

Henri Poincaré en la història de la relativitat

Xavier Roqué

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències, UAB

El científic sol contemplar el passat de la seva disciplina des de la talaia del present, sense fer gaire esment de les distorsions de perspectiva de tota mena que solen interessar l'historiador. Thomas S. Kuhn va dedicar un capítol del seu clàssic *La estructura de les revolucions científiques* (1962) a aquesta forma de presentisme històric. A «La invisibilitat de les revolucions», Kuhn va argumentar que, en part per necessitat didàctica, el científic tenia una tendència persistent a veure la història de la ciència com una empresa lineal i acumulativa. Més recentment, Simon J. Schaffer ha observat que les històries de descobriments tendeixen a reduir la complexitat d'aquests episodis a un moment únic amb un protagonista singular: «A complex enterprise, accessible to historical and sociological understanding, generates objects which are then labelled as discoveries. Subsequently, the story of that process is rewritten. The lengthy enterprise is telescoped into an individual moment with an individual author» (SCHAFER, 1986, p. 397; GALISON, 1983).

En el cas de la relativitat especial, el moment és 1905 i l'autor singular Albert Einstein. L'obra d'Einstein és de fa temps el patró de mesura que permet de calibrar les «contribucions» a la relativitat dels científics que, simultàniament i independent, van reflexionar sobre la naturalesa de l'espai i el temps, l'existència de l'èter o la possibilitat del moviment absolut. Jules Henri Poincaré (1854–1912) és el científic que més cops ha estat sotmès a aquest examen retrospectiu, amb resultats discordants. El físic Enrico Gianetto afirmava en un treball recent (GIANETTO, 1998, p. 171) que Poincaré «és sens dubte l'autèntic creador de la relativitat especial», fent-se ressó, així, de la cèlebre proposta d'Edmund Whittaker, que el 1953 ja va descriure la relativitat especial com «la teoria de la relativitat de Poincaré i Lorentz» (WHITTAKER, 1953).¹ Són més els qui, en canvi, troben que Poincaré va fer curt; un d'ells, A. I. Miller, convençut de la

¹ Vegeu, en la mateixa línia, AUFRAY (1999), o els treballs, més matisats, d'Elie ZAHAR (1983, 1991, 2001).

singularitat i rellevància de l'aportació d'Einstein, ha contribuït a un volum col·lectiu sobre Poincaré amb un text prou eloqüent: «Per què Poincaré no va descobrir la relativitat especial». Entre totes dues lectures, J. M. Sánchez Ron concloïa el 1983 una cuidadosa revisió del debat amb l'afirmació que el matemàtic francès «no va formular [la teoria de la relativitat] amb la claredat i brevetat d'Einstein» (SÁNCHEZ RON 1983, p. 53).

L'avaluació del paper de Poincaré en la gènesi de la relativitat ha generat, així, una controvèrsia menor. Menor perquè ningú no dubta que Poincaré té un lloc en la història de la relativitat: independentment d'Einstein, va admetre la impossibilitat de posar de manifest el moviment absolut i va reconèixer la relació entre la covariància Lorentz i el principi de relativitat. Però menor, també, perquè hi ha consens que el reconeixement degut a Poincaré no pot eclipsar la contribució d'Einstein, que va veure la necessitat d'estendre el principi de relativitat al conjunt de la física i de basar una nova cinemàtica en el principi de constància de la velocitat de la llum.

No és la meua intenció contribuir a la controvèrsia o revisar-la, sinó assenyalar algunes aportacions recents a la historiografia de la relativitat que d'alguna manera la neutralitzen o li resten rellevància, evitant per exemple el llenguatge de les «aportacions», que ens mena a reconstruir la història començant pel final. No cal que seguim fent-ho així. El que hem après sobre la gènesi del pensament relativista de Poincaré i Einstein ens pot ajudar a transcendir el llenguatge de les «contribucions» i la historiografia corresponent. El treball d'Olivier Darrigol sobre l'electrodinàmica del segle XIX és un bon exemple d'aquesta nova manera de fer. Darrigol ha observat que l'electrodinàmica, element fonamental de la teoria de la relativitat, ha estat llegida amb ulls relativistes, però ja la coneixem prou com per evitar aquesta lectura i «seguir la fletxa del temps» (DARRIGOL, 1996, p. 242). Finalment, no es tracta tant de reivindicar la figura de Poincaré—que tampoc no ho necessita— quant d'esbrinar les causes i efectes del protagonisme que acabarà assumint Einstein.

En lloc de mirar de clarificar definitivament quina va ser la contribució de Poincaré a la teoria de la relativitat, doncs, hem de veure de quina manera la seva percepció dels problemes de

l'electrodinàmica i la mecànica es va articular amb la de científics com Einstein i H. A. Lorentz, en un procés obert que només retrospectivament presenta un curs lògic i determinat, que ens indueix a distingir les aportacions correctes de les espúries. Per això cal considerar quins van ser els recursos que Poincaré va desplegar, i a examinar els contextos, particulars o generals, que van conformar el seu pensament relativista. La intersecció entre les lectures, les circumstàncies i els problemes de Poincaré i Einstein explica que coincidissin; però resten prou elements no comuns per explicar, també, que cadascú seguís una trajectòria pròpia i diferenciada. El reconeixement d'aquesta pluralitat de recursos i d'aquestes diferències ens sembla més rellevant, per a la comprensió de la ciència, que no pas la reducció del treball de diferents autors a un denominador comú (la teoria tal com la va formular un d'aquests autors, o tal com l'entendem avui) i l'ús d'un patró únic.

Els arguments de Poincaré

Com es troba Poincaré immers en aquesta història? En complir-se 150 anys del seu naixement, celebrem més les seves contribucions a la matemàtica que no pas a la física; convé recordar, doncs, que Poincaré dedicà bona part del seu mestratge a la clarificació i la difusió de la física contemporània, des de càtedres de Física mecànica i experimental, Física matemàtica, Astronomia matemàtica i Mecànica celest, a institucions com la Universitat de París, l'École Polytechnique, o l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes. L'amplitud dels interessos de Poincaré i el rang de les seves aportacions a la física i a la matemàtica són prou conegudes i es fan evidents en l'índex de les seves *Œuvres complètes* (taula 1).

Volums	Part	Continguts
I-VI	1	Equacions diferencials
I-VI	2	Teoria general de funcions
I-VI	3	Qüestions diverses de matemàtiques pures (àlgebra, aritmètica, teoria de grups, <i>Analysis situs</i> , topologia algèbrica i teoria de nombres)
VII-VIII	4	Mecànica celest
VII-VIII	5	Física matemàtica (equacions diferencials de la física matemàtica, crítica de les teories físiques,

		oscil·lacions hertzianes)
XI	6	Filosofia de les ciències
XI	7	Ensenyament i divulgació

Taula 1. L'obra de Poincaré, segons la seva pròpia divisió en parts i la distribució en els 11 volums de les seves *Œuvres* (POINCARÉ, 1951–1956).

És natural preguntar-se per la possibilitat i el sentit d'una aportació al coneixement d'aquestes proporcions. S'hi reconeix l'autor, en textos tan dispersos? Pel que fa a l'obra matemàtica, el matemàtic Jacques Hadamard va voler veure-hi una unitat objectiva que reposava, en últim terme, en els mateixos fenòmens:² «Tot pensador tendeix a imprimir un segell personal a les seves creacions mentals. Aquesta tendència és una de les forces de l'artista, que mira de potenciar-la; però és una nosa per al científic (*savant*), perquè s'oposa a una necessitat de signe contrari, la de l'objectivitat. A Hermite li agradava de dir que “som vasalls, més que no pas senyors, en matemàtiques”. [...] Poincaré no va escollir els seus temes d'estudi seguint una inclinació personal, sinó a partir de les necessitats de la ciència. [...] Els seus resultats presenten una unitat, però aquesta unitat no és inherent a l'autor, sinó objectiva: reposa en els fets mateixos».

Certament, com a bon *polytechnicien*, per a Poincaré els fenòmens físics plantejaven els problemes matemàtics més legítims i interessants, fins i tot *els únics* problemes matemàtics legítims i interessants. Hadamard, tanmateix, va obviar elements personals que ens ajuden a explicar la unitat de les aportacions de Poincaré a la ciència. La seva creativitat, per exemple: la qüestió interessava el mateix Poincaré, que a banda de dedicar-hi alguna reflexió (POINCARÉ, 1908), va participar en un estudi d'Édouard Toulouse,

² «Assurément, tout penseur tend à marquer de son sceau personnel ce que son cerveau façonne. Mais si cette tendance est une des forces de l'artiste, le savant, lui, bien loin de chercher à l'entretenir, la subirait plutôt. Elle est, chez lui, combattue par une nécessité toute contraire, celle de l'objectivité. “Nous sommes serviteurs plutôt que maîtres en mathématiques”, aimait à dire Hermite, et l'adage tout analogue de Bacon est aussi vrai des mathématiques elles-mêmes que des sciences expérimentales. Le savant —surtout le mathématicien— ne dispose guère, au fond, des moyens d'attaque. Tout au plus suit-il en général son tempérament dans le choix du terrain. Poincaré ne fit même point ainsi. Il emprunta ses sujets d'étude non aux ressources de son esprit, mais aux besoins de la science. [...] De ses résultats se dégage souvent une unité, mais celle-ci n'est pas inhérente à l'auteur. Elle est, elle aussi, objective et réside dans les faits eux-mêmes» (HADAMARD, 1921, p. 203).

director del Laboratori de Psicologia de l'École d'Hautes Études, junt amb d'altres personalitats de les arts i les ciències a França: «Poincaré està acostumat a deixar de banda els detalls i contemplar només les idees principals. Passa d'una a l'altra amb una rapidesa sorprenent, i classifica instantàniament i automàticament en la seva memòria els fets que s'agrupen per si mateixos entorn de cada idea [...] Poincaré treballa a batzegades, pren i deixa de banda un tema. Quan no hi treballa creu que el seu inconscient continua el treball de reflexió» (TOULOUSE, 1910).

Ara, més enllà de la seva configuració mental i les corresponents estratègies de recerca, allò que defineix Poincaré i que millor explica l'abast de la seva obra, és l'empremta institucional que li deixà el seu pas per l'École Polytechnique i la seva vinculació professional amb aquesta escola superior d'elit, creada en 1794. Ja hem fet referència a la unitat entre matemàtica i física que es postulava a la Politècnica, però això només és una part de la imatge. El mateix Poincaré ho va explicar en una conferència a l'escola, pronunciada el 25 de gener de 1903:³ «Entre els meus predecessors hi veig el degà dels nostres generals, nombrosos ministres, enginyers científics, el director d'una gran empresa, aquells que van conquerir el nostre imperi d'ultramar i aquells que el gestionen [...] Com s'explica que una educació comuna hagi produït aquesta combinació de científics, soldats, i enginyers emprenedors? Segons [Alfred] Cornu, la mecànica és el morter que manté unides les diferents parts de l'ànima de la Politècnica. Aquesta és la marca de fàbrica que estava buscant: els nostres físics i matemàtics són tots una mica mecànics... i són capaços d'unir el pensament a l'acció».

La formació rebuda a la Politècnica va permetre Poincaré de reunir en una persona perfils ben diferents: l'enginyer de mines, el professor universitari, el filòsof de la ciència, l'acadèmic, l'intel·lectual públic, i fins i tot el president del Bureau des Longitudes, la institució metrològica francesa per excel·lència.⁴ En

³ POINCARÉ (1910), citat a GALISON (2003), p. 48.

⁴ Segons GALISON (2003, p. 129), que atribueix una gran significació a aquesta faceta de la seva carrera, Poincaré va ser un dels membres més influents del Bureau des del seu ingrés en aquesta institució el 4 de gener de 1893 fins a la seva mort el 1912, i va presidir-la en tres ocasions (1899, 1909, 1910).

consonància amb aquesta amplitud d'interessos, Poincaré fou un autor prolífic capaç de diferents registres. Tenim un bon exemple en els seus textos relativistes, que van aparèixer entre 1898 i 1908 en forma d'article en una revista de filosofia («La mesure du temps», 1898), assaig filosòficocientífic d'alta divulgació (*La science et l'hypothèse*, 1902), conferència plenària en una exposició internacional (Saint Louis, 1904) i finalment una sèrie d'articles en revistes científiques especialitzades («Sur la dynamique de l'électron», 1905, 1906 i 1908).

«La dinàmica de l'electró»... L'electrodinàmica, font aparentment inesgotable de problemes físics i matemàtics al tombant del segle XX, havia d'atreure l'atenció d'un físic i matemàtic com Poincaré, qui, ja des dels primers cursos que va impartir a la Sorbona, va revisar-ne els fonaments i les diverses formulacions. Aquest va ser, per a ell com per a d'altres físics, l'origen necessari de tota consideració relativista. Olivier Darrigol ha descrit admirablement en una sèrie d'articles (DARRIGOL 1995, 1996) que culminen en una monografia (DARRIGOL 2000) el curs de l'electrodinàmica del XIX, d'Ampère a Einstein. El que resulta admirable és que el tractament és tan sofisticat pel que fa a la física com pel que fa a la història, la qual cosa posa al descobert i evita més d'un parany.

En el cas de Poincaré, els paranys tenen a veure amb l'equivoca familiaritat dels seus textos *relativistes*. És difícil llegir-los avui sense evocar les idees d'Einstein, però això és exactament el que caldria fer. Acontentem-nos d'apuntar i il·lustrar amb breus fragments escollits els trets essencials d'aquestes idees: impossibilitat de discernir el moviment absolut, relativitat de la simultaneïtat, i afirmació explícita de la covariància Lorentz. *La science et l'hypothèse* conté, per començar, una afirmació clara del caràcter relatiu de tot moviment:⁵ «...no crec

⁵ «...je ne crois pas, malgré Lorentz, que des observations plus précises puissent jamais mettre en évidence autre chose que les déplacements relatifs des corps matériels. On a fait des expériences qui auraient dû déceler les termes de premier ordre; les résultats ont été négatifs; cela pouvait-il être par hasard? Personne ne l'a admis; on a cherché une explication générale, et Lorentz l'a trouvée; il a montré que les termes du premier ordre devaient se détruire, mais il n'en était pas de même de ceux du second. Alors on a fait des expériences plus précises; elles ont aussi été négatives; ce ne pouvait non plus être l'effet du hasard; il fallait une explication; on l'a trouvée; on en trouve toujours; les hypothèses, c'est le fonds qui manque le moins.

pas, malgrat Lorentz, que observacions més precises puguin revelar mai altra cosa que els desplaçaments relatius dels cossos materials. Hem fet experiències que haurien d'haver mostrat els termes de primer ordre, i els resultats han estat negatius. A causa de l'atzar? Ningú no podia admetre que això fos cosa de l'atzar, i Lorentz ha trobat l'explicació general que tothom buscava: ha mostrat que els termes de primer ordre s'havien de cancel·lar, però no els de segon ordre. Hem fet experiències més precises i han estat també negatives. Això tampoc no podia ser cosa de l'atzar, calia una explicació i l'hem trobada. Sempre se'n troben, d'explicacions, perquè d'hipòtesis mai no en manquen. Però amb això no n'hi ha prou. Hi ha algú que no pensi que encara cedim a l'atzar un paper massa important?... No, cal trobar una explicació única per uns i altres termes...».

Al mateix assaig Poincaré ja havia qüestionat la simultaneïtat d'esdeveniments distants en l'espai:⁶ «No hi ha temps absolut; l'afirmació que dos intervals de temps són iguals no té, en ella mateixa, cap sentit, i no en pot adquirir un si no és per convenció; no només ens manca la intuïció directa de la igualtat de dos intervals temporals, sinó també la de la simultaneïtat de dos esdeveniments que tenen lloc a escenaris diferents, com ja he explicat a un article titulat *La mesure del temps*».

Un dels elements més equívocs del pensament relativista de Poincaré té a veure amb la interpretació física del temps local de Lorentz, el valor *ficció* (retardat en un factor v/c^2) del temps en un sistema estacionari respecte de l'èter, que es correspon amb el valor real del temps en un laboratori en moviment respecte de l'èter. Per a Poincaré, que va reconèixer la necessitat de definir el temps localment, el temps local no deixà de ser un temps *aparent*,

«Mais ce n'est pas assez; qui ne sent que c'est encore là laisser au hasard un trop grand rôle?... Non, il faut trouver une même explication pour les uns et pour les autres...». POINCARÉ (1902), p. 182.

⁶ «Il n'y a pas de temps absolu; dire que deux durées sont égales, c'est une assertion qui n'a par elle-même aucun sens et qui n'en peut acquérir un que par convention; non seulement nous n'avons pas l'intuition directe de l'égalité de deux durées, mais nous n'avons même pas celle de la simultanéité de deux événements qui se produisent sur des théâtres différents; c'est ce que j'ai expliqué dans un article intitulé *La mesure du temps*». POINCARÉ (1902), p. 111.

contraposat al temps *real*:⁷ «Suposem que dos observadors situats en llocs diferents sincronitzen els seus rellotges mitjançant senyals òptics. Suposem que intenten corregir aquests senyals tenint en compte el temps de transmissió, però en ignorar el seu moviment de translació i creient, doncs, que els senyals viatgen a la mateixa velocitat en ambdues direccions, s'accontenten de creuar les seves observacions, tot enviant un senyal d'A a B, i després un altre de B a A. El temps local t_L és el temps que indiquen els rellotges sincronitzats d'aquesta manera». En la resta de l'article, Poincaré insistia a distingir entre valors reals i aparents de magnituds físiques com el temps o l'energia.

Menys equívoca resulta, finalment, la reinterpretació de les idees de Lorentz sobre la relació entre les equacions electromagnètiques en dos sistemes en moviment relatiu de translació uniforme. Poincaré introdueix el terme «transformació de Lorentz» i la noció de covariància Lorentz:⁸ «La raó per la qual podem conferir al sistema un moviment de translació sense modificar l'aparença dels fenòmens, és que les equacions electromagnètiques no varien si les sotmetem a determinades transformacions, que anomenaré transformacions de Lorentz; dos sistemes, un en repòs i l'altre en translació, esdevenen així la imatge exacta l'un de l'altre».

Com podem d'entendre la relació entre afirmacions com aquestes amb la relativitat d'Einstein, si no volem creure que Poincaré s'hi va anticipar o que no va arribar a copsar-la completament? La conclusió de Darrigol és del tot pertinent a l'hora de transcendir la discussió sobre l'anticipació o el dèficit de comprensió de Poincaré:

⁷ «...il faut rapporter les phénomènes, non pas au temps vrai t , mais a 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_L est le temps marqué par les montres ainsi réglées» (POINCARÉ 1900, p. 272).

⁸ «L'idée de Lorentz peut se résumer ainsi: si l'on peut, sans qu'aucun des phénomènes apparents soit modifié, imprimer à tout le système une translation commune, c'est que les équations d'un milieu électromagnétique ne sont pas altérées par certaines transformations, que nous appellerons transformations de Lorentz; deux systèmes, l'un immobile, l'autre en translation, deviennent ainsi l'image exacte l'un de l'autre» (POINCARÉ, 1906, p. 130).

simplement, en 1906 la teoria de l'èter de Lorentz i Poincaré era una alternativa raonable a la relativitat d'Einstein, la superioritat de la qual no era evident. Així les coses, «el procés pel qual la nova cinemàtica [relativista] va esdevenir convincent per a part de l'elit científica alemanya va ser gradual, complex i enredat. [...] No ens cal explicar la suposada ceguesa dels lectors d'Einstein, sinó els factors que, en últim terme, van fer que l'enfoc d'Einstein resultés més atractiu que la resta d'enfocs vàlids» (DARRIGOL, 2000, p. 392).

Arribats a aquest punt és important no oblidar que els primers d'historiar la ciència solen ser els propis científics. Els historiadors hem ignorat sovint aquestes històries, immediates i mancades de rigor. Pitjor per nosaltres. Richard STALEY (1998) ha constatat que les primeres històries de la relativitat les van escriure els creadors de la teoria i ha sotmès les d'autors alemanys a l'anàlisi històrica. El seu estudi il·lumina el procés a través del qual la pluralitat inicial d'enfocs relativistes («many relativities with many histories») va esdevenir una teoria única amb una història única. Les històries primigènies dels protagonistes d'aquesta història formen part del debat sobre el significat de la teoria: «numerous historical resources, now largely forgotten, constituted an important component of the work involved in forming, clarifying, and propagating particular interpretations of relativity in the German physics community» (p. 266). Staley ha tractat les històries dels creadors de la teoria com una manera més d'articular-la i desenvolupar un nou llenguatge i una nova pràctica científica, en lloc de considerar que eren narracions aproblemàtiques o privilegiades (p. 267).

També en aquest cas, acostar-se a l'obra dels autors que van contribuir a la relativitat des de la perspectiva d'Einstein ha tingut conseqüències historiogràfiques negatives. Junt amb Poincaré, un dels objectes predilectes de les confusions resultants ha estat H. A. Lorentz (en un primer moment es parla de la teoria de Lorentz-Einstein). Però el cas de Poincaré és potser el més notable, per la seva absència en les històries de participants escrites a Alemanya: «Poincaré had previously [to 1907] discussed the relationship between Lorentz's theory and the principle of relativity (and interpreted Lorentz's local time as the apparent time for moving observers), and he is perhaps the only physicist apart from Einstein

who could have given a reading of the development of Lorentz's approach similar in kind [to Einstein's 1907 one, in which Einstein casts the history of Lorentz's theory in relation to the principle of relativity: the principle had been challenged by Lorentz's theory; the theory might have to be abandoned in favor of one according with this principle; but finally the new transformation equations show its compatibility with the principle]—though he was particularly concerned with the relationship between Lorentz's theory and a group of principles, especially the principle of reaction» (p. 277). És evident que hauríem de saber més sobre les històries de participants escrites a d'altres països, particularment a França.

Els recursos de Poincaré

L'electrodinàmica va ser, per a Poincaré com per a Einstein, el camí ral d'accés a postures relativistes. Aquesta circumstància explica les coincidències i les confusions de què parlavem al principi. La importància del context electrodinàmic, però, ens ha impedit de considerar d'altres recursos comuns prou rellevants. Destaquem-ne dos, un de familiar per als historiadors i biògrafs, l'altre d'aparició més recent.

El primer es la filosofia. És ben sabut que Poincaré va dedicar la seva reflexió sobre la naturalesa de la ciència a distingir els papers de l'experiència i la teoria («hipòtesi»), negant l'existència d'experiències buides de contingut teòric. Les teories són per a ell convencions còmodes però no arbitràries, perquè resumeixen de manera convenient el resultat de nombroses experiències; però són fràgils, com ens recorda constantment la història de la ciència: «Chaque siècle se moquait du précédent, l'accusant d'avoir généralisé trop vite et trop naïvement» (*La science et l'hypothèse*, cap. IX). Malgrat que la seva perspectiva filosofocientífica és prou diferent, també en el cas d'Einstein l'anàlisi relativista dels conceptes d'espai i temps reflecteix preocupacions d'ordre filosòfic. En tots dos casos, però, seria erroni parlar d'una lectura filosòfica o d'implicacions filosòfiques de la relativitat, perquè la filosofia no és un element *a priori* d'aquestes reflexions físiques, sinó una part integrant d'elles. La polèmica creada per A. Sokal entorn de l'abús de la ciència per part d'alguns filòsofs,

no ha tingut prou en compte aquesta dimensió de la pràctica científica.⁹

El segon recurs ha estat sintetitzat d'una manera suggerent per P. GALISON (2003). No hem acabat de reconèixer la importància del fet que l'interès de Poincaré i Einstein per la sincronització de rellotges distants fa referència a un dels signes més evidents, a finals del segle XIX, del progrés tecnològic i científic: la introducció, el 1884, del temps universal de Greenwich, i la creació de sofisticades xarxes de comunicació sobre les que se sustentava el poder colonial i econòmic. Les zones horàries eren crucials per a la competència entre nacions, per la guerra, el transport i el comerç. Poincaré s'implicà molt directament en els problemes de sincronització des de la presidència del Bureau des Longitudes; per a ell el terme *convenció* i l'intercanvi de senyals entre observadors distants no tenia un significat purament teòric o filosòfic, sinó un valor eminentment pràctic i fins i tot econòmic. Einstein no va tenir mai responsabilitats similars, però de la mateixa manera que hem ignorat al Poincaré metròleg, hem restat importància a l'Einstein examinador de patents. A l'Oficina Federal de Patents suïssa, a Berna, Einstein estava envoltat de sol·licituds que feien referència a dispositius electrotècnics, molts dels quals relacionats amb la sincronització horària.

Per a Galison, la centralitat de la noció de simultaneïtat en el pensament relativista neix de la conjunció entre física (electrodinàmica), filosofia i tecnologia (coordinació horària a escala planetària), i aquesta triple conjunció es dona en els dos autors que han estat vanament enfrontats com a pares de la relativitat: «From our perspective, assigning a graded checklist to Einstein and Poincaré counts as the least interesting part of the story of time and simultaneity. Far more important is to situate Poincaré and Einstein at the two nodal points of turn-of-the-century time coordination, grasping the characteristic ways in which each navigated the flows of technology, physics, and philosophy, and understanding how each struggled to rip simultaneity from the metaphysical firmament and bring it to earth as a procedurally defined quantity» (p. 311).

⁹ Vegeu, en el cas d'Einstein, PATY (1993).

Conclusió

El cas de Poincaré i la relativitat ens alerta sobre la complexitat de la història i ens suggereix alguns dels seus usos. Aquesta història suggereix que el científic creatiu és capaç de desplegar recursos molt diversos, entre els quals hi ha referents culturals i habilitats no especialitzades que convindria no descuidar en la formació dels científics. La història pot fer-se valer en els ensenyaments tècnics: a l'hora de clarificar els punts de vista propis, de discutir punts de vista alternatius, o de contrastar propostes i resultats. Les teories (les idees) no són productes que neixen acabats, i part del seu atractiu rau, no només per l'historiador, en la singularitat de les trajectòries personals i intel·lectuals dels científics que les creen.

Referències

- AUFFRAY, Jean-Paul (1999). *Einstein et Poincaré: Sur les traces de la relativité*. Paris: Le Pommier.
- BROGLIE, Louis de (1954). «Henri Poincaré et les théories de la physique». En: POINCARÉ (1954), v. XI, p. 62–71.
- CASSIDY, David (1986). «Understanding the history of special relativity». *History of Science*, 16, p. 177–195.
- DARRIGOL, Olivier (1995). «Henri Poincaré's Criticism of Fin-de-Siècle Electrodynamics». *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 26, p. 1–44.
- (1996). «The Electrodynamical Origins of Relativity Theory». *Historical Studies in the Physical Sciences*, 26, p. 241–312.
- (2000). *Electrodynamics from Ampère to Einstein*. Oxford: Oxford University Press.
- GALISON, Peter (1983). «Re-reading the Past from the End of Physics». En: L. GRAHAM, W. LEPENIES, P. WEINGART, eds., *Functions and Uses of Disciplinary Histories* (Dordrecht: Reidel), p. 35–51.
- (2003). *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*. New York: Norton.

- GIANETTO, Enrico (1998). «The rise of special relativity: Henri Poincaré's works before Einstein». En: *Atti del XVIII Congresso nazionali di storia della fisica e dell'astronomia* (Como), p. 181–216. En línia a: <http://albinoni.brera.unimi.it/Atti-Como-98/Gianetto.pdf>.
- GOLDBERG, Stanley (1967). «Henri Poincaré and Einstein's theory of relativity». *American Journal of Physics*, 35, p. 934–944.
- (1970). «Poincaré's Silence and Einstein's relativity: The Role of Theory and Experiment in Poincaré's Physics». *British Journal for the History of Science*, 5, p. 73–84.
- (1979). «Henri Poincaré and Einstein's Theory of Relativity: The Role of Theory and Experiment in Poincaré's Physics». *Historical Studies in the Physical Sciences*, 10, p. 85–121.
- (1984). *Understanding Relativity: Origin and Impact of a Scientific Revolution*. Boston: Birkhäuser.
- GIEDYMIN, Jerzy (1982). *Science and Convention*. Oxford: Pergamon.
- (1991). «Geometrical and Physical Conventionalism of Henri Poincaré in Epistemological Formulation». *Studies in History and Philosophy of Science*, 22, p. 1–22.
- HADAMARD, Jacques (1921). «L'Œuvre mathématique de Poincaré», *Acta Mathematica*, 38, p. 203–287. Reproduït a POINCARÉ (1951–1956), v. XI, p. 152–242.
- HOLTON, Gerald (1960). «On the origins of the special theory of relativity». *American Journal of Physics*, 28: 627–631, 633–636. Trad. cast. (parcial) en: WILLIAMS (1968), p. 111–118.
- (1964). «On the Thematic Analysis of Science: The Case of Poincaré and Relativity». En: *Mélanges Alexandre Koyré* (Paris: Hermann), p. 257–268. Reproduït a HOLTON, G. (1973), *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein* (Cambridge, MA: Harvard University Press), p. 185–195.
- KESWANI, F. H. (1965–1966). «Origin and Concept of Relativity». *British Journal for the Philosophy of Science*, part I, 15, p. 286–306; part II, 16, p. 19–32; part III, 16, p. 273–294.
- (1983). «Intimations of Relativity: Relativity Before Einstein». *British Journal for the Philosophy of Science*, 34, p. 343–354.

- MILLER, Arthur I. (1973). «A Study of Henri Poincaré's "Sur la Dynamique de l'Electron"». *Archive for History of Exact Sciences*, 10, p. 207–328.
- (1981). *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretation (1905–1911)*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- (1987). «A précis of Edmund Whittaker's "Relativity theory of Poincaré and Lorentz"». *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 37, p. 93–103.
- PARRA, Josep Manel (2004). «El Congrés de les Arts i la Ciència de Saint Louis. Setembre de 1904». *Revista de Física*, 3 (1r semestre 2004), p. 42–53.
- PATY, Michel (1993). *Einstein philosophe. La physique comme pratique philosophique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- POINCARÉ, Henri (1898). «La mesure du temps». *Revue de Métaphysique et de Morale*, 6, p. 1–13. Inclòs a H. POINCARÉ, *La valeur de la science* (Paris, 1905), cap. II.
- (1900). «La théorie de Lorentz et le principe de réaction». *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, 5, p. 252–278. Reproduït a POINCARÉ (1951–1956), v. IX, p. 464–488.
- (1902). *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion.
- (1905). «Sur la dynamique de l'électron». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (Paris), 140, p. 1504–1508. Reproduït a POINCARÉ (1951–1956), v. IX, p. 489–493.
- (1906). «Sur la dynamique de l'électron». *Circolo Matematico di Palermo. Rendiconti*, 21, p. 129–175. Reproduït a POINCARÉ (1951–1956), v. IX, p. 494–450.
- (1908a). «La dynamique de l'électron». *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, 19, p. 386–402. Reproduït a POINCARÉ (1951–1956), v. IX, p. 551–586.
- (1908b). «L'invention mathématique». *Bulletin de l'Institut général Psychologique* (Paris), 8.
- (1910). «Les Polytechniciens». Conferència pronunciada el 25 de gener de 1903, inclosa a *Savants et écrivains* (Paris: Flammarion).
- (1951–1956). *Œuvres de Henri Poincaré*. Paris: Gauthier-Villars.
- SÁNCHEZ RON, José Manuel (1985). *El origen y desarrollo de la relatividad*. Madrid: Alianza.

- SCHAFFER, Simon (1986). «Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy». *Social Studies of Science*, 16, 387–420.
- STACHEL, John (1995). «History of relativity». Dins: BROWN, Laurie M.; PAIS, Abraham; POPPARD, Brian, eds. *Twentieth Century Physics* (Bristol: Institute of Physics Publishing; Nova York: American Institute of Physics), p. 249–356.
- STALEY, Richard (1998). «On the histories of relativity: The propagation and elaboration of relativity theory in participant histories in Germany, 1905–1911». *Isis*, 89, p. 263–299.
- TONNELAT, Marie-Antoinette (1971). *Histoire du principe de relativité*. Paris: Flammarion.
- TOULOUSE, Édouard (1910). *Henri Poincaré*. Paris.
- WILLIAMS, L. Pearce, ed. (1968). *Relativity Theory: Its Origins and Impact on Modern Thought*. Nova York: John Wiley & Sons. Trad. cast. de Miguel Paredes: *La teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* (Madrid: Alianza, 1973).
- WHITTAKER, Edmund T. (1953). *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Vol. 2: *The Modern Theories, 1900–1926*. Londres: Thomas Nelson & Sons.
- ZAHAR, Elie (1983). «Poincaré's Independent Discovery of the Relativity Principle». *Fundamenta Scientae*, 4, p. 147–175.
- (1991). «Poincaré et la découverte du principe de relativité». En: Renée BOUVERESSE; Hervé BARREAU, eds. *Karl Popper: Science et Philosophie* (Paris: Vrin), p. 123–145.
- (2001). *Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology*. Chicago: Open Court.