

INTRODUCTION

On parle rarement de Jules Henri Poincaré comme d'un physicien. Les articles qui lui sont consacrés dans les encyclopédies le définissent comme *un mathématicien français, théoricien de l'astronomie et philosophe*, ou comme *mathématicien et penseur*. À ses obsèques, Jules Clarétie utilisa les termes *mathématicien, géomètre, philosophe et homme de lettres*. Les travaux de physique de Poincaré semblent plus ou moins éclipsés par sa renommée de mathématicien. E. T. Bell dans son célèbre ouvrage *Hommes de mathématiques*, reconnaît en Poincaré le *dernier universaliste*. Quant au *Dictionary of Scientific Biography*, qui avait confié la rédaction de la notice sur Poincaré au mathématicien très influent Jean Dieudonné, il résume ainsi son œuvre mathématique : « Poincaré, génie égal à Gauss, et aussi universel. Il a dominé toutes les mathématiques de son temps », mais passe rapidement sur les travaux de Poincaré en physique avec cette unique phrase : « De nombreux physiciens considèrent que Poincaré partage avec Lorentz et Einstein le crédit de l'invention de la théorie de la relativité restreinte ». La richesse de l'œuvre mathématique de Poincaré est exceptionnelle et peut être en effet comparée à celle de Carl Friedrich Gauss ou de David Hilbert. Émile Picard dit de Poincaré « qu'il ne fut pas seulement un grand

mathématicien, mais la mathématique elle-même » et ajoute qu'« en mathématiques pures sa puissance d'invention fut prodigieuse, et que l'on reste confondu devant la maîtrise avec laquelle il savait forger l'outil le mieux approprié à toutes les questions qu'il attaquait. » Mais si Gauss est célèbre comme mathématicien, il l'est tout autant comme physicien, en particulier parce qu'il a laissé son nom à un fameux théorème d'électrostatique (théorème de Gauss qui deviendra dans un contexte élargi l'équation de Maxwell-Gauss) ainsi qu'à une unité de mesure (unité de champ magnétique). Hilbert est également bien connu pour sa contribution à la formalisation de la mécanique quantique (espace de Hilbert), par contre Poincaré en tant que physicien reste assez largement méconnu. Sans doute serait-il plus célèbre s'il avait reçu le prix Nobel de physique, mais il ne l'a pas obtenu ; probablement parce que le jury Nobel de l'époque était peu versé en physique théorique et que l'erreur, en ce domaine aussi, est humaine (Poincaré est toutefois le physicien qui a reçu le plus de nominations au Nobel jusqu'en 1912, année de sa mort). Poincaré serait également mieux connu comme physicien si les transformations de Lorentz (comme il les a lui-même baptisées) s'étaient appelées transformations de Poincaré (comme cela aurait été tout aussi légitime)¹. Oui, Poincaré a été un physicien de premier plan et ses dons mathématiques lui permettaient de se concentrer sur le fond des choses en physique, car la formalisation ne lui posait aucun problème. Pour Poincaré, les mathématiques et la physique sont des sciences complémentaires. Il écrit en 1905, dans *La valeur de la science* :

1. Il serait judicieux d'appeler ces transformations, *transformations de Lorentz-Poincaré*, ce qui aurait le mérite supplémentaire de reconnaître le rôle essentiel de ces deux auteurs dans le développement de la théorie de la relativité.

La physique mathématique et l'analyse pure ne sont pas seulement des puissances limitrophes, entretenant des rapports de bon voisinage : elles se pénètrent mutuellement et leur esprit est le même.

Les talents mathématiques de Poincaré et son pouvoir de concentration lui permettaient, disait Paul Langevin :

[de voir] les moindres fautes de raisonnement aussi rapidement que nous corrigeons les fautes d'impression.

Poincaré qui vécut de 1854 à 1912, domina la science française pendant trente ans. André Bellivier écrit dans : *Henri Poincaré ou la vocation souveraine* :

Dès la trentième année, Henri Poincaré connaissait une gloire qui dépassait les frontières et qu'une production intense entretenait et exaltait. Depuis le mémoire « Sur les propriétés des fonctions définies par les équations différentielles », paru en 1878 au Journal de l'École Polytechnique, jusqu'à la veille de son élection à l'Académie des Sciences (1887), il avait donné cent deux communications ou ouvrages ; et à la fin de sa vie, on en a dénombré quatre cent quatre-vingt-onze.

L'œuvre de Poincaré est très importante et, en physique, il a couvert la totalité des domaines de cette discipline, comme on le verra, pensons-nous, dans le cours de ce petit livre. Poincaré était un physicien théoricien pur, comme Lorentz, Planck ou Larmor : « H. Poincaré, s'il était au courant de toutes les expériences des physiciens, ne faisait aucune expérience lui-même. Il se plaçait au point de vue mathématique le plus élevé, rapprochant les unes des autres les théories et prévoyant même des résultats d'expérience » a écrit Paul Appell. Émile Boutroux ajoute de son côté : « Comme il avait bouleversé l'astronomie avec

ses méthodes d'analyse, sans sortir de son cabinet, ainsi ses travaux en physique furent une sorte de revanche des mathématiques et de la théorie, sur la physique qui ne voulait être qu'expérimentale. » Poincaré définit lui-même dans son introduction de *La science et l'hypothèse* la méthode utilisée par la physique :

La méthode des sciences physiques repose sur l'induction qui nous fait attendre la répétition d'un phénomène quand se reproduisent les circonstances où il avait une première fois pris naissance. Si toutes ces circonstances pouvaient se reproduire à la fois, ce principe pourrait être appliqué sans crainte : mais cela n'arrivera jamais ; quelques-unes de ces circonstances feront toujours défaut. Sommes-nous absolument sûrs qu'elles sont sans importance ? Évidemment non. Cela pourra être vraisemblable, cela ne pourra pas être rigoureusement certain. De là le rôle considérable que joue dans les sciences physiques la notion de probabilité.

Pour mieux cerner l'apport de Poincaré à l'édifice de la physique, nous avons cité le plus souvent possible ses propres textes mais en replaçant ses travaux dans la vision actuelle de la physique et dans la chronologie des découvertes de l'époque. On voit ainsi le modernisme et l'importance de ses publications qui étaient pourtant toutes considérées en 1912 comme de simples contributions à diverses théories émergentes. La relativité restreinte, par exemple, n'était pas estimée alors comme une théorie importante et tout à fait crédible. Ce n'est que vingt ans plus tard que cette théorie a été l'objet d'une immense curiosité et qu'Einstein, seul survivant des premiers créateurs de ladite théorie, Lorentz, Poincaré et Minkowski étant décédés, est devenu extraordinairement célèbre. Nous indiquons dans le chapitre 1 la synthèse, faite

par Poincaré lui-même, de ses principales contributions à la physique, avant, dans les chapitres suivant, de les analyser un peu plus en détail : Les équations de la physique mathématique (chapitre 2) ; la mécanique (le célèbre problème des trois corps et son introduction de la notion de chaos en physique (chapitre 3) ; l'électromagnétisme (chapitre 4) ; la relativité (chapitres 5 à 9) ; la thermodynamique (chapitre 10) ; les quanta (chapitre 11) ; la radioactivité (chapitre 12). Poincaré possédait une vaste culture en histoire des sciences (chapitre 13) et a publié plusieurs ouvrages de philosophie des sciences. Nous n'en citerons dans cette introduction que cette seule phrase tirée de *Science et méthode* :

Le savant n'étudie pas la nature parce que cela est utile ; il l'étudie parce qu'il y prend plaisir et il y prend plaisir parce qu'elle est belle. Si la nature n'était pas belle, elle ne vaudrait pas la peine d'être connue, la vie ne vaudrait pas la peine d'être vécue [...]

On trouvera finalement à la fin du livre (chapitre 15) d'assez larges extraits de l'*Éloge historique d'Henri Poincaré*, que son ami mathématicien Gaston Darboux a prononcé à l'Académie des Sciences deux ans après sa mort et qui constitue une biographie particulièrement autorisée puisque rédigée par un homme qui le connaissait depuis sa jeunesse. Le texte de Darboux fait, en quelque sorte la synthèse de la vie et des travaux de Poincaré tels qu'ils apparaissent aux yeux de ses contemporains. Les extraits que nous avons choisis élargissent ainsi l'éclairage spécifique de notre ouvrage dans lequel nous nous limitons aux contributions de Poincaré aux sciences physiques. Il nous paraît toutefois utile de donner, en introduction, les principales étapes de sa vie afin de mieux mettre en relief le contexte de son œuvre de physicien.

Poincaré a révélé très tôt des dons exceptionnels. Gaston Darboux¹ rapporte qu'« il ne lisait pas deux fois le même livre, mais il le lisait de telle sorte que le livre était comme gravé dans sa mémoire. Il était toujours en mesure de dire à quelle page et à quelle ligne il avait vu telle ou telle chose. » Poincaré se distingue au lycée par des bonnes notes, surtout en histoire et en géographie. Il obtient ses deux bacs avec mention en 1871. Il poursuit ses études dans le même lycée et entre en mathématiques élémentaires en novembre 1871 où il est premier de sa classe. Il obtient en août 1872 le Prix d'honneur de mathématique au concours général, puis s'inscrit en novembre 1872 en mathématiques spéciales. Là, son professeur, Elliot, excédé par ce taupin qui se contente de quelques signes sur un papier de hasard, l'envoie au tableau et, à sa grande surprise, Poincaré refait le cours séance tenante. Elliot, dira à un de ses amis au sujet de cet élève exceptionnel : « j'ai dans ma classe un monstre de mathématiques. » Au Concours général de mathématiques spéciales d'août 1873 Poincaré obtient la plus haute note de toute la France ainsi qu'une mention spéciale des examinateurs. Il se présente aux concours d'entrée de l'École Normale (où il ne sera reçu « que cinquième » à cause de l'épreuve de géométrie descriptive) et de l'École Polytechnique. Son camarade Paul Appell nous en relate les circonstances² :

Après le concours de l'École Normale, nous revînmes à Nancy, faire des compositions écrites pour l'École Polytechnique, du 4 au 6 août 1873. Nous trouvâmes la ville dans l'allégresse ; des drapeaux partout, à toutes les maisons, à toutes les voitures, jusqu'aux charrettes des laitiers et des maraîchers ; les

1. G. Darboux, *Éloge historique d'Henri Poincaré*, Mémoires de l'Académie des Sciences, tome 52, p. LXXXI-CXLVIII, Paris, 1914.

2. Paul Appell, *Henri Poincaré*, Librairie Plon, 1925.

troupes allemandes venaient de partir, et précisément pendant une composition de dessin, l'avant-garde de l'armée française fit son entrée à Nancy. Jour de joie et de délivrance, bien mélancolique pour les Alsaciens qui pensaient que la libération du territoire français allait s'arrêter, pour longtemps peut-être, aux Vosges. Poincaré, rendu nerveux par l'émotion, avait particulièrement mal réussi son lavis, il avait collé sa feuille de papier trop vite, puis étendu trop rapidement les couches d'encre de Chine successives, avant que les précédentes fussent sèches. Il avait hâte de rejoindre, à l'Hôtel de ville, sa famille qui attendait l'arrivée des troupes françaises sur la place Stanislas.

De ce fait, Poincaré obtient tout d'abord la note éliminatoire de zéro à cette épreuve. Abel Transon, examinateur d'entrée, rapporte : « Nancy présente un candidat bien remarquable. C'est Poincaré. Mais nous sommes bien embarrassés. Il a un zéro pour le dessin et le zéro est éliminatoire. Pour le reste il est absolument hors de pair. S'il est reçu, il sera premier ; mais sera-t-il reçu ? » Poincaré, qui obtient 20 à l'épreuve écrite de mathématiques, reçoit également la note de 20 aux deux épreuves orales de mathématiques (ainsi que 19 en physique et 18 en allemand). Le jury lui accorde finalement la note de 1 en lavis et... Poincaré est reçu premier. Admis à l'École Normale et à l'École Polytechnique, Poincaré opte, sur les conseils de son oncle Antoine, pour cette dernière. Les habitudes de Poincaré à Polytechnique surprennent. Paul Appell en fait la description suivante :

Poincaré ne prenait pas de notes et écoutait les bras croisés ; il n'étudiait guère les feuilles [rédigées par les professeurs] ; il avait néanmoins aux interrogations des points qui le classaient premier. Quelquefois, aux

récréations, il se promenait dans la cour de l'École, en tenant par le bras deux de ses camarades, mais sans se mêler à la conversation et sans prendre part aux discussions si vives à cette époque ; d'autres jours, il marchait seul en faisant, suivant une habitude invétérée, tourner l'anneau de son trousseau de clefs autour de l'index de sa main droite. C'est, également, en se promenant dans la salle d'études ou dans les couloirs et en faisant tourner ses clefs, qu'il repassait les cours entendus et les articles lus.

Parmi les professeurs de l'École Polytechnique, Charles Hermite¹ est celui qui a exercé la plus grande influence sur Poincaré. Un jour où le grand mathématicien est malade, son adjoint Laguerre fait cours. Il s'en suit une anecdote rapportée par Poincaré lui-même² :

Une fois, Hermite était malade et Laguerre nous faisant l'amphi nous fit une certaine question. Mais comme il écrit très mal à la planche je n'avais pas pu prendre de notes. Je ne m'en occupai plus pendant quelques jours ; mais un jour un cocon [étudiant] vint me demander un gigon d'explic. (sic) sur ce sujet. Je lui répondis que je n'avais pas pris de notes, mais que j'allais lui reconstituer la démonstration de Laguerre. Je la reconstituai donc ou crus la reconstituer, ayant cependant des inquiétudes sur un certain L qui était la seule note que j'avais prise et que je n'avais pu introduire dans ma démonstration. Le soir on appelle le

1. Charles Hermite (1822-1901) démontre la transcendance du nombre e et résout l'équation du 5^e degré. On lui doit également la notion « d'espace hermitien » qui trouvera d'importantes applications en mécanique quantique. Il sera professeur à Polytechnique (1869-1876), à l'École Normale Supérieure, à la Sorbonne ainsi qu'au Collège de France.
2. Lettre de Poincaré à sa mère, datant sans doute de mars 1874, citée par A. Bevilhier, *ibid.*