce qu'on va dire, ce n'est pas sa vitesse absolue que l'on mesure, c'est sa vitesse par rapport à l'éther. Que cela est peu satisfaisant! Ne voit-on pas que du principe ainsi compris on ne pourra plus rien tirer? Il ne pourrait plus rien nous apprendre justement parce qu'il ne craindrait plus aucun démenti. Si nous parvenons à mesurer quelque chose nous serons toujours libre de dire que ce n'est pas la vitesse absolue, et si ce n'est pas la vitesse par rapport à l'éther, cela pourra toujours être la vitesse par rapport à quelque nouveau fluide inconnu dont nous remplirions l'espace.

---

[50]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", 391.

Aussi bien l'expérience s'est chargée de ruiner cette interprétation du principe de relativité.[51]

Il n'est pas nécessaire de revenir sur la contradiction apparente qu'il y a entre ce texte et celui 1900. En 1900, Poincaré affirmait qu'un principe une fois constitué ne pouvait plus être remis en cause par l'expérience et ici, au contraire, il dit qu'un principe qui n'est pas réfutable ne présente plus d'intérêt. Il a été souligné plus haut comment Poincaré a répondu à cette critique : l'hypothèse éther rend le principe de relativité irréfutable mais du même coup le rend inutile. On peut ajouter qu'en 1900 Poincaré envisageait les principes du point de vue de leur constitution, alors qu'en 1904 il se place du point de vue de leur valeur heuristique.

Présenter l'éther comme une tentative de sauvetage du principe de relativité est, semble-t-il, inédit et remarquablement pénétrant. L'éther envisagé comme une hypothèse ad hoc, destinée a sauver le principe de relativité est, en effet, une interprétation originale de Poincaré qui n'est pas toujours relevée. Ici l'éther ne joue aucun rôle physique, tel celui que Poincaré lui reconnaît dans sa dynamique de l'électron. On rencontre chez Poincaré au moins ces deux conceptions de l'éther. Ici, il s'agit d'un éther pseudo relativiste, à la limite, une simple astuce de langage qui évite de parler de mouvement absolu ; Poincaré démasque ce subterfuge. C'est à dire que, selon lui, parler de mouvement absolu ou parler de mouvement par rapport à l'éther est strictement équivalent.

Alors, comme le souligne Poincaré, devant ces entorses de la physique théorique vis à vis des principes, c'est la physique expérimentale qui vient rappeler leur intangibilité. Non seulement l'expérience n'invalide pas le principe de relativité mais elle le confirme :

cette fois la physique expérimentale a été plus fidèle aux principes que la Physique mathématique ; les théoriciens en auraient fait bon marché afin de mettre en concordance leurs autres vues générales (celles sur l'électromagnétisme) ; *mais l'expérience s'est obstinée à le confirmer.*[52]

Poincaré devrait ici se réjouir, les principes sont saufs,

---

[51]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 132.
[52]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 132.

l'expérience les confirme inlassablement. Mais il n'en est rien car, en tant que mathématicien, Poincaré se heurte à de grandes difficultés pour concilier le principe de relativité et les lois de l'électromagnétisme.

> *C'est précisément pour expliquer cette obstination* (des résultats expérimentaux) *que les mathématiciens sont forcés aujourd'hui de déployer toute leur ingéniosité.*[53]

Or les résultats auxquels les mathématiciens sont arrivés ne satisfont pas Poincaré, car ils nécessitent une accumulation d'hypothèses. Ainsi, pour Poincaré, le danger que court le principe de relativité reste très grand car, d'une part il est acquis que parler d'un mouvement relativement à l'éther ne permet pas de le sauver et, d'autre part, le fait que l'expérience vienne constamment conforter ce principe compte beaucoup moins à ses yeux que la faiblesse des constructions théoriques nécessaires pour concilier ce principe et l'électromagnétisme. Ce qui explique que Poincaré n'exclut pas du tout que de nouvelles expériences viennent définitivement infirmer le principe de relativité.

> *Qu'arriverait-il si on pouvait communiquer par des signaux qui ne seraient plus lumineux et dont la vitesse de propagation différait de celle de la lumière?*[54]

Dans son intervention à St Louis, Poincaré ne prépare pas son auditoire à étendre le principe de relativité à l'électromagnétisme ; il le prépare à abandonner ce principe au cas où les efforts de la physique mathématique s'avéreraient impuissants à le sauver face à de nouveaux résultats expérimentaux.

Dès 1910, dans son article deja cité sur "La Mécanique rationnelle et les physiciens", Emile Borel attribuait une place tout à fait originale à cette réflexion de Poincaré sur les principes quant à son rôle dans l'évolution récente de la physique. Rôle dans lequel Poincaré mathématicien et physicien disparaît derrière un Poincaré philosophe des sciences :

> *On objectera peut-être que cette conception de la Mécanique rationnelle* (celle d'une science entièrement déductive à partir de principes intangibles) *eût été soutenable il y a 20 ans, mais a*

---

[53]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 133.
[54]Poincaré, H., *La valeur de la science*, p. 134.

> *précisément été ruinée, d'une part par la philosophie de M. Poincaré, d'autre part par les théories de Lorentz.*[55]

On constate que Borel se pose la même question que Poincaré sur le rôle de ces principes "lentement acquis par l'expérience des siècles", devenus postulats, et pourtant remis en cause par l'expérience. Il ajoute ensuite, sans apporter une vraie réponse à cette question, contrairement à ce que fait Poincaré :

> *Constatons seulement que les idées de M. Poincaré sur la valeur relative des postulats ont été confirmées d'une manière éclatante par les travaux de Lorentz. Il est difficile de contester que les "axiomes de la Mécanique" n'ont ni l'évidence ni la certitude des axiomes de l'arithmétique ou même de la géométrie ; peut-être faut-il accorder à M. Poincaré qu'il n'est d'axiomes certains que les définitions déguisées.*[56]

Poincaré n'a jamais parlé de "valeur relative" des postulats en physique, mais là n'est pas le point important. Borel feint de croire que Poincaré a développé sa réflexion sur les principes de façon purement spéculative et comme désincarnée ; il feint alors de s'émerveiller du fait que les développements récents de la physique concordent avec la philosophie de Poincaré. Mais ce n'est pas du tout comme cela que les choses se sont passées ; ce sont ces développements de la physique moderne qui ont contraint Poincaré a préciser sa réflexion sur ce que sont les principes en physique. Si Borel avait voulu minimiser le rôle de Poincaré dans la recherche en physique mathématique, il ne s'y serait pas pris autrement, attribuant à Lorentz tout le mérite scientifique et à Poincaré tout le mérite philosophique!

Dans ses travaux postérieurs à la conférence de Saint-Louis, et particulièrement dans son mémoire sur "La dynamique de l'électron" paru dans les comptes rendus du cercle mathématique de Palerme en 1906, Poincaré propose sa propre interprétation du principe de relativité dans le cadre de la mécanique nouvelle. Hervé Barreau, s'appuyant en partie sur les recherches de M.A. Tonnelat, A.I. Miller et M. Paty, donne une claire synthèse de la façon dont se pose le problème, dans son article sur "Poincaré et l'espace-temps ou un

---

[55]Borel, E., "La Mécanique rationnelle et les physiciens", *La Revue du mois*, vol. 2, 1910, p. 418..

[56]Borel, E., op. cit., p.418.

conventionalisme insuffisant". Nous nous contenterons de rapporter les conclusions de Barreau sur la conception poincaréenne du principe de relativité a partir de 1906. Selon Barreau, qui fait référence à l'analyse de M. Paty, le principe de relativité de Poincaré est purement dynamique tandis que celui d'Einstein est cinématique ce qui lui permet de s'appliquer à la mécanique et à l'électromagnétisme. D'autre part, et ici Barreau s'appuie sur Miller, le principe de relativité de Lorentz qu'utilise Poincaré est purement expérimental, il n'a donc pas le statut d'une convention. Barreau écrit :

> *à la suite de A.I. Miller, il faut donc distinguer soigneusement ce que Poincaré entend par "le principe classique de relativité" et "le principe de relativité de Lorentz". (...) Alors que, pour Einstein, le principe de relativité, entendu dans son sens le plus général et valant pour la physique tout entière, entraîne, si l'on y ajoute le postulat de la constance de la vitesse de la lumière, les règles de transformation de Lorentz, pour Poincaré, ce sont ces règles de transformation qui entraîneraient, si on ne veillait à les interpréter à la façon de Lorentz, la mise en question du principe classique de relativité. Mais l'interprétation donnée à ces règles de transformation dissuade d'élever "le principe de relativité de Lorentz" à la hauteur d'une convention. Ce sera (...) la position constante de Poincaré dans ses dernières années.*[57]

Barreau revient en conclusion sur ce qui distingue le principe de relativité de Poincaré de celui d'Einstein :

> *A partir de 1905, il devient manifeste que, pour résoudre les problèmes de l'électromagnétisme et de l'unité de la physique, Poincaré et Einstein ont suivi leur propre voie, le premier s'appuyant sur l'oeuvre de Lorentz (l'article de 1904), le second inaugurant une voie originale. Certes l'un et l'autre font usage du principe de relativité, mais ils ne l'entendent pas de la même façon : le premier retient son sens expérimental,*

---

[57]Barreau, H., "Poincaré et l'espace-temps ou un conventionnalisme insuffisant", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996; (Publication des Archives Henri Poincaré), p. 393.

> *tel que les lois physiques doivent être invariantes dans une classe de repères, même si l'un d'entre eux se trouve privilégié ; le second assigne au principe de relativité un sens normatif, tel qu'aucun repère n'est privilégié dans la classe de ceux pour lesquels les lois de la physique sont invariantes. M.A. Tonnelat a parlé de relativité descriptive dans la premier cas , de relativité physique dans le second. (...) Il est clair que la relativité physique entraîne la descriptive, mais non l'inverse. Il semble donc légitime de parler d'une forme faible (Poincaré) et d'une forme forte (Einstein) du principe de relativité.* [58]

Ces deux citations de Barreau sont particulièrement éclairantes. À partir de 1905-1906, lorsqu'un auteur parlera du principe de relativité, il ne dira pas la même chose s'il fait référence au principe selon Poincaré ou selon Einstein. Mais il n'est pas certain que cette distinction, qui apparaît claire aujourd'hui, l'ait été aux premières heures de la diffusion de la Relativité. Il semble plus avéré, à la consultation des écrits sur la Relativité avant 1920, que les auteurs qui tentent de présenter le Relativité le font au sens où l'entendait Einstein. En d'autres termes, la Relativité selon Poincaré n'a pas connu de diffusion.

L'article de Poincaré pour la *Revue Générale des Sciences* en 1908 intitulé également "La dynamique de l'électron", confirme l'analyse de Barreau.

Poincaré affirme :

> *Il est impossible d'échapper à cette impression que le principe de relativité est une loi générale de la Nature, qu'on ne pourra jamais par aucun moyen imaginable mettre en évidence que des vitesses relatives, et j'entends par là non seulement les vitesses des corps par rapport à l'éther, mais les vitesses des corps les uns par rapport aux autres.*[59]

Cette citation semble contredire l'affirmation selon laquelle le principe de relativité de Poincaré ne serait pas cinématique, et celle selon laquelle il ne serait pas envisagé comme un principe générale de

---

[58]Barreau, H., "Poincaré et l'espace-temps ou un conventionnalisme insuffisant", p. 401.

[59]Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p. 393.

la nature. Mais, en fait, Poincaré ajoute immédiatement:

> *Il convient de voir (...) à quelles conséquences nous conduirait cette façon de voir et de soumettre ensuite ces conséquences au contrôle de l'expérience.* Ou encore, *nous avons vu les raisons qui portent à regarder le Principe de Relativité comme une loi générale de la Nature. Voyons à quelles conséquences nous conduirait ce principe, si nous le regardions comme définitivement démontré.*[60]

Ce principe de relativité n'est encore que conditionnel et les conséquences de son application, notamment en électrodynamique, doivent encore subire le test expérimental. Ce sont ces expériences qui le confirmeront ou l'invalideront. Il est évident qu'Einstein n'accordait pas le même statut heuristique au principe de relativité.

Enfin, Poincaré conclut :

> *Les théories nouvelles ne sont pas encore démontrées, il s'en faut de beaucoup ; elles s'appuient seulement sur un ensemble assez sérieux de probabilités pour qu'on n'ait pas le droit de les traiter par le mépris.*[61]

Les théories dont parle Poincaré sont les théories électroniques concurrentes d'Abraham et de Lorentz (et donc aussi la sienne). À l'heure où il écrit, les expériences de Kaufmann ont tranché provisoirement en faveur de l'électron rigide d'Abraham. On peut dès lors comprendre que perce dans les propos de Poincaré une certaine amertume, même s'il est établi que Poincaré n'a jamais douté, contrairement à Lorentz, de la validité de son électrodynamique. Électrodynamique que les expériences de Bucherer viendront d'ailleurs confirmer cette même année 1908[62].

Le plus surprenant n'est pas là, mais bien dans le fait que, dans cet article de vulgarisation de 1908, Poincaré ne juge pas utile, comme on l'a déjà fait remarquer, de présenter les travaux d'Einstein ni même de le citer. Ce fait prouve que Poincaré n'avait peut-être pas mesuré toute la nouveauté de la théorie de la relativité d'Einstein, mais, plus

---

[60] Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p. 393 et 394.

[61] Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", p.402.

[62] A. Miller signale que ces résultats seront eux mêmes invalidés trente ans plus tard, in Miller, A.I., "On some other Approaches to Electrodynamics in 1905" in : Woolf, H. (éd.), *Some Strangeness in the proportion. A Centenial Symposium to celebrate the Achievements of Albert Einstein*, London/Amsterdam u.a., Addison-Wesley, 1980.

probablement, qu'il n'en acceptait pas les implications. Ce qui confirme la synthèse de Barreau sur la question.

Ainsi, en ce qui concerne la diffusion de la Relativité, ce n'est pas entre les différentes acceptions de l'expression "principe de relativité" qu'il faut chercher une évolution dans le contenu de cette diffusion, mais plutôt dans le passage de l'expression "principe de relativité" à celle de "théorie de la relativité".

7-Du principe à la théorie de la relativité.

Au cours des premières années de la diffusion de la Relativité einsteinienne en France, lorsque l'auteur emploie le terme de principe de relativité, il est probable qu'il l'emploi au sens où Poincaré parle de la "physique des principes" ; c'est à dire au sens de principe de la physique classique que les solutions préconisées par Einstein permettent de sauver, au même titre que la théorie de Lorentz permettait également de le sauver. Dans ce cas, il n'y a pas de distinction consciente entre la forme forte ou la forme faible du principe de relativité dont parlait Barreau. Plus exactement la forme forte d'Einstein n'est pas encore perçue comme telle et est assimilée à la forme faible de Poincaré. En revanche, si l'auteur parle de théorie de la relativité, alors, dans ce cas, il envisage probablement cette théorie non plus comme un simple moyen de sauver le principe de relativité mais au contraire comme le développement de toutes les conséquences de la conservation de ce principe. Ce principe est un postulat de départ qui n'a plus à être défendu, mais dont il faut déduire toutes les conséquences, y compris en ce qui concerne l'espace et le temps. Le passage du principe de relativité à la théorie de la relativité, dans les écrits sur ce sujet, marque donc bien le triomphe de la conception einsteinienne.

Si l'on tente de confronter cette hypothèse interprétative de l'emploi des termes de "principe" ou de "théorie" à la littérature de diffusion de la Relativité, on constate qu'elle se vérifie en grande partie.

Ainsi, le premier article en français sur le sujet, celui d'Einstein traduit par Guillaume en 1910 dans les *Archives des sciences physiques* et naturelles, est-il intitulé : " Le principe de relativité et ses

conséquences dans la physique moderne." Mais ce titre cache en fait une conception parfaitement claire de ce qui distingue principe et théorie. C'est ainsi qu'Einstein est amené à écrire de façon limpide :

> *Nous allons montrer qu'en prenant comme base :*
> *1 Le principe de relativité,*
> *2 Le principe de la constance de la vitesse de la lumière,*
> *on parvient à des équations de transformation qui permettent de voir que la théorie de Lorentz est compatible avec le principe de relativité.*
> *Nous appellerons théorie de la relativité la théorie basée sur ces principes.* (soulignés par l'auteur)[63]

De même, Castelnuovo ou Langevin dans leurs articles consacrés à la relativité en 1911, dans la revue *Scientia*, n'emploient-ils que l'expression de "principe de relativité" ; mais Castelnuovo prend soin de distinguer entre ce qu'il appelle "le principe de relativité dans sa forme vague"[64] et celui précisé par Einstein. De même, Langevin, devant la société française de philosophie en 1911, tout en gardant l'expression de "principe de relativité", précise que c'est Einstein qui "a traduit sous sa forme générale le principe de relativité"[65].

Ainsi, les deux principaux diffuseurs de la Relativité en France, s'ils emploient le terme de "principe" et non celui de "théorie", prennent-ils néanmoins le soin de distinguer ce principe selon Einstein du principe de relativité de la mécanique classique.

En 1912, dans son article de *La Nature* sur "Les grains d'électricité et la dynamique électromagnétique", Vigneron mentionne aussi le "principe de relativité". Dans la *Revue Générale des Sciences*, en 1912, Lémeray intitule son article d'exposition de la nouvelle théorie : "le principe de relativité et la mécanique".

Les seuls cas où, avant 1913, il est question de "théorie de la relativité", concernent en fait des comptes rendus d'ouvrage étrangers. Ainsi, la *Revue Générale des Sciences*, dès 1910, publie-t-elle un compte rendu de *The theory of Electrons* de Lorentz, signalant un chapitre sur "la théorie de la relativité". En 1912, la même revue, dans son compte rendu de "Das Relativitätsprinzip" mentionne également la "théorie de

---

[63]Einstein, A., "Le principe de relativité dans la physique moderne", p. 126.
[64]Castelnuovo, G., op. cit., p.74 .
[65]Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, *,Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, p.16.

la relativité". Dans ces cas le terme de "théorie" est un terme importé ou traduit littéralement, sans autre forme de critique ou de motivation.

Il faut donc attendre 1913 pour que le terme "théorie" l'emporte sur celui de "principe" dans les articles exposant ou critiquant la Relativité. De façon très symptomatique, le premier à insister sur le fait qu'il s'agit bien d'une théorie nouvelle est Brillouin, dans son article pour *Scientia* de 1913, intitulé : "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité". Si le titre de l'article parle toujours du "principe de relativité", dans son développement Brillouin emploie les expressions de "la théorie nouvelle de la relativité" [66], de "la nouvelle théorie"[67], de "la théorie moderne de la relativité" [68], ou de "la théorie récente de la relativité" [69]. Il précise bien qu'à l'origine de la théorie il y a "le nouveau principe de relativité" [70].

Ainsi, pour pouvoir attaquer la Relativité, Brillouin a-t-il besoin que son lecteur admette qu'il s'agit bien d'une nouvelle théorie dont les conséquences sont inacceptables. Brillouin ne voudrait pas laisser croire qu'il s'agit d'une charge contre le principe classique de relativité qui, selon ses propres termes, est trop évident pour être discuté.

Un autre adversaire d'Einstein participe à l'adoption du terme de "théorie" à la place de celui de "principe". Abraham, dans son article de 1914 sur "La nouvelle mécanique", dans *Scientia*, écrit : "la théorie qu'il (Einstein) a établie (1905), et que souvent on appelle simplement "Théorie de la relativité"[71]. Désormais il n'emploiera plus que ce terme de "théorie", afin qu'il n'y ait pas de confusion entre cette théorie et l'un de ses deux postulats qu'Abraham nomme "le postulat de relativité"[72].

Désormais le terme de théorie s'impose, à de rares exceptions, comme celle de Lorentz qui, en 1914, publie dans la *Revue Générale des Sciences* un article intitulé : "Considérations élémentaires sur le principe de relativité". Mais de la part de Lorentz n'est ce pas une preuve suppléméntaire du fait que l'expression "théorie de la relativité"

---

[66]Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Scientia*, vol.I, 1913, p 10.
[67]Brillouin, M., op. cit., p 10.
[68]Brillouin, M., op. cit., pp 19 et 22
[69]Brillouin, M., op. cit., pp 20 et 24.
[70]Brillouin, M., op. cit., p 25.
[71]Abraham , M., "La nouvelle mécanique", *Scientia*, vol XV, 1914, supplément p. 17.
[72]Abraham , M., op. cit., 17..

s'applique bien à la théorie telle que l'a développée Einstein et personne d'autre? Même s'il est vrai que c'est bien de la théorie d'Einstein que traite l'article de Lorentz, le titre de son article témoigne que ce dernier est encore imprégné par le cheminement qui a précédé la clarification de 1905, cheminement auquel Lorentz lui-même a tant participé.

A partir de 1915 l'emploi de l'expression de "théorie de la relativité" permet à chacun, adversaire ou partisan de la nouvelle théorie, de savoir de quoi il est question, sans équivoque possible. Désormais la polémique se déplace vers l'apparente contradiction, ou les possibles confusions, entre la théorie restreinte et la théorie généralisée ; et ce, même si, dès 1914, dans son article pour *Scientia* "Sur le problème de la relativité", Einstein avait clairement distingué entre "la théorie de la relativité dans le sens strict"[73] et "la théorie de la relativité dans le sens large"[74].

[73]Einstein, A.,"Sur le problème de la relativité", *Scientia*, vol XV, 1914, supplément p. 139.
[74]Einstein, A.,"Sur le problème de la relativité",p. 146.

Chapitre 13

Enquête en paternité.

Comme le note Jérémy J. Gray dans son article intitulé "Poincaré, Einstein, and the Theory of Spécial Relativity" :

> *one of most persistent stories that circulates in the communities of historians of mathematics and historians of science is that Poincaré came to the theory of special relativity before Einstein.*[1]

Notre propos n'est absolument pas de passer en revue cette polémique dont l'origine remonte à l'ouvrage controversé de Whittaker, *A History of the Théories of Aether and Electricity,* publié en 1953 ; encore moins d'y prendre part où d'avancer une opinion personnelle sur cette question, mais de chercher à savoir si l'on trouve des traces de cette polémique avant cette date ; et particulièrement durant les premières années de la diffusion de la Relativité en France. Il apparaît en effet évident que l'existence d'un tel débat ne peut qu'avoir eu des conséquences sur la diffusion de la Relativité en France.

Nous adopterons la démarche suivante : partant de la remarque de Guillaume, en 1924, et celle de Borel, en 1925, qui signalent explicitement l'oubli dans lequel sont tombés les travaux de Poincaré sur la dynamique de l'électron, nous remontrons ensuite le temps, pour chercher si éventuellement une telle question est soulevée avant ces dates.

---

[1]"une des plus persistante légende qui circule dans les communautés des historiens des mathématiques et des historiens des sciences est que Poincaré arriva à la théorie de la relativité restreinte avant Einstein", Gray J.J., "Poincaré, Einstein, and the Theory of Special Relativity", in *The Mathematical Intelligencer,* vol.17, I, 1995, New-York, p 65.

1-Guillaume et Borel.

La première mention explicite du fait que Poincaré est oublié dans l'élaboration de la théorie de la relativité restreinte apparaît donc sous la plume d'Édouard Guillaume, dans son introduction à la réédition, en 1924, de "La mécanique nouvelle" et de "sur la dynamique de l'électron" d'Henri Poincaré. Guillaume écrit, parlant du mémoire de 1905 "sur la dynamique de l'électron" :

> *fait incroyable, le Mémoire de Poincaré est à peu près inconnu et n'est presque jamais cité. Il est introuvable en librairie. C'est là une lacune regrettable, qu'il était urgent de combler.*[2]

Mais en écrivant ces mots, Guillaume ne cherche absolument pas à rétablir l'antériorité de Poincaré sur Einstein dans l'énoncé de la relativité restreinte, comme le laisse entendre Jules Leveugle dans son article sur "Poincaré et la relativité".[3]

Guillaume distingue en effet très clairement les apports d'Einstein de ceux de Poincaré. À propos du mémoire d'Einstein de 1905, il peut ainsi écrire de façon particulièrement lumineuse :

> *Alors que jusqu'ici on considérait le temps comme une notion primitive et la vitesse comme une notion dérivée, Einstein retournait l'ordre et élevait la vitesse de la lumière au rang d'un absolu, auquel le temps, indiqué par nos horloges, devait se soumettre : le temps se subordonnait à une vitesse, laquelle exige un repérage spatial ; il devenait ainsi relatif au système de référence de l'observateur. Avec son point de vue, Einstein voulait supprimer la distinction entre le temps proprement dit et les temps locaux qu'avait introduits Lorentz.*[4]

Voici maintenant ce que dit Guillaume de l'apport de Poincaré dans son mémoire au Cercle mathématique de Palerme :

> *Reprenant l'exposé de Lorentz, il en confirme les résultats principaux et montre les conséquences très*

---

[2]Guillaume,E., préface de : Poincaré, H, *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, Gauthier-Villars, 1924, réédition Jacques Gabay, 1989., p VII-VIII.

[3]Leveugle, J., "Poincaré et la relativité", in *La Jaune et la Rouge*, n°494, avril 1994, p. 46.

[4]Guillaume,E., préface, pp VI-VII.

importantes que comporte la nouvelle transformation. Tout d'abord, l'illustre géomètre en déduit la règle d'addition des vitesses, partageant ainsi avec Einstein la gloire de la découverte de cette célèbre formule. En outre il montre que l'ensemble des transformations de Lorentz forme un groupe, et que cette propriété est nécessaire si l'on veut écarter la possibilité du mouvement absolu, c'est à dire sauvegarder le principe de la relativité des mouvements uniformes. Il parvint à rattacher de la sorte les transformations de Lorentz à la Théorie des Invariants, et eut le premier l'idée de représenter les coordonnées horaires à l'aide d'une quatrième dimension imaginaire de l'espace. En un mot Poincaré fut un génial précurseur, et son mémoire contient les principes fondamentaux sur lesquels, trois ans plus tard (1908) Minkowski édifiera son fameux "Espace-Temps" à quatre dimensions.[5]

Il n'y a pas l'ombre d'une polémique dans cette présentation par Guillaume des apports respectifs de Poincaré et d'Einstein. Guillaume ne cherche pas à prouver l'antériorité de Poincaré sur Einstein mais regrette que les apports fondamentaux et distincts de Poincaré soient trop oubliés.

Néanmoins, Guillaume ajoute, après son résumé des contenus respectifs des articles de Poincaré et d'Einstein :

Les travaux de Poincaré sur la Mécanique nouvelle sont de la plus haute importance. L'illustre mathématicien, en effet, parvient à des résultats analytiques identiques à ceux qu'adopte l'École relativiste ; et cependant, il n'y est pas conduit par les considérations sur la relativité du temps et de l'espace, que cette école pose comme base. Pour lui, la question apparaît clairement : toutes les particularités de la Théorie proviennent de l'emploi d'un procédé spécial de mensuration. "Comment faisons-nous nos mesures? remarque-t-il. En transposant les uns sur les autres les objets regardés comme des solides invariables, répondra-t-on d'abord ; mais cela n'est plus vrai dans la théorie actuelle, si l'on

[5]Guillaume,E., préface, p. VII.

admet la contraction lorentzienne. Dans cette théorie deux longueurs égales, ce sont par définition, deux longueurs que la lumière met le même temps à parcourir". C'est donc bien une question de relativité, mais de relativité entre l'objet à mesurer et l'étalon de mesure.[6]

Il est remarquable que pour Guillaume les travaux de Poincaré méritent d'être republiés non pas parce qu'ils préfigurent ceux d'Einstein, mais bien parce qu'ils proposent une théorie de la relativité ne nécessitant pas d'introduire la relativité de l'espace et du temps. Que l'interprétation de Guillaume soit sujette à discussion, cela ne fait pas de doute, même si elle procède d'une lecture attentive de ce que dit Poincaré de la mesure, comme nous le soulignons dans le chapitre sur "le temps de Poincaré et d'Einstein" ; mais il importe surtout de souligner qu'en 1924, ces travaux de Poincaré sont tirés de l'oubli par un physicien qui n'est pas lui-même relativiste au sens einsteinien. Il faut se rappeler, à ce propos, que Guillaume est le seul physicien qui soit venu au secours de Bergson et de "Durée et simultanéité" en 1922. Dans son introduction de 1924, il qualifie encore le travail de Bergson "d'étude profonde" dans laquelle "on retrouve (...), sous une autre forme, la remarque fondamentale de Poincaré : (...) c'est le chemin parcouru par la lumière qui constitue l'instrument de mesure."[7]

Ce fait n'est pas indifférent ; il confirme que pour la communauté des physiciens, dès cette époque, adhérer à la théorie de la relativité c'est adhérer à la théorie telle qu'Einstein l'a formulée. Guillaume ne dit pas autre chose quand il parle d'une École relativiste. Cette théorie einsteinienne, Guillaume la connaît et la comprend (rappelons qu'il fut en 1910 le traducteur du premier article d'Einstein publié en langue française : *Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne*) mais il ne l'accepte pas. Pour lui, Poincaré n'est pas le précurseur d'Einstein, mais au contraire offre une alternative à la théorie développée par le savant allemand.

Guillaume relève en particulier l'hypothèse suggérée par Poincaré à Saint Louis en 1904 selon laquelle, pour éviter la contraction des corps en mouvement, il serait possible d'imaginer :

que c'est l'éther qui se modifie quand il se trouve en

---

[6]Guillaume,E., préface, p. VIII.
[7]Guillaume,E., préface, p. XVI.

> *mouvement relatif par rapport au milieu matériel qui le pénètre, que, quand il est ainsi modifié, il ne transmet plus les perturbations avec la même vitesse dans tous les sens.*[8]

Guillaume va même jusqu'à réaliser les calculs suggérés par Poincaré pour montrer qu'il est possible :

> *d'obtenir des ondes ellipsoïdales à l'aide de la transformation de Lorentz, sans faire appel à la contraction, c'est à dire en faisant varier la vitesse de la lumière.*[9]

En présentant Poincaré comme une alternative à la relativité einsteinienne, Guillaume donne probablement une clé d'interprétation précieuse à toute la querelle sur la paternité de la Relativité. Les écrits de Poincaré sont suffisamment nombreux, riches, imaginatifs, étendus dans le temps et variés quant au contenu et aux publics auxquels ils s'adressent, pour que quiconque y cherche une confirmation d'un point de vue ou d'un autre sur la Relativité puisse la trouver ; à condition d'ignorer les remarques, les hypothèses, les pistes de réflexion qui vont dans le sens opposé. A l'inverse les mémoires d'Einstein sur la relativité restreinte sont trop peu nombreux, trop laconiques et trop regroupés dans le temps pour qu'ils puissent donner lieu à des interprétations diamétralement opposées. C'est probablement une des raisons pour laquelle les adeptes de la relativité restreinte, au sens einsteinien, se réfèrent très tôt exclusivement aux écrits d'Einstein, afin d'adopter une position claire et univoque ; particulièrement dans les débats qui les opposeront aux sceptiques face à cette théorie.

Les écrits de Poincaré sur la Relativité ont ainsi été victimes de leur trop grande richesse. Au moment où le nouveau paradigme relativiste commençait à s'imposer, il avait besoin de son "petit livre rouge" ; les écrits de Poincaré ne peuvent jouer ce rôle car ils sont précisément, et de façon à la fois très consciente et très clairvoyante, à l'exacte charnière de la physique classique et de la mécanique nouvelle.

L'année suivant cette introduction de Guillaume, en 1925, Émile Borel fait paraître dans le *Bulletin de la Société Mathématique de France* le texte de son discours prononcé lors du cinquantenaire de cette Société

---

[8]Guillaume,E., préface, p. IX.
[9]Guillaume,E., préface, p. X.

et intitulé : "Henri Poincaré"[10]. Il fait alors une discrète et très prudente allusion à la question de la paternité de la Relativité :

> *Il (Poincaré) a contribué plus qu'aucun autre à créer ce que l'on pourrait appeler l'esprit des théories physiques du XX*éme *siècle, en opposition avec celles du XIX*éme *siècle. C'est en ce sens que Poincaré doit être regardé comme le véritable précurseur des magnifiques théories d'Einstein, sans qu'il soit nécessaire de rechercher quelle fut exactement sa part dans l'évolution des conceptions des mécaniciens et des physiciens sur la relativité de l'espace.*[11]

Cet interdit proféré par Borel sur une éventuelle recherche de la part prise par Poincaré dans l'élaboration des théories nouvelles de la physique à quelque chose de surprenant, voire de choquant ; sauf à lui appliquer l'interprétation suggérée plus haut, à savoir que Borel est un trop fin connaisseur de l'oeuvre de Poincaré pour ne pas savoir que toute tentative de déterminer la part exacte prise par le savant dans l'élaboration de la physique nouvelle ne peut que déboucher sur une polémique stérile, étant donné que l'on peut trouver chez Poincaré des arguments en faveur de théories contradictoires.

Quand Borel écrit que Poincaré a créé l'esprit des théories physiques nouvelles, il reste dans un flou qui correspond pourtant à la réalité ; en ce sens que Poincaré, en physique mathématique, à sans doute plus semé qu'il n'a récolté. Pour rester dans la métaphore agricole et biblique, Borel suggère également que Poincaré a aussi beaucoup labouré le terrain, préparant ainsi les récoltes futures de ceux qui moissonnent sans avoir semé.

Enfin, il faut noter que, pour Borel, ce procès est clos depuis longtemps. N'est ce pas lui qui écrivait, dès 1920 dans sa préface à la traduction de livre d'Einstein sur la théorie de la relativité restreinte et généralisée, publiée également dans la *Revue du mois :*

> *je me contenterai d'émettre le voeu que nos jeunes chercheurs apportent leur contribution à l'édifice magnifique dont Poincaré et M. Lorentz avaient entrevu d'importants fragments, mais dont M. Einstein aura la gloire d'avoir été le premier à concevoir*

---

[10] in *E. Borel philosophe et homme d'action,* Gauthier-Villars, 1967, pp332-338.
[11] in *E. Borel philosophe et homme d'action,* p336.

clairement le plan.[12]

On ne saurait être plus clair. Mais il est vrai qu'en 1925 Borel écrivait sur Poincaré, alors que, dans l'extrait de 1920, il préfaçait Einstein.

2-Lorentz

Si l'on remonte maintenant dans le temps, par rapport aux textes de Guillaume en 1924 et de Borel en 1925, on trouve, en 1921, dans *Acta mathematica*, un article de H. A. Lorentz, dans lequel le savant hollandais commente "Deux mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique". Le premier de ces mémoires est celui sur "La dynamique de l'électron". Dans ce texte souvent cité, Lorentz dit que, dans son propre article de 1904 :

> *pour certaines des grandeurs physiques qui entrent dans les formules, je n'ai pas indiqué la transformation qui convient le mieux. Cela a été fait par Poincaré et ensuite par MM. Einstein et Minkowski.*[13]

Plus loin, il ajoute :

> *Poincaré (...) a obtenu une invariance parfaite des équations de l'électrodynamique, et il a formulé le "postulat de relativité", termes qu'il a été le premier à employer.*[14]

Ces deux citations sont souvent avancées comme preuve de l'antériorité de Poincaré sur Einstein, la notoriété et la compétence de Lorentz servant d'argument d'autorité.

Comment alors expliquer que, dans son article de 1914 pour la *Revue Générale des Sciences*, "Considérations élémentaires sur le principe de relativité", le même Lorentz introduise son propos par ces mots :

> *Dans cet article (...) je n'entrerai pas dans une discussion approfondie du principe important que la physique doit à M. Einstein et des conséquences qu'on*

---

[12]Borel , E., "Quelques réflexions sur la théorie de la relativité", in *La Revue du mois*, décembre 1920, vol. 2, p 420.

[13]Lorentz, H.A.., "Deux mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique", *Acta Mathematica*, tome 38, pp293-308, 1921, reproduit in *Henri Poincaré, Oeuvres*, vol. 9,Gauthiers-Villars, 1954, p. 685.

[14]Lorentz, H.A., op. cit., p. 687.

peut en tirer.[15]

Cette divergence est d'autant plus surprenante qu'il semble bien que le texte de l'article de 1921 date lui aussi de 1914 et soit un hommage de Lorentz après la mort de Poincaré (d'après Leveugle[16]). Lorentz serait-il un menteur? Ou plus simplement un flatteur? Peut-être a-t-il changé d'avis? Mais il existe une explication plus simple et moins injurieuse pour le grand savant : dans ces deux articles, Lorentz ne parle pas exactement de la même chose. Dans l'article sur Poincaré il se place du point de vue de Poincaré qui était également le sien, c'est à dire du point de vue d'une physique qui reste pré-relativiste au sens einsteinien. Il montre alors à quel point le travail de Poincaré préparait, et sur certains points, mais sur certains points seulement, précédait celui d'Einstein. Dans son article sur le principe de relativité, Lorentz se place délibérément du point de vue de la physique nouvelle et de la relativité eisteinienne.

Si l'on admet cette interprétation, on comprend mieux encore la place de Poincaré à la charnière de la mécanique classique et de la mécanique nouvelle ; et celle d'Einstein qui n'est plus à la charnière mais constitue le premier jalon de cette mécanique nouvelle.

D'autre part, dans son article publié en 1921, Lorentz fait de l'histoire des sciences ; dans celui de 1914 il fait oeuvre de diffuseur d'une théorie nouvelle auprès de ses collègues scientifiques. Dans les deux cas, il fait figure d'expert ; à propos de Poincaré, car Lorentz est celui qui était le plus intimement lié à l'élaboration de la dynamique de l'électron ; à propos de la théorie de la relativité, car Lorentz reste, en 1914, le savant vivant qui a le plus contribué à préparer le terrain aux conceptions nouvelles, même si Einstein ignorait, en 1905, les résultats obtenus par Lorentz.

Que Lorentz puisse endosser ces deux rôles est tout à fait symptomatique de la façon dont se diffuse la Relativité. Les conceptions de Poincaré, malgré leur hardiesse, sont plus l'aboutissement prometteur d'une longue réflexion que le point de départ d'une nouvelle théorie. La nouveauté radicale se trouve dans les écrits d'Einstein. Lorentz est le plus mal placé pour le reconnaître, du fait de

---

[15]Lorentz, H.A., "Considérations élémentaires sur le principe de relativité", *Revue Générale des Sciences*, 1914, vol. 25, pp 179.

[16] "(...) publication, en 1921, de l'article nécrologique de Poincaré rédigé par Lorentz en 1914." Leveugle, J., "Poincaré et la relativité", in *La Jaune et la Rouge*, n°494, avril 1994, p. 47.

son propre acharnement à bâtir une électrodynamique non contradictoire avec l'expérience. Le fait qu'il reconnaisse clairement l'apport irréductible d'Einstein dans son article de 1914, témoigne en faveur de la nouveauté radicale de cet apport. Il s'agit évidemment d'une preuve totalement externe au contenu même des écrits de Poincaré et d'Einstein, mais notre propos n'est pas ici de mener une telle analyse qui à d'ailleurs déjà souvent été faite et dont nous avons abordé certains points particuliers dans d'autres chapitres.

Il faut ainsi remonter avant la première guerre mondiale pour trouver des éléments polémiques sur la paternité de la Relativité, car, comme nous l'avons signalé dans le chapitre sur "les premières étapes de la diffusion", à partir de 1914, avec la guerre et la mise au point de la relativité généralisée, la question ne se pose plus. Il est d'ailleurs clair que l'occultation du rôle de Poincaré à lieu à partir de cette date (comme le montre l'article de Lorentz de 1914), et que, dix ans plus tard (comme le montre l'article de Guillaume), apparaît la première tentative de rendre justice aux travaux du savant français ; ce qui prouve que son apport était déjà occulté.

3 -Langevin

En 1913, dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, Langevin publie un article intitulé : "L'oeuvre d'Henri Poincaré, le physicien". Le même article est publié simultanément, en 1913, par *La Revue du mois*. Le titre VII de cet article est intitulé : "La théorie de Lorentz et le principe de relativité".

Après avoir rappelé que Lorentz n'avait pas tiré toutes les conséquences du groupe de transformations qui porte son nom et avait conservé la notion de temps absolu, ce qui entraînait que ces transformations n'étaient pas entièrement symétriques, Langevin écrit :

> *M. Einstein rendit les choses plus claires et dégagea mieux l'opposition entre les notions nouvelles de l'espace et du temps et celles qui correspondent au groupe tout différent dont les transformations conservent les équations de la mécanique rationnelle, en affirmant la généralité du principe de relativité, en admettant que par aucun procédé expérimental on ne*

pourrait mettre en évidence le mouvement de translation d'ensemble d'un système par des observations et des mesures faites en son intérieur. Il réussit à donner sa forme définitive au groupe de Lorentz, à indiquer les relations qui existent entre les mesures d'une même grandeur de nature quelconque faites à la fois sur deux systèmes en mouvement relatif. Henri Poincaré arrivait en même temps au même résultat en suivant une voie différente, son attention ayant été attirée surtout par la forme imparfaite sous laquelle se présentaient les formules de transformation telles que les avait données Lorentz. Il se préoccupa en même temps, familier avec la théorie des groupes, de trouver les invariants de la transformation, les éléments qu'elle laisse inaltérés et grâce auxquels il est possible d'énoncer toutes les lois de la physique sous une forme indépendante du système de référence ; il chercha la forme que ces lois doivent avoir pour satisfaire au principe de relativité.[17]

La démarche de Langevin est éclairante, après avoir exposé les lacunes des travaux de Lorentz, il mentionne en premier l'apport d'Einstein qui rend les choses plus claires, particulièrement sur les notions d'espace et de temps ; il en vient ensuite à Poincaré, bien que celui-ci arrive en même temps qu'Einstein aux mêmes résultats. Ce qui différencie les deux savants, c'est le chemin qu'ils ont suivi. Poincaré corrige les imperfections des transformations de Lorentz alors qu'Einstein ne connaissait pas ces transformations mais les retrouvent à l'issue de sa démonstration sur l'espace et le temps. Poincaré recherche les invariants de ces transformations, Einstein montre que pour que la vitesse de la lumière soit constante, il faut que l'espace et le temps soit relatifs.

Langevin est, en 1913, complètement converti à la relativité einsteinienne dont il a été le premier diffuseur en France, mais il a été aussi l'intime de Poincaré. S'il met Poincaré à la seconde place, alors même qu'il écrit un article lui rendant hommage, c'est parce que, selon lui, le véritable clarificateur du problème est bien Einstein ; Einstein a

---

[17]Langevin, P., "Henri Poincaré : Le physicien" in *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1913, p703.

clarifié ce problème car il l'a simplifié.

Mais Langevin va plus loin, il suggère que la qualité des résultats obtenus par Poincaré ne peut être pleinement appréciée que par comparaison avec la théorie d'Einstein qui permet d'en saisir mieux toute la portée. Autrement dit, les travaux de Poincaré seraient restés confinés dans le cercle des physiciens spécialistes d'électrodynamique, si ceux d'Einstein n'étaient pas venus montrer qu'ils avaient une portée beaucoup plus générale et audacieuse. En quelques sorte, sans la grille de lecture fournie rétrospectivement par la relativité restreinte, la pertinence des remarques de Poincaré n'apparaîtraient pas si clairement.

Si l'on veut bien admettre cette interprétation de la façon dont Langevin présente cette question, on admettra aussi le caractère vraisemblable de cette présentation. N'est-il pas banal de constater qu'une fois la solution d'un problème trouvée, les chemins menant à cette solution en sont éclairés d'un jour nouveau? Tout avènement donne du passé des clés d'interprétation nouvelles et remet ce qui le précède dans une perspective différente. En lisant Poincaré après avoir pris connaissance de ce qu'est la relativité restreinte, on ne peut qu'être frappé par la justesse des intuitions du savant français. Mais si on fait cette lecture en s'efforçant d'oublier ce que dit Einstein, alors les écrits de Poincaré apparaissent beaucoup plus touffus et moins clairs sur la question précise de la relativité. Or l'inverse n'est pas vrai, on peut lire Einstein sur la relativité restreinte sans avoir connaissance de ce qu'en disait au même moment Poincaré. Évidemment on objectera qu'une telle double lecture est en fait aujourd'hui impossible car le paradigme einsteinien s'est depuis longtemps imposé, et qu'il est tout simplement impossible de faire comme s'il n'existait pas. Cette objection est vraie pour aujourd'hui mais l'est-elle pour 1913, au moment où Langevin écrit son article? Quand bien même le serait-elle, elle prouverait simplement que les écrits d'Einstein ont très vite entraînés la naissance d'un nouveau paradigme, alors que ceux de Poincaré non. Il s'agit d'une constatation qui évidemment n'explique rien ; sauf justement à admettre le caractère révélateur de la théorie d'Einstein qui, en advenant, donne aux écrits de Poincaré un caractère prophétique ; mais ce caractère ne leur est acquis qu'après coup, et par rapport seulement à la théorie d'Einstein.

4 -Du vivant de Poincaré, ou presque.

Si l'on remonte encore dans le temps, vers les premiers moments de la diffusion de la Relativité en France, on constate alors que Poincaré n'a pas été occulté par Einstein, dont tous les présentateurs de la nouvelle théorie reconnaissent l'apport absolument novateur, mais par Lorentz, dont, sans doute par souci de simplification, le nom seul est cité alors que Poincaré, de l'aveu même de Lorentz, l'a si puissamment aidé à mettre au point la théorie électromagnétique qui porte son nom.

Une telle simplification est courante en histoire. Si l'on veut exposer la théorie de Lorentz, l'honnêteté et l'objectivité obligent à mentionner les contributions décisives de Poincaré ; mais si l'on expose la relativité restreinte d'Einstein, mention peut être faite des efforts de Lorentz dans la même direction afin de montrer en quoi la solution apportée par Einstein est plus simple, sans qu'il soit nécessaire de refaire toute la genèse de l'oeuvre scientifique du savant hollandais. Sinon, il n'y aurait plus d'histoire possible, du fait de cette régression infinie vers des origines qui reculent comme l'horizon.

Il semble bien que ce soit lors de cette étape précise de la diffusion de la Relativité que le nom de Poincaré ait commencé à être laissé dans l'ombre, par souci de simplification. Évidemment, une telle attitude présuppose toujours que celui qui parle de la Relativité ait reconnu l'apport novateur décisif d'Einstein. Autrement dit, dans son esprit, la question de savoir qui est l'auteur de la nouvelle théorie ne se pose pas. C'est évidemment ce que lui reprochent ceux qui plaident pour l'antériorité de Poincaré dans la naissance de la nouvelle théorie.

En 1913, M. Brillouin, dans ses "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité"[18], cite abondamment le travail de Lorentz. Il n'est fait allusion à Poincaré que dans une note de bas de page, à propos de son article de 1900 sur "la théorie de Lorentz et le principe de réaction". Quand Brillouin parle d'Einstein, (il faut se rappeler que Brillouin n'accepte pas les conséquences de la théorie de la relativité comme, le suggère le titre de son article), il emploie des expressions du type "Einstein et les relativistes modernes", ou "Einstein et plus encore (...) ses disciples", expressions qui ne laissent planer aucun doute sur le fait que, pour Brillouin, l'auteur de la nouvelle théorie et de ses

[18]Brillouin, M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Scientia*, vol.I, 1913, pp 10-26.

conséquences difficilement acceptables est Einstein et en aucun cas Poincaré. D'ailleurs, pour Brillouin, ce problème ne se pose pas, car il vient porter la contradiction à ceux parmi les physiciens qui se réclament explicitement d'Einstein ; aucun ne revendique alors l'héritage de Poincaré. Lequel, tout comme Brillouin, mettait en garde les jeunes esprits contre l'enthousiasme irréfléchi que pourrait susciter la nouvelle théorie.

En 1912, dans le premier article sur la relativité dans la *Revue Générale des Sciences*, E. M. Lémeray écrit avec une grande précision :

> *Le but que nous nous efforçons d'atteindre ici* (dans cet article) *est d'établir la transformation de Lorentz par des moyens beaucoup plus simples, d'en indiquer la signification physique, de montrer l'impossibilité de conserver sans modification la Mécanique classique et d'exposer les résultats importants, d'accord avec l'expérience, auxquels le principe de relativité conduit par voie déductive* (souligné par l'auteur)[19].

Il s'agit là clairement du programme d'Einstein lui-même. À la différence près qu'Einstein ne connaissait pas les résultats auxquels était parvenu Lorentz.

Lémeray ajoute ensuite :

> *Mais nous devons nous abstenir complètement de faire des hypothèses explicatives* (souligné par l'auteur) *au sujet du mécanisme des phénomènes naturels ; c'est ainsi qu'au sujet de la lumière, nous n'avons à considérer ni l'hypothèse de l'émission, ni celle des ondulations ; l'emploi des hypothèses, si précieux, si nécessaire dans le recherche scientifique, nous serait nuisible dans cet exposé ; les difficultés rencontrées pourraient leur être imputées à tort, comme elle l'ont été parfois.*[20]

Ne peut-on pas voir ici une critique implicite de la façon dont Poincaré abordait ce problème. En particulier à propos des hypothèses que celui-ci faisait sur la propagation de la lumière, comme nous le

---

[19]Lemeray , E. M., "Le principe de relativité et la mécanique", *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol.23, p174.
[20]Lemeray , E. M., op. cit., vol.23, p174.

montrons dans le chapitre sur "le temps de Poincaré et d'Einstein"? Mais il faut aussi remarquer la grande clairvoyance de Lémeray à propos des problèmes que pose un exposé de la Relativité dans l'optique d'Einstein quant à la question de la nature de la lumière, comme nous le montrons dans le chapitre sur "la relativité de simultanéité".

Quoi qu'il en soit, il est clair que pour cet auteur, la façon dont Einstein pose et résout la question est véritablement novatrice par rapport à la façon dont Lorentz, et donc Poincaré, l'envisageaient.

Enfin, si l'on remonte à 1911 et aux tous premiers exposés de la Relativité en France, le propos est déjà quasiment stéréotypé sur la genèse de la nouvelle théorie.

Ainsi Castelnuovo écrit-il que :

il appartenait au génie de Lorentz d'établir un accord parfait entre la théorie électromagnétique des corps en mouvement et les faits expérimentaux.[21]

Il ajoute plus loin :

l'éther, dans le système de Lorentz, joue un rôle analogue à celui d'une armature dans la construction d'un édifice. Un progrès ultérieur devait porter sur une description de l'édifice tout à fait indépendante de l'armature. Le progrès fut accompli par Einstein ; dans ses travaux sur l'argument, l'absolu a disparu et la relativité triomphe.[22]

Nulle part il n'est fait allusion au rôle joué par Poincaré dans la simplification de l'exposé de Lorentz. La raison est vraisemblablement celle avancée plus haut. Pour faire comprendre la nouveauté de la théorie d'Einstein il était nécessaire de la comparer à la théorie mieux connue de Lorentz, mais il n'est pas besoin de mentionner ceux qui ont contribué à la clarification de la théorie de Lorentz, car aucune de ces contributions n'apporte le point de vue radicalement nouveau offert par la théorie d'Einstein.

Cette même année 1911, Langevin, dans sa conférence sur "L'évolution de l'espace et du temps", ne mentionne pas non plus

---

[21]Castelnuovo, G., "Il principio di relatività e i fenomeni ottici", traduit par Picquet, H., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", *Scientia*, vol. XVIII, 1911, pp 64-86/ traduction : supplément, p 52

[22]Castelnuovo, G., op. cit., pp 52-53

Poincaré. Il relève que :

> *ce sera le grand mérite de H.A. Lorentz d'avoir montré que les équations fondamentales de l'électromagnétisme admettent aussi un groupe de transformations qui leur permet de reprendre la même forme quand on passe d'un système de référence à un autre.* [23]

Il avait là l'occasion idéale de mentionner le rôle de Poincaré dans l'amélioration de ce groupe de transformation, (Poincaré qui proposera d'ailleurs de donner le nom de Lorentz à cette transformation), mais Langevin ne le fait pas. La première raison est sans doute toujours la même, il faut aller à l'essentiel ; la seconde est probablement que Poincaré étant encore vivant ; on en est pas encore à l'heure des hommages où l'on s'efforce de rendre à César ce qui est à César ; la troisième raison envisageable est que Langevin connaît les réticences de Poincaré vis à vis de la théorie d'Einstein et qu'il ne veut pas mêler son nom à un exposé dont il n'est pas sûr que Poincaré accepterait tous les aspects.

Langevin parle ensuite de Minkowski :

> *il est plus simple de fondre, comme l'a proposé Minkowski, les deux notions d'espace et de temps dans la notion plus générale d'univers.*[24]

Là encore, pas un mot des résultats obtenus par Poincaré dans cette direction ; toujours le même souci d'aller à l'essentiel. Nous reviendrons brièvement sur ce point à la fin de ce chapitre.

Enfin, Langevin mentionne Einstein.

> *M. Einstein a montré le premier comment cette conséquence nécessaire de la théorie électromagnétique* (la constance de vitesse de la lumière) *suffit pour déterminer les caractères de l'espace et du temps exigés par la conception nouvelle de l'univers.*[25]

On retrouve de nouveau cette appréciation de l'apport tout à fait neuf d'Einstein qui en fait bien, selon Langevin, comme selon les autres

---

[23]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, p 36.

[24]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", p 37.

[25]Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", p 42.

commentateurs de la même période, le père de la théorie de la relativité étendue à l'électromagnétisme.

Dans son exposé devant la Société française de philosophie, Langevin ne mentionne pas non plus Poincaré ; les intervenants dans la discussion ne le font d'ailleurs pas non plus. Mais il y a plus, prenant la parole juste après Langevin, Rey signale, à propos de cette théorie exposée par Langevin :

> *Il faut remarquer en effet qu'il ne s'agit pas d'une conception individuelle surgie brusquement dans une pensée hardie, aventureuse, à propos d'expériences ou très restreintes ou plus ou moins vagues. Il ne s'agit pas d'une de ces inductions, qualitatives si je puis dire, qui d'une base fragile s'efforcent de tirer par un effort imaginatif et un raisonnement analogique, des conclusions dont l'ampleur ne saurait dissimuler les lacunes et les hiatus. (...) Nous avons d'abord une théorie, qui par une marche sensiblement différente, pour des raisons qui ne sont pas identiques, a été conçue par des pensées fort diverses, mais réfléchissant un même ensemble de faits expérimentaux. Les grands résultats qui viennent d'être énoncés ici étaient atteints séparément par Lorentz, Einstein et M. Langevin, et énoncés sous une forme assez différente par Minkowski.* [26]

Il ne s'agit pas ici de commenter le fait que Rey mette sur le même pied la théorie de Lorentz et celle d'Einstein, ce qui dénote une incomplète compréhension de cette dernière, mais de remarquer qu'en voulant brosser l'historique de ces théories il ne mentionne toujours pas le rôle de Poincaré. Dans ce cas, l'explication de la nécessité de faire simple ne tient pas, puisque le propos de Rey est justement de montrer que la Relativité n'est pas une théorie surgit de nulle part. Il est d'autre part peu probable que Rey n'ait pas lu les principaux textes de Poincaré sur le sujet, même s'il est possible qu'il n'ait pas lu "sur la dynamique de l'électron", texte qui n'était pas destiné à un public de non-spécialistes. La dernière explication est donc encore une fois que, dès cette époque, alors que Poincaré est encore vivant, son nom n'est pas associé à la nouvelle théorie du fait de sa méfiance à son égard. Ce fait

[26] in *Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, p 28.

corroborerait le rôle joué par Poincaré dans la diffusion de la Relativité, celui d'un frein plus que d'un accélérateur. Cette attitude, à son tour, permettant d'expliquer en partie l'oubli pudique dans lequel sont tombés ses travaux sur le sujet.

A propos du rôle de Poincaré dans l'élaboration de l'espace-temps à quatre dimensions, nous nous contenterons de reproduire les conclusions de Walter sur le sujet.

Dans sa thèse sur *Hermann Minkowski et la mathématisation de la relativité restreinte*, Scott A. Walter relève le fait que Minkowski, lors de sa conférence de Cologne en 1908, omet de mentionner le nom de Poincaré, alors qu'il commente les travaux de Lorentz et d'Einstein. Selon Walter cette omission n'est pas fortuite ; Minkowski connaissait bien l'article de Poincaré "sur la dynamique de l'électron" ; il avance alors l'explication suivante :

> *si Minkowski avait dit que Poincaré découvrit l'espace temps à quatre dimensions, sa propre contribution aurait semblé peu originale. De plus, la modification par Poincaré de la théorie de Lorentz représentait un exemple supplémentaire du rôle subsidiaire de coopérant que jouait le mathématicien dans l'élaboration des théories physiques.*[27]

Cette explication est très plausible dans le cas précis de l'espace -temps à quatre dimensions, mais elle sous entend une des critiques les plus graves qui puisse être faite à un scientifique, celle de la malhonnêteté intellectuelle. Une telle accusation peut-elle être portée sans autre forme de procès? La question se pose.

Enfin cette explication ne doit pas être étendue au principe de relativité lui même. Quand Walter écrit "on sait pourtant que c'est lui (Poincaré) qui annonça le premier le principe de relativité (en 1904)", il va trop vite en besogne. Le principe dont il s'agit est, dans l'esprit de Poincaré, l'un de ces principes traditionnels de ce qu'il a appelé "la physique des principes". Il s'agit du principe galiléen de relativité, constitutif de la mécanique classique. Un de ces principes qui est justement remis en cause par la crise actuelle de la physique mathématique, comme nous le montrons dans le chapitre sur "principe

---

[27]Walter, A, S, *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte*, 1905-1915, thèse de doctorat, Paris VII, 1996, p 36.

et théorie".

Si l'on se rappelle à quelle occasion il est fait mention de Poincaré, on constate que ce n'est jamais à l'occasion d'un exposé sur la relativité restreinte mais à l'occasion d'un hommage à Poincaré, que ce soit celui rendu par Lorentz ou par Langevin. Ou alors, il est fait mention de Poincaré sous la plume d'un auteur qui n'accepte pas les conclusions de cette théorie, c'est le cas de Guillaume.

Ainsi, il n'y pas eu de complot contre les apports de Poincaré ni de réécriture malveillante de l'histoire . Au contraire, dès l'origine de la diffusion de la Relativité en France, être relativiste c'était accepter les conclusions d'Einstein ; cela ne fait aucun doute dans la communauté des physiciens et même dans celle des philosophes.

On peut enfin légitimement se demander si le procès en paternité, rouvert seulement dans les années vingt et après le voyage d'Einstein en France, n'est pas une manifestation lointaine des revendications nationalistes et chauvines de la science, héritage des années sombre de la première guerre mondiale ; même si Guillaume, franco-suisse, n'a jamais manifesté, à notre connaissance, de germanophobie militante.

Comme l'écrit M.A. Tonnelat, parlant de l'état d'esprit de Poincaré sur la Relativité à l'issu du Congrès Solvay de 1911 :

> *Il est vraisemblable qu'à cette époque, Poincaré avait renoncé à s'intégrer au nouveau courant relativiste, et qu'il attendait du dehors, avec un certain scepticisme, le verdict de l'expérience.*[28]

Notre propre analyse aboutit à la même conclusion. Cette attitude de Poincaré est sans doute l'explication principale du silence dans lequel tombent les travaux du savant français sur la Relativité, car celui-ci n'appartient pas à ce "courant relativiste", ce que Brillouin nommait les "relativistes modernes", ou encore "les disciples d'Einstein".

---

[28]Tonnelat, M.A., *Histoire du principe de relativité*, Paris, 1971, p129.

Chapitre 14

Relativité et image du monde.

1- La critique de Maritain

La théorie de le relativité a très rapidement intéressé un public de philosophes[1]. La séance de la Société française de philosophie de 1911 le prouve. La controverse du début des années vingt entre les physiciens relativistes et Bergson le confirme. Pourtant, dans tous ces débats, ce sont les philosophes qui tentent de comprendre les concepts utilisés par les physiciens, ceux-ci restant, en dernier ressort, les juges de la bonne ou de la mauvaise interprétation de la théorie par les philosophes. En quelque sorte, dans les controverses que nous avons étudiées, physiciens et philosophes restent sur le terrain de la physique.

C'est pourquoi les articles consacrés par Jacques Maritain en 1920 et 1922 à la nouvelle théorie, dans *La Revue universelle,* sont d'une toute autre tonalité. Pour la première fois, semble-t-il, un philosophe français engage une réflexion critique sur la Relativité en refusant délibérément de se placer sur le terrain de la physique, et en adoptant une démarche strictement philosophique. L'article en français de Hans Reichenbach, publié par la *Revue philosophique de la France et de l'étranger* en 1922, constitue en quelque sorte une réponse philosophique aux critiques de Maritain. On assiste donc en ce début des années 20 à une controverse philosophique portant essentiellement sur les fondements conceptuels de la théorie de la relativité.

---

[1]Une étude philosophique des rapports entre la pensée scientifique et la philosophie se trouve chez M. Paty, in *Einstein philosophe*, dans les chapitres "Sur les rapports entre pensée scientifique et philosophie" et sur "La dimension philosophique du travail scientifique" ; tout particulièrement le paragraphe "Philosophie et construction de concepts scientifiques", avec notamment un exposé des vues de Cassirer qui n'est pas accessible en français durant la période qui nous intéresse.

Il est évident que les physiciens sont fondés à refuser de participer à une telle approche. Ils peuvent légitimement estimer ne pas avoir à répondre à des arguments qui ne sont pas de nature physique. Mais en ce qui concerne la réception de la Relativité, il est indéniable que les critiques de Maritain marquent le moment où la théorie échappe aux seuls scientifiques pour devenir objet de réflexion philosophique.

Il est vrai que les titres des deux articles de Maritain sur le sujet, "Einstein et la notion du temps"[2], en 1920, et "De la Métaphysique des physiciens, ou de la simultanéité selon Einstein"[3], en 1922, semblent montrer que leur auteur ne fait que revenir sur le thème récurrent du temps. Ce thème n'épuise pas toute la signification de la Relativité, il est d'une grande banalité, c'est celui qui a aussi retenu l'attention du grand public. Pourtant, même s'il est vrai que la réflexion de Maritain prend comme point de départ la définition du temps selon Einstein, procédant ainsi de la même façon que Bergson dans *Durée et simultanéité*, il n'en demeure pas moins que son but est d'aboutir à une étude critique de la validité philosophique de la théorie dans son ensemble.

Ces deux articles sont antérieurs à la publication de l'ouvrage de Bergson, mais surtout, la critique qu'ils contiennent de la Relativité est sans doute plus radicale. Au fond, Bergson interprétait les résultats de la Relativité dans le cadre de sa propre philosophie ; il l'utilisait comme un argument en faveur de sa conception intuitive de la durée. Pour ce faire, Bergson acceptait de construire sa démonstration à partir des expériences de pensée imaginées par les physiciens ; il en contestait l'interprétation des résultats, mais il ne remettait pas en cause la validité de ces expériences. Il en résulte que les critiques de Begson ne sont pas recevables par les physiciens, car pour eux, elles sont le résultat d'une erreur d'interprétation.

Maritain n'a pas la prétention de mettre la Relativité au service d'un système philosophique quelconque ; il est à la fois plus modeste et beaucoup plus ambitieux. Sa critique porte sur les fondements mêmes des expériences de pensée utilisées pour mettre en évidence la relativité du temps. Il débusque le subterfuge qui, selon lui, discrédite la Relativité dans sa prétention à rendre le réel intelligible et lui interdit

---

[2]Maritain, J., "Einstein et la notion du temps", *La Revue universelle*, II, 9, 1920, pp. 358-364.

[3]Maritain, J., "De la métaphysique des physiciens", *La Revue universelle*, X, 9, 1922, pp. 426-445.

d'atteindre au statut de philosophie naturelle. Cette analyse de Maritain est totalement rejetée par Reichenbach. Sans prétendre trancher entre ces deux philosophes, nous pensons néanmoins que la critique de Maritain peut servir à expliquer pourquoi la Relativité n'a pas abouti à la naissance d'une nouvelle image du monde pour l'ensemble de l'humanité.

Il est nécessaire de distinguer deux niveaux dans la critique de Maritain. Le premier niveau est celui de la mise en lumière de la faute de méthode à la base de la démonstration de la relativité du temps. Le second niveau est la critique de la théorie de la relativité quant à sa capacité à rendre le monde intelligible. Pour Maritain ces deux niveaux sont intimement liés, le second découlant du premier. Pourtant il est possible et même nécessaire de dissocier ces deux niveaux, car si le premier porte sur une confusion invalidant le résultat d'une démonstration, le second est bien l'expression d'une différence de conception quant au statut de la science et de son rapport au réel.

Maritain prend bien garde de préciser que sa critique ne porte en aucun cas sur la validité physique de la théorie de la relativité en tant que "théorie physico-mathématique", mais sur "les hypothèses interprétatives qui l'ajuste au réél". C'est à dire à la fois sur ce qui fait que la théorie peut prétendre rendre compte d'une réalité à laquelle elle ne s'identifie pas, mais aussi sur ce qui lui permet de dire quelque chose de vrai sur le réel à l'ensemble des hommes. Le discours sur le réel que Maritain appelle : "ce qui parvient de la théorie physique, à titre de succédané pensable, à l'intelligence commune"[4].

La première critique de Maritain porte donc sur la façon dont Einstein démontre la relativité de la simultanéité.

Maritain, avec une certaine malice, applique aux concepts et aux méthodes utilisés par Einstein, la critique serrée que celui-ci avait appliqué aux notions communément admises par les physiciens et fondées sur le sens commun.

La critique fondamentale porte sur le rôle épistémologique de la mesure chez Einstein. Selon l'interprétation de Maritain, Einstein n'accorde de signification à une notion physique que si elle est susceptible de mesure. Cette convention est parfaitement légitime à condition de lui laisser la valeur d'une règle de langage, une règle de

---

[4]Maritain, J., op.cit., 1922, p.427.

définition des noms et de leur utilisation. Ce que Maritain récuse, c'est que cette règle prétende définir le contenu même de ces concepts ; prétende atteindre leur signification.

> *Si le physicien est parfaitement fondé à dire : aucun concept n'est utilisable pour moi que si j'ai le moyen de le vérifier par une mesure expérimentale, la raison lui interdit absolument de dire : aucun concept n'a de signification en lui-même que si j'ai le moyen de le vérifier par une mesure expérimentale.*[5]

La première proposition de Maritain montre qu'il accepte le caractère empirique de la science ; mais sa deuxième proposition condamne l'empirisme radical au nom des exigences de la raison. Maritain explique que, selon la conception d'Einstein, la notion d'égalité quantitative, par exemple, n'aurait pas de signification tant qu'il ne serait pas possible de mesurer expérimentalement si deux grandeurs sont égales. Or il fait remarquer qu'une telle vérification expérimentale présuppose nécessairement le concept d'égalité.

Une telle attitude de confusion entre la signification d'un concept et la possibilité de sa mesure sensible suppose, selon Maritain deux postulats philosophiques sous-jacents. Le "postulat nominaliste", selon lequel les concepts physiques n'ont pour contenu pensable que du sensible, et le "postulat de l'anarchisme mathématique", selon lequel "toute discipline scientifique doit, sur le modèle des mathématiques, construire de toutes pièces tous les concepts dont elle use."[6] La science devenant ainsi un système clos qui ne doit plus rien aux conceptions intuitives du sens commun.

Maritain applique son analyse au cas précis de la détermination de la simultanéité. Il montre qu'Einstein, en définissant une procédure expérimentale permettant de décider si deux événements sont simultanés, ne peut prétendre définir la simultanéité, puisque la possibilité de cette mesure présuppose la simultanéité déjà définie.

Ce que reproche Maritain à Einstein, ce n'est pas sa procédure expérimentale qui permet effectivement de décider si deux événements sont simultanés ou non, mais c'est d'ériger cette procédure en définition de la simultanéité, alors que celle-ci est présupposée connue avant l'expérience, sinon il n'est pas possible de rien constater. Ce concept de

---

[5]Maritain, J., op. cit., 1922, p.429.
[6]Maritain, J., op. cit., 1922, p.430.

simultanéité présupposé est, chez Einstein comme chez n'importe qui, celui que donne le sens commun. Or, c'est en faisant passer la mesure de la simultanéité pour sa définition qu'Einstein peut en conclure que la simultanéité est relative, et ainsi détruire la notion commune de simultanéité qui était pourtant à la base de sa mesure. Pour Maritain, cette opération relève de la plus pure opération de prestigiditation logique.

Ce qui choque Maritain ce n'est pas que la simultanéité soit apparemment relative, mais qu'elle le soit intrinsèquement. C'est que deux événements, non pas en apparence mais en eux mêmes, puissent être ou non simultanés suivant le système de référence auquel on les rapporte. Or cette affirmation n'a pas de sens, sauf à vider le concept de simultanéité de toute signification et ainsi le rendre inutile. La simultanéité, sous peine de devenir une "forme vide", ne peut se réduire à "un objet d'imagination ou de sensation" ; elle est nécessairement "un objet de concept, un objet d'intelligence". Il en va de la capacité à penser. Réduire la simultanéité à un phénomène sensible rend la science incapable de découvrir l'intelligibilité du monde à partir des données sensibles.

Le second niveau de la critique de Maritain porte sur la nature philosophique de la théorie de la relativité.

Maritain reconnaît que la Relativité n'est pas un simple positivisme mathématique construisant des théories physiques à partir des données de l'observation ; théories fonctionnant comme des systèmes d'équations sans signification physique. Au contraire, la Relativité ne prend en compte, dans la théorie et ses équations, que ce qui a une signification physique, c'est à dire ce qui est mesurable. Pourtant, la Relativité ne peut pas rendre le réel intelligible, car elle n'envisage que la mesure des choses et non leur nature. Plus exactement, elle érige la mesure des choses au rang de ce que les Anciens appelaient la nature des choses.

> *Le système de signes qu'elle nous propose peut présenter avec les faits, avec les apparences observées, les coïncidences les plus remarquables, il ne nous font pas connaître ce qui est. Le temps d'Einstein n'est pas le temps mathématique, mais ce n'est pas non plus le temps réel, le temps de la philosophie de la nature ou de la physique au sens aristotélicien de ce mot : c'est une*

certaine méthode de mesure sensible, c'est un succédané à la fois empirique et mathématique du temps réel, c'est une mathématisation du temps réel.[7]

La Relativité est donc, selon Maritain "un empirisme radical à formulation mathématique", "une physique des données immédiates de la Mesure".[8]

Ainsi, si l'oeuvre scientifique d'Einstein est admirable, selon les propres termes de Maritain, elle ne peut prétendre au statut de philosophie de la nature. Elle n'est qu'un système de signes fondé sur la mesure. Elle ne peut prétendre être une nouvelle conception du monde, car " une théorie et des formules peuvent coller avec les faits sans pour cela nous livrer le réel physique en lui même."[9] Einstein "apparaît beaucoup plus comme un virtuose de l'immense clavier des signes que comme un contemplateur de l'être"[10].

Pour Maritain, cette incapacité de la Relativité à atteindre à l'intelligence du réel est le résultat d'une longue évolution.

La Relativité est non seulement issue des travaux de Maxwell, Lorentz et Poincaré, mais plus fondamentalement, elle représente l'aboutissement d'un effort séculaire de développement d'une physique de la quantité. Une physique qui réduit la réalité aux apparences sensibles coordonnées par la théorie. Elle présente aussi l'aboutissement du criticisme kantien qui met en doute l'évidence rationnelle.

Ainsi, la remise en cause du sens commun conduit à accepter l'absurde et à mettre en doute les principes mêmes de la raison. Cette remise en cause amène à douter de la science, de la réalité, et de la Réalité par excellence, l'Etre divin.

C'est pourquoi la philosophie première et la critique de la connaissance, selon Maritain, doivent permettre de distinguer clairement "la réalité physique elle même des êtres de raison que la physique se construit pour ses besoins."[11]

---

[7]Maritain, J.,op. cit., 1922, p.438.
[8]Maritain, J., op. cit., 1922, p.438.
[9]Maritain, J., op. cit., 1922, p.441
[10]Maritain, J., op. cit., 1922, p.427.
[11]Maritain, J., op. cit., 1922, p.442

2- Deux réalismes.

Le premier niveau de la critique de Maritain, celui portant sur la mise en évidence de la relativité du temps par Einstein, semble difficilement surmontable. Nous sommes nous-même arrivés à la même conclusion par des chemins différents, comme il est dit dans le chapitre sur "la relativité de la simultanéité". Mais cela n'autorise pas à en conclure que la théorie elle même est fausse, ce que ne fait d'ailleurs pas Maritain. On pourrait d'ailleurs arguer que cette critique touche plus à la façon d'exposer la théorie qu'à la théorie elle même. Mais cette remarque perd de sa pertinence si l'on se souvient que la méthode employée par Einstein, dès son article de 1905, recourt au même subterfuge pour faire admettre la relativité de la simultanéité.

La relativité du temps est une nécessité logique si l'on veut concilier la principe de relativité et la constance de la vitesse de la lumière ; ce n'est pas le résultat d'une constatation expérimentale. La seule constatation expérimentale est la constance de la vitesse de la lumière. De ce point de vue, la caractère fallacieux de l'expérience de pensée d'Einstein est incapable de ruiner la cohérence interne de la théorie.

La théorie permet de déduire la relativité du temps, mais elle ne contient pas en elle même la preuve que cette déduction rend compte de la réalité. C'est pourquoi Maritain lui dénie le droit d'atteindre à l'intelligibilité des choses.

Pourtant, même s'il y a un lien évident entre les deux niveaux de la critique de Maritain, le second niveau n'est pas réductible à une conséquence nécessaire du premier. Il s'agit aussi de l'affrontement entre deux conceptions de la science.

Maritain est un néothomiste qui professe un réalisme intellectualiste opposé à l'idéalisme kantien. Pour les néothomistes, le kantisme est essentiellement la négation de l'intuition intellectuelle qui entraîne la négation de la connaissance de noumènes -c'est à dire des réalités intelligibles et non sensibles- car cette connaissance n'est accessible que par l'intuition intellectuelle. Les néothomistes ne veulent pas rétablir l'existence de l'intuition intellectuelle, mais ils ne pensent pas que sa négation entraîne l'impossibilité de connaître les noumènes. En effet, la connaissance des phénomènes ouvre à une conceptualisation possédant un élément de signification nécessitant une référence à l'absolu. L'intelligence possède une dynamique qui la

porte vers l'absolu, cette dynamique est l'être même de l'intelligence. L'erreur de l'idéalisme est d'avoir séparé le caractère dynamique ou vital et le caractère conscient de la connaissance. Comme Maritain le dira plus tard lui même, "si je suis thomiste, c'est parce qu'en définitive j'ai compris que l'intelligence voit". Le néothomisme enseigne qu'une métaphysique capable de saisir l'être a la primauté sur la science. L'intellection des choses universelles précède l'intellection des choses singulières. En ce sens, le réalisme de Maritain peut être qualifié de naïf.

Michel Paty, qui a longuement étudié la pensée d'Einstein, qualifie sa philosophie de la connaissance de réalisme critique. Mais cette expression s'applique au travail de toute une vie. Elle est une synthèse de l'attitude d'Einstein qui n'a pas une doctrine de la connaissance figée. Il adoptera tour à tour une attitude réaliste, idéaliste ou positiviste ; il croit à l'existence de la réalité en soi mais, en même temps, il ne refuse pas d'avoir recours à des concepts librement construits par l'esprit humain ; en ce sens il se rapproche beaucoup du conventionalisme de Poincaré. À la date où écrit Maritain, et sachant qu'il parle de la théorie et non de l'homme, il n'est donc pas insensé de qualifier la Relativité de théorie empirique ou positiviste.

Michel Paty montre que l'attitude constante d'Einstein est d'atteindre la réalité des choses. Celui-ci croit à l'intelligibilité du monde. De ce point de vue, la philosophie de Maritain est plus proche de celle d'Einstein que le philosophe français ne pouvait le croire. Pourtant, le réalisme critique d'Einstein l'empêche de croire à la possibilité de comprendre l'essence des choses. Tous les développements de la physique moderne ne peuvent que le conforter dans ce point de vue. En ce sens, son réalisme n'est pas conciliable avec celui de Maritain. En ce sens Einstein reste physicien et Maritain philosophe.

3- La réponse de Reichenbach

Il n'est pas interdit de penser que l'article de Reichenbach[12] pour la *Revue philosophique de la France et de l'étranger* est en partie une réponse à Maritain, même si celui-ci n'est jamais nommément cité.

Reichenbach reconnaît volontiers que la relativité de la

[12]Reichenbach, H., "La signification philosophique de la théorie de la relativité", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 5-61.

simultanéité constitue une contradiction logique car deux événements ne peuvent être à la fois simultanés et non-simultanés sous peine de paradoxe. Or, écrit Reichenbach, "les fondements de la logique ne peuvent être ébranlés par aucune théorie physique"[13] ; mais, ajoute-t-il aussitôt, il n'y a paradoxe que si l'on considère comme démontré ce qui doit être démontré, à savoir que la simultanéité est un concept absolu.

> *Si la simultanéité est un concept relatif, l'affirmation "E_1 est simultané avec E_2" contredit tout aussi peu l'affirmation "E_1 n'est pas simultané avec E_2" que l'affirmation " le Havre est à gauche de Paris" contredit l'affirmation "le Havre est à droite de Paris". Tout dépend du point de vue d'où l'on porte le jugement.*[14]

On conviendra que cet argument est assez faible ; personne ne conteste, et surtout pas Maritain, que la simultanéité puisse être une question de point de vue. Le problème est que cette définition d'une simultanéité relative présuppose toujours une conception absolue de la simultanéité permettant de porter le jugement selon lequel dans un cas deux événements sont simultanés et dans un autre ils ne le sont pas.

Reichenbach n'en disconvient pas lorsqu'il écrit :

> *Bien que le temps des relativistes ne soit pas contradictoire logiquement, il contredit pourtant une intuition immanente de la raison. Il est évident que deux événements simultanés ne peuvent pas être non simultanés. D'après cette objection, il existerait donc au-dessus de notre faculté de déduction logique une puissance particulière de la raison qui édicterait des presciptions particulières en matière de simultanéité. Certains l'appellent avec Kant " l'intuition pure" ou "faculté à priori" ; d'autres parlent "d'expérience phénoménologique".*[15]

Selon Reichenbach la réponse à cette objection se trouve dans la distinction entre la simultanéité en un même lieu, qui est une intuition de la raison pure, et la simultanéité en des lieux différents que l'on ne peut que définir et non constater. Il s'ensuit que ce second type de simultanéité peut être définie de façon arbitraire, car "toutes les

---

[13]Reichenbach, H., op. cit., p.10

[14]Reichenbach, H., op. cit., pp.10-11

[15]Reichenbach, H., op. cit., p. 12.

expériences physiques ne peuvent mettre au jour qu'une sorte de simultanéité : celle qu'on y a mise à l'avance par définition"[16].

> *Si la physique laisse place à un certain arbitraire dans la détermination du temps, il faut que toute détermination quelle qu'elle soit puisse être justifiée au même titre et que chacune permette de construire le système des lois naturelles. Tel est au point de vue de la théorie de la connaissance, le sens de cette affirmation : il n'y a pas de temps absolu.* (souligné par l'auteur)[17].

On voit ici que Reichenbach, en introduisant la notion de simultanéité en un même lieu et en des lieux différents, tente de sortir de l'impasse que signalait Maritain quand il faisait remarquer que la définition de la relativité de la simultanéité par Einstein était en fait fondée sur l'intuition commune de la simultanéité, et qu'elle ne pouvait donc prétendre la renverser.

Il est clair que la critique de Maritain portait sur la façon dont Einstein expose ce problème dans ses écrits à destination d'un large public et que, de ce point de vue, les réponses de Reichenbach ne sont pas pertinentes. La simultanéité en un même lieu, pour reprendre la terminologie de Reichenbach, reste le fondement intuitif de la définition, quelle qu'elle soit, de la simultanéité en des lieux différents. C'est cette confusion que n'accepte pas Maritain. Utiliser l'expression de simultanéité en des lieux différents n'est en fait qu'un subterfuge de langage permettant d'utiliser un même mot pour désigner un concept qui ne répond plus à la définition commune de la simultanéité. Ainsi, il semble bien que les réponses de Reichenbach soient incapables de venir à bout de la critique de Maritain.

C'est pourquoi il est possible de voir dans les objections de Maritain une clé pour comprendre pourquoi, parmi le grand public et non parmi les physiciens, la Relativité ne pouvait pas ouvrir à une nouvelle image du monde.

---

[16]Reichenbach, H., op. cit., p. 14.
[17]Reichenbach, H., op. cit., p. 15.

4- Iconoclaste relativité

La critique de Maritain montre la difficulté, voire l'impossibilité, de faire de la Relativité restreinte une nouvelle image du monde.

Nous réservons ici l'expression "image du monde" à la représentation à la fois sommaire et claire, si ce n'est vraie, que se fait une population normalement instruite de l'univers dans lequel elle vit. Par exemple, concevoir la Terre comme une sphère est une certaine image du monde ; imaginer que la Terre tourne sur elle même et autour du soleil est aussi une image du monde. La question se pose de savoir si la Relativité propose, non aux physiciens mais à l'ensemble de l'humanité, une nouvelle image du monde de ce type. Pour l'époque étudiée, cela n'apparaît nullement. Or il semble que l'on trouve dans les critiques de Maritain une explication à ce fait.

La Relativité n'est pas, de ce point de vue, une nouvelle révolution copernicienne. En opposant à la Relativité tout le poids du sens commun qui est le fondement de notre capacité à penser -au sens ou le concept de simultanéité, par exemple, relève du sens commun et ne peut être défini par sa mesure- Maritain n'adopte pas une attitude paresseuse ou craintive vis à vis de la remise en cause des habitudes de pensée ; il exprime en termes philosophiques une réaction quasi instinctive de la raison face à la négation de ses propres outils. La possibilité même de brosser un image du monde nécessite l'utilisation de ces outils. La critique aboutissant à rendre ces outils inutilisables empêche donc de parvenir à l'élaboration de toute image du monde reconnaissable comme telle.

Par sa critique de l'expérience de pensée d'Einstein pour définir la simultanéité, Maritain a porté la cognée à la base de la théorie, à l'endroit où elle s'enracine dans le sens commun, permettant à celui-ci, telle la sève, de monter dans l'arbre et de se couler dans une nouvelle vision du monde. Déracinée, la théorie continue de vivre sa vie propre mais n'est plus en symbiose avec la terre des hommes qui ont le bon sens en partage. Entre la théorie et le sens commun, les liens sont rompus, le dialogue n'est plus possible. Elle reste une théorie physique exempte de contradiction mais comme en apesanteur ; coupée de ses racines, elle ne peut proposer une image du monde reconnaissable. Maritain a, en quelque sorte, selon notre interprétation, théorisé pourquoi la Relativité ne pouvait pas être reçue comme une nouvelle

image du monde par l'humanité. Dans les années vingt comme aujourd'hui, les conséquences de la théorie de la relativité restreinte sur nos conceptions du temps et de l'espace restent, hormis chez les physiciens, un jeu de l'esprit.

Le passage du géocentrisme à l'héliocentrisme fournit incontestablement une image radicalement nouvelle du monde. D'un point de vue physique son adoption ruine la physique aristotélicienne, mais surtout l'héliocentrisme bouleverse la place que l'homme croyait occuper dans l'univers. Ce bouleversement n'est possible que parce que les concepts du sens commun restent intacts ; ce sont eux qui permettent de passer, sans contradiction logique, d'une image du monde à l'autre. Dans le cas de la relativité restreinte ce passage n'est pas possible car les concepts mêmes qui permettraient de passer d'un point de vue à un autre sont détruits par la nouvelle théorie. Pour reprendre la métaphore de l'arbre, Einstein a besoin, pour se faire comprendre, d'une branche sur laquelle il s'appuie solidement, pour pouvoir la scier et ainsi prouver que cette branche n'existe pas. L'esprit humain ne peut suivre cette démonstration car elle viole le principe de non-contradiction.

Les confirmations expérimentales de la relativité restreinte ne remettent pas en cause cette analyse. Une nouvelle image du monde n'a pas besoin, pour s'imposer, de preuves expérimentales -longtemps il n'y a pas eu de preuve décisive de la réalité de l'héliocentrisme- mais elle a besoin, pour se forger, d'utiliser les outils universellement efficaces de la raison. Ce n'est pas parce que la relativité du temps et de l'espace est à jamais inaccessible à notre perception directe (bien que cette relativité soit communément mesurée dans les laboratoires) qu'elle est incapable de participer à un nouvelle image du monde -l'héliocentrisme rendait compte, sans en modifier aucune, de toutes les apparences, il n'est pas non plus une donnée de l'observation- mais c'est parce que la conception même de cette relativité empêche de se construite cette image du monde. Que deux événements soient ou non simultanés suivant le référentiel auquel on les rapporte, ne peut s'expliquer que s'il s'agit d'une différence de point de vue ; ou alors, c'est qu'il ne s'agit plus des mêmes événements. Ne pas accepter l'un ou l'autre des termes de cette alternative revient à vider totalement de son sens le concept de simultanéité. On n'est alors plus en droit de l'utiliser pour asseoir quelque démonstration que se soit. L'image du monde contruite à l'aide de ce concept vide ne peut plus être acceptée comme telle, ou alors c'est

le concept d'image qui n'a plus de sens.

Si malgré tout on refuse cette conclusion, au nom du fait que la théorie a trop fait la preuve de son efficacité pour ne pas ouvrir à l'intelligibilité du monde, alors il faut dire que la théorie de la relativité restreinte est à l'image du monde, mais qu'elle n'est pas à sa ressemblance. Elle propose une nouvelle image du monde, mais celle-ci n'est plus reconnaissable. Elle est comme une partition qu'aucun instrument ne pourrait interpréter, pour celui qui comprend ce solfège, elle reste une musique, pour les autres, elle n'est que silence.

On objectera sans doute que peu à peu s'est pourtant dégagée une conception du monde assez communément répandue selon laquelle la pluralité des temps et des espaces relatifs ont acquis une sorte d'évidence. Mais en fait cette image du monde repose sur une paresse critique vis à vis des concepts fondamentaux qui la fondent; c'est une image fantomatique qui fuit quand on la fixe ; elle ne permet pas de comprendre car elle n'est pas ressemblante. Le physicien qui utilise les équations de la relativité restreinte peut bien en admirer l'efficacité pour prédire et expliquer ces observations, ce n'est pas cela non plus qui fonde une image du monde. Car la théorie peut fournir une image efficiente sans être ressemblante. Une telle image n'est plus reconnaissable.

Il n'en va absolument pas de même en ce qui concerne la relativité généralisée qui, elle, a bouleversé notre conception de l'univers. Elle a permis l'essor de cosmologies radicalement nouvelles qui présentent bien d'authentiques nouvelles images du monde. La relativité généralisée permet en particulier le passage de l'univers infini à l'univers fini mais sans limite ; et ce, non seulement au sens topologique mais également au sens dynamique ; ce qui est une extraordinaire nouveauté conceptuelle, révolutionnant le type même d'image que l'on pouvait se faire du monde. C'est comme si un peintre disposait d'une couleur primaire nouvelle, la gamme chromatique en serait bouleversée. Mais au moment où s'arrête notre enquête, ces conséquences n'étaient encore qu'entrevues par les physiciens et les astronomes eux-mêmes.

Conclusion.

En 1904, Poincaré a fait partie d'un jury de thèse présidé par Lippmann[1]. Le travail présenté portait sur les *Recherches sur l'effet magnétique des corps électrisés en mouvement*. L'auteur montre que, contrairement aux résultats des expériences de Crémieu, il existe bien un effet magnétique des corps électrisés en mouvement, mais que la théorie montre aussi l'impossibilité de déceler le champ magnétique que pourraient créér les corps électrisés entraînés dans le mouvement de la Terre.[2]

Lors de la séance de 26 juin 1905 de l'Académie des sciences, une contribution de M. Brillouin sur "Le mouvement de la terre et la vitesse de la lumière" reconnaît que l'expérience de Wien, destinée à résoudre le problème de l'entraînement de l'éther par la terre, demeurait en fait impuissante à y parvenir.[3]

Dans un article du 29 juillet 1905 intitulé "Qu'est-ce-que la mécanique?", A. Badoureau, ingénieur en chef des mines, explique qu'il est nécessaire d'admettre quelques postulats fondamentaux à la mécanique et même à toute science. Parmi ces postulats figurent en particulier "la notion d'un espace absolu, bien que nous ne disposions d'aucun repère immobile", et "la notion d'un temps absolu, bien que nous ne puissions pas constater pratiquement et sûrement la simultanéité de deux phénomènes".[4]

Ces trois exemples, sans lien direct entre-eux -si ce n'est qu'ils

---

[1]M. N. Vasilesco Karpen, *Recherches sur l'effet magnétique des corps électrisés en mouvement*, thèse de doctorat ès sciences physiques, Gauthier-Villars, Université de Paris, 1904, jury : Lippmann, Poincaré et Moissan.

[2]compte rendu in *Revue scientifique* (*Revue rose*), 20, III, 20 mai 1905, pp. 622-623; compte rendu plus succinct in *Revue Générale des sciences*, vol. 15, 1904, p. 953

[3]in *Revue scientifique* (*Revue rose*), 2, IV, 8 juillet 1905, p. 54.

[4]Badoureau, A., "Qu'est-ce-que la mécanique", *Revue scientifique* (*Revue rose*), 5, IV, 29 juillet 1905, p. 137.

sont tous rapportés par la *Revue scientifique*- montrent que, l'année même où Einstein allait publier son article fondateur de la relativité restreinte, les problèmes qu'elle résolvait occupaient une place importante dans les préoccupations des physiciens français. Ces exemples montrent aussi à quel point l'orientation de leurs réflexions était souvent éloignée des chemins qu'allait emprunter Einstein. Enfin, ces trois exemples mettent en scène trois des protagonistes principaux de l'introduction de la Relativité en France : Poincaré avec son immense autorité scientifique ; les physiciens qui tentent de comprendre dans le cadre de la mécanique classique ; et les vulgarisateurs scientifiques. Il ne manque que la figure du philosophe, mais il n'entre en scène qu'au deuxième acte.

Vers 1905, les conditions de la diffusion des sciences sont favorables en France. Le Congrès international de physique de 1900, lors de l'Exposition Universelle de Paris, est l'occasion de brosser un large tableau de cette science à cette date. Poincaré y développe en particulier son point de vue sur les hypothèses et les théories de la physique moderne. La place et le rôle de l'enseignement scientifique sont revalorisés dans la formation des élèves. La réforme de l'enseignement secondaire, en 1902, est l'occasion d'une vaste réflexion sur le rôle de la science dans la formation des esprits ; elle est aussi l'occasion d'une réflexion critique sur la pédagogie des sciences et sur la place des scientifiques dans la société. Cette réflexion se prolonge longtemps, particulièrement lors des conférences du Musée pédagogique de 1904. Les remises en cause de la valeur de la science, en bousculant une attitude scientiste trop naïve, ébranlent la confiance dans la science mais, du même coup, la place au coeur du débat. En 1905, les scientifiques lancent une grande offensive dans la presse spécialisée pour développer la place de la littérature scientifique dans les bibliothèques. Ils entrent alors en conflit frontal avec les conservateurs de bibliothèque, et notamment les chartistes, gardiens des humanités classiques.

À Nancy, lieu d'observation choisi comme témoin pour cette étude de la diffusion de la Relativité en France, la situation de l'enseignement supérieur des sciences est particulièrement brillante. L'héritage strasbourgeois après 1871, l'essor industriel de la fin du XIX^{éme} siécle créant une demande de personnel hautement qualifié, la présence de professeurs dynamiques et novateurs dont la réputation

dépasse largement le cadre Lorrain, favorisent la création d'Instituts techniques. Les plus fameux sont l'Institut électrotechnique qui délivre un diplôme d'ingénieur dès 1905, et surtout l'école des Mines, fondée en 1919. Nancy dispose d'un fonds documentaire très riche dans sa Bibliothèque Municipale qui accueille, dès la création de la faculté des sciences en 1854, les dépôts de cette faculté. La politique d'achat de cette bibliothèque restera marquée par cette collaboration avec la faculté ; en 1905 sa commission d'achat est composée pour près de la moitié par des scientifiques, ce qui est tout à fait exceptionnel pour une Bibliothèque Municipale. La création de la Bibliothèque Universitaire en 1902 vient plus compléter que concurrencer le rôle scientifique de la Bibliothèque Municipale. L'étude des demandes d'acquisition montre que ce sont les lecteurs eux-mêmes qui réclament des ouvrages sur la Relativité. Un public, certes restreint, existe qui s'intéresse de près aux énigmes qui se posent à la physique en ce début de XXème siècle ; un public qui dispose des moyens intellectuels et documentaires pour comprendre les problèmes auxquels se heurte l'électrodynamique et apprécier les solutions apportées à ces problèmes.

La diffusion de la Relativité aurait pu bénéficier de ce contexte favorable. Mais la Relativité ne se prête pas à une vulgarisation hâtive ; les résultats qu'elle propose sont sans intérêt si le problème qu'elle résoud n'est pas clairement perçu. Or, pendant ces premières années, c'est Poincaré qui formule, pour un public dépassant le cercle des physiciens, la façon dont se pose le problème. C'est lui encore qui propose les solutions et surtout indique les chemins à suivre pour arriver à une totale compréhension des problèmes de l'électrodynamique. Il n'est pas abusif de qualifier de poincaréen le contexte épistémologique des débuts de la diffusion de la Relativité en France.

Durant ce que l'on pourrait appeler les années Poincaré, c'est à dire jusqu'à la fin de la décennie 1900, la diffusion encore très confidentielle de la Relativité se fait donc dans un contexte dominé par la façon dont le mathématicien français posait le problème. Or la solution proposée par Einstein n'est pas une réponse au problème tel que le posait Poincaré ; plus exactement ce n'est qu'une réponse partielle. En ce sens, Poincaré a été un obstacle passif à la diffusion de la nouvelle théorie.

Obstacle passif par son autorité scientifique qui est alors très

supérieure à celle du seul physicien français relativiste au sens einsteinien, Paul Langevin. Obstacle passif par son silence total sur les travaux d'Einstein ; hormis dans une correspondance privée[5] où il loue l'originalité et l'audace de la démarche d'Einstein bien plus que ses résultats.

Mais plus encore, ce sont les conceptions physiques fondamentales de Poincaré qui constituent un obstacle à la diffusion de la solution théorique imaginée par Einstein.

Pour Poincaré, la relativité est un principe de la mécanique classique que les développements de la physique moderne remettent en cause ; tout l'effort de la physique mathématique consiste à tenter de sauver ce principe, entre autres principes mis à mal, mais rien ne prouve que l'expérience ne viendra pas un jour mettre à bas ces constructions souvent peu satisfaisantes. Or la théorie de la relativité developpée par Einstein ne peut s'imposer que si l'on admet le principe de relativité comme un postulat absolument soustrait à l'expérience.

Le temps local de Poincaré n'est pas le temps relatif d'Einstein. La différence ne tient pas à la signification de la variable temps dans les équations physiques, mais à la conception de ce que recouvre le terme "relatif". Pour Einstein, le temps est relatif comme l'est le mouvement inertiel ; pour Poincaré, l'acception cinématique du terme "relativité" ne peut être étendue au temps.

D'un point de vue épistémologique, le relatif peut être entendu au sens faible, comme un point de vue supposant l'existence d'une réalité en soi dont il n'est qu'un des aspects -mais cette réalité ne se réduit pas à la somme de ces aspects- ; ou au sens fort, supposant que l'ensemble des points de vue relatifs est la réalité elle-même. Rien n'existe en dehors de ces points de vue relatifs. C'est, en quelque sorte, une relativité en soi. Apparemment, pour la raison, l'expression de relativité en soi est un non-sens ; c'est comme parler de relativité absolue. Il n'en est rien si l'on veut bien admettre que le sens fort du terme "relatif" permet de dépasser l'opposition "relatif-absolu" car, dans ce cas, chaque point de vue relatif a les attributs du point de vue absolu. On va voir que Poincaré n'accepte la relativité du temps qu'au sens faible, alors qu'il admet la relativité des mouvements inertiels au sens fort, tandis qu'Einstein place la relativité du temps au même niveau que la relativité du mouvement.

---

[5]Lettre de Poincaré à Pierre Weiss, nov. 1911 (?), copie aux Archives Henri Poincaré, Nancy 2.

Pour Poincaré une longueur se définit par le temps que la lumière met à la parcourir. La vitesse de la lumière devient l'étalon de mesure. Mais mesurer une vitesse c'est mesurer un temps. Or la vitesse de la lumière est constante, toutes les expériences le confirment. Mais constante par rapport à quoi? Cette vitesse ne peut être mesurée qu'à partir de repères matériels dont aucun ne peut être privilégié. Non seulement ils sont tous en mouvement ou au repos relativement les uns aux autres, mais encore ils ont une très grande probabilité d'être en translation par rapport à l'éther. Affirmer que la vitesse de la lumière est constante revient donc à dire qu'elle est constante par rapport à l'éther. Pourtant, cette vitesse est en même temps toujours constante par rapport à n'importe lequel de ces repères matériels. La solution de cette énigme est que la mesure du temps diffère d'un point matériel à un autre en translation par rapport à l'éther. Les temps de deux points matériels en translation dans l'éther ne pourront plus être synchronisés, il deviennent des temps relatifs, plus exactement des temps locaux. Mais pour démontrer ce résultat, Poincaré a besoin d'admettre que la vitesse de la lumière est constante par rapport à l'éther. C'est elle qui explique l'illusion de la synchronisation des horloges, alors que chacun vit, sans s'en douter, avec un temps local différent de l'autre ; de même que l'on vit sur terre avec l'illusion que les astres tournent dans le ciel. Il n'est possible de mesurer expérimentalement que des vitesses relatives de points matériels et non leur vitesse par rapport à l'éther ; de même il n'est possible de mesurer que des temps locaux et non le temps absolu. Mais le temps absolu subsiste, même s'il nous est impossible de le mesurer, de même que la Terre a une vitesse par rapport à l'éther, bien qu'il nous soit à jamais impossible de la mesurer. Cette impossibilité n'est pas une preuve que la Terre est immobile par rapport à l'éther. La constance de la vitesse de la lumière par rapport à l'éther, et donc l'existence d'un temps absolu, est un postulat indispensable à la démonstration de l'existence de temps locaux qui permettent de sauver les apparences, à savoir que la vitesse de la lumière est constante, quel que soit le mouvement par rapport à l'éther du point matériel à partir duquel elle est mesurée .

Pour Einstein, par définition, la lumière parcourt des distances égales dans des temps égaux. Il peut alors démontrer que le temps n'est pas le même dans deux réferentiels en translation uniforme. Ce temps relatif n'a pas besoin, pour être établi, de présupposer un temps absolu. Selon Poincaré le temps absolu n'est pas mesurable, mais il est la

condition logique de l'existence de temps locaux ; selon Einstein, le temps est relatif au référentiel dans lequel il est mesuré sans aucune référence à un temps absolu qui non seulement n'est pas mesurable mais n'existe pas.

Poincaré propose une nouvelle image du monde dans laquelle seuls les temps relatifs sont mesurables. Mais l'impossibilité de la mesure n'est pas la preuve de l'inexistence des phénomènes. Au contraire, le temps ne peut être perçu comme relatif que par référence au concept de temps en soi. C'est un critère d'intelligibilité. Poincaré n'applique pas ce même critère à la relativité du mouvement, il admet que le mouvement en soi n'existe pas en ce qui concerne le mouvement rectiligne et uniforme.

Pour Einstein, la relativité du temps, des longueurs et des mouvements est une relativité au sens fort, c'est une relativité en soi. Ces trois relativités ont le même statut. Einstein affirme que la relativité du temps au sens fort s'impose à l'esprit, comme s'impose à lui la relativité du mouvement au sens fort.

Ainsi, dans la théorie de la relativité restreinte, le temps propre, celui du système attaché à l'observateur, a le même statut que le temps absolu de Poincaré. Ces sont des événements rapportés à un autre système en translation uniforme par rapport à celui de l'observateur qui témoignent de l'existence de temps relatifs.

Dans la relativité galiléenne, de la même façon, le système de référence de l'observateur a le même statut que le repos absolu. Il est plus simple de considérer que tous les autres systèmes sont en repos ou en mouvement relativement à ce système lié à l'observateur. C'est encore le moyen le plus simple, aujourd'hui, de décrire les orbes des corps célestes tels qu'ils sont observés sur la voûte du ciel depuis la Terre considérée au repos. Pourtant, rien n'interdit de concevoir l'Univers comme composé de corps étant tous en mouvement relatif les uns par rapport aux autres et d'adopter le point de vue de n'importe lequel de ces astres. Il en va de même pour le temps relatif d'Einstein. L'ensemble des temps propres fournit une image de l'Univers dans lequel chaque temps propre est en droit équivalent à tous les autres et équivalent au temps absolu.

Pour Poincaré ce n'est pas acceptable, la relativité du temps n'a pas le même statut que la relativité du mouvement inertiel. Il ne peut pas accepter que le temps local soit l'équivalent du temps absolu ; le

temps local n'est qu'un point de vue différent du temps absolu. Un système matériel qui serait par hasard au repos par rapport à l'éther mesurerait un temps local égal au temps absolu sans pouvoir s'en rendre compte. Tous les autres mesurent un temps local différent du temps absolu mais ne peuvent pas non plus s'en rendre compte car ils n'ont aucun moyen de déterminer s'ils sont ou non en mouvement par rapport à l'éther. Les temps locaux sont la conséquence de la relativité du mouvement inertiel, y compris par rapport à l'éther, mais ils ne sont pas des temps relatifs au sens où ces mouvements eux mêmes sont relatifs. Ils ne sont que des illusions d'optique.

D'autre part, pour Poincaré, la relativité ne peut s'appliquer uniquement aux systèmes en translation uniforme ; elle doit englober les systèmes accélérés ; elle doit être une théorie de la gravitation. De ce point de vue, la relativité restreinte d'Einstein n'est pas satisfaisante. C'est l'ensemble de la Mécanique classique qui est remise en cause par l'électrodynamique. Poincaré, après avoir analysé tous les problèmes posés, est à la recherche d'une solution qui soit une réponse satisfaisante à l'ensemble de ces problèmes et non seulement à l'un d'entre eux. L'approche cinématique d'Einstein ne peut le satisfaire car le monde est pesant et ses masses sont accélérées.

On peut reprendre l'analogie entre la relativité du temps et la relativité galiléenne, et étendre le point de vue astronomique exposé plus haut à l'ensemble des corps matériels en mouvement quelconque. Une telle conception reste cinématiquement possible, mais le bon sens et la dynamique viennent vite démentir ce qui n'est plus qu'une illusion. Je suis libre d'imaginer que je fais se mouvoir le trottoir, les maisons qui le bordent, la ville autour, la terre entière et l'univers dans son ensemble, quand j'arpente les rues, mais rien ne vient corroborer cette vision des choses. Ne serait-ce qu'à cause de la disproportion entre l'effort musculaire fourni et l'inertie à vaincre pour changer l'état de mouvement de l'univers entier.

Pour Poincaré le temps a le même caractère que le mouvement accéléré. De même que le mouvement accéléré ne se réduit pas à sa description cinématique relativiste, et implique un déplacement réel, absolu dans l'espace -même si ce déplacement peut toujours être rapporté à un système de coordonnées relativement auquel il reste immobile- de même, le temps local ne peut être choisi conventionnellement comme temps absolu, car quand le temps passe, il se passe réellement quelque chose.

Bien sûr, nulle part Poincaré ne s'exprime de cette façon, mais cette interprétation de sa conception du temps est directement tirée de ses écrits sur le sujet. Elle aide à comprendre à quoi se heurte la réception de la conception einsteinienne de la relativité du temps.

À partir de 1911, c'est à dire peu de temps avant la mort de Poincaré, le champ est plus libre pour une diffusion de la Relativité einsteinnienne. Langevin occupe désormais le devant de la scène. Il descend de sa chaire du Collège de France d'où il avait le premier enseigné la Relativité en France, pour aller porter la bonne parole dans les Congrès et les sociétés de philosophie. Il est publié dans des Revues de faible diffusion, mais dépassant largement le cadre des professionnels de la physique. Langevin, par ses écrits et ses prises de parole dans les débats sur la Relativité, est à l'origine de la principale filière de diffusion de cette nouvelle théorie en France. En insistant particulièrement sur les modifications radicales que cette théorie introduit dans les conceptions classiques de l'espace et du temps, il va ouvrir la voie aux débats philosophiques sur le sujet ; il va aiguiser la curiosité du grand public.

C'est ainsi qu'arrive le temps des philosophes. De ceux admettant que le dialogue entre les sciences et la philosophie est nécessaire et fécond pour les deux parties. Le temps aussi des physiciens qui n'acceptent pas la nouvelle théorie. Mais aucun n'a la stature d'un Poincaré, ni même, le plus souvent, d'un Langevin. La partie n'est plus égale.

Les philosophes essayent de comprendre avant de critiquer. Ils ont parfois du mal, car les raisonnements employés pour les convaincre font parfois bon ménage des règles de conduite habituelles de la pensée logique. On les soupconne alors d'être incapables d'accepter les bouleversements conceptuels introduits par la Relativité alors que, le plus souvent, ils ne peuvent admettre le cheminement suivi pour les y conduire. Comment établir avec certitude qu'un couple d'événements observés dans deux systèmes de référence différents sont bien le même couple d'événements si on n'admet pas un troisième référentiel jouant le rôle d'arbitre? Comment admettre la relativité de la simultanéité alors que celle-ci est démontrée à l'aide d'une spatialisation du temps qui accepte une solution géométrique sans qu'il soit besoin de remettre en cause la simultanéité? Comment admettre la non réciprocité des temps relatifs alors que la relativité restreinte est une théorie de la

covariance? Pour ne prendre que les exemples qui reviennent le plus souvent.

Les physiciens qui n'acceptent pas la Relativité se battent avec les arguments de la mécanique classique. Ils inscrivent leurs critiques dans la seconde filière de la diffusion de Relativité en France, celle qui a pour origine l'article d'Einstein en 1910 dans lequel celui-ci insiste surtout sur le nécessaire abandon de l'éther découlant de l'adoption du nouveau principe de Relativité. Ces physiciens sceptiques ont besoin d'un temps et d'un espace absolu ; mais ils ont surtout besoin d'un éther comme milieu ondulant, à tout le moins comme réceptacle des ondes lumineuses durant leur trajet dans l'espace, étant donné que leur transmission n'est pas instantanée. Souvent ils n'ont pas accompli, sur ces notions, le travail critique extrêmement caustique que Poincaré leur a fait subir des années auparavant. Ils n'acceptent pas non plus d'adopter une théorie qu'ils jugent faiblement confirmée par l'expérience et dont les conséquences, pour les concepts de la physique classique, leur semblent trop graves par rapport aux faits dont elle permet de rendre compte. Mais souvent aussi, leurs critiques rejoignent celles des philosophes, ils ne reconnaissent pas la validité des raisonnements qui aboutissent à la remise en cause des concepts communément admis.

Dans ces débats, le nom et le travail de Poincaré n'apparaissent pas. On pouvait éventuellement s'attendre à ce que certains des arguments de Poincaré soient repris ici, que l'on se réclame au moins de sa prudence et de sa circonspection face à la nouvelle théorie. Il n'en est rien. La dynamique de l'électron de Poincaré ne sera jamais présentée comme une alternative à l'électrodynamique des corps en mouvement d'Einstein. Il faut attendre 1922 pour que Guillaume mentionne, dans son introduction à *la Mécanique nouvelle*, les solutions alternatives contenues dans les écrits de Poincaré, mais il est tout à fait isolé.

Plusieurs explications complémentaires sont possibles. Selon la première, Poincaré étant le savant français qui a le plus magistralement exposé la nature et les enjeux de la crise de la Mécanique classique au début du siècle, pour les adversaires de la Relativité, il est celui qui a préparé, voire précédé, son avènement. Rejeter la Relativité, c'est aussi rejeter les apports de Poincaré sur cette question. Mais il ne faut pas oublier que la théorie diffusée est explicitement celle d'Einstein et non celle de Poincaré, c'est donc celle

d'Einstein qu'il faut accepter ou combattre. D'autre part, une fois la relativité eisteinienne connue, les apports de Poincaré sont envisagés de ce point de vue, c'est à dire que les différences entre Poincaré et Einstein s'estompent, et l'on finit par identifier les deux approches. N'est ce pas ce qui se passe aujourd'hui pour ceux qui veulent à tout prix établir l'antériorité de Poincaré sur Einstein? Faisant une lecture exclusivement einsteinienne de l'oeuvre de Poincaré, ils gomment involontairement tout ce qui fait l'originalité du savant français. A l'époque qui nous intéresse, si cet amalgame a eu lieu, il expliquerait que les adversaires de la Relativité n'aient rien trouvé chez Poincaré qui puisse soutenir leur point de vue. Ils ont donc concentré leurs critiques contre la théorie d'Einstein qui est en train de devenir un nouveau paradigme.

Cette période durant laquelle la Relativité donne lieu à des premiers débats dépassant le cadre des physiciens spécialistes d'électrodynamique est très courte. Elle bénéficie à la fois du contexte favorable des premières années du siècle et de l'effacement rapide de l'influence dominante de la pensée de Poincaré dans ce domaine, après la mort de celui-ci.

Mais bientôt la diffusion de la Relativité sera quasiment stoppée car le contexte de la diffusion va radicalement changer. Avec la première guerre mondiale les savants se font un devoir de mettre leur autorité intellectuelle et les fruits de leurs recherches au service de leur pays. Désormais la science n'est plus universelle mais nationale. Si la science française reste universelle, explique Duhem, c'est dans la mesure où, de par son propre génie national , elle est la seule capable de proposer de grandes synthèse élargissant notre compréhension du monde ; la science allemande ne peut plus être qu'une auxiliaire de la science française, elle doit se mettre à son service. Dans ces conditions, la théorie de la relativité n'est plus que l'expression caricaturale de l'esprit de déduction allemand ; elle n'est que le symptome des monstruosités logiques auxquelles aboutit l'esprit géométrique de ce peuple.

Le manifeste des 93 intellectuels allemands est interprété en France, et dans les autres pays de l'Entente, comme le signe de la complicité, même tacite, des savants allemands avec les crimes de guerre de leur pays. Cet "Appel au monde civilisé" classe implicitement les intellectuels allemands dans le camp des barbares. Désormais la

coopération scientifique internationale n'est plus possible. Elle ne renaîtra pas immédiatement après la conclusion de la paix, certains proposent même d'astreindre l'Allemagne à des réparations scientifiques sous forme de la confiscation de brevets et de procédés industriels. Le rêve même d'une société scientifique des nations n'est pas universaliste, car il en exclut par principe l'Allemagne. Le dialogue institutionnel ne reprend difficilement qu'après 1926. La science, activité universelle par excellence, ne peut plus se développer, dans sa dimension mondiale, en dehors des contingences des relations internationales. De ce point de vue, le voyage d'Einstein à Paris en 1922 est un acte volontariste de savants des deux pays voulant dépasser les clivages créés par le conflit. Après-guerre, la nostalgie, largement partagée, d'une "Belle Époque" a également une dimension scientifique. Beaucoup de savants regrettent ce temps où la communauté des scientifiques était une sorte d'internationale de l'esprit ayant ses propres règles de fonctionnement, indépendantes des relations entre les États.

Durant la guerre, alors que la propagande cherche à établir la supériorité de la science française sur la science allemande, les écrits de Poincaré ne sont pas exhumés, cette fois-ci par les relativistes qui voudraient prouver que la théorie est d'origine française. Car ce que veut montrer la propagande, et Duhem en particulier, c'est que cette théorie est la quintessence de l'esprit géométrique allemand ; elle ne peut donc en aucun cas être le fruit de la finesse d'un esprit français, et moins encore du plus fin d'entre tous, celui de Poincaré. Il est d'ailleurs vrai que Poincaré posait le problème si ce n'est avec plus de finesse, du moins avec plus de nuances et de complexité que ne le faisait Einstein Mais ce fait prouve surtout que, dès cette époque, la relativité d'Einstein s'est imposée, pour ceux qui l'acceptent comme pour ceux qui la combattent.

En fait, si la guerre marque une pose dans la diffusion de la Relativité, c'est moins en raison de la germanophobie sévissant en France que parce que les esprits sont occupés ailleurs.

Le troisième moment de cette histoire de la première diffusion de la Relativité est celui où la théorie restreinte semble discréditée par ses propres contradictions, du fait de la mise au point de la relativité généralisée. Les physiciens anti-relativistes ont alors beau jeu de souligner qu'Einstein lui-même ruine les fondements de sa théorie en

abandonnant la principe de la constance de la vitesse de la lumière. Mais ces critiques seront bientôt balayées par la solidité conceptuelle de la relativité généralisée. Les temps sont proches où le scepticisme laissera place à une admiration presque unanime.

Pourtant, c'est pendant cette troisième période, qui va environ de 1915 à 1922, que les philosophes développent des arguments de nature purement philosophique ; s'appropriant en quelque sorte la théorie restreinte pour en faire un objet de pensée.

Bergson, construisant sa réflexion à partir du paradoxe des jumeaux, aboutit à des conclusions logiquement justes mais physiquement inacceptables. Il a mis ainsi involontairement en lumière les équivoques qui subsistaient dans la manière d'exposer la théorie. Equivoques qui avaient d'ailleurs déjà été soulignées incidemment dès 1911.

Maritain débusque le subterfuge logique inacceptable qui se trouve à la base de l'exposition par Einstein de la relativité de la simultanéité. Il éclaire, du même coup, les difficultés de réception de cette théorie par les philosophes, et les objections qu'ils formulaient dès 1911. Ce faisant, Maritain explique pourquoi la théorie de la relativité restreinte ne peut prétendre devenir une nouvelle image du monde pour l'humanité. Car une image du monde peut être aussi neuve que l'on voudra, elle reste invisible si elle n'est pas reconnaissable ; et elle n'est pas reconnaissable si elle n'est pas ressemblante.

Au moment où s'achève notre étude, la Relativité est en passe de devenir un phénomène de mode à l'occasion du voyage d'Einstein à Paris en1922. Cet engouement ne se démentira plus, mais a-t-il jamais dépassé le stade du phénomène de mode, si ce n'est pour atteindre celui de mythe? Y-a-t-il jamais eu de réception populaire du contenu de la Relativité? Cet engouement ne suffit pas à lui seul à imposer une nouvelle image du monde. Le mythe porte plus sur le personnage du savant ébouriffé tirant la langue que sur la Relativité elle-même.

Si la Relativité dessine une nouvelle image du monde, ce dessin provient beaucoup plus de la relativité généralisée que de la relativité restreinte. De plus, la nouvelle image du monde que la Relativité généralisée a rendue possible ne nous parvient pas directement, mais par le truchement de l'astronomie et surtout de la cosmologie. Autrement dit, elle nous parvient interprétée dans une langue que nous

connaissons, dont nous comprenons le sens, parce que la cosmologie nous parle de l'histoire de cet univers qui est le nôtre et que nous avons commencé à interroger, dès l'âge où l'on comprend que les étoiles ne se laissent pas cueillir à la main.

Annexes

Annexe 1

L'enseignement scientifique à Nancy au début du vingtième siècle.

"Le goût des élèves pour les mathématiques est général en Lorraine.
Dans les classes de Lettres, les notes de mathématiques sont,
en moyenne, supérieures aux notes de français
et il est fort rare -fait presque particulier à cette région-
qu'un bon élève de Lettres soit faible en mathématiques."
G. Ferté, Rapport au Conseil Académique,nov. 1906.
A.D. de M-et-M., w 657 80.

Nancy au début du vingtième siècle connaît un enseignement scientifique particulièrement florissant. Cette situation est assez récente et tient, pour une part, à l'annexion de l'Alsace et de l'université de Strasbourg par le deuxième Reich en 1871.

Ce dynamisme de l'enseignement scientifique supérieur à Nancy doit être présenté brièvement car il est un des éléments qui justifie qu'une étude de la diffusion de la relativité restreinte en France puisse être menée essentiellement à partir de sources disponibles en Lorraine.

Nancy n'est pourtant pas à la pointe de l'enseignement de la Relativité en France[1]. Les premiers cours sur le sujet sont ceux de Langevin au Collège de France durant l'hiver 1910 puis au printemps 1912. En province, le premier cours est dispensé au printemps 1914, à la faculté des sciences de Lille puis, durant l'hiver 1915, à celle de Marseille.

Nancy n'est donc pas un lieu pionnier de la diffusion de la Relativité, il s'ensuit qu'elle n'est pas un cas particulier et devient, de ce fait, plus représentative de l'état des connaissances et de la documentation disponible à l'époque qui nous intéresse.

Le rapide historique que nous allons brosser est à la fois un travail de recherche et une synthèse des études déjà menées sur le sujet. La plus évocatrice est le chapitre intitulé : "la faculté des sciences de Nancy", écrit par E. Husson, professeur de mécanique rationnelle, dans l'ouvrage consacré à l'*Université de Nancy, 1572-1934*[2]. Une étude

---

[1]Cette appréciation est peut-être trop catégorique car Élie Cartan (1869-1951) a une chaire à Nancy de 1904 à 1909, il y étudie alors le groupe de Lorentz, ce qui montre qu'il existait à Nancy un intérêt direct pour les travaux de Lorentz, Poincaré et Einstein.

[2]Collectif, *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934.

beaucoup plus succincte a été faite par Georges Livet à l'occasion de centenaire des facultés de sciences et des lettres en 1954[3]. Beaucoup plus récemment, Jean Louis Greffe a écrit le chapitre sur "La création des universités lorraines"[4] dans le volume "Les sciences exactes" de l'*Encyclopédie illustrée de la Lorraine*, et Francoise Birck a étudié, dans le cadre d'un colloque tenu en 1995, dont les actes ont été publiés en 1998[5], l'histoire des instituts techniques créés par la faculté des sciences au tournant des XIX éme et XX éme siècles. Nous avons complété ces études par des recherches personnelles aux Archives de Meurthe-et-Moselle.

1 -Les débuts timides, 1854-1895.

Après sa création en 1854, la faculté des sciences de Nancy vivote jusqu'à la troisième République. Pourtant, dès son origine, cette faculté avait compris la nécessité de répondre aux besoins de l'industrie locale, créant ainsi la faculté d'industrie qui dispensait un enseignement de sciences de l'ingénieur débouchant, en deux ans, sur un certificat de capacité. Si cet enseignement attire beaucoup d'auditeurs libres, il n'y aura aucun candidat au certificat final.

En fait, la faculté des sciences manque de moyens humains (quatre ou cinq professeurs de 1854 à 1871), et de moyens financiers.

Son rôle principal reste la délivrance du baccalauréat ès sciences. Les lauréats ne s'inscrivent pas ensuite à la faculté mais dans les classes préparatoires aux grandes écoles.

De 1854 à 1871, le nombre annuel d'étudiants inscrits ne dépasse pas la dizaine.

Après 1871, la faculté bénéficie de l'arrivée d'une partie des professeurs de Strasbourg et peut dès lors organiser un enseignement plus complet, mais le nombre des inscriptions n'augmente que faiblement, en moyenne 40 étudiants par an jusqu'en 1880.

A partir de cette époque, la faculté, dotée de moyens plus conséquents en personnel et en matériel, se consacre surtout à la

---

[3]Collectif, *Facultés des sciences et des lettres, fêtes du centenaire*, Nancy, 1954.
[4]Greffe, J.L., sous la direction de, *Encyclopédie illustrée de la Lorraine, les sciences exactes*, éditions Serpenoise, 1996, notamment pp 11-19
[5]Grelon, A. et Birck, F., sous la direction de, *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX-XX*ème *siècles*, Éditions Serpenoise, 1998.-

formation des professeurs du secondaire et à la préparation de l'agrégation. La faculté compte alors de 60 à 70 étudiants et forme, de 1881 à 1895, 33 agrégés.

2 - L'essor de l'enseignement scientifique à Nancy jusqu'en 1914.

Le véritable essor de la faculté date de l'adoption de nouveaux statuts en 1895 et de la création des Universités en 1896. Le statut de 1895, donnant à la faculté une personnalité civile, lui permet désormais de recevoir des dons et de se développer en lien avec le tissu économique régional. Cet essor est surtout le fruit des efforts soutenus et acharnés des professeurs Albin Haller[6] et Ernest Bichat[7].

Cette vitalité ce manifeste par la création d'Instituts techniques répondant aux besoins de l'industrie lorraine. Françoise Birck a néanmoins clairement montré que ces initiatives sont bien plus le fruit de la volonté républicaine et patriotique des universitaires nancéiens que d'une soi-disant demande de l'industrie.

> *Contrairement aux affirmations courantes, ce n'est pas à cette époque la demande qui constitue l'élément moteur. Les industriels poussent rarement à la création de nouvelles structures de formation ou de recherche.*[8]

Le cas de la société Solvay est particulier, si elle finance généreusement la fondation de l'Institut électrotechnique, c'est beaucoup moins par besoin d'un personnel qualifié que par la volonté de se faire accepter d'une opinion publique lorraine très méfiante vis à vis d'une société étrangère qui voulait exploiter directement le sel gemme, sans l'acheter aux producteurs locaux.

Quoiqu'il en soit, en 1890 est fondé l'Institut chimique sous la

---

[6]Haller, Albin, 1849-1925, professeur de chimie générale à la faculté des sciences de Nancy à partir de 1885, fondateur et directeur de l'Institut de chimie de Nancy jusqu'en 1899, date à laquelle il devient professeur à la Sorbonne. Élu à l'Académie des Sciences en 1900, il devient directeur de l'École de physique et de chimie de Paris en 1905.

[7]Bichat, Ernest, 1845-1905, professeur à l'Université de Nancy à partir de 1877, il participe à la fondation de l'Institut chimique, de l'École de brasserie et de l'Institut électrotechnique.

[8]Birck, F., "Des instituts annexes des facultés aux écoles nationales supérieures d'ingénieurs, à propos de trois écoles nancéiennes", in *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX-XX*ème *siècles*, Éditions Serpenoise, 1998, p. 166.

direction d'Haller. Il sera officiellement inauguré en 1892 en présence du Président Sadi-Carnot et de Léon Bourgeois, ministre de l'Instruction publique. Cet Institut sera bientôt doté de la seule chaire en France de chimie tinctoriale et de la première chaire de chimie physique. Vers 1900, cet institut comptait une centaine d'étudiants, de 1901 à 1932 il formera 806 ingénieurs chimistes.

En 1893, Bichat, avec l'aide des brasseurs lorrains, crée un laboratoire de brasserie qui deviendra en 1896 l'École de brasserie, indépendante de la faculté. Elle décerne un diplôme d'ingénieur-brasseur et un diplôme d'études supérieures de brasserie de l'Université de Nancy, mais forme aussi des contremaîtres.

En 1895 Bichat jette les base d'un Institut électrotechnique en dispensant un cours d'électricité industrielle et suscitant un cours de mathématique préparatoire aux sciences physiques. En 1900 l'Institut électrotechnique est ouvert à l'aide de subventions du Conseil général et, comme il a été dit, de la société Solvay. Les deux premières années d'études restent assurées par la faculté, la troisième année technique se déroule à l'Institut. Dès 1901 ces trois années d'études sont officiellement sanctionnées par un diplôme d'ingénieur électricien de l'Université de Nancy. A partir de 1905, ce même Institut, qui s'appelle désormais l'Institut électrotechnique et de mécanique appliquée, décernera aussi un diplôme d'ingénieur mécanicien de l'Université de Nancy. A partir de 1920, on n'accède plus à cet Institut qu'après un examen d'entrée qui devient, en 1927, un concours. Les élèves de Polytechnique, Centrale, Mines et Arts et Métiers peuvent entrer directement en troisième année.

Le développement de cet Institut électrotechnique et de mécanique appliquée se fait en lien étroit avec le développement des sciences physiques et mathématiques à la faculté. De 1900 à 1914, l'effectif en mathématique générale, qui reçoit tous les étudiants titulaires du baccalauréat, quelque soit leur spécialisation future, passe ainsi de 10 à 250 étudiants, en tenant compte des élèves de première année de l'Institut électrotechnique. Parmi eux de nombreux étudiants sont originaires d'Europe centrale, orientale et balkanique. La présence de ces étudiants étrangers était d'ailleurs vitale pour l'Institut électrotechnique dont le budget de fonctionnement reposait en grande partie sur les frais de scolarité. En 1913, l'Institut obtient, pour la faculté des sciences, la création d'une chaire d'électrotechnique, arguant qu'une telle chaire existe à Grenoble, Lille et Toulouse, ce qui

favorise les Instituts électrotechniques de ces villes. Cette chaire d'Université sera une fondation Solvay, la société belge offrant une subvention de 500 000 francs à l'Université, ce capital assurant le traitement annuel de 9000 francs de cette chaire[9].

À la veille de la première guerre mondiale, la faculté des sciences est de loin la première faculté de Nancy avec plus de 900 étudiants sur un total de 1963 pour l'ensemble des facultés. Ses effectifs ont été multipliés par 7,5 depuis les années 1890. Sur ces 930 étudiants, 357 sont d'origine étrangère, ce qui est de loin le plus fort taux des facultés de province. À la même date, l'Institut de chimie délivre 28 diplômes d'ingénieurs chimistes et 10 de chimistes, celui d'électrotechnique délivre 39 diplômes d'ingénieurs électriciens et 18 d'ingénieurs mécaniciens. Or, en 1913, l'académie de Nancy n'a attribué que 119 baccalauréats de la série scientifique (C et D), il est donc évident que le recrutement de la faculté des sciences et de ses instituts techniques devait largement dépasser les frontières de la Lorraine. Pour ce qui concerne le seul bac C (latin-sciences), le plus prestigieux des bac scientifiques, la moyenne des reçus est de 50 par an de 1904 à 1909, soit un taux de réussite de 48,5 % seulement[10]. En ce qui concerne les instituts, ils recrutaient également de nombreux non-bacheliers, devenant ainsi, jusqu'à l'institution des concours d'entrée après-guerre, de puissants instruments de promotion professionnelle et sociale. Il faut néanmoins souligner que très souvent le baccalauréat n'était pas exigé pour passer ces concours d'entrée. Ainsi, après-guerre, l'école des Mines recrutera en partie sur concours de niveau mathématiques spéciales, accordant un avantage d'un point aux candidats titulaires du baccalauréat, ce qui prouve que l'on pouvait concourir sans être titulaire de ce grade universitaire[11].

Le développement des instituts techniques a une influence directe sur le développement de la faculté des sciences qui continuait de préparer les élèves ingénieurs à des certificats de licence de science pure. Certaines chaires de mathématique et de physique de la faculté ont alors des titulaires prestigieux. Elie Cartan a la chaire de calcul différentiel et intégral ; Jules Molk, initiateur de l'édition française de *l'Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées*, a la

[9] A.D. de M-et-M., w 1018 203.
[10] A.D. de M-et-M., w 657 bis.
[11] A.D. de M-et-M., w 1018 128.

chaire de Mécanique rationnelle[12] ; Bichat (jusqu'en 1905) et Blondlot[13] (jusqu'en 1909) ont la chaire de physique créée en 1895.[14]

Après la guerre, les mathématiciens de Nancy apportent des contributions importantes, en particulier "sur les propriétés du système des équations de la gravitation einsteinienne"[15]. Quant au laboratoire de physique, spécialisé dans la spectroscopie, il réalisera "des études importantes sur le contrôle de la Relativité et le Principe de Huygens".[16]

La faculté dispense également, depuis 1894, un enseignement préparatoire de sciences physiques, chimiques et naturelles (P.C.N.) qui sert surtout aux futurs médecins mais donne aussi des bases de physique-chimie aux futurs spécialistes de sciences naturelles (le plus illustre représentant de cette discipline est alors le professeur Cuénot[17]), et des connaissances de physique aux futurs chimistes. Cette année P.C.N. attire en moyenne 75 étudiants à partir de 1914, dont la moitié sont des étrangers.

L'enseignement de ce que l'on appelle aujourd'hui les sciences de la vie et de la terre connaît également un fort développement. En particulier la zoologie avec Lucien Cuénot, ou la botanique. En 1903 est d'ailleurs créé un Institut agricole et colonial qui forme des ingénieurs[18]. En 1906 est fondée une école de laiterie puis, en 1911, l'Institut de géologie qui forment des techniciens, tandis que la faculté continue de dispenser un enseignement de minéralogie et de cristallographie de haut niveau.

À la veille de la guerre est même fondé un éphémère institut d'aéronautique et de météorologie qui ne rouvrira pas après le

---

[12]Cette chaire est créée le 28 déc. 1898 après suppression de la chaire de mathématiques pures qui est remplacée par une chaire d'analyse et une chaire de mécanique rationnelle. A.D. de M-et-M., w 1018 203.

[13]Blondlot, René, 1849-1930, n'est pas seulement le père des malheureux rayons N, mais aussi, entre autre, du calcul de la vitesse des ondes hertziennes. Montrant que cette vitesse est strictement identique à celle de la lumière, il apporte ainsi l'ultime confirmation expérimentale à la théorie électromagnétique de la lumière.

[14]A.D. de M-et-M., w 1018 203.

[15]Husson, E, in Collectif, *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934, p. 94.

[16]Husson, E, op. cit., p. 94.

[17]Cuénot, Lucien, 1866-1951, maître de conférence (1890) puis titulaire de la chaire de zoologie de la faculté de Nancy (1898-1937), membre de l'Académie des sciences en 1931.

[18]Sur l'histoire de cet Institut colonial voir *La Revue industrielle de l'Est*, 16 juillet 1905, 706, pp. 482-483.

conflit[19].

Un tel développement de l'enseignement scientifique supérieur s'explique par les conditions économiques favorables de la Lorraine qui est en plein décollage économique, mais aussi par la position géostratégique de Nancy aux portes de l'Empire, alors que Strasbourg est devenue une université allemande. Nancy devient alors un modèle alternatif au modèle allemand. En 1909, lors de son enquête sur les facultés des sciences de province, la *Revue internationale de l'enseignement* suggère que :

> *les nouveaux établissements d'enseignement technique pourront être organisés à l'instar des* technische Hochschulen *allemandes, ou sans aller chercher d'exemples à l'étranger, à l'exemple des instituts industriels de Nancy.*[20]

De façon plus concrète, le succès des brasseurs lorrains s'explique par le boycott des bières allemandes, mais aussi par la capacité d'un Tourtel à mettre au point une méthode de brassage par fermentation basse que seuls les Allemands maîtrisaient jusque-là. Husson fait remarquer que le développement de l'école de brasserie de Nancy à permis de remplacer dans les brasseries françaises les chefs de fabrication qui étaient très souvent allemands, car seule l'Allemagne dispensait alors un enseignement technique de brasseur[21].

La vitalité de l'enseignement scientifique supérieur trouve aussi sa source dans le goût manifesté par les élèves lorrains pour les sciences, dès le lycée. Un rapport sur la situation des établissements d'enseignement secondaire au Conseil Académique de Nancy souligne ce fait en 1906. Ce rapport qui se fonde sur les observations de l'ensemble des chefs d'établissements de l'Académie souligne cet intérêt des élèves pour les mathématiques, y compris dans les classes littéraires. Il constate que la supériorité des Lorrains est moins nette en physique et chimie, bien que l'application de la réforme des programmes ait des conséquences très bénéfiques. L'enseignement des sciences naturelles est lui aussi très dynamique, en revanche, et c'est ce qui donne du poids aux remarques précédentes, ce rapport déplore le mauvais état de l'enseignement du français, des langues et surtout de l'histoire

---

[19]Birck, F., op. cit., p. 169.

[20]collectif, "Rapport fait au nom de la société de l'enseignement supérieur", *Revue internationale de l'enseignement*, Paris, juin 1909 cité par Birck, op.cit., p. 171.

[21]Husson, E, op. cit., pp 103-104

géographie qui ennuie beaucoup les élèves[22].

Les résultats aux concours d'entrée aux grandes Écoles préparés au Lycée de Nancy viennent corroborer ce jugement. En 1906, 9 élèves sont admis à Normale Sup., 7 à Polytechnique, 11 à Saint Cyr, 4 à Centrale et 2 à l'Institut d'Agronomie, soit un taux global de réussite de 30% par rapport aux candidats présentés[23].

3- La création de l'École des Mines.

Après la guerre, l'essor de l'enseignement scientifique reprend, avec en 1919 la création de la prestigieuse École Supérieure de la Métallurgie et des Industries minières[24]. Contrairement aux créations d'avant guerre, ce sont cette fois les industriels qui demandent la fondation de cette école, car ils ont un urgent besoin d'ingénieurs des mines pour exploiter les bassins miniers revenus à la France après le conflit. Ce sont en effet 400 ingénieurs allemands qu'il faut remplacer en Moselle et en Sarre. Cette école sera ainsi en grande partie financée par les maîtres de forges, ce qui leur ouvrira largement les portes du conseil d'administration (12 membres sur 15).

La première demande de création d'un Institut de la métallurgie et des mines remonte à 1917, lorsque les Chambres de Commerce de la région de l'Est préconisent la création d'un tel Institut dans leur revue, *L'Union Économique de l'Est*. En décembre 1918, la chambre de commerce de Nancy demande que cet enseignement métallurgique et minier soit organisé par la faculté des sciences et accorde son patronage au nouvel Institut. Le Comité des Forges, le Comité central des Houillères de France, la Société industrielle de l'Est et de nombreux industriels appuient alors le projet. Dès lors, la faculté des sciences devient partie prenante du projet, en la personne de son doyen P. Petit, futur directeur de l'Institut. Les choses vont alors très vite, un Comité de patronage est créé, réunissant outre le doyen Petit, le Recteur de l'Université Ch. Adam, l'Ingénieur en chef des Mines de Nancy, F. Leprince-Ringuet, le secrétaire général de la chambre de commerce,

---

[22]Ferté, G., "Rapport sur la situation des établissements secondaires de l'Académie pendant l'année 1905-1906", A.D. de M-et-M., w 657 80.

[23]A.D. de M-et-M., w 657 80.

[24]Le 5 juillet 1919 est créé l'Institut Métallurgique et Minier qui deviendra le 10 août 1921 l'École supérieure de la Métallurgie et des Industries minières, (A.D. de M-et-M., w 1018 128), le 17 mai 1951, elle devient l'École nationale supérieure de la métallurgie et de l'industrie des mines de Nancy.

Fayolle, le secrétaire administratif de la Société industrielle de l'Est, Dutour, et son président H. Brun, le ministre des régions libérées et président du Conseil général de Meurthe-et-Moselle, Millerand, le président du Comité des forges et député de Meurthe-et-Moselle, F. de Wendel, les présidents des Conseils Généraux de tout le grand-est (Champagne, Ardennes, Lorraine, Alsace), les maires de toutes les grandes villes de cette région, toutes les chambres de commerce, et une douzaine d'industriels. La composition de ce Comité de patronage montre bien que le projet s'inscrit dans une dynamique non seulement locale mais régionale et même nationale et patriotique au lendemain de la guerre. Le 28 mars 1919 une délibération du Conseil de l'Université demande la création de cet Institut, elle est approuvée par arrêté ministériel le 5 juillet. Le Conseil de l'Université attribue au nouvel Institut les locaux de l'ancienne école Saint Sigisbert, 15 place Carnot, cédés par la ville à l'Université en 1911. Le 6 août 1919, le Comité de patronage, réuni à la Chambre de Commerce de Nancy, nomme le Conseil d'Administration de l'Institut ; le doyen Petit en devient directeur et l'Ingénieur des Mines Leprince-Ringuet directeur technique[25].

Dans cette école, l'enseignement général est dispensé par des professeurs de la faculté tandis que l'enseignement technique est assuré par des ingénieurs du corps des Mines. De 1919 à 1923 les études se déroulent provisoirement sur deux ans, puis trois ans à partir de 1923. Avant 1923 sont organisés 35 enseignements différents sur deux ans, dispensés par 27 professeurs différents, dont 13 ingénieurs, 1 avocat, 1 professeur de lycée et 12 enseignants de la faculté des sciences ou des écoles professionnelles[26].

L'admission en première année, à l'origine, se fait soit sur titre (admissibilité à Polytechnique, à l'École centrale des Arts et manufactures, à l'École nationale des Mines de Paris et Saint Étienne, à Normale sup. sciences, ou diplôme de sortie d'une école des Arts et Métiers, ou deux certificats d'études supérieures) soit sur concours de niveau mathématiques spéciales ; le baccalauréat dans ce cas n'est pas éxigé[27]. En moyenne trente places sont offertes chaque année pour

---

[25]Pour l'ensemble de cet historique de l'École des Mines : A.D. de M-et-M., w 1018 128.

[26]A.D. de M-et-M, w 1018 129.

[27]A.D. de M-et-M, w 1018 128.

plus de 300 candidats au début des années 20[28]. L'admission en deuxième année est possible pour les anciens élèves de Polytechnique, Centrale et Normale sup. sciences, ainsi que les licenciés ès science ayant les certificats correspondants au programme de Polytechnique[29]. En 1919 et 1920, respectivement 4 et 5 polytechniciens entrent à l'Institut[30].

Cette école délivre des diplômes d'ingénieurs de l'Université de Nancy, titres universitaires équivalents à ceux de Polytechnique ou des Grandes Écoles de l'État.

Il apparaît ainsi, à l'issue de cette brève et incomplète évocation, que Nancy est, au début du siècle, un pôle scientifique tout à fait important. L'enseignement secondaire des sciences y est florissant, la préparation aux concours des grandes écoles scientifiques est fructueuse, les Instituts de sciences appliquées sont créés en grand nombre et leur réputation est internationale, de nombreux professeurs de la faculté des sciences ont également une renommée nationale voire internationale. Ces faits sont pour la plupart déjà connus, mais leur rappel permet de justifier une étude de la diffusion de la Relativité en France à partir des sources disponibles à Nancy ; même s'il faut bien admettre que le rayonnement scientifique de Nancy réside autant dans la qualité de son enseignement technique supérieur en vue de la formation d'ingénieurs que dans la recherche fondamentale.

---

[28] A.D. de M-et-M, w 1018 129.
[29] A.D. de M-et-M, w 1018 128.
[30] A.D. de M-et-M, w 1018 129.

Annexe 2

La bibliothèque municipale et la littérature scientifique.

"À Lille, à Marseille, à Nancy, à Toulon,
les bibliothèques sont vraiment assez satisfaisantes,
et pour les sciences physiques et naturelles,
elles sont supérieures incontestablement
à la Bibliothèque de la Sorbonne,
ce qui ne laisse pas d'être étonnant!"
"La science dans les bibliothèques",
enquête de la *Revue scientifique*, 1905, IV, 6, p. 177.

1- Bibliothèque Municipale et Bibliothèque Universitaire à Nancy.

Une étude statistique du prêt d'ouvrages scientifiques à la Bibliothèque municipale de Nancy est un bon moyen pour tenter de savoir qui s'intéresse à cette littérature.

Le premier atout de la Bibliothèque municipale est de disposer d'archives complètes[1] permettant de mener à bien une telle étude. Mais surtout il s'agit d'une bibliothèque municipale jouant en fait, pendant longtemps, le rôle de bibliothèque universitaire, du fait de l'absence de bibliothèque des sciences. Il en résulte que le fonds scientifique de cette bibliothèque est exceptionnellement riche. Mais il en résulte également qu'elle n'est pas représentative du type "bibliothèque municipale" au sens de "bibliothèque pour tous". C'est cette position originale qui fait tout l'intérêt de cette étude, car dans une bibliothèque municipale pour tous les livres scientifiques sont très peu nombreux et cette absence ne nous apprend rien, tandis que dans une bibliothèque universitaire scientifique il n'y a que des livres de science, ce qui n'est pas non plus pertinent pour notre étude. Ainsi, la Bibliothèque municipale apparaît-elle comme un instrument de recherche irremplaçable, à la fois pour étudier les publics de la littérature scientifique et cette littérature elle-même.

Les données sur la Bibliothèque municipale sont le fruit de nos propres recherches dans les archives de cette bibliothèque, celles sur la Bibliothèque universitaire proviennent intégralement de l'article de A. Kolb, "la bibliothèque de l'Université", extrait de "L'Université de Nancy, 1572-1934."[2].

---

[1] Archives de la Bibliothèques Municipale de Nancy, consultables sur demande à l'administration de la bibliothèque.

[2] Collectif, *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie,

Lors de la création des Facultés des lettres et des sciences à Nancy en 1854, le Conseil municipal de la ville vota des crédits pour l'achat de livres, mais comme ces deux facultés ne disposaient ni de locaux ni de bibliothécaire pour gérer ces fonds, une convention fut signée entre le Rectorat et la ville de Nancy aux termes de laquelle les ouvrages achetés par les deux facultés seraient déposés à la Bibliothèque municipale et communicables indifféremment à tous les lecteurs autorisés de cette bibliothèque, laquelle prendrait à sa charge les frais de reliure.

Cet accord fonctionne correctement jusqu'à la guerre de 1870. Après cette date, la Faculté des sciences conserve la majeur partie des ouvrages acquis, tout en maintenant son dépôt antérieur à la Bibliothèque municipale. De son côté la Faculté des lettres retire son dépôt en 1876.

La création de bibliothèques universitaires communes aux différentes facultés d'une même académie était prévue par un arrêté de 1855, mais il faut attendre l'instruction ministérielle de 1878 et le règlement de 1879 pour que cet arrêté trouve un commencement d'application. À Nancy rien ne se passe avant 1902, date à laquelle la Faculté de médecine quitte les locaux de la place Carnot pour ceux de la rue Lionnois. Le Conseil de l'Université saisit alors cette occasion pour créer, dans les locaux laissés vacants, une Bibliothèque universitaire regroupant, dès 1902, les ouvrages de lettres et de médecine puis, en 1903 et 1904, ceux de droit et de sciences.

Cette Bibliothèque universitaire resta ouverte durant toute la durée de la guerre mondiale jusqu'à sa destruction partielle par une bombe incendiaire, le 31 octobre 1918. La Bibliothèque rouvrira en février 1919, mais dans la catastrophe 55 648 volumes avaient été réduits en cendre, ainsi que 100 000 brochures et dissertations inaugurales. En 1932 débuta la construction d'une nouvelle Bibliothèque universitaire à l'emplacement de l'ancienne.

En 1902, la Bibliothèque universitaire possédait 121 449 volumes, ce fonds atteint 226 712 volumes en 1917, tombe à 97 281 volumes après l'incendie de 1918[3] et remonte à 236 177 volumes dès 1922.

éditions du Pays Lorrain, 1934.

[3]D'après ces chiffres, les pertes de la bibliothèques dues à l'incendie de 1918 s'élèvent à 129 431 volumes, les chiffres avancés au paragraphe précédent font état de 155 648 volumes perdus en tenant compte des brochures, cette différence de 26 217 volumes s'explique par le fait que dans les statistiques sur les pertes il

8 417 volumes sont prêtés en 1902, 12 862 en 1913 et seulement 3 625 en 1919, en 1922 le prêt est remonté à 10 560 ouvrages par an.

Cette brève histoire des débuts de la Bibliothèque universitaire confirme le rôle joué, jusqu'en 1902 au moins, par la Bibliothèque municipale auprès de la faculté des sciences. Il faut souligner également la proximité géographique des deux lieux et le passé universitaire des locaux de la Bibliothèque municipale qui expliquent que celle-ci soit restée, jusqu'à nos jours, un lieu de travail et de recherche complémentaire des bibliothèques universitaires. Lorsque fut créé la Bibliothèque universitaire en 1902, il est d'ailleurs évident que la Faculté des sciences n'a pas retiré l'intégralité de son fonds de la Bibliothèque municipale. Il est même probable qu'elle s'est contentée de verser à la Bibliothèque universitaire les ouvrages acquis récemment et non versés à la Bibliothèque municipale ; de la même façon que, lorsqu'une bibliothèque des sciences a été ouverte sur le nouveau campus, tout le fonds scientifique de la Bibliothèque universitaire de la place Carnot n'a pas été rapatrié. Mais il vrai que nous ne disposons pas d'éléments chiffrés concernant les retraits d'ouvrages scientifiques de la Bibliothèque municipale en 1902.

Comme on le verra, cette longue histoire commune entre les facultés et la Bibliothèque municipale créera une sorte de culture particulière dans la politique d'achat de la Bibliothèque municipale qui durera bien après 1902, et sans doute jusqu'à nos jours. Il est remarquable que, pour la période qui nous intéresse, les suggestions d'achat des professeurs de sciences soient très souvent prises en compte par la Bibliothèque municipale, avant comme après 1902.

2-Le prêt au dehors.

De 1900 à 1910, chaque année, il sort de 3 500 à 4 400 ouvrages de la Bibliothèque municipale. Le maximum est atteint en 1901, avec 4 394 sorties, ce chiffre ne sera plus jamais dépassé jusqu'aux années 20. Il est probable que ce pic de 1901 et la décrue relative à partir de cette date soient à mettre en relation avec l'ouverture en 1902 de la Bibliothèque universitaire de la place Carnot. Ce chiffre est à rapprocher des 8 417

---

s'agit de volumes physiques alors que dans les statisitiques sur le fonds de la bibliothèque il s'agit d'unité bibliographique, une unité bibliographique pouvant comporter plusieurs volumes.

ouvrages empruntés à la Bibliothèque universitaire en 1902, qui réalise ainsi un score double de celui de la Bibliothèque municipale.

Les ouvrages de la Bibliothèque municipale sont prêtés à un peu plus de 200 personnes différentes chaque année, ce qui représente l'emprunt de 17 à 19 ouvrages par personne et par an.

Les ouvrages scientifiques proprement dits, ainsi que ceux d'histoire et de philosophie des sciences, représentent 5 à 8% des sorties[4]. Ce pourcentage ne tient pas compte des revues publiant occasionnellement des articles scientifiques comme la *Revue des Deux Mondes*, qui est empruntée très fréquemment, ou la *Revue de Métaphysique et de Morale*, qui sort plus rarement.

A partir de 1911, le nombre des prêts au dehors baisse sensiblement pour descendre à à peine plus de 3 000 par an. Le nombre des emprunteurs descend lui aussi en dessous de la barre des 200. Chaque emprunteur ne sort plus que 15 livres par an, cette évolution est difficile à interpréter, en tous cas, elle préfigure la baisse de consultation et d'emprunt due à la guerre.

Dès 1914, il n'y a plus que 2 771 ouvrages qui sortent, cet indicateur atteint son minimum en 1918. Cette année là, le nombre moyen d'ouvrages empruntés reste aux alentours de 15 par personne et par an. 1918 est bien l'année la plus creuse pour toute la période étudiée (1900-1921). Mais surtout, la baisse de l'emprunt des ouvrages scientifiques est plus forte encore que la baisse générale du prêt, puisque il n'y a plus que 2% d'ouvrages scientifiques à sortir[5] .

Cette évolution marque un changement de centre d'intérêt, mais est surtout le signe que l'enseignement supérieur fonctionne au ralenti du fait de la mobilisation. L'Université sera d'ailleurs fermée à Nancy, à partir de février 1918.

Le prêt reprend son essor timidement en 1919 avec 2 718 sorties d'ouvrages pour 175 emprunteurs différents (ce qui représente un peu plus de 15 livres par personne et par an) ; il explose en 1920, avec 4 136 sorties (le meilleur chiffre depuis 1906), pour 211 emprunteurs différents (meilleur chiffre depuis 1907), soit plus de 19 ouvrages par personne et par an (meilleur chiffre pour toute la période étudiée). Quant aux ouvrages scientifiques, ils retrouvent la proportion des sorties qu'ils représentaient avant guerre : 7 à 8 % du total[6] .

---

4 statistiques établies sur 300 sorties en janvier 1905.
5 statistiques établies sur 300 sorties en janvier 1916.
6 statistiques établies sur 300 sorties en janvier 1920

3- Les emprunteurs.

Le prêt au dehors n'est pas libre, il est accordé individuellement par Le Conseil d'Administration de la Bibliothèque.

Nous connaissons nominativement les personnes auxquelles est accordé ce droit, grâce à un registre non daté sur lequel figure les noms adresses et professions de tous les bénéficiaires du prêt au dehors. Les deux tiers des noms sont barrés, ce qui signifie que ces personnes ne bénéficient plus de ce droit. Le registre couvre avec certitude les années vingt ; il a été abandonné, sans doute pour un système par fiches permettant une mise à jour plus aisée, sous la magistrature de Joseph Malval qui figure dans le registre avec son titre de Maire, mandat qu'il exerça de 1929 à 1933.

Au total ce registre compte 923 noms, dont 369 ont droit au prêt au dehors au moment où le registre est abandonné. Il est donc raisonnable d'estimer que le nombre moyen d'ayants droit au prêt se situe entre 300 et 400 personnes. Chiffre à rapprocher des 150 à 230 emprunteurs différents chaque année, de 1900 à 1920.

Parmi ces emprunteurs, le groupe le plus nombreux est celui des professeurs de Lycées (25,6 % du total), viennent ensuite les instituteurs (17,4 % du total), puis les candidats à l'agrégation (14,6 % du total), les enseignants des facultés -professeurs, maîtres de conférence, chargés de cours, assistants, chefs de travaux, préparateurs- (9,6 % du total)[7].

Pour la Faculté des sciences cela représente 44 personnes au total, dont 28 bénéficiant du droit de prêt à l'époque de Malval (c'est à dire 28 dont le nom n'est pas barré). Ces 44 personnes exercent la fonction de professeur pour 17 d'entre elles (dont 11 noms ne sont pas barrés) ; de maître de conférence pour 8 d'entre elles (dont 6 non barrées) ; de chargé de cours pour 6 d'entre elles (dont 4 pas barrées) ; d'assistant pour 2 d'entre elles (aucun n'est barré) ; de chef de travaux pour 8 d'entre elles (dont 2 pas barrées) ; et enfin de préparateur pour 3 d'entre elles (dont aucun n'est barré).

Ce personnel de la faculté des sciences représente environ un quart (23,8%) du total des universitaires ayant droit au prêt au dehors.

[7] Statistique portant sur 218 des 923 noms, soit un échantillon représentant près de 25% du corpus.

Viennent ensuite les professeurs des écoles normales et techniques (Grandes Écoles), qui représentent 7,7 % du total.

Ainsi les enseignants et ceux qui se destinent à le devenir (les agrégatifs) représentent-ils plus des trois quarts (75,9 %) des lecteurs autorisés à sortir des ouvrages.

Les autres personnes auxquelles le prêt est accordé sont les membres de la municipalité (6,8%) ; les membres de l'Académie Stanislas (5%) ; ceux de la société des sciences (3,2%) et, loin derrière, les professions médicales et juridiques (0,4 % chacune). Il reste le personnel de la Bibliothèque et 7 % d'inclassables.

L'enseignement de cette analyse est clair : les emprunteurs sont une toute petite élite de professions intellectuelles, essentiellement du monde de l'éducation. Les élites médicales, judiciaires et surtout économiques brillent par leur absence. Quant aux élites politiques locales, il ne faut pas s'illusionner sur leur présence, car il s'agit en fait de membres de droit de la municipalité ; on ne trouve ni conseillers généraux ni députés en tant que tels dans ce registre.

Peut-on en tirer des conclusions quant à la diffusion des sciences? Il semble bien que ce soit possible dans une certaine mesure. La diffusion des sciences, dans un premier temps, s'adresse bien à une toute petite minorité qui y trouve peut-être un intérêt personnel mais surtout un intérêt professionnel.

4- Les demandes d'acquisition.

Le dépouillement des demandes d'acquisition des lecteurs de la Bibliothèque est un indicateur précieux des centres d'intérêts de ces lecteurs. La réponse faite à ces demandes est, quant à elle, un indicateur intéressant de la politique d'achat de la Bibliothèque. La commission d'achat de la Bibliothèque municipale de Nancy est composée à 44% de scientifiques, contre 18% en moyenne dans les autres bibliothèques municipales françaises. Incontestablement, de ce point de vue, la Bibliothèque municipale de Nancy fait preuve d'un intérêt pour les sciences très supérieur aux autres villes[8].

De 1900 à 1926, les registres de desiderata de la bibliothèque ont reçu un total de 1 405 demandes ; parmi elles 56 concernaient des

[8]anonyme, "La place de la science dans les Bibliothèques françaises", *Revue scientifique (Revue rose)*, 4, tome IV, 1905, pp. 111-113.

ouvrages scientifiques. Les demandes d'ouvrages scientifiques représentent donc seulement 4% du total. Ce chiffre peut paraître faible, mais il est à rapprocher du pourcentage de sortie des livres scientifiques qui, durant la même la période et suivant les époques, représentent 2 à 8 % du total des sorties d'ouvrages.

Mais ce pourcentage de demandes n'est pas constant durant toute la période, il ne s'agit que d'un chiffre moyen. C'est ainsi que de 1900 à 1906, alors que le total général des demandes est très élevé, les demandes d'ouvrages scientifiques ne dépassent qu'à peine les 1%. À partir de 1907 ce pourcentage augmente régulièrement, il dépasse les 5% en 1916, mais il vrai alors que le nombre total de demandes a beaucoup baissé. Les demandes d'achat d'ouvrages scientifiques culmineront à plus de 16 % au début des années 20, pour redescendre ensuite aux alentours de 4%. A partir de 1922 jusqu'à 1923 inclus, il n'y a plus une seule demande d'achat d'ouvrage scientifique.

Le rôle scientifique de la Bibliothèque municipale continue donc de s'accroître, selon cet indicateur, après l'ouverture de la Bibliothèque universitaire en 1902. Plus exactement, il semble que le déclin des demandes d'achat, probablement lié à l'ouverture de cette Bibliothèque universitaire, affecte moins les sciences que les autres disciplines ; ce qui tend à confirmer le rôle scientifique de la Bibliothèque municipale.

Qui demande l'achat d'ouvrages scientifiques à la Bibliothèque municipale? Essentiellement des universitaires de la Faculté des sciences. Lorsque la demande émane ainsi d'un professeur d'université ou plus souvent d'un maître de conférence, elle est très généralement adoptée par le Conseil d'administration de la Bibliothèque.

Parmi les demandeurs, on repère souvent aussi des professeurs dans les écoles scientifiques de Nancy (Institut Électrotechnique, École des Mines) .

La troisième catégorie de demandeurs est celle des étudiants, plus rarement, celle des lycéens. Quand une demande émane d'étudiants elle est moins souvent prise en compte par le Conseil d'administration de la Bibliothèque. Il faut dire que ces demandes portent souvent sur des manuels. C'est ainsi qu'en 1905, un étudiant à la Faculté des sciences demande l'achat d'un manuel de physique et chimie pour les classes de secondes et premières C et D du nouveau programme, en arguant que ce "livre" sera "également utile aux élèves de PCN et aux étudiants qui en ont besoin pour préparer les répétitions qu'ils donnent". Cette demande

ne sera pas retenue. Les arguments avancés par le demandeur sont par ailleurs riches d'enseignements sur le niveau de PCN qui semble ainsi équivalent à celui des classes scientifiques de lycées, et sur le besoin communément répandu chez les étudiants de donner des cours particuliers pour financer leurs études.

Même quand des étudiants se mettent à plusieurs pour appuyer leur demande, celle-ci n'est pas forcément retenue. Ainsi en 1913, quatre étudiants, deux en sciences, un en électricité et un en taupe, demandent-ils un livre de problèmes et calculs électriques, ils ne seront pas exaucés.

Les demandes de manuels sont pourtant parfois acceptées, mais il faut qu'elles émanent d'un public autorisé à sortir les ouvrages ; ainsi en 1914, la demande d'un "cours de physique conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de physique".

En revanche, la Bibliothèque ne refuse pas l'acquisition d'ouvrages à destination du grand public ou de vulgarisation. En 1916 une demande qui sera acceptée suggère : "la bibliothèque ne pourrait elle pas se procurer l'excellent ouvrage : *l'électricité à la portée de tout le monde?*"

D'une façon générale, les demandes ne sont pas toujours motivées ; souvent le titre et la fonction du demandeur sont les arguments principaux. Néanmoins on trouve parfois des justifications plus précises.

Il y a le besoin de mise à jour ; ainsi la demande, en 1901, d'un "*Traité élémentaire de physique* de Ganot, nouvelle édition. La bibliothèque ne possède que l'édition de 1854. Celle de 1895 chez Hachette est intéressante à consulter pour l'électricité". Ou encore : "la bibliothèque manque de cours de physique récents. Il serait à désirer que l'on puisse en consulter quelques uns datant de ces dernières années" ; demande de 1907 . Ou encore, en 1911, la demande d'un traité de physique "très complet, au courant et donnant une excellente bibliographie".

Les techniques nouvelles font aussi l'objet de l'attention des lecteurs. En 1910 est formulée une demande d'abonnement à *La technique aéronautique* ; elle est appuyée par le prestige des membres du comité de rédaction : "Appell, Blondel, Guillaume, Leblanc, Lecornu, Marchis, Painlevé, Poincaré, Renard, Roche et Witz."

A partir de 1918, une nouveauté tout à fait symptomatique apparaît dans les demandes d'ouvrages scientifiques. Les références en

anglais qui étaient totalement absentes jusque là deviennent brusquement fréquentes. Il est vrai que ces demandes émanent essentiellement d'un enseignant de la faculté des sciences : F. Croze. Il n'en demeure pas moins que cette évolution est symptomatique du rôle grandissant de la langue anglaise dans la littérature scientifique ; croissance liée en partie au développement de la science américaine. C'est ainsi que parmi les titres demandés, on trouve un ouvrage d'Eddington, mais aussi un titre de l'Américain Georges Hale .

Avant guerre, il y avait bien des demandes d'ouvrages en langues étrangères, mais il s'agissait de livres en allemand, dont aucun ne concernait les sciences exactes mais l'histoire, la littérature, et tout le domaine de l'érudition régionaliste.

Il y a également, dans ces registres, des refus d'achat surprenants de la part du Conseil d'administration ; ainsi en 1908, la demande d'acquisition de *Science et méthode* de Poincaré est-elle refusée.

Mais la demande déterminante, en ce qui concerne la Relativité, est celle formulée en mars 1921, par L. Chanzy, quand il réclame l'achat de "*La théorie de la Relativité restreinte et généralisée* par Einstein. (trad. de Mlle J. Rouvière) Paris, Gauthiers Villars" et "*l'Éther et la théorie de la relativité* par le même (trad. M. Solovine) ibid." Cette double demande sera acceptée.

Ainsi, ces ouvrages ne sont-ils pas achetés spontanément par la Bibliothèque mais à la demande d'un lecteur. Il y a là le signe d'une demande du public cultivé qui est elle même la preuve de l'intérêt suscité par la nouvelle théorie. La date de la demande, 1921, est antérieure au voyage d'Einstein en France, ce qui confirme que la diffusion de la Relativité en dehors des cercles des physiciens directement concernés par cette théorie précède ce voyage si médiatisé. Ce dernier marquant le point de départ de la vulgarisation de cette théorie -ou pour mieux dire de ces aspects les plus spectaculaires- auprès d'un public beaucoup plus large et essentiellement non-scientifique.

Sources et bibliographie

Avertissement

Notre travail portant essentiellement sur des documents publiés, le problème se pose de savoir ce qui, dans ce matériel documentaire, relève du statut de source et ce qui relève du statut de référence bibliographique.

Traditionnellement, on convient de classer parmi les sources les ouvrages et les articles publiés durant la période sur laquelle porte la recherche, les publications postérieures prenant place dans la bibliographie.

Nous avons retenu cette solution, même si elle ne présente pas que des avantages. Les ouvrages publiés avant 1925 figurent donc dans les sources, tous les autres sont dans la bibliographie.

En ce qui concerne les oeuvres qui ont été rééditées depuis 1925, celles d'Einstein ou Poincaré par exemple, elles figurent dans les sources pour l'édition originale et dans la bibliographie pour la réédition ; nous mentionnons alors l'édition que nous avons effectivement consultée, car les différentes rééditions diffèrent souvent les unes des autres ; surtout en ce qui concerne les textes traduits d'Einstein.

Les sources publiées et la bibliographie sont classées selon le même plan thématique afin de pouvoir rapidement retrouver l'ensemble des publications consultées sur un même thème.

Sources

1. ARCHIVES.

1.1 Archives de la Bibliothèque municipale de Nancy:

Registres du "prêt au dehors", sur lesquels figurent :
la date de l'emprunt ;
la cote de l'ouvrage ;
le nom de l'auteur ;
le titre ;
la signature de l'emprunteur ;
la date du retour.
46 volumes de 1829 à 1932 ;
pour notre période, 23 volumes.

Tableau des personnes auxquelles est accordé le prêt au dehors, sur lesquels figurent :
le nom ;
la fonction ;
l'adresse, des personnes auxquelles est accordé le droit de retirer des ouvrages.
1 volume, non daté.

Demandes d'acquisitions, registres sur lesquels figurent :
les demandes d'achat du public de la bibliothèque ;
les réponses faites à ces demandes.
Précédé, pour le dix-neuvième siècle, de registres intitulés :
Désidérata de la bibliothèque publique de Nancy.
Au total, 3 volumes de 1841 à 1939 ;
pour notre période,1 volume , 1906-1939.

Registre des délibérations, contenant :
les minutes des délibérations du Conseil d'Administration de la Bibliothèque, en particulier en ce qui concerne les acquisitions ;
les noms des membres du Conseil d'Administration.
7 volumes de 1840 à 1935 ;
pour notre période : 3 volumes, de 1890 à 1935.

1.2. Archives départementales de Meurthe-et-Moselle:

Série T, enseignement.

T 251 : Université Régionale ; projet de création, 1890-1896.
T 265 : Fonds de la préfecture ; faculté des sciences, cabinet de physique et de chimie ; 5 liasses, 1802-1897.
T 267 : Fonds du Rectorat ; faculté des sciences, 1860-1875.
T 276 : Académie de Nancy ; rapports sur les élèves présents au baccalauréat, 1899-1905.
T 277 : Lycées et collèges ; rapports annuels sur la situation de l'enseignement, 1870-1905.
T 278 : Lycées et collèges ; emplois du temps, 1886-1913.
T 2118 : Enseignement supérieur ; enregistrement des diplômes délivrés, 1855-1905.

T 2126 et 2127 : Faculté des sciences ; correspondance, rapports, p.v. d'examen, 1860-1897.

Série W, fonds versés par le Rectorat :
(la consultation de la série W est en partie soumise à autorisation)

Enseignement secondaire:

W 657/80 : Situation de l'enseignement secondaire, rapports des chefs d'établissement, 1905-1912.
W 657/48 bis : Statistiques des baccalauréats, 1899-1923.
W 657/80 : Tableau statisitique des examens et concours.

Facultés:

W 1018/96 : Personnel enseignant. Création et vacances de chaires. Enseignement.
W 1018/100 à 103 : Scolarité, 1883-1938.
W 1018/104 : Scolarité, diplômes, dispenses, 1899-1959.
W 1018/107 : Rapports sur les thèses, 1906-1967. Rapports sur les diplômes d'études supérieures, 1910-1930.

Hautes Écoles:

W 1018/119-120 : École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique. Correspondance, scolarité, personnel, 1907-1961.
W 1018/128-129 : École des Mines. Personnel, correspondance, compte-rendu de l'École, 1919-1947.

Universités :

W 1018/ 203 à 226 : Personnel de la Faculté des sciences, 1895-1930.

2. SOURCES IMPRIMÉES.

2.1. Périodiques dépouillés systématiquement de 1900 à 1922 :

Archives des sciences physiques et naturelles, Genève, 1892-1940.

Bulletin de la Société française de philosophie, Paris, 1901-1975.

La Nature, Paris, 1873-1962.

La Revue du mois, Paris, 1906-1920.

La Revue universelle, Paris, 1920-1940.

Revue de métaphysique et de morale, Paris, depuis 1893.

Revue des deux Mondes, Paris, depuis 1831.

Revue des questions scientifiques, Bruxelles, 1877-1936.

Revue Générale des Sciences pures et appliquées, Paris, 1890-1968.

Revue philosophique de la France et de l'étranger, Paris, 1878-1912.

Revue scientifique (revue rose), Paris, 1863-1954.

Scientia, Rivista internazionale di sintesi scientifica, Bologne, depuis 1907.

2.2. Périodiques dépouillés par sondages.

L'Est Républicain, Nancy, depuis 1889 ; dépouillé de 1919 à 1922.

La Revue industrielle de l'est, Nancy, depuis 1878.

La science au vingtième siècle, Paris, 1906-1914.

La science et la vie, Paris, depuis 1913.

La science illustrée, Paris, 1888-1936.

2.3. Articles et ouvrages

2.3.1. L'enseignement scientifique au début du vingtième siècle.

anonyme, "L'enseignement des sciences physiques et naturelles à l'école primaire", *Revue scientifique (revue rose)*, 1907, p. 126.

Appell (1), P., "L'enseignement supérieur des sciences", *Revue Générale des Sciences*, 1904, vol. 15, pp. 287-299.

Appell (2), P., "L'esprit scientifique et l'enseignement", *La Revue du mois*, août 1908, pp. 129-139.

Appell (3), P., "L'enseignement des sciences et la formation de l'esprit scientifique", discours prononcé le 3 août 1908, à Clermont-Ferrand, au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, *Revue scientifique (revue rose)*, 1908, pp. 161-166.

Ascoli, M., "Les sciences mathématiques et physiques dans l'enseignement secondaire", *Revue Générale des Sciences*, 1904, vol 15, pp. 496-505.

Barrès, M., "Que fait l'université pour la recherche scientifique", *Revue des deux Mondes*, 15 janvier 1920.

Belot, G., "Enquête sur l'orientation de l'enseignement secondaire", *Revue de Métaphysique et de Morale*, tome 1, 1917, p. 455.

Borel, E., "Le rôle social des savants amateurs", *La Revue du mois*, février 1908, pp. 216-219.

Bouasse, H., "De l'éducation scientifique des philosophes", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1901, p. 32.

Bourrey, G., "La formation des ingénieurs et l'enseignement technique supérieur", *Revue Générale des Sciences*, 1910, vol. 21, pp. 764-769.

Brucker, E., "L'éducation de l'esprit scientifique", *Revue scientifique (revue rose)*, 1918, pp. 198-209.

Brunetières, F., "Les réformes universitaires", *Revue des deux Mondes*, 1er février 1896.

Caullery, M., "L'évolution de notre enseignement supérieur scientifique", *La Revue du Mois*, novembre 1907, pp. 513-535.

Chambre des députés, *Enquête sur l'enseignement secondaire*, t. 1 à 5, Paris, 1899.

collectif, "Enquête : la place de la science dans les bibliothèques françaises", *Revue scientifique (revue rose)*, tome IV, juillet à décembre 1905.

collectif, "Rapport fait au nom de la société de l'enseignement supérieur", *Revue internationale de l'enseignement*, Paris, juin 1909.

Croiset, M., "Le Collège de France, son rôle présent et son avenir", *Revue des deux Mondes*, 15 juin 1911.

Doumic, R., "L'Education nationale dans l'Université", *Revue des deux Mondes*, 15 août 1895.

Faguet, E., "La discussion sur l'enseignement secondaire au Sénat", *Revue des deux Mondes*, 1er décembre 1911.

G. N., "L'enseignement des sciences mathématiques et physiques dans les établissements d'enseignement secondaire du ressort de l'Académie de Paris", *Revue scientifique (revue rose)*, 1907, pp. 695-696.

Guillaume (1), Ch. Ed; et Poincaré, L., "Le prochain Congrès International de Physique, 6 au 12 août 1900", *Revue Générale de Sciences*, 1900, vol. 11, pp. 669-679.

Guillaume (2), Ch. Ed., "L'avenir des études scientifiques", *La Nature*, 1905, vol.14, pp. 54-55.

Hadamard (1), J., "A propos d'enseignement", *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol. 16, pp. 192-194.

Hadamard (2), J., "Réflexions sur la méthode heuristique", *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol. 16, pp 499-504.

Janet, P, "Du rôle des Universités dans l'enseignement technique supérieur", *Revue Générale des Sciences*, 1916, vol. 27, p. 362 et suiv.

Laisant, C.A., "La première éducation scientifique", *Revue scientifique (revue rose)*, 1908, pp. 449-454.

Laurent, J. et Rovel, J., "Les Instituts et Universités de Nancy", *Idées Modernes*, "Nancy et lorraine", vol 3, juillet 1909, pp.151-163.

Le Chatelier, H., "Les laboratoires nationaux dans la recherche scientifique", *Revue Générale des Sciences*, 1916, vol. 27, p. 675 et suiv.

Mézières (1), A., "L'Ecole Normale Supérieure", *Revue des deux mondes*, 1er septembre 1894.

Mézières (2), A., "Au temps passé, la création des facultés de Nancy", *Revue des deux Mondes*, 15 février 1906.

Pelletan, A., "La formation des ingénieurs en France et à l'étranger", *Revue Générale des Sciences*, 1910, vol. 21, pp. 274-284.

Perrot, G., "L'Ecole Normale et son centenaire", *Revue des deux Mondes*, 15 avril 1895.

Renan, E, *La monarchie contitutionnelle en France*, 1869, *Oeuvres complètes*, t.1.

Ribot, A., "Introduction générale et conclusions adoptées par la Commission de l'enseignement", Chambre des députés, *Enquête sur l'enseignement secondaire*, t.6, Paris, 1901.

Rivals, P., "Sur l'organisation de l'enseignement supérieur technique dans les Universités", *Revue Générale des Sciences*, 1916, vol 27, p169 et suiv.

Swyngedauw, R, "L'enseignement technique dans les Universités", *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol.16, pp. 316-323.

Tannery, J., "Questions pédagogiques. L'enseignement secondaire." *Scientia*, vol. 1, 1907, pp. 129-142.

Tavernier, E., "A propos de l'Université populaire", *Revue des deux Mondes*, 15 septembre 1904.

Turpain, A, "Les réformes de l'enseignement supérieur", *Revue Générale des Sciences*, 1906, vol 17, pp. 166-177.

Weber, L., "La question de l'Ecole Polytechnique", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1904, p. 745.

Zoretti, L., "Les nécessités de l'enseignement technique", *Revue Générale des Sciences*, 1916, vol. 27, p. 406 et suiv.

2.3.2. Science et guerre.

Achalme, Dr., *La science des civilisés et la science allemande*, Payot, Paris, 1916.

anonyme (1), "Institutions scientifiques, les effets de la guerre sur quelques institutions scientifiques internationales" *Revue Générale des Sciences*, 1915, vol. 26, pp. 1-2.

anonyme (2), "L'avenir des organisations scientifiques internationales", *Revue Générale des Sciences*, 1918, vol. 29, pp. 529-530.

anonyme (3), "La Conférence interalliée des Académies scientifiques à Londres et l'avenir des organisation scientifiques internationales", *Revue Générale des Sciences*, 1918, vol. 29, pp. 593-594.

anonyme (4), "Les relations scientifiques internationales d'après guerre", *La Nature*, 16 nov. 1918, pp. 159 160.

anonyme (5), "Ce que le Traité de Paix doit exiger de la Science et de l'Industrie allemandes", *Revue Générale des Sciences*, 1919, vol 30, pp. 102-108.

Beaunier, A., "La science française", *Revue des deux Mondes*, 1er décembre 1915, pp. 686-697.

Berget, A., *La science allemande et le principe de Relativité*, Larousse mensuel, avril 1917.

Boccardi, J., "Science germanique et science latine", *Revue Générale des Sciences*, 1916, vol. 27, pp. 235-241.

Borel, E, "La quantité et la qualité", *La Revue du mois*, n°112, p. 498.

Collectif, "L'Appel des intellectuels allemands aux nations civilisées", *Revue scientifique (revue rose)*, 6, 1914, pp. 170-176.

Cottrel, F. G., "Les relations scientifiques internationales", *Revue scientifique (revue rose)*, 2, 1921, pp. 37-41.

Dastre, A., "Du rôle restreint de l'Allemagne dans le progrès des sciences", *Revue scientifique (revue rose)*, mai-juin 1916.

Doublet, E., "Les relations scientifiques entre la France et l'Allemagne",*Revue scientifique (revue rose)*, 15, 1919, pp. 457-463.

Duhem (1), P., "Quelques réflexions sur la science allemande", *Revue des deux Mondes*, 1er juillet 1915, pp. 657-686.

Duhem (2), P., "De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer", (article envoyé à la revue en juillet 1915, la revue cesse de paraître de juin 1915 à avril 1919, Duhem meurt en septembre 1916, son article est publié en juin 1919), *La Revue du mois*, juin 1919., p. 111.

Grau, G., "Guerre , science et patrie", *La Revue du mois*, mars 1915, pp. 249-269.

Grignard, V., "Sur les relations scientifiques internationales après la guerre", *Revue scientifique (revue rose)*, 5, 1916, p. 151.

Margerie, E. de, "Les responsabilités allemandes dans la guerre actuelle et l'opinion des neutres", *Revue scientifique (revue rose)*, 17, 1916, pp. 536-538.

Nordmann (1), Ch., "A propos de la science allemande", *Revue des deux Mondes*, 15 janvier 1916, pp. 457-468.

Nordmann (2), Ch., "Science et guerre", *Revue des deux Mondes*, 1er décembre 1915, pp. 698-708.

Nordmann (3), Ch., "Le ministère des inventions", *Revue de deux Mondes*, 1er février 1916, pp. 687-697.

Otlet (1), P., "L'avenir du catalogue international de la littérature scientifique", *Revue Générale des Sciences*, 1918, vol 29, pp. 71-75.

Otlet (2), P., "Transformations opérées dans l'appareil bibliographique des sciences, répertoire, classification, office de documentation", *Revue scientifique (revue rose)*, 8, 1918, pp. 236-241.

Otlet (3), P., "Les associations internationales et la reconstitution de l'après-guerre", *Revue Générale des Sciences*, 1919, vol 30, pp. 114-119.

Painlevé, P., "La science, la guerre et l'industrie", allocution prononcée lors de la séance du 7 janvier 1918 de l'Académie des sciences, *Revue scientifique (revue rose)*, 3, 1918, pp. 85-86.

Petit, G. et Leudet, M., *Les Allemands et la science*, Alcan, Paris, 1916.

Picard (1), E., "L'histoire des sciences et les prétentions de la science allemande", *Revue des deux Mondes*, 1er juillet 1913.

Picard (2), E, "L'histoire des sciences et les prétentions allemandes", *Revue scientifique (revue rose)*, 2, 1915, pp. 44-45.

Picard (3), E. et Lacroix, A., "La conférence interalliés des Académies scientifiques à Londres", *Revue scientifique (revue rose)*, 22, 1918, pp. 673-676.

Picard (4), E. et Lacroix, A., "La deuxième session de la Conférence interalliée des Académies scientifiques", *Revue scientifique (revue rose)*, 1, 1919, pp. 21-23.

Sabatier, P., "Sur les relations scientifiques internationales après la guerre", *Revue scientifique (revue rose)*, 13, 1915, p. 281.

2.3.3. Écrits sur la Relativité, (sauf ceux de Bergson, Einstein, Langevin et Poincaré.)

A. G., "L'espace et le temps", compte rendu de la conférence de Minkowski, *Revue scientifique (revue rose)*, 13, 1909, p. 407.

Abraham, H., et Langevin, P., *Les quantités élémentaires d'électricité : ions, électrons, corpuscules*, Paris , 2 vol., 1905, 1906.

Abraham (1), M., "Die neue Mechanik", traduit par Philippi, M.E., "La nouvelle mécanique", *Scientia*, vol XV, 1914, pp. 9-27/ traduction : supplément pp. 10-29.

Abraham (2), M., "Note critique sur le problème de la relativité", *Scientia*, vol. IV, 1914, p. 101-103.

anonyme (1), "Sur une conception chimique de l'éther", *Revue Générale des Sciences*, 1904, vol. 15, pp.719-720.

anonyme (2), compte rendu : "Poincaré, L., *La physique moderne, son évolution*", *Revue Générale des Sciences*, 1908, vol.19, pp. 627-628.

anonyme (3), "Absorption de la lumière stellaire par l'éther", *Revue Générale des Sciences*, vol. 20, 1909, p. 477.

anonyme (4), compte rendu : "Académie des Sciences, Borel, E., *Le principe de relativité*", *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol. 24, p. 84.

anonyme (5), "Diminution de la masse du Soleil causée par le rayonnement", *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol 24, p. 870.

anonyme (6), compte rendu : "Lorentz, H.A., *The theory of Electrons*", *Revue Générale des Sciences*, 1910, vol. 21, p. 350.

anonyme (7), "Une nouvelle théorie des rapports de la gravitation et de l'électricité", *Revue Générale des Sciences*, 1919, vol. 30, p. 98.

Badoureau, A., "Qu"est-ce-que la mécanique", *Revue scientifique (Revue rose)*, 5, IV, juillet 1905.

Bauer, Ed., *La théorie de la relativité*, préface de Langevin, Paris , 1922.

Bc. A. (Boutaric?), "Sur quelques conséquences du principe de relativité", *Revue scientifique (revue rose)*, 10, 1915, pp. 178-179.

Becquerel, J., *Les idées nouvelles sur la structure de l'Univers. Exposé élémentaire de la théorie d'Einstein et de sa généralisation*, Paris, 1922.

Berget, A., *La distance et le temps d'après Einstein*, Paris, 1922.

Berthelot, D., *La physique et la métaphysique des théories d'Einstein*, Paris, 1922.

Bloch, E, compte rendu : "Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätsprincip*, commentaires de Sommerfeld", *Revue Génerale des Sciences*, 1914, vol. 25, p. 275.

Bloch (1), L., "Les origines de la théorie de l'éther", *Revue Générale des Sciences*, 1908, vol.19, pp. 886-897.

Bloch (2), L., "La mécanique de Newton et la mécanique moderne", *Revue scientifique (revue rose)*, 23, 1908, pp. 705-712.

Bloch (a), L., "Quelques récents progrès de la physique (1914-1918)", *Revue Générale des Sciences*, vol. 29, 1918, pp. 166-175.

Bloch (b), L., "Relativité et gravitation (d'après les théories récentes)", *Revue Générale des Sciences*, 1917, vol. 28, pp. 662-671.

Bloch (c), L., "L'espace et le temps dans la physique moderne", *Revue scientifique (revue rose)*, 11, 1920, pp. 33-341.

Bloch (d), L., *Le principe de la Relativité et la Théorie d'Einstein*, Paris, Gauthier-Villars, 1922.

Boll, M., *Euclide, Galilée, Newton, Einstein, pour que tout le monde sache de quoi il s'agit*, Paris, 1922.

Borel (1), E., "La mécanique rationnelle et les physiciens", *La Revue du mois*, Paris, vol. 2, 1910, pp. 414-423.

Borel (2), E., "Quelques réflexions sur la théorie de la relativité", (texte de la préface au livre d'Einstein traduit par Rouvière J., *Théorie de la relativité restreinte et généralisée*), *La Revue du mois*, décembre 1920, pp. 469-479.

Borel (3), E., *L'Espace et le Temps*, Paris, Flammarion, 1922.

Borel (4), E., "Einstein à Paris", *Revue hebdomadaire*, tome 4, 1922, pp. 195-202.

Born, M., *La théorie de la relativité d'Einstein et ses bases physiques. Exposé élémentaire*, Paris, 1923.

Bosler (1), J., "Le principe de relativité généralisé et l'éclipse de Soleil du 29 mai 1919", *Revue Générale des Sciences*, 1919, vol. 30, pp. 669-670.

Bosler (2), J., "La théorie d'Einstein et la nouvelle loi de la gravitation", *Revue scientifique (revue rose)*, 12, 1920, pp. 353-359.

Bouasse (1), H., "La question préalable contre la théorie d'Einstein", *Scientia*, vol.I, 1923, pp. 13-24.

Bouasse (2), H., *La question préalable contre la théorie d'Einstein*, Paris, 1923.

Boutaric (1), A, "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", (résumé de : Brillouin, M.,*Propos sceptiques au sujet du principe de relativité*, Scientia, 1913, vol. 1) *Revue Générale des Sciences*, 1913, vol. 24, pp. 214-216.

Boutaric (2), A, "Le principe de relativité, (résumé de : Abraham, M.,*la nouvelle mécanique* , Scientia, janvier 1914)", *Revue Générale des Sciences*, 1914, vol 25, pp. 286-287

Boutaric (3), A., "Sur le problème de la relativité, (résumé de : Einstein, A, *Sur le problème de la relativité*, Scientia , mai 1914)", *Revue Générale des Sciences*, 1914, vol. 25, pp. 622-623.

Boutaric (4), A, "Les théories actuelles de la gravitation", *Revue Générale des Sciences*, 1915, vol.26, pp. 71-73.

Brillouin (1), M., "Propos sceptiques au sujet du principe de relativité", *Scientia*, vol.I, 1913, pp. 10-26.

Brillouin (2), M., in Fabre L., *Une nouvelle figure du monde, les théories d'Einstein*, "Appendice III", "(...)Je ne connais aucune raison scientifique d'être anti-relativiste(...)", nouvelle édition, Payot, 1921.

Brillouin, L., Les théories d'Einstein et leur vérification expérimentale, *La science et la vie*, 63, tome 22, juin-juillet 1922, pp. 19-29.

Buhl, A., "Les théories einsteiniennes et le bon sens", *Revue scientifique (revue rose)*, 14, 1922, pp. 483-485.

Cahen, E., compte rendu : "Laue, Dr. M., *Das Relativitätsprinzip*", *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol. 23, pp. 444-445.

Cailler, C., "Sur quelques formules de la théorie de la relativité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 44, 1917, pp. 237-255.

Castelnuovo, G., "Il principio di relatività e i fenomeni ottici", traduit par Picquet, H., "Le principe de relativité et les phénomènes optiques", *Scientia*, vol. XVIII, 1911, pp. 64-86/ traduction : supplément, pp. 51-75. Cet article de Castelnuovo est également publié en français dans *La Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 1912, I, 544.

Cerf, G., "Pour l'intelligence de la Relativité", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 62-134.

Chevassus, R., "Sur le principe de relativité", *Revue scientifique (revue rose)*, 7, 1919, pp. 230-233.

Collectif, "La théorie de la relativité", séance du 6 avril 1922, *Bulletin de la Société française de Philosophie*, tome XVII, 1922, pp. 91-113.

Crémieu, V., "Le problème de la gravitation", *Revue Générale des Sciences*, 1907, vol. 18, pp. 7-13.

Curie, M., "Les théories modernes relatives à l'électricité et à la matière", leçon d'ouverture du cours de physique générale de la Sorbonne, 5 novembre 1906, *Revue scientifique (revue rose)*, 20, 1906, pp. 609-612.

Drosne, *Le beau temps, le mauvais temps et la relativité*, Paris, 1922.

Du Pasquier, L.G., *Le principe de la Relativité et les théories d'Einstein*, Paris, Doin, 1922.

Dubroca, M., *L'erreur de M. Einstein, l'inacceptable théorie*, Paris , 1922.

Dunoyer, L. "Les bases expérimentales du principe de relativité", *La Revue Universelle*, 11, 1920, pp. 622-630.

Dupont, P., *La notion de temps d'après Einstein*, Paris, Alcan, 1921.

Dwelshauvers-Dery, V., "La masse des corps est-elle variable?", *Revue Générale des Sciences*, 1908, vol. 19, pp. 855-860.

Fabre (1), L., "Une nouvelle figure du monde : les théories d'Einstein, *La Revue Universelle*, 8, 1920, pp. 146-161.

Fabre (2), L., *Une nouvelle figure du monde, les théories d'Einstein*, Paris, 1921.

Fontene, G., *La relativité restreinte avec un appendice sur la relativité généralisée*, Paris, 1922.

G. N., "La densité de l'éther", *Revue scientifique (revue rose)*, 4, 1907, p. 115.

Gandillot, M., "Débat sur la relativité", *Revue scientifique (revue rose)*, 8, 1922, pp. 262-267.

Goblot, E., "Einstein et la métaphysique", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 135-152.

Grossmann, M., "Définitions, méthodes et problèmes relatifs à la théorie de la gravitation", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVII, 1914, pp. 13-19. (cet article fait suite à celui d'Einstein la même année).

Gruner (1), P., "Sur les transformations successives des vues scientifiques sur la nature de l'électricité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, XXVI, 1908, pp. 16-26.

Gruner (2), P., "Les conceptions modernes de la nature de l'électricité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXII, 1911, pp. 185-189.

Guillaume, Ch. Ed., "La physique moderne et la Société française de physique", discours du 16 janvier 1914, *Revue scientifique (revue rose)*, 15, 1914, pp. 453-457.

Guillaume (1), Ed., "Note sur la vitesse de la lumière et le principe de Carnot", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVI, 1913, pp. 401-404.

Guillaume (2), Ed., "Les bases de la physique moderne", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 43, 1917, pp. 5-21; 89-112; 185-198.

Guillaume (3), Ed., "La théorie de la Relativité et le temps universel", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1918, pp. 285-323.

Guillaume (4), Ed., "La théorie de la relativité en fonction du temps universel", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 46, 1918, pp. 281-325.

Guillaume (5), Ed., "La théorie de la Relativité et sa signification", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1920, pp. 423-469.

Guillaume (6), Ed., "Les bases de la théorie de la relativité", *Revue Générale des Sciences*, 1920, vol. 31, pp. 200-210.

Guillaume (7), Ed., "Y-a-t-il une erreur dans le premier mémoire d'Einstein?", *Revue Générale des Sciences*, 15 janv. 1922, pp. 5 et suiv.

Guillaume (8), Ed., "Le résultat des discussions de la Théorie de la Relativité d'Einstein au Collège de France", *Revue Générale des Sciences*, 1922, pp. 322-324.

Guye, C.E. et Lavanchy, Ch., "Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein sur les rayons cathodiques de grande vitesse", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 42, 1916, pp. 286-299; 353-373; 441-448.

Hondros, "Théorie spéciale de la relativité", conférence devant la société des sciences de Grèce, 5-8 mars 1920, *Revue scientifique (revue rose)*, 12, 1921, pp. 329-337.

Houllevigue, "Revue d'optique", *Revue Générale des Sciences*,, vol. 25, 1914, pp. 440-446.

Kottler, F., "Considérations de critique historique sur la théorie de la Relativité", *Scientia*, vol. 10 et 11, 1924, Partie 1 : de Fresnel à Lorentz, Partie 2 : Poincaré et Einstein, pp. 231-242 et 301-316.

Kunz, J., "Détermination théorique de la variation de la masse de l'électron en fonction de la vitesse", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXV, 1913, pp. 28-39.

La Rosa, M., "Le concept du temps dans la théorie d'Einstein, 1ère partie : Les antécédents historiques, 2ème partie : Le postulat de la constance de la vitesse de la lumière", *Scientia*, vol. 10 et 11, 1923, pp. 225-236 et 293-306.

Launay, L. de, "La matière et l'éther", *La Nature*, 1908, vol.21, pp. 390-391.

Lemeray (1), E. M., "Le principe de relativité et la mécanique", *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol.23, pp. 174-183.

Lemeray (2), E.M., *Le principe de relativité, Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Marseille pendant le premier trimestre 1915*, Paris, Gauthier-Villars, 1916.

Lepape, A., "La pression de la lumière", *Revue scientifique (revue rose)*, 1910, pp. 689-692.

Lorentz, H.A., "Considérations élémentaires sur le principe de relativité", *Revue Générale des Sciences*, 1914, vol. 25, pp. 179-186.

Maritain (1), J., "Einstein et la notion du temps", *Revue universelle*, 9, août 1920, pp. 358-364.

Maritain (2), J., "De la métaphysique des physiciens ou de la simultanéité selon Einstein", *Revue universelle*, 9, août 1922, pp. 426-445.

Metz, A., *La relativité, exposé élémentaire des théories d'Einstein et réfutation des erreurs contenues dans les ouvrages les plus notoires*, Chiron, Paris, 1923.

Minkowski, H., "L'espace et le temps", *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 26, 1909, pp. 499-517.

Moch, G., *La relativité des phénomènes*, Paris, 1921.

Morand, M., "Einstein au Collège de France", *La Nature*, 1, 1922, pp. 315-320.

Moreux, Abbé M., *Pour comprendre Einstein!*, Paris, 1922.

Nordmann (1), Ch., "Les idées nouvelles sur les vitesses relatives des diverses vibrations lumineuses dans l'éther intersidéral", *Revue Générale des Sciences*, 1909, vol. 20, pp. 350-361.

Nordmann (2), Ch., "Einstein expose et discute sa théorie", *Revue des Deux Mondes*, tome 9, 1921.

Nordmann (3), Ch., *Einstein et l'Univers, une lueur dans le mystère des choses*, Paris , 1921.

Nutting, P.G., "Nos conceptions actuelles sur l'éther", *Revue Générale des Sciences*, 1912, vol. 23, pp. 573-576.

Painlevé, P., "La mécanique classique et la relativité", note à l'Académie des sciences, 24 octobre 1921, *Revue scientifique (revue rose)*, 21, 1921, pp. 621-622.

Paucot, R., "La durée et la conception einsteinienne du temps", *Revue scientifique (revue rose)*, 1, 1922, pp. 7-17.

Picard, E., "Quelques remarques sur la théorie de la relativité", note à l'Académie des sciences, 24 octobre 1921, *Revue scientifique (revue rose)*, 21, 1921, pp. 622-623.

Planck, M., "Les nouvelles voies des théories physiques", discours inaugural du nouveau Recteur de l'Université de Berlin le 15 octobre 1913, traduit par Chevassus, *Revue scientifique (revue rose)*, 7, 1914, pp. 204-210.

Poincaré (1), L., "Revue annuelle de Physique, VI : Théorie de Lorentz; Electrodynamique des corps en mouvement", *Revue Générale des Sciences*, 1903, vol. 14, pp. 40-41.

Poincaré (2), L., "L'évolution de la physique", *Revue scientifique (revue rose)*, 16, 1906, pp. 481-486.

Pomey, J.B., "Les conférences d'Einstein au collège de France, *Le Producteur*, n° 19, tome 8, juin 1922.

Reichenbach, H., "La signification philosophique de la théorie de la relativité", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 5-61.

Rey, A., "La notion d'objet et l'évolution de la physique contemporaine", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 201-242.

Richard Foy, E., "Le temps et l'espace du sens commun et les théories d'Einstein", *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 94, 1922, pp. 153-200.

Ritz (1), W., "Du rôle de l'éther en physique", *Scientia*, 2, 1908.

Ritz (2), W., "Recherches critiques sur les théories électrodynamiques de Maxwell et Lorentz", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, XXVI, 1908, pp. 209-236.

Rive,(1) L. de la, "Hypothèse sur le mouvement de l'éther dans le voisinage de la Terre", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 40, 1915, pp. 273-277.

Rive,(2) L. de la, "Sur l'interprétation géométrique des équations de la relativité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 43, 1917, pp. 281-284.

Rive,(3) L. de la, "Sur la relativité", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 45, 1918, pp. 251-258.

Rougier, L., "L'inertie de l'énergie", appendice à une réédition de *L'évolution de la matière* de G. Le Bon, *Revue scientifique (revue rose)*, octobre 1917, 20.

Sagnac, G., "La propagation de la lumière à travers les corps en repos et en mouvement", *Revue Générale des Sciences*, 1900, vol.11, pp. 243-249.

Schidlof, (1) A., "Les bases logiques de la théorie de la relativité généralisée", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 3, 1921, pp. 471-487; 569-584.

Schidlof, (2) A., "Les preuves empiriques élémentaires de la théorie de la relativité restreinte", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 4, 1922, pp. 33-342.

Schoute (1), P.H., compte rendu : "Académie des Sciences d'Amsterdam, séance du 26 nov. 1892, Lorentz, H.A.,*Le mouvement relatif de la terre et de l'éther*", *Revue Générale des Sciences*, 1892, vol.3, pp. 838-839.

Schoute (2), P.H., compte rendu : " Académie des Sciences d'Amsterdam, 29 mars 1902, Lorentz, H.A., *La rotation du plan de polarisation des corps en mouvement*", *Revue Générale des Sciences*, 1902, vol. 13, p. 447.

Schoute (3), P.H., compte rendu : "Académie des Sciences d'Amsterdam, 19 avril 1902, Lorentz, H.A., *Considérations sur les théorèmes fondamentaux de la mécanique*", *Revue Générale des Sciences*, 1902, vol 13, p. 703.

Schoute (4), P.H., compte rendu : "Académie des Sciences d'Amsterdam, 27 sept. 1902, Lorentz, H.A., *Les équations fondamentales des phénomènes électromagnétiques dans les corps pondérables, déduites de la théorie des électrons*", *Revue Générale des Sciences*, 1902, vol. 13, p. 1047.

Schoute (5), P.H., compte rendu : "Académie des Sciences d'Amsterdam, 23 avril 1904, Lorentz, H.A., *Les phénomènes électromagnétiques dans un système se mouvant avec une vitesse quelconque , inférieure à celle de la lumière*", *Revue Générale des Sciences*, 1904, vol. 15, p. 524.

Thomson, Sir J.J., "La matière, l'énergie et l'éther, leur structure et leurs relations d'après la physique moderne", discours prononcé à l'ouverture du Congrès de 1909 de l'Association Britannique pour l'Avancement des Sciences, Winnipey, traduction de A. Lepape revue par P. Langevin, *Revue scientifique (revue rose)*, 2, 1910, pp. 34-45.

Vigneron, H., "Les grains d'électricité et la dynamique électromagnétique", *La Nature*, vol. 28, 1912, pp. 46-47.

Willigens, Ch., "Interprétations géométriques du temps universel dans la théorie de la relativité restreinte", *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, 2, 1920, pp. 289-300.

Winter, M., *La méthode dans la philosophie des mathématiques*, Alcan, 1911.

Zarembra, S., "Essai sur la mise au point de la théorie de la relativité", *Scientia*, vol.V, 1922, pp. 341-346.

2.3.4. Bergson et la Relativité, écrits et commentaires.

Bergson, H., *Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein*, Paris, 1922.

Bergson, H., "Les temps fictifs et le temps réel", *Revue de philosophie*, 31, 1924, pp. 241-260.

Guillaume, E., "La question du temps d'après M. Bergson", *Revue générale des sciences*, XXXIII, 1922, pp. 573-582.

Metz, A., "H. Bergson; Durée et simultanéité", in *La relativité, exposé élémentaire des théories d'Einstein et réfutation des erreurs contenues dans les ouvrages les plus notoires*, Chiron, Paris, 1923, pp. 65-75.

Nordmann (1), C., *Notre maître le temps, les astres et les heures. Einstein et Bergson*, Paris, 1924.

Nordmann (2), C., "Einstein ou Bergson", *Atti del V Congresso Internazionale di Filosofia*, Naples, pp. 488-509, 1924.

2.3.5. Einstein, ses écrits en français.

1910 Einstein, A., "Le principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXIX, janv.-fev. 1910, trad. Ed. Guillaume, pp. 5-28 et 125-144.

1914 (1) Einstein, A., "Bases physiques d'une théorie de la gravitation", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVII, 1914, pp. 5-12. (article suivi de celui de Grossmann)
1914 (2) Einstein, A., "Zum Relativitäts-Problem", traduit par Philippi, M.E., "Sur le problème de la relativité", *Scientia*, vol XV, 1914, pp. 337-348/ traduction : supplément pp. 139-150.

1921 (1) Einstein, A., *L'éther et la théorie de la relativité*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1921.

1921 (2) Einstein, A., *La théorie de la relativité restreinte et généralisée*, trad. par Mlle Rouvière, préface d'Emile Borel, Paris, 1921.

1924 Einstein, A., *Quatre conférences sur la théorie de la relativité*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1924, rééd.1980.

1925 Einstein, A, *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, trad. par M. Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1925.

2.3.6. Langevin et la Relativité, ses écrits.

1904 Langevin, P., "La physique des électrons, (rapport présenté au Congrès international des Sciences et Arts à Saint-Louis, le 22 sept. 1904.)", *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol.16, pp. 257-276.

1905 Langevin, P., "*Sur l'impossibilité physique de mettre en évidence le mouvement de translation de la Terre*", Compte rendu de l'Académie des sciences, 1905, 140, 1171.

1911 (1) Langevin, P., "L'évolution de l'espace et du temps", Conférence au Congrès de philosophie de Bologne, 1911, *Scientia*, X, 1911, pp. 31-54.

1911 (2) Langevin, P., "Le temps et la causalité", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1911, p. 455.

1911 (3) Langevin, P, "Le temps, l'espace et la causalité en physique moderne", séance du 19 octobre 1911, exposé de Langevin suivit d'une discussion,*Bulletin de la Société française de Philosophie*, 1912, tome 12, pp. 1-46.

1913 Langevin, P. ,5, "L'inertie de l'énergie et ses conséquences", *Journal de physique*, 1913, 3, 553.

1920 Langevin, P., "Les acpects successifs du principe de relativité", *Bulletin de la société française de physique*, 1920, 138, 5.

1922 Langevin, P., *Le principe de relativité. 1 : La relativité restreinte; 2 : la relativité généralisée*, Paris, 1922.

1923 Langevin, P., *La physique depuis vingt ans*, Doin, Paris, 1923.

2.3.7. Poincaré, ses écrits.

anonyme (1), compte rendu : "Poincaré Henri, *Electricité et optique. La lumière et les théories électrodynamiques* (leçons à la Sorbonne, 1888,1890,1899)",*Revue Générale des Sciences*, 1902, vol. 13, pp. 1200-1203.

anonyme (2), compte rendu : "Académie des Sciences de Paris, 5 juin 1905, Poincaré, H." (communication sur ce qui sera la pression de Poincaré), *Revue Générale des Sciences*, 1905, vol. 16, p. 581.

Guillaume, Ch. Ed., compte rendu : "Poincaré, H., *La valeur de la science*", *Revue Générale des Sciences*, 1906, vol. 17, p. 613.

Lebon, E., *Henri Poincaré : biographie, bibliographie analytique des écrits*, Paris, 1912.

1895 Poincaré, H., "A propos de la théorie de M. Larmor", *L'éclairage électrique*, tome 3, 6 avril 1895, pp. 5-13; tome 3, 18 mai 1895, pp. 289-295; tome 5, 5 octobre 1895, pp. 5-14; tome 5, 8 novembre 1895, pp. 385-392.

1897 Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et les expériences de Zeeman", *L'eclairage électrique*, tome 11, 5 juin 1897, pp. 481-489.

1898 Poincaré, H., "La mesure du temps", *Revue de métaphysique et de morale*, tome 6, pp. 1-13, janv.1898, repris in *La valeur de la science*, chap 2, Flammarion, 1905.

1899 (1) Poincaré, H., "Le phénomène de Hall et la théorie de Lorentz", *C.R. Académie des Sciences*, 6 fév. 1899, tome 28, pp. 339-311.

1899 (2) Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le phénomène de Zeeman", *L'éclairage électrique*, tome 19, 8 avril 1899, pp. 5-15.

1900 (1) Poincaré, H., "La théorie de Lorentz et le principe de réaction", *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, 1900, tome 5, pp. 252-278.

1900 (2) Poincaré, H., "Sur les rapports de la physique expérimentale et de la physique mathématique", conférence au Congrès international de physique de Paris, 1900 ; publiée sous le titre "Les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique" in *Revue Générale des Sciences*, 1900, vol. 11, pp. 1163-1175 ; repris in *La science et l'hypothèse*, chapitre 9 : "Les hypothèses en physique" et 10 : "les théories de la physique moderne", Flammarion, 1902.

1901 Poincaré, H, "A propos des expériences de M. Crémieu", *Revue Générale des Sciences*, 1901, vol. 12, pp. 994-1007.

1902 Poincaré, H, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, 1902, particulièrement les chapitres : 3, "Les géométries non euclidiennes" ; 4, "L'espace et la géométrie" ; 5, "L'expérience et la géométrie" ; 6, "La mécanique classique" ; 7 "Le mouvement relatif et le mouvement absolu" ; 9, "Les hypothèses en physique" ; 10, "Les théories de la physique moderne" et 13, "L'électrodynamique".

1904 Poincaré, H., "L'état actuel de la Physique mathématique", Conférence au Congrès international d'Art et Science de Saint Louis, 1904 ; in *La Revue des idées*, 15 nov 1904, pp. 801-814 ; repris in *La valeur de la science*, chapitre 8 : "La crise actuelle de la physique mathématique", et 9 : "L'avenir de la physique mathématique", Flammarion, 1905.

1905 (1) Poincaré, H., *La valeur de la science*, Flammarion, 1905, particulièrement les chapitres : 2, "La mesure du temps" ; 3, "La notion d'espace" ; 4, "L'Espace et ses trois dimensions" ; 7, "L'histoire de la physique mathématique" ; 8, "La crise actuelle de la physique mathématique" et 9, "L'avenir de la physique mathématique".

1905 (2) Poincaré, H., "Sur la dynamique de l'électron", *C.R. de l'Académie des Sciences*, t. 140, pp 1504-1508, 5 juin 1905 ; reproduit in *La mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, Gauthiers-Villars, 1924.

1906 Poincaré, H.,"Sur la dynamique de l'électron", *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo* , t.21, pp 129-176, 1906 ; reproduit in *La mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, Gauthiers-Villars, 1924.

1908 (1) Poincaré, H., "La dynamique de l'électron", *Revue Générale des Sciences*, t. 19, pp 386-402, 1908 ; repris in *Sciences et méthode*, Livre 3 : "La mécanique nouvelle" ; chapitre 1 "La Mécanique et le Radium" ; chapitre 2 "La Mécanique et l'Optique" et chapitre 3 " La Mécanique nouvelle et l'Astronomie", Flammarion, 1908.

1908 (2) Poincaré, H., *Science et méthode*, Flammarion, 1908 ; particulièrement le chapitre 1 du livre 2 : "La Relativité de l'Espace" et tout le livre 3 : "La Mécanique nouvelle."

1909 (1) Poincaré, H., "La mécanique nouvelle, (sechster vortrag)", conférence faite en français à l'Université de Gottingen le 28 avril 1909 ; in *Sechs Vorträge über ausgewählte Gegenstände aus der reinen Mathematik und mathematischen Physik von Henri Poincaré*, Leipzig und Berlin, B.G.T., 1910, pp. 49-58.

1909 (2) Poincaré, H., "La mécanique nouvelle", Conférence devant l'Association française pour l'Avancement des Sciences, Congrès de Lille, 3 août 1909 ; in *Revue scientifique. (revue rose)*, 7 août 1909, pp. 170-177 ; repris in *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la relativité*, Gauthiers-Villars, 1924.

1909 (3) Poincaré, H., "La mécanique nouvelle", Conférence faite en français le 14 octobre 1910 à l'Université de Berlin, traduite en allemand in *Himmel und Erde*, Leipzig, 30 déc. 1910, pp. 97-116 ; et in *Henri Poincaré : Die neue Mechanik*, Leipzig und Berlin, B.G.T., 1911.

1912 (1) Poincaré, H., "Les rapports de la matière et de l'éther", Conférence du 11 avril 1912 aux séances de Pâques de la Société de Physique de Paris ; in *Le journal de Physique Théorique et appliquée*, t. 2, 1912, pp. 347-360 ; également in *Revue scientifique (revue rose)*, 2, 1912, pp. 33-39 ; repris in *Dernières pensées*, Flammarion, 1913, chapitre 7, même titre.

1912 (2) Poincaré, H., "L'espace et le temps", Conférence du 4 mai 1912 à l'Université de Londres ; in *Scientia*, vol. 12, 1912, pp. 159-170 ; repris in *Dernières pensées*, Flammarion, 1913, chapitre 2, même titre.

1913 Poincaré, H., *Dernières pensées*, Flammarion, 1913 ; particulièrement les chapitres 2 : "L'espace et le temps" ; et 7 : "Les rapports de la matière et de l'éther".

1924 Poincaré, H, *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, préface de Guillaume,E., Gauthier-Villars, 1924.

2.3.8. Poincaré, biographes et commentateurs.

Borel, E., "La relativité de l'espace d'après M. Henri Poincaré", *La Revue du mois*, tome 4, juillet-déc. 1907, pp. 115-118 ; également in *Emile Borel, philosophe et homme d'action*, Gauthier-Villars, Paris, 1967, pp. 75-77.

Boutroux, E., *Henri Poincaré*, Coulommiers, Brodard, 1913.

Cailler, Ch., "Henri Poincaré, le mathématicien et l'astronome", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVIII, 1914, pp. 164-188.

Couturat, L., "Etude sur l'espace et le temps de MM. Lechalas, Poincaré, Delboeuf, Bergson, L. Wéber et Evellin", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1896, p. 646.

D'Adhémar, R., *Henri Poincaré*, Paris, 1914.

Darboux, J.G., *Eloge historique de Henri Poincaré*, Paris, 1913.

Guillaume, Ed., introduction à : *la mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité, par Henri Poincaré*, Gauthier-Villars, 1924 ; réédition Jacques Gabay, 1989.

Humbert, G., "Henri Poincaré", *La Nature*, 1912, vol. 29, pp. 143-144.

Langevin, P., "Henri Poincaré : Le physicien" ; in : *Henri Poincaré. L'oeuvre scientifique. L'oeuvre philosophique*, Paris, Alcan, 1914, pp. 115-202 ; également in *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1913, pp. 675-718 ; et in *La Revue du mois*, 1913, vol.2, pp. 419-463.

Lorentz, H.A., "Deux mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique", *Acta Mathematica*, tome 38, pp. 293-308, 1921.

Nordmann,C., "Henri Poincaré. Son oeuvre scientifique, sa philosophie", *Revue des Deux Mondes*, 11, 1912, pp331-368.

Rive (1), L. de la, "Henri Poincaré, la carrière scientifique", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVIII, 1914, pp. 159-163.

Rive (2), L. de la, "Henri Poincaré, le physicien et le philosophe", *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, XXXVIII, 1914, pp. 189-201.

Volterra, V., "Henri Poincaré, l'oeuvre mathématique", *La Revue du mois*, 1913, vol. 1, p. 147.

2.3.9. Divers.

Guillaume, Ch. Ed., compte rendu : "Duhem, P., *La théorie physique, son objet, sa structure*", *Revue Générale des Sciences*, 1907, vol. 18, pp. 329-332.

Duhem (1), P., "La valeur de la théorie physique, à propos d'un livre récent, (Rey A., *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*)", *Revue Générale des Sciences*, 1908, vol; 19, pp. 7-19.

Duhem (2), P., "Examen logique de la théorie physique", *Revue scientifique (revue rose)*, 24, 1913, pp. 737-740.

Bibliographie.

1 L'enseignement scientifique au début du vingtième siècle.

Belhoste (1), B., "Les caractères généraux de l'enseignement secondaire scientifique de la fin de l'Ancien Régime à la première guerre mondiale", in : *Histoire de l'éducation*, (janv.1989), n° 41, pp. 3-45.

Belhoste (2), B., "L'enseignement secondaire français et les sciences au début du XXème siècle. La réforme de 1902 des plans d'études et des programmes", in : *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII-4, oct.-déc. 1990, pp. 371-399.

Birck, F., "Des instituts annexes des facultés aux écoles nationales supérieures d'ingénieurs, à propos de trois écoles nancéiennes", in *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX-XXème siècles*, Éditions Serpenoise, 1998, pp. 143-202.

Bruneau, Ch., "L'Université de Nancy pendant la guerre de 1914-1918", in *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934, pp. 167-171.

Charle (1), Ch. et Telkes, E., *Les professeurs de la Faculté des sciences de Paris, 1901-1939*, Paris, 1989.

Charle (2), Ch. et Telkes, E., *Les professeurs du collège de France, dictionnaire biographique*, 1901-1939, Paris, 1989.

Charle (3), Ch., "Les professeurs des facultés des sciences en France : une comparaison Paris-province (1880-1900)", in : *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII-4, oct.-déc. 1990, pp. 427-450.

Charle (4), Ch., *La République des universitaires 1870-1940*, Paris, 1994.

Charmasson (1), Th., sous la direction de , *L'histoire de l'enseignement, 19ème et 20ème siècle. Guide du chercheur*, Paris, 1986.

Charmasson (2), Th., Le Lorrain, A. M., Ripa, Y., *L'enseignement technique de la Révolution à nos jours*, Paris, 1990.

Collectif (1), *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934.

Collectif (2), *Facultés des sciences et des lettres, fêtes du centenaire*, Nancy, 1954.

Collectif (3), "L'enseignement scientifique au tournant des XIXème et XXème siècles", *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII-4, oct.-déc. 1990.

Fourcy, A., *Histoire de l'école polytechnique* , 1989.

Gain, A., "L'enseignement supérieur à Nancy de 1789 à 1896", in : *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934, pp. 25-42.

Greffe, J.L., sous la direction de, *Encyclopédie illustrée de la Lorraine, les sciences exactes*, éditions Serpenoise, 1996.

Grelon, A. et Birck, F., sous la direction de, *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX-XX*ème *siècles*, Éditions Serpenoise, 1998.

Huguet, F., *Les inspecteurs généraux de l'instruction publique, 1802-1914*, INRP, 1988.

Hulin, N., "Les doctorats dans les disciplines scientifiques au XIXéme siècle", in : *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII-4, oct.-déc. 1990, pp. 401-426.

Husson, E., "La faculté des sciences de Nancy", in : *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934, pp. 83-122.

Kolb, A., "La bibliothèque de l'Université de Nancy", in : *L'université de Nancy, 1572-1934*, Nancy, Palais de l'Académie, éditions du Pays Lorrain, 1934, pp. 157-166.

Mauss Copeaux, C., *Les étudiants à Nancy, 1890-1913*, mémoire de maîtrise, faculté des Lettres de Nancy, 1969.

Mayeur, F., *Histoire générale de l'éducation et de l'enseignement en France*, sous la direction de Parias L.H. ; vol.3 : *De la Révolution à l'école républicaine*, 1789-1930, Paris, 1981.

Prost A., *Histoire de l'enseignement en France, 1800-1967*, Paris, 1970.

Shinn, T., *L'Ecole polytechnique*, 1794-1914, Paris, 1980.

Telkes, E., "Présentation de la faculté des sciences et de son personnel, à Paris (1901-1939)", in : *Revue d'histoire des sciences*, tome XLIII-4, oct.-déc. 1990, pp. 451-476.

2. Science et guerre.

Digeon, C., *La crise allemande de la pensée française, 1870-1914*, P.U.F., 1959.

Lichtenberger, H., "Le rétablissement de la coopération intellectuelle franco-allemande", *Scientia*, vol.4, 1927.

Schroeder-Gudehus, C., *Les scientifiques et la paix*, Presses Universitaires de Montréal, 1978.

Tolstoï, L., *La guerre et la paix*, 2 vol., Gallimard, 1972.

3 Diffusion des sciences.

Beguet (1), B., "La vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914 : contexte, conceptions et procédés", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, pp. 6-27.

Beguet (2), B., "Le livre de vulgarisation scientifique", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, pp. 50-70.

Benedic, C., "Le monde des vulgarisateurs", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, pp. 30-49.

Bensaude-Vincent (1), B. et Blondel, Ch., "Deux stratégies divergentes de vulgarisation : Georges Claude et Paul Langevin", in : "Vulgariser les sciences (1919-1939),acteurs, projets, enjeux", *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences,* Paris, 1988.

Bensaude-Vincent (2), B. (éd.), "Sciences pour tous", in : *Romantisme,* n°65, 1989.

Bensaude-Vincent (3), B., "Un public pour la science : l'essor de la vulgarisation au XIXème siècle", in *Réseaux,* n°58, mars-avril 1993.

Bourguet, P., "Linformation scientifique, technique et médicale dans l'Est Républicain", in : *L'est Républicain 1889-1989, le quotidien dévoilé,* Nancy, 1990.

Carneiro, F. et Rozet, B., "Quelques aspects de la science dans le roman", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850à1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, pp. 113-128.

Colin, F., "Les Revues de vulgarisation scientifique", in *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990, pp. 71-95.

Colin, F., "Les revues de vulgarisation scientifiques", in : *La science pour tous,* Bibliothèque du CNAM, Paris,1990.

Collectif, *La science pour tous : sur la vulgarisation scientifique en France de1850à1914,* Bibliothèque du CNAM, Paris, 1990.

Denieuil, P.N., "Vulgarisation et société. Analyse de la revue *La science et la vie,* de 1913 à 1938", in : *Culture technique,* n°7, Paris, 1982.

Eidelman, J., "Politique de la science ou politique de l'Esprit? Genèse du Palais de la Découverte", in : "Vulgariser les sciences (1919-1939),acteurs, projets, enjeux", *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences,* Paris, 1988.

Jacobi, D., "Du discours scientifique, de sa reformulation et de quelques usages sociaux de la science", in : *Langue française,* n°64, 1984.

Jeanneret, Y., *Écrire la science, formes et enjeux de la vulgarisation,* Paris, P.U.F., 1994.

Jurdant, B., "La vulgarisation scientifique", in : *La Recherche*, n°53, fév.1975.

Jurdant, B., *Les problèmes théoriques de la vulgaristion scientifique*, thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1973.

Jurdant, B., "Vulgarisation scientifique et idéologie", *Communications*, n°14, 1969.

Laszlo, P., *La vulgarisation scientifique*, P.U.F., "Que sais-je?", 1993.

Lévy-Leblond, J.M., *L'esprit de sel. Science, politique, culture*, Paris, 1984.

Pestre, D., "Les revues de vulgarisation scientifiques en France", in : "Vulgariser les sciences", *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, 1988.

Raichvarg, D. et Jacques, J., *Savants et ignorants, une histoire de la vulgarisation scientifique*, Paris, 1990.

Tesnière, V., "Diffuser la science", in *Le livre et l'historien*, Droz, Paris, 1997.

4 La diffusion de la Relativité.

Biezunski (1), M., *La diffusion de la théorie de la relativité en France*, Doctorat de troisième cycle, Paris 7, 1981.

Biezunski (2), M., "Einstein à Paris", in : *La "Recherche" en histoire des sciences*, Paris, 1983.

Biezunski (3), M., "Einstein's Reception in Paris in 1922", in Glick, Th, (éd.), *The comparative Reception of Relativity*, Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1987, pp. 169-188.

Biezunski (4), M., *Einstein à Paris*, Presses Universitaires de Vincennes, 1991.

Dorling, G., "Approches de l'enseignement de la relativité restreinte", in *Einstein, le livre du centenaire*, Paris 1979, pp. 247-262.

Glick, Th, (éd.), *The comparative Reception of Relativity*, Dordrecht, Reidel Publishing Co, 1987.

Goldberg S., *Understanding Relativity : Origin and Impact of a scientific Revolution*, Boston-Basel-Stuttgart : Birkhäuser, 1984.

Paty, M., "The Scientific Reception of Relativity in France" in Glick, Th, (éd.), *The comparative Reception of Relativity*, Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1987, pp. 113-167.

5. Écrits sur la Relativité, (sauf ceux de Bergson, Einstein, Langevin, Poincaré, et de leurs commentateurs.)

Bachelard, G., *La valeur inductive de la relativité*, Paris , Vrin, 1928.

E.U., "Espace et temps", *Encyclopédia Universalis*, vol 8, 1989, p. 742.

Lombard, Ph., "La théorie de la relativité comme obstacle épistémologique", *Philosophia Scientiae*, vol. 2, Cahier 4, 1997, pp. 31-75.

Metz , A., *Temps, Espace, Relativité*, Paris, Beauchesne, 1928.

Sesmat, A., *Les systèmes privilégiés de la physique relativiste, exposé méthodique et critique des théories d'Einstein*, Paris, 1937.

Tonnelat (1), M.A., *Histoire du principe de relativité*, Paris, 1971.

Tonnelat (2), M.A., "Éther", *Encyclopédia Universalis*, vol 8, 1989.

Tonnelat (3), M.A., "Gravitation", *Encyclopédia Universalis*, vol. 10, 1989.

Walter, A, S, *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la Relativité restreinte, 1905-1915*, thèse de doctorat, Paris VII, 1996.

6 Bergson et la Relativité, écrits et commentaires.

Barreau (1), H., "Bergson et Einstein : à propos de *Durée et simultanéité*", *Etudes bergsoniennes*, vol. 10, pp. 73-234, 1973.

Barreau (2), H., "Bergson et la théorie de la relativité", *Cahiers Fundamenta Scientiae*, n°4, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1974.

Brandes, J., *Die relativistischen Paradoxien und Thesen zu Raum und Zeit, Interpretationen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie*, 2. erw. Auflage - Karlsbad : Verlag Relativistischer Interpretationen, 1995.

Heidseick, F., "Bergson et la physique contemporaine", compte rendu du livre de Milic Capek, *Bergson und Modern Physics*, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1975, pp. 528-540.

Hentschel, K., *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins*, Basel, Boston, Berlin : Birkhauser, 1990.

Tonnelat, M.A., "Bergson et la relativité", in *Histoire du principe de relativité*, Paris, Flammarion, 1971, pp. 280-293.

7 Einstein, sa biographie.

Cuny, M., *Albert Einstein*, Seghers, Paris, 1961.

Frank, Ph., *Einstein, sa vie , son temps*, Paris, 1950.

Hoffman, B., *Albert Einstein, créateur et rebelle*, Seuil, Paris, 1975.

Martin, Ch.N., *Einstein*, Hachette , Paris, 1975.

Merleau-Ponty, J., *Einstein*, Flammarion, Paris, 1993.

Pais, A., *Albert Einstein, la vie et l'oeuvre*, Inter Editions, Paris, 1992.

Paty (1), M., *Einstein philosophe*, PUF, Paris, 1993.

Paty (2), M., *Albert Einstein ou la création scientifique du monde*, Les Belles Lettres, Paris, 1997.

8 Einstein, ses écrits.

Balibar, F., sous la direction de, *Einstein, oeuvres choisies*, 6 vol., Seuil-éditions du CNRS, Paris, 1989-1993.

Einstein, A., *La relativité, la théorie de la relativité restreinte et générale, la relativité et le problème de l'espace*, trad. par M. Solovine, Gauthier-Villars, Paris, 1956, édition Petite Bibliothèque Payot, 1986.

Einstein, A., *Réflexions sur l'électrodynamique, l'éther, la géométrie et la relativité*, trad. par M. Solovine et M.A. Tonnelat, Paris, Gauthier-Villars, 1972.

Einstein, A., *Comment je vois le monde*, Flammarion, 1979.

Einstein et Infeld, *L'évolution des idées en physique*, Flammarion, 1983.

Einstein, A., *Conceptions scientifiques*, Flammarion, 1990.

9 Langevin et la Relativité, écrits et commentaires.

Borella, V., "A propos du paradoxe de Langevin", *Philosophia Scientiae*, vol.1, cahier 1, juin 1996, pp. 64-82.

Cherki, M., Paradoxe des jumeaux : la réponse des horloges atomiques, *La Recherche*, 3, 1972, p 978.

Fleury, P., Kastler, A, Mathieu, J.P., "Langevin (voyageur de)", in *Dictionnaire de physique*, Masson, Eyrolles, Paris, 1991.

Klein, E., "Le paradoxe de Langevin ou le temps du voyage", in *Conversations avec le Sphinx*, Albin-Michel, Paris, 1991, pp 151-162.

Langevin, P., *La relativité, exposés et discussions du centre de synthèse*, Paris 1932.

Levy, E., Jumeaux, paradoxe des, in *Dictionnaire de physique*, PUF, Paris, 1988.

Prokhovnik, S.J., "The Twin Paradoxes of Special Relativity : their Resolutions and Implication", *Foundations of Physics*, 19, 541, 1989.

Tonnelat, M.A., "Les apparents paradoxes de la relativité restreinte", in *Histoire du principe de relativité*, Paris, 1971, pp. 191-226.

10 Poincaré, sa biographie.

Appell, P., *Henri Poincaré*, Paris, 1925.

Bell, E.T., "Poincaré : le dernier savant universel", in *Men of Mathematics*, Paris, 1950, pp. 556-588.

Bellivier, A., *Henri Poincaré ou la vocation souveraine*, Paris, 1956.

Borel, E, "Henri Poincaré", *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 1925, pp. 49-54 ; repris dans : *Emile Borel, philosophe et homme d'action*, Gauthiers Villars, Paris, 1967, pp. 332-338.

Julia, G., "Henri Poincaré-sa vie son oeuvre", *Livre du centenaire de la naissance de Henri Poincaré*, 1854-1912, Paris, 1955, pp. 165-173.

11 Poincaré, ses écrits, rééditions postérieures à 1924.

Poincaré, H., *Oeuvres*, Gauthiers-Villars, 1954.

Poincaré, H., *La science et l'hypothèse*, Flammarion, 1968.

Poincaré, H., *La valeur de la science*, Flammarion, 1970.

Poincaré, H, Science et méthode, *Flammarion*, 1947.

Poincaré, H, *La Mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*, préface de Guillaume,E., réédition Jacques Gabay, 1989.

Rollet, L., *Écrits sur Henri Poincaré*, (bibliographie), publication des ACERHP, Université de Nancy II.

12 Poincaré et la Relativité, les commentateurs.

Atten, M, "Poincaré et la tradition de la physique mathématique française", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 35-44.

Barreau (1), H., "Temps et espace-temps chez Henri Poincaré", *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, 23, 1987, pp. 1-33.

Barreau (2), H., "Poincaré et l'espace-temps ou un conventionnalisme insuffisant", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France,1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 287-298.

Barreau (3), H, "Le concept de physique mathématique dans *La science et l'hypothèse*", *Philosophia Scientiae*, vol. 1, cahier spécial 1, 1996, pp. 29-54.

Brenner, A, "La nature des hypothèses physiques selon Poincaré à la lumière de la controverse avec Duhem", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France,1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 389-396.

Cuvaj,C.,"Henri Poincaré's Mathematical Contributions to Relativity and the Poincaré Stresses", *American Journal of Physics*, n° 12, 36, 1968, pp. 1102-1113.

Darrigol, O., "Henri Poincaré's Criticism of *Fin De Siècle* Electrodynamics", *Stud. Hist. Phil. Mod. Phys.*, vol. 26, 1, 1995, pp. 1-44.

De Broglie (1), L., "Henri Poincaré et les théories de la physique", in : de Broglie, L., *Savants et découvertes*, Paris, Albin Michel, 1951, pp. 45-65.

De Broglie (2), L., "Henri Poincaré et les théories de la physique", *Astronomie*, 68, 1954, pp. 217-229.

De Broglie (3), L., "Henri Poincaré et les théories de la physique", in : *Livre du centenaire de la naissance de Henri Poincaré, 1854-1912*, Paris, Gauthiers-Villars, 1955, pp. 62-71.

Goldberg (1), S., "Henri Poincaré and Einstein's Theory of Relativity", *American Journal of Physics*, 35, n°10, 1967, pp. 934-944.

Goldberg (2), S., "Poincaré's Silence and Einstein's Relativity : the Role of Theory and Experiment in Poincaré's Physics", *British journal for the History of Science*, vol. 5, n°17, 1970, pp. 73-84.

Gray, J., "Poincaré, Einstein, and the Theory of Special Relativity" in *The Mathematical Intelligencer*, vol 17, 1, 1995, Springer-Verlag, New-York, pp. 65-67 et 75.

Guillaume, Ed., introduction à : *la mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité ,par Henri Poincaré*, Gauthier-Villars, 1924, réédition Jacques Gabay, 1989.

Holton (1), G., "On the Thematic Analysis of Science : the Case of Poincaré and Relativity", *Actes X du Congrès internatiopnal d'histoire des sciences*, tome 2, Paris, Hermann, 1962, pp. 797-800 ; également in : *Mélanges Alexandre Koyré*, tome 2, 1964, pp. 257-268.

Holton (2), G. "On the Origins of Special Theory of Relativity" in : Holton, G., *Thematic Origins of Scientific Thought : Kepler to Einstein*, Cambridge, 1973, pp. 165-183.

J.T.,"Poincaré, l'autre père de la relativité", *Sciences et Avenir*, août 1994.

Kamlah, A., "Poincaré's Philosophy of relativity and Geometrical Intuition", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 145-167.

Keswani, G.H. et Kilmister, C.W., "Intimations of Relativity. Relativity before Einstein", *British Journal for the Philosophy of Science*, 4, vol.34, 1983, pp. 343-354.

Lanczos, C., "Lorentz, Poincaré, Einstein, Minkowski", in : Lanczos, C., *Space trough the Ages*, London/New York, Acad. Press, 1970, pp. 230-232.

Leveugle, J., "Poincaré et la relativité", in : *La jaune et la rouge*, 494, (avril 1994), pp. 31-51.

Lichnerowicz, A., "Mathématique et physique : Poincaré et son héritage", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 1-12.

Miller (1), A.I., "A Study of Henri Poincaré's *Sur la dynamique de l'électron*", *Archives for History of Exact Sciences*, 10, 1973, pp. 207-328.

Miller (2), A.I., *Poincaré and Einstein : a Comparative Study*, Department of Physics and Applied Physics, University of Lowell, 1975.

Miller (3), A.I., "On some other Approaches to Electrodynamics in 1905" in : Woolf, H. (éd.), *Some Strangeness in the proportion. A Centenial Symposium to celebrate the Achievements of Albert Einstein*, London/Amsterdam u.a., Addison-Wesley, 1980.

Miller (4), A.I., *Albert Einstein's Special Theory of Relativity : Emergence (1905) and Early Interpretation (1905-1911)*, Reading Mass., Addison-Wesley Publ. Co., Advanced Book Program, 1981, XXVIII-466 p.

Miller (5), A.I., "A precis of Edmund Whittaker's *Relativity Theory of Poincaré and Lorentz*", *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 37, 118, 1987, pp. 81-100.

Miller (6), A.I, "Scientific Creativity : a Comparative Study of Henri Poincaré and Albert Einstein", *Creativity Research Journal*, 45, 1992, pp.385-418.

Miller (7), A.I., "Why did Poincaré not formulate Special Relativity in 1905?", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag; Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 69-100.

Paty (1), M., "Invention et réception d'une nouvelle théorie et tradition scientifique : le cas de la relativité restreinte et des savants français Poincaré et Langevin", *Revista da Siciedade Brasileira de Historia da Ciência*, 2, 1985, pp. 6-21.

Paty (2), M. "Poincaré et le principe de relativité", in *Henri Poincaré, science et philosophie; Congrès international, Nancy, France, 1994*, Greffe, J.L., Heinzmann, G., Lorenz,K. (éd), Berlin : Akademie Verlag, Paris : Blanchard, 1996 ; (Publication des Archives Henri Poincaré) ; pp. 101-143.

Presswood Wright, S., *Henri Poincaré: a Developmental Study of his Philosophical and Scientific Thought*, thèse polycopiée, Harvard University, 1975.

Schaffner, K.F., "Space and Time in Lorentz, Poincaré and Einstein : Divergent Approaches to the Discovery and Development of the Special Theory of Relativity" in : Machamer, P.K./Turnbull, R.G. (éd.), *Motion and Time , Space and Matter : Interrelations in the History of Philosophy of Science*, Ohio State University Press, 1976, pp. 464-507.

Schwartz (1), H., "A Note on Poincaré's Contribution to Relativity", *American Journal of Physics*, 33, 1965, p. 170.

Schwartz (2), H., "Poincaré's Rendiconti Paper on Relativity I-III", *American Journal of Physics*, 39, 1972, pp. 1287-1294 ; 40 , 1972, pp. 962-872, 1282-1287.

Scribner, C., "Henri Poincaré and the Principle of Relativity", *American Journal of Physics*, 32, 1964, pp. 672-678.

Tonnelat, M.A., "Henri Poincaré et le principe de relativité", in Tonnelat, M.A., *Histoire du principe de relativité*, Paris, Flammarion, 1971, pp. 123-129.

Whittaker, E., "The Relativity Theory of Poincaré and Lorentz", in Whittaker, E., *A history of the theories of Aether and Electricity*, vol. 2, London/New-York, 1953, pp. 27-77.

Zahar, E.G., "Poincaré et la découverte du principe de relativité", in : Bouveresse, R., *Karl Popper ou le rationnalisme critique*, Paris, Vrin, 1986.

13 Divers.

Borel, E., *Émile Borel, philosophe et homme d'action*, Gauthiers -Villars, 1967.

Boutaric, A., *Les conceptions actuelles de la physique*, Flammarion, 1936.

Bréhier, E., *Histoire de la philosophie, 3, les XIX et XX ème siècles*, Quadrige, 1994.

Chalmers, A.F., *Qu'est-ce que la science?*, Paris 1987.

De Broglie, L., *Savants et découvertes*, Paris, 1951.

Kuhn, Th. S., *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion1983.

Lalande, A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, P.UF., 1926, Quadrige, 1993.

Leprince-Ringuet, L., sous la direction de , *Les inventeurs célèbres*, Mazenod, 1950.

Lévy-Leblond, J.M., "Physique et mathématique", *Encyclopédia Universalis*, vol. 18, 1989.

Locqueneux, R., *Histoire de la physique*, Que-sais-je? 1980.

Omnès, R., "Physique, les fondements et les méthodes", *Encyclopédia Universalis*, vol. 18, 1989.

Pascal, B., *Pensées*, Garnier Flammarion, 1976.

Paty, M., "Pierre Duhem", *Encyclopédia Universalis*, vol.7, 1989.

Renan, E., *L'Avenir de la science*, Garnier Flammarion, 1995.

Taton, R., *La science contemporaine*, 1, *Le XIX ème siècle*, 2, *Le XXème siècle*, Quadrige, 1995.

Ullmo, J., *La pensée scientifique moderne*, Flammarion, 1969.

Index

comprenant les noms de personnes
figurant dans le corps du texte
et les annexes.

Abraham, H. : 27; 104.
Abraham, M. : 140 à 154; 296 à 298; 340; 343.
Achalme, Dr.: 68.
Adam, Ch. : 401.
Alexandre Ier : 73.
Appell, P. : 36 à 39; 42; 53; 70; 413.
Ascoli, M. : 29 à 32.

Badoureau, A. : 379.
Barreau, H. : 315; 331; 337 à 339; 341.
Barrès, M. : 63.
Beaunier, A. : 70; 83; 84.
Becquerel, J. : 246.
Béguet, B.: 45.
Belhoste, B. : 24; 27; 28.
Bergson, H. : 15; 47; 70; 112; 163; 169; 172; 175; 178; 180 à 184; 229 à 232; 237; 241; 245à 250; 252; 349; 366; 390.
Berr, H. : 54.
Berthelot, M. : 45; 46.
Bichat, E. : 396; 397.
Biezunski, M. : 4; 12; 55; 111; 113; 133.
Birck, F. : 395; 396.
Bismarck, O. von : 63.
Bloch, L. : 107; 156; 300; 301.
Blondel, A. : 413.
Boccardi, J. : 85.
Borel, E. : 3; 30; 54; 81; 82; 104; 112 à 114; 125; 162; 269; 270; 318; 336; 337; 346; 350 à 352.
Bosler, M.J. : 126; 157.
Bourgeois, L. : 397.
Bourget, P. 46.
Boutroux, E. : 47; 77.
Brahé, T. : 230.
Brehme, R.W. : 190.
Brillouin M. : 35; 126 à 134; 136; 137; 140 à 143; 146 à 151; 153; 154; 260; 295 à 297; 343; 357; 358; 363; 379.
Brun, H. : 402.
Brunetière, F. : 45 à 47.
Brunhes, B. : 49.
Bruni, G. : 54.
Brunschvicg, L. : 162; 170; 176.
Bucherer : 143; 340.

Cartan, E. : 398.
Carnot, M.F. Sadi : 397.
Castelnuovo, G. : 109; 116 à 119; 127; 136; 259 à 261; 280; 332; 342; 359.
Chanzy, L. : 413.
Cohen, E. : 121; 122.
Colson : 38.
Comte, A. : 46.
Coriolis, G. : 286; 291.
Costa de Beauregard, O. : 331.
Crémieu, V. : 379.
Croze, F. : 413.
Cuénot, L. : 399.

Darbon., A. : 47.
Darboux, G. : 27.
Darlu, A. : 162; 168; 170; 176 à 178; 209; 210.
Dastre, A. : 69.
Descartes, R. : 70; 81.
Deschanel, P. : 69.
Destouches, J.L. : 315.
Digeon, C. : 62; 63.
Dionisi, A. : 54.
Doppler, Ch. : 237; 241.
Dorling, G. : 188 à 190.
Duhem, P. : 13; 47; 53; 70 à 83; 314; 315; 317; 389.
Durkheim, E. : 70.
Duruy, V. : 22; 34.
Dutour : 402.

Eddington, Sir A.S. : 4; 51; 150; 157; 413.
Ehrenfest, P. : 150.
Einstein, A. : 3 à 6; 10; 16; 55; 95; 100; 103; 105; 106; 107; 109; 113; 114; 118; 119; 121; 122; 124; 128; 129; 131; 136; 137; 139; 140 à 144; 146; 147; 149; 150 à 154; 156; 157; 163; 164; 167; 173; 180 à 183; 186 à 188; 191; 192; 194 à 199; 202; 203; 205 à 207; 211; 215 à 218; 220; 221; 223 à 227; 230 à 232; 234; 235; 241 à 243; 246; 260; 266; 270; 272 à 274; 279; 281 à 286; 288; 289; 292; 298; 304; 307; 310; 323; 324; 325; 329; 330; 333; 338 à 343; 347; 348; 350 à 361; 363; 366 à 372; 374 à 376; 380 à 385; 387 à 389; 390; 413.
Enriques, F. : 54.

Fayolle : 402.
Ferry, J. : 25.
Fichte, J.G. : 33; 63.
Figuier, L. : 48.
Fitzgerald, G. F. : 129; 306.
Flammarion, C. : 48.
Fizeau, H. : 219; 283; 325; 326; 330à 333.
Foucault, L. : 286; 287; 292; 307.
Fournier d'Albe : 303.
France, A. : 63.
Fresnel, A. : 118; 331; 333.
Fustel de Coulange, N.D. : 63.

Galilée, G. : 175.
Ganot : 412.
Gargantua : 270.
Giardina, A. : 54.
Goethe, J.W. von : 63.
Graffigny, H. de : 48.
Grau, G. : 86.
Gray, J. : 346.
Greffe, J.L. : 395.
Grignard, V. : 66.
Grossmann, M. : 139; 147.
Gruner, P. : 105.
Guillaume, Ch. Ed. : 53, 61.
Guillaume, Ed. : 15; 111; 139; 169; 172; 175; 178; 180; 184; 250 à 252; 341; 346 à 349; 354; 363; 387; 413.
Gulliver : 270.

Hadamard, J. : 312; 319; 331.
Hafele : 175.
Hagenbach, A. : 139.
Hale, G. : 413.
Haller, A. : 396; 397.
Hannequin, A. : 47.
Harress : 307.
Hegel, G.W.F. : 33.
Herder, J.G. : 63.
Hertz, H. : 283.
Houllevigue, L. : 306.
Hugo, V. : 63.
Husson, E. : 394; 400.
Huygens, Ch. : 399.

Jeanneret, Y. : 8.

Kant, E. : 33; 63.
Kaufmann : 340.
Kelvin, lord, Thomson, sir W. : 61.
Kolb, A. : 405.
Kuhn, Th. S. : 313.

Lalande, A. : 257; 262; 311 à 313; 321.
Langevin, P. : 4; 6; 9; 14; 15; 30; 32; 33; 53; 54; 56; 95; 100; 104; 109; 117 à 119; 123; 126; 127; 131; 136; 162; 164; 166; 169; 170 à 180; 184; 192; 203 à 212; 234 à 241; 243 à 245; 252 à 254; 262 à 266; 271; 277; 287; 289 à 292; 303; 342; 354 à 356; 359 à 361; 363; 382; 386; 394.
Langlois, Ch.V. : 29.
Larmor : 326.
Laue, Dr. : 121.
Launay, L. de : 301.
Leblanc, M. : 413.
Lecornu, L. : 413.
Léméray, E. M. : 55; 120 à 122; 136; 342; 358; 359.
Léon, X. : 115; 162; 164.
Leprince-Ringuet, F. : 401; 402.
Leudet, M. : 69.
Leveugle, J. : 347; 353.
Lévy-Leblond, J.M. : 50; 167; 316.
Leygues, G. : 25.
Lippmann, G. : 30; 39; 379.
Littré, E. : 46.
Livet, G. : 395.
Lodge, O. : 303; 305; 306.
Lorentz, H.A. : 16; 53; 54; 105 à 107; 112; 113; 121; 124; 129; 135; 136; 143; 144; 154; 164; 196; 198; 218; 219; 261; 270; 282; 283; 288; 292; 294; 299; 302; 303; 306; 307; 323; 326; 327; 329; 333; 337; 340; 341; 343; 352; à 355; 357 à 361; 363; 370.
Luther, M. : 33; 63.

Mach, E. : 150; 167.
Malval, J. : 409.
Marchis : 413.
Maritain, J. : 276; 365 à 375; 390.
Marotte, M : 30.
Maurras, Ch. : 63.
Maxwell, J.C. : 106; 107; 192; 258; 283; 370.
Mayeur, F. : 38.
Mendeleiev, D.I. : 305.
Metz, A. : 246.
Meyerson, E. : 47; 167.
Michelson, A. : 106; 129; 131; 134; 152; 189; 215; 326.
Mie, G. : 147.
Milhaud, G. : 47; 162 à 164.
Miller, A.I. : 144; 294; 337.
Millerand, E. : 402.
Minkowski, H. : 6; 108; 109; 118; 122; 124; 136; 146; 154; 164; 171; 190; 205; 236; 238; 256; 264; 274; 276; 348; 352; 360 à 362.
Molk, J. : 398.
Morand, M. : 242; 244.
Moreux, abbé Th. : 48; 229; 230.
Morley, Ed. W. : 106; 189.

Newton, I. : 261; 283; 325.
Nordmann, Ch. : 42; 48; 65; 83; 87; 88; 242; 298.
Nordström, G. : 147.
Nutting, P.G. : 123; 303.

Olivier, L. : 53; 54.
Ollivier, H. : 120.
Omnès, R. : 314; 316.
Otlet, P. : 59; 90.

Painlevé, P. : 49; 87; 179; 180; 241; 243; 413.
Pascal, B. : 71; 72; 271.
Pasteur, L. : 33; 34.
Paty, M. : 4; 310; 311; 317; 337; 372.
Péguy, Ch. : 63.
Perrier, E. : 49.
Perrin, J. : 49; 54.
Perrin (?) : 177; 178.
Petit, doyen : 401; 402.
Petit, G. : 69;
Pfuhl : 73.
Picard, E. : 69.
Pogany, B. : 307.
Poincaré, H. : 4; 9; 13 à 16; 30; 31; 47; 49; 54; 61; 100; 106; 107; 112; 113; 119; 121; 124; 132; 133; 143; 144; 152; 154; 157; 164; 166; 177; 186; 213; 215 à 232; 256; 257; 267 à 276; 280 à 282; 292 à 295; 299; 301 à 303; 307; 314; 315; 318 à 330; 332 à 337; 339 à 341; 347 à 363; 370; 379 à 389; 413.
Poincaré, L. : 30; 31; 60; 70.
Poincaré, R. : 46.

Raleigh, Lord : 131.
Reichenbach, H. : 365; 367; 372 à 374.
Renan, E. : 33; 46; 48; 62; 72.
Renard, Ch. : 413.
Rey, A. : 13; 47; 162; 164; 166 à 168; 361.
Ribot, A. : 24; 25.
Riemann, B. : 275.
Rignano, E. : 54.
Ritz, W. : 106; 107; 300.
Rive, L. de la : 304.
Roche : 413.
Rogers, E. M. : 189.
Rolland, R. : 63.
Rouvière, J. : 114; 413.
Roy, Éd. le, 47; 162; 163; 169; 178; 179; 208.

Sabatier, P. : 66.
Sagnac, G. : 306; 307.
Sainte Claire Deville, H. : 34.
Schroeder-Gudehus, C. : 68.
Serres, M. : 305.
Smith, J.B. : 122.
Solovine, M. : 282; 413.
Sommerfeld, A. : 136.

Taine, H. : 46; 63.
Taton, R. : 58.
Thuillier, P. : 46.
Tissandier, G. : 48.
Tolstoï, L. : 73.
Tonnelat, M.A. : 247; 249; 252; 287; 337; 363.
Tourtel, A. : 400.
Trouton, F.Th. : 131.

Verne, J. : 236.
Vigneron, H. : 123; 342.
Volterra, V. : 124; 125.

Walter; 101; 108; 274; 362.
Wendel, F. de : 402.
Whittaker, E. : 346.
Wiechert, E. : 298.
Wien, W. : 379.
Winter, M. : 108; 115; 162.
Witz : 413.
Wundt, W. : 86.
Wurtz, Ch. A. : 34.

Zola, É. : 63.

Table des matières.

Introduction 2

Première partie : Le contexte

Chapitre 1 : L'enseignement scientifique au début du siècle 19
1- Enseignement scientifique et humanités classiques 21
2- La réforme de 1902 24
3- Les conférences du Musée pédagogique 28
4- L'enseignement scientifique supérieur 33
5- "La place de la science dans les bibliothèques françaises" 39
6- Un questionnement fertilisant 42

Chapitre 2 : Quels médias pour quels publics? 44
1- La science en question 45
2- La vulgarisation à un tournant de son histoire 48
3- Relativité et vulgarisation 49
4- Les médias 51
5- Les publics 55

Chapitre 3 : La science au service de la patrie 57
1- Avant la guerre 59
2- De la science universelle à la science nationale 62
3- Pierre Duhem et la science allemande 71
4- Le Ministère des inventions 87
5- Renouer le dialogue 89
7- L'Allemagne paiera 95

Deuxième partie : Les rythmes

Chapitre 4 : Les premières étapes de la diffusion de la Relativité, 1905-1914 99
1- Les prémices 102
2- 1910, Einstein s'explique en français 109
3- Les années cruciales, 1911 et 1912 115
4- Les premiers débats, l'année 1913 124

5- La transition, l'année 1914 135

Chapitre 5 : Diffusion et généralisation, à partir de 1914 138
1- Le sceptique Brillouin 141
2- Le "redoutable Abraham" 143
3- Les Relativités d'Einstein 149
4- La Relativité étendue à la gravitation 154

Troisième partie : La dialectique de l'appropriation

Chapitre 6 : La Société française de philosophie
et la Relativité 160
1- La volonté de comprendre 161
2- Où est Poincaré? 164
3- Relativité et relativisme 166
4- Méta-référentiel ou Univers? 169
5- Temps propre et temps relatif 172
6- Temps physique et temps physiologique 175
7- L'intuition du temps et la Relativité 181

Chapitre 7: La relativité de la simultanéité 185
1- Les pédagogies de la Relativité 187
2- Comment Einstein expose sa théorie,
de l'article original à sa formulation pour le profane 191
3- Quelques arguments critiques
quant à l'établissement de la relativité de la simultanéité 199
4- La Relativité exposée par Langevin 204
5- Nouveaux malentendus 208
6- Un saut épistémologique 211

Chapitre 8 : Le temps selon Poincaré et Einstein 214
1- Temps et convention 215
2- Deux définitions du temps 218
3- Réflexions dévoyées 227

Chapitre 9 : Le temps de Langevin, Bergson et Guillaume 233
1- Naissance d'une expérience de pensée 234
2- Cette expérience est-elle paradoxale? 241

3- Le cas Bergson, un malentendu 245
4- Paradoxe et diffusion, un mauvais ménage 253

Chapitre 10 : La relativité de l'espace 255
1- Qu'est-ce que l'espace? 256
2- L'éther n'est pas l'espace 259
3- Espace absolu et espace relatif 261
4- L'espace selon Poincaré 267
5- La quatrième dimension 274

Chapitre 11 : Un éther peu volatil 278
1- Milieu ondulant et/ou espace absolu? 279
2- L'éther, une habitude de pensée
ou une nécessité théorique? 289
3- La fin de l'éther, pourquoi pas? 299
4- L'éther malgré tout 305

Chapitre 12 : Principe ou théorie 309
1- Principe et théorie selon les philosophes 312
2- Physique mathématique, physique théorique et
physique expérimentale 314
3- Poincaré et la physique des principes 319
4- Poincaré et le principe de Newton 325
5- Poincaré et l'expérience de Fizeau 330
6- Poincaré et le principe de relativité 334
7- Du principe à la théorie de la relativité 341

Chapitre 13 : Enquête en paternité 345
1- Guillaume et Borel 347
2- Lorentz 352
3- Langevin 354
4- Du vivant de Poincaré, ou presque 356

Chapitre 14 : Relativité et image du monde 364
1- La critique de Maritain 365
2- Deux réalismes 371
3- La réponse de Reichenbach 372
4- Iconoclaste Relativité 375

Conclusion 378

Annexes

Annexe I : L'enseignement scientifique à Nancy
au début du vingtième siècle 393
1- Les débuts timides, 1854-1895 395
2- L'essor de l'enseignement scientifique à Nancy avant 1914 396
3- La création de l'École des Mines 401

Annexe II : La Bibliothèque municipale
et la littérature scientifique 404
1- Bibliothèque municipale et
Bibliothèque universitaire à Nancy 405
2- Le prêt au dehors 407
3- Les emprunteurs 409
4- Les demandes d'acquisition 410

Sources et bibliographie

Avertissement 415

Sources 416

1-Archives

1.1 Archives de la Bibliothèque municipale de Nancy 417

1.2 Archives départementales de Meurthe-et-Moselle 417

2-Sources imprimées

2.1 Périodiques dépouillés systématiquement 418

2.2 Périodiques dépouillés par sondages 419

2.3 Articles et ouvrages 420
2.3.1 L'enseignement scientifique
au début du vingtième siècle 420
2.3.2 Science et guerre 422
2.3.3 Écrits sur la Relativité (sauf ceux de Bergson,Einstein,
Langevin et Poincaré) 424
2.3.4 Bergson et la Relativité, écrits et commentaires 431
2.3.5 Einstein, ses écrits en français 432
2.3.6 Langevin et la Relativité, ses écrits 432
2.3.7 Poincaré, ses écrits 433
2.3.8. Poincaré, biographes et commentateurs 435
2.3.9 Divers 436

Bibliographie : 437

1-L'enseignement scientifique
au début du vingtième siècle 438
2-Science et guerre 439
3-Diffusion des sciences 439
4-La diffusion de la Relativité 441
5-Écrits sur la Relativité (sauf ceux de Bergson,Einstein,
Langevin et Poincaré) 442
6-Bergson et la Relativité, écrits et commentaires 442
7-Einstein, sa biographie 442
9-Einstein, ses écrits 443
7-Langevin et la Relativité, écrits et commentaires 443
10-Poincaré, sa biographie 444
11-Poincaré, ses écrits (rééditions postérieures à 1924) 444
12-Poincaré et la Relativité, les commentateurs 444
13-Divers 447

Index des noms de personnes 449

Table 453