

PHILOSOPHIA SCIENTIÆ

HERVÉ BARREAU

Le concept de physique mathématique dans La science et l'hypothèse

Philosophia Scientiæ, tome 1, n° S1 (1996), p. 29-54

http://www.numdam.org/item?id=PHSC_1996__1_S1_29_0

© Éditions Kimé, 1996, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Philosophia Scientiæ* » (<http://poincare.univ-nancy2.fr/PhilosophiaScientiæ/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

**Le concept de physique mathématique dans *La science*
et l'hypothèse**

Hervé Barreau

Université Louis Pasteur, Strasbourg

La science et l'hypothèse est sans doute l'ouvrage où, rassemblant pour la première fois divers écrits de philosophie scientifique, Poincaré confère à cette philosophie, qu'on appelle à juste titre le conventionnalisme, sa signification la plus frappante. C'est particulièrement le cas pour le concept de physique mathématique, qui est au cœur de sa philosophie physique. Il est significatif, en effet, que J. L. Destouches, s'attachant dans sa thèse de philosophie (1938) à distinguer physique théorique et physique mathématique, ait écrit à ce propos :

« 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. »¹

Le manque d'intérêt de Poincaré pour cette distinction, que J. L. Destouches, à la suite de Louis de Broglie, estime au contraire importante, tient à une raison profonde : 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. Tel est ce réalisme modéré que Giedymin a justement qualifié de « réalisme structurel » et qui ne fait qu'un, comme on va le montrer, avec le conventionnalisme expressément revendiqué. Le concept de physique mathématique est étroitement associé à l'un comme à l'autre. Cette association peut même s'exprimer en 4 thèses qu'il nous semble possible d'extraire des textes que Poincaré a rassemblés dans *La science et l'hypothèse*, et auxquelles il semble qu'il soit demeuré fidèle dans la suite de son œuvre. Les voici :

1. A la physique expérimentale s'oppose non la physique théorique mais la physique mathématique, qu'on peut caractériser par la distinction de trois sortes d'hypothèses, qui répondent à des niveaux de généralité décroissante.

2. Les théories successives de la physique ruinent l'illusion d'un certain réalisme scientifique mais ne brisent pas l'objectif d'unité théorique ; et c'est cette unité, en tous cas, que les savants s'efforcent d'atteindre, grâce à des hypothèses « indifférentes » qui

¹ [Destouches 1938], page 111.

n'ont l'intangibilité ni des lois expérimentales ni des principes fondamentaux.

3. Ce qui fait l'unité de ces théories, c'est avant tout cependant les hypothèses fondamentales dont on doit dire qu'elles ne sont « des hypothèses qu'en apparence et se réduisent à des définitions ou à des conventions déguisées ».

4. La marge incertaine qui subsiste entre les principes qui sont des conventions et les théories qui sont multiples et caduques est utilement étudiée par l'histoire des sciences qui, vue dans cette perspective, est l'outil de base de l'épistémologie conventionnaliste.

Nous allons voir que ces quatre thèses sont au moins implicites dans les développements qui constituent la troisième et la quatrième partie de *La science et l'hypothèse* et peuvent donc servir, en ce qui concerne la physique, de guides de lecture pour cet ouvrage fondamental.

Les trois sortes d'hypothèses

Au chapitre IX, Poincaré compare la science à une bibliothèque, dont le responsable doit veiller sans cesse à faire les achats les plus utiles possibles, puisque « l'expérience est la source unique de la vérité ». Or « c'est la physique expérimentale qui est chargée des achats ; elle seule peut donc enrichir la bibliothèque ». Cependant la physique mathématique n'en a pas moins un double rôle. Vis-à-vis du lecteur, elle « a pour mission de dresser le catalogue. Si un catalogue est bien fait, la bibliothèque n'en sera pas plus riche. Mais il pourra aider le lecteur à se servir de ces richesses ». Vis-à-vis du bibliothécaire, son rôle est plus important encore car « en montrant au bibliothécaire les lacunes de ses collections, il (le catalogue) lui permettra de faire de ses crédits un emploi judicieux ; ce qui est d'autant plus important que ces crédits sont tout à fait insuffisants ». Ainsi le bibliothécaire n'est pas seulement au service du lecteur ; il faut le considérer, pourvu qu'il soit armé de la physique mathématique, au service de la bibliothèque elle-même, dont il doit faire un instrument de conquête du savoir. Ce dernier rôle est assumé, en effet, par la physique mathématique dont Poincaré dit qu'« elle doit guider la généralisation de façon à augmenter ce que j'appelais tout à l'heure le rendement de la

science ». Plus haut, en effet, Poincaré avait écrit : « De ce peu que nous pouvons directement atteindre, il faut tirer le meilleur parti ; il faut que chaque expérience nous permette le plus grand nombre possible de prévisions et avec le plus haut degré de probabilité qu'il se pourra. Le problème est pour ainsi dire d'augmenter le rendement de la machine scientifique ».

Or généraliser c'est formuler une hypothèse. Poincaré distingue trois sortes d'hypothèses, dont nous allons voir que les deux premières se bornent à être des guides de l'expérience, sans se prêter elles-mêmes à la vérification / réfutation ni à la reproduction.

La première sorte est celle dont Poincaré notait, dans l'introduction de l'ouvrage, qu'« elles ne sont des hypothèses qu'en apparence ». Ce sont « celles qui sont toutes naturelles et auxquelles on ne peut guère se soustraire. Il est difficile de ne pas supposer que l'influence des corps très éloignés est tout à fait négligeable, que les petits mouvements obéissent à une loi linéaire, que l'effet est une fonction continue de sa cause. J'en dirai autant des conditions imposées par la symétrie. Toutes ces hypothèses forment pour ainsi dire le fonds de toutes les théories de la physique mathématique. Ce sont les dernières que l'on doit abandonner. » On aura reconnu dans ces différentes allusions le principe de relativité, le principe de linéarité ou de superposition, le principe de continuité, le principe de symétrie.

La deuxième sorte est celle que Poincaré qualifiait, dans l'introduction, d'« utiles en fixant notre pensée ». Ici il les qualifie d'« indifférentes ». Et il s'en explique : « dans la plupart des questions, l'analyste suppose, au début de son calcul, soit que la matière est continue, soit, inversement, qu'elle est formée d'atomes. Il aurait fait le contraire que ses résultats n'en auraient pas été changés ; il aurait eu plus de peine à les obtenir, voilà tout. Si alors l'expérience confirme ses conclusions, pensera-t-il avoir démontré, par exemple, l'existence réelle des atomes?... Ces hypothèses indifférentes ne sont pas dangereuses, pourvu qu'on n'en méconnaisse pas le caractère. Elles peuvent être utiles, soit comme artifices de calcul, soit pour soutenir notre entendement par des images concrètes, pour fixer les idées, comme on dit. Il n'y a donc pas lieu de les proscrire ». Tout indique qu'à cette époque Poincaré

rangeait l'hypothèse de l'éther dans cette catégorie, et nous y reviendrons.

La troisième sorte concerne enfin celles dont l'introduction disait qu'elles sont « vérifiables et qu'une fois confirmées par l'expérience, elles deviennent des vérités fécondes ». Poincaré note ici que ce sont « les véritables généralisations ». Il en avait déjà parlé avant de faire la comparaison avec la bibliothèque, en développant l'idée qu'une « accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison ». « Qu'est-ce donc qu'une bonne expérience? » se demandait-il ; et il répondait : « c'est celle qui nous fait connaître autre chose qu'un fait isolé ; c'est celle qui nous permet de prévoir, c'est-à-dire celle qui nous permet de généraliser ». Ce que fait l'esprit scientifique, en effet, c'est relever l'analogie d'un fait avec un autre ; voilà en quoi consiste la généralisation ; elle nécessite du scientifique qu'il interprète les phénomènes et les fasse passer, comme Poincaré le dira plus tard, dans sa controverse avec Le Roy, de l'état de « faits bruts » à l'état de « faits scientifiques »². C'est revêtus du langage scientifique, en effet, que les faits peuvent se prêter utilement au verdict de l'expérience. Cette dernière peut alors infirmer comme elle peut confirmer. Bien avant Popper, Poincaré insiste sur l'importance de la réfutabilité : « L'hypothèse ainsi renversée a-t-elle donc été stérile? Loin de là, on peut dire qu'elle a rendu plus de services qu'une hypothèse vraie ; non seulement elle a été l'occasion de l'expérience décisive, mais on aurait fait cette expérience par hasard, sans avoir fait l'hypothèse, qu'on n'en aurait rien tiré ; on n'y aurait rien vu d'extraordinaire ; on n'aurait catalogué qu'un fait de plus sans en déduire la moindre conséquence ». Il est difficile de ne pas songer ici à l'expérience négative de Michelson-Morley, dont Poincaré savait qu'elle avait été faite et reproduite depuis une vingtaine d'années déjà, en vue de manifester le mouvement de la Terre par rapport à l'éther. Mais Poincaré se soucie principalement ici des hypothèses vérifiées, qui permettent de formuler des lois, et d'accroître la science. A cet égard il relève que la physique mathématique, telle qu'il l'entend, est la bonne méthode qui permette de les formuler. En effet il faut se garder des hypothèses qui sont « feintes et inconscientes », et dont Poincaré

² [Poincaré 1905 / 1970], chap. X, « La science est-elle artificielle? », section 3 « Le fait brut et le fait scientifique », pages 155-163.

offrira plus loin des exemples ; elles constituent, comme le dira plus tard Bachelard, des « obstacles épistémologiques ». La physique mathématique nous en préserve car « par la précision qui lui est propre, elle nous oblige à formuler toutes les hypothèses que nous faisons sans elle, mais sans nous en douter ». Par ailleurs « il importe de ne pas multiplier les hypothèses outre mesure et de ne les faire que l'une après l'autre ». Car l'expérience deviendrait alors inutile, soit qu'elle condamne les suppositions, soit même qu'elle les autorise. Si elle condamne, en effet, il est clair qu'on ne sait laquelle des hypothèses multiples est mise en défaut. Si elle autorise, par contre, on n'est guère plus avancé, et la méthode mathématique nous le montre : « si l'expérience réussit, croira-t-on avoir vérifié toutes ces hypothèses à la fois ? Croira-t-on avec une seule équation avoir déterminé plusieurs inconnues ? ». Il n'y a donc que les mathématiques, par la rigueur du raisonnement qu'elles imposent, qui soient capables de poser à la nature des questions précises et d'interpréter correctement les réponses. Il est vrai qu'on est obligé alors de postuler sinon la simplicité de la nature, du moins la possibilité de la décomposer en un nombre très grand de phénomènes élémentaires. C'est sur un postulat de cette sorte que s'attarde Poincaré dans une section du chapitre IX qu'il consacre à « l'origine de la physique mathématique ». Il s'agit d'expliquer pourquoi les procédés de l'analyse mathématique, en particulier la différentiation et l'intégration, réussissent si bien en physique. Poincaré se contente de noter : « On peut se demander pourquoi dans les sciences physiques, la généralisation prend volontiers la forme mathématique. La raison est maintenant facile à voir ; ce n'est pas seulement parce que l'on a à exprimer des lois numériques ; c'est parce que le phénomène observable est dû à la superposition d'un grand nombre de phénomènes élémentaires *tous semblables entre eux* ; ainsi s'introduisent tout naturellement les équations différentielles ». Ces remarques permettent de comprendre le grand intérêt que devait susciter chez Poincaré la première théorie des quanta, qui posait des bornes à l'empire des équations différentielles. Elles permettent de mesurer aussi la prudence avec laquelle Poincaré envisageait l'application des mathématiques aux sciences de la nature. Reconnaissant que c'est « grâce à l'homogénéité approchée de la matière étudiée par les physiciens que la physique mathématique a pu naître », il ajoutait, en conclusion de son chapitre : « Dans les sciences naturelles (entendons les sciences des phénomènes

biologiques — ajouté par H. B.), on ne retrouve plus ces conditions : homogénéité, indépendance relative des parties éloignées, simplicité du fait élémentaire, *et c'est pour cela que les naturalistes sont obligés de recourir à d'autres modes de généralisation.* » (les italiques sont de H. B.)

Les hypothèses indifférentes comme instruments du conventionnalisme et de l'unité du savoir scientifique

Comme le devenir de la science est entrecoupé de révolutions scientifiques, les épistémologues contemporains ont tendance à y voir, à la suite de Th. Kuhn, une succession de paradigmes. Mathématicien avant tout, Poincaré voyait plutôt la continuité sous la diversité apparente. Les mathématiques sont assujetties, en effet, à la règle de ne rien laisser perdre, sous peine d'être accusées de décadence plutôt que de progrès. Il en est de même, pensait Poincaré, pour la physique mathématique. Seulement le progrès n'est réel que si l'on se contente de conserver les rapports entre les choses, non la nature supposée de ces choses. De cette façon nous retrouvons le thème fondamental qui domine le conventionnalisme de Poincaré et sa conception de la physique mathématique : la seule réalité que nous pouvons atteindre est celle des structures. Dans le chapitre X de son livre, intitulé « Les théories de la physique moderne », Poincaré oppose cette conception au scepticisme qui se faisait montre en son temps, et qui, impressionné par le caractère éphémère des théories scientifiques, proclamait la faillite de la science. Ce scepticisme, pour Poincaré, est le fait des « gens du monde », tout comme la croyance aux paradigmes discontinus est reprise aujourd'hui par les sociologues de la science ; des seconds comme des premiers Poincaré pourrait dire : « ils ne se rendent nul compte du but et du rôle des théories scientifiques, sans cela ils comprendraient que les ruines peuvent être encore bonnes à quelque chose ». Le progrès de la science se caractérise, en effet, par l'utilisation intelligente de ces ruines. Poincaré est frappé, en particulier, par le fait que la substitution de la théorie de Maxwell à la théorie de Fresnel pour les phénomènes lumineux, ne rend absolument pas caduques les équations différentielles dont usait Fresnel :

« Ces équations expriment des rapports et, si les équations restent vraies, c'est que ces rapports conservent leur réalité. Elles nous apprennent, après comme avant, qu'il y a tel rapport entre quelque chose et quelque autre chose ; seulement ce quelque chose nous l'appelions autrefois mouvement, nous l'appelons maintenant courant électrique. Mais ces appellations n'étaient que des images substituées aux objets réels que la nature nous cachera éternellement. Les rapports véritables entre ces objets réels sont la seule réalité que nous puissions atteindre et la seule condition, c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place. Si ces rapports nous sont connus, qu'importe si nous jugeons commode de remplacer une image par une autre »³.

Renoncer à l'étude de la nature des objets réels, mais poursuivre la recherche des rapports véritables, tel est donc, pour Poincaré, l'objet de la physique mathématique. C'est dans cette perspective qu'on peut apprécier correctement la multiplicité des théories concernant un seul domaine. Poincaré prend l'exemple des théories de la dispersion : « Tous les savants qui sont venus après Helmholtz sont arrivés aux mêmes équations, en partant de points de départ en apparence très éloignés. J'oserai dire que ces théories sont toutes vraies à la fois, non seulement parce qu'elles nous font prévoir les mêmes phénomènes, mais parce qu'elles mettent en évidence un rapport vrai, celui de l'absorption et de la dispersion anormale ». Peu importe donc que, chez leurs auteurs, « les uns appellent certaines choses d'un nom et les autres d'un autre », ce qu'il y a de vrai c'est « l'affirmation de tel ou tel rapport » entre ces choses.

Cette position de Poincaré est bien distincte du positivisme dont on lui a souvent fait reproche. Le positivisme, en effet, dans sa formulation générale, ne distingue guère entre les lois expérimentales (3ème sorte d'hypothèses quand elles sont vérifiées pour Poincaré) et les théories qui les rassemblent (ces théories qui mettent en œuvre la 2ème sorte d'hypothèses que Poincaré appelle « indifférentes »). Pour le positiviste une théorie n'est qu'un ensemble de lois un peu plus générales que les autres, et il ne se soucie guère de rattacher une théorie à d'autres théories existantes dans des domaines plus ou moins voisins. Le conventionnalisme de Poincaré adopte une position plus critique : il faut comparer les théories entre elles et ne pas

³ [Poincaré 1902 / 1968], chap. X, p. 174.

s'obliger à choisir quand elles rendent compte également bien des mêmes régularités. S'il y a une préférence à accorder, ce sera en faveur d'une théorie qui agrandit son domaine, comme ce fut le cas de la théorie de Maxwell par rapport à celle de Fresnel.

Cette position est également distincte du réalisme scientifique. Pour ce dernier il doit exister une théorie qui soit meilleure que toutes les autres, et la science doit s'en rapprocher. Popper, qui voulait éviter l'erreur du réalisme métaphysique, postulait cependant des degrés de « vérisimilitude », qui rendraient compte du progrès scientifique. En fait Popper s'est rendu compte qu'il ne pouvait expliciter des critères logiques pour classer ces « degrés ». C'est un problème qu'on rencontre depuis longtemps. Dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, Cournot avait déjà remarqué que le « probabilisme » était inéluctable en ce domaine, et cela l'obligeait à adhérer, au moins dans ce cas, à une conception subjective des probabilités, dont on ne voit pas aujourd'hui comment l'on pourrait se passer dans beaucoup d'autres cas.⁴ Poincaré, qui avait de l'estime pour Cournot, a fait appel, comme ce dernier, à la notion subjective de probabilité pour traiter le problème de l'induction. Ce n'est pas ici le lieu d'en traiter explicitement⁵. Il importe au moins de relever que le recours à la notion de probabilité s'impose en physique (on l'a déjà rencontrée à propos des prévisions), dès lors qu'on ne prétend pas parvenir à la connaissance absolue, celle qu'on pourrait attribuer à Dieu. Poincaré a très bien vu ce problème et l'a résolu d'une façon qui demeure exemplaire. Un réalisme scientifique n'est, en effet, que l'expression d'une préférence pour un mode de représentation qui nous est familier et que, pour cette raison, nous estimons comprendre mieux qu'un autre. Il est attaché à des images, dont il fait des idoles. C'est un piège philosophique, que Poincaré discerne avec beaucoup de finesse:

« Tel philosophe prétend que toute la physique s'explique par des chocs mutuels des atomes. S'il veut dire simplement qu'il y a entre les phénomènes physiques les mêmes rapports qu'entre les chocs mutuels d'un grand nombre de billes, rien de mieux, cela est vérifiable, et cela est peut-être vrai. Mais il veut dire quelque chose de plus ; et nous croyons le comprendre parce que nous croyons

⁴ [Barreau 1989].

⁵ Cf. [Poincaré 1902 / 1968], chap. XI, « Le calcul des probabilités ».

savoir ce que c'est que le choc en soi ; pourquoi ? Tout simplement parce que nous avons vu souvent des parties de billard. Entendons-nous que Dieu, en contemplant son œuvre, éprouve les mêmes sensations que nous en présence d'un match de billard ? Si nous ne voulons pas donner à son assertion ce sens bizarre, si nous ne voulons pas non plus du sens restreint que j'expliquais tout à l'heure et qui est le bon, elle n'en a plus aucun. »⁶

Le sens qui est « le bon », c'est, pour Poincaré, le sens qu'il appelle « vérifiable ». Le sens « bizarre », c'est évidemment d'attribuer à une connaissance absolue, celle de Dieu, un mode de représentation qui nous est familier. Ainsi le réalisme scientifique n'est qu'un anthropomorphisme déguisé, ou ce qu'on pourrait appeler un idéalisme caché. Il est intéressant de suivre les suggestions de Poincaré quant aux mécanismes de cet idéalisme. La genèse de l'illusion « réaliste » consisterait alors dans un va-et-vient entre le « sens restreint », qui est « le bon », mais qui réfère à une expérience à venir, et le sens transcendant, qui ne veut pas s'avouer, de peur de tomber dans le ridicule. Pour échapper à l'incertitude d'un côté, au ridicule de l'autre, l'esprit humain oscille entre les deux et hypostasie finalement son impuissance à se déterminer dans un modèle qui idéalise le mode de représentation familier. Telle serait l'origine de ce que Putnam appelle le « réalisme externe », auquel cet auteur entend substituer, en s'autorisant de Peirce, mais il pourrait aussi s'autoriser de Poincaré, un « réalisme à visage humain »⁷, qu'il qualifie également de « réalisme interne » (qu'il faut comprendre comme interne à l'expérience, présente et à venir).

Une fois qu'on a écarté ce « réalisme scientifique », dont Poincaré a bien montré qu'il n'est qu'un « réalisme métaphysique » déguisé, on peut accorder tout l'intérêt qu'elles méritent à ces hypothèses, que Poincaré appelait dans le chapitre précédent « indifférentes », et qui apparaissent maintenant comme des « métaphores ». Lui-même relie les deux termes pour bien montrer qu'il ne faut pas les prendre pour l'expression d'une réalité transcendante, et qu'il faut être prêt à les abandonner pour une meilleure image, si l'ancienne métaphore s'avère déficiente :

⁶ [Poincaré 1902 / 1968], chap. X, op. cit., pages 175-176.

⁷ [Putnam 1994].

« Les hypothèses de ce genre n'ont donc qu'un sens métaphorique. Le savant ne doit pas plus se les interdire, que le poète ne s'interdit les métaphores ; mais il doit savoir ce qu'elles valent. Elles peuvent être utiles pour donner une satisfaction à l'esprit, et elles ne seront pas nuisibles pourvu qu'elles ne soient que des hypothèses indifférentes. »⁸

Poincaré explique alors que certaines théories que l'on avait abandonnées à cause de l'échec qu'avaient rencontré des hypothèses de cette sorte, peuvent reprendre vie dans des théories qui reprennent à leur compte, sous d'autres images, « les rapports vrais », déjà exprimés dans l'ancien langage. Il en est ainsi des fluides de Coulomb, qui semblent renaître dans les électrons de Lorentz. Il en est de même également de la théorie de Carnot qui, initialement exprimée sous la forme déficiente de la conservation du calorique, a été réhabilitée par Clausius sous le nom d'entropie et a donné naissance à la seconde loi fondamentale de la thermodynamique. Dans des cas de ce genre, où les analogies doivent chaque fois être précisées avec soin, et où quelque chose des anciennes images doit être abandonné, l'idée de « précurseurs » prend sens. Poincaré en accepte l'idée plutôt qu'il n'est porté à la discréditer.

Il ne pouvait éviter, en 1902, de livrer quelques considérations sur l'hypothèse « commode », qu'était pour lui l'imagination d'un éther. Ces considérations sont introduites par la question : « Et notre éther existe-t-il réellement? ». Poincaré donne cinq arguments susceptibles d'étayer la croyance en son existence. D'abord la nécessité d'attribuer un « support matériel » à la lumière (ondulante) qui nous vient des étoiles. Ensuite l'habitude d'user d'équations différentielles, qui nous poussent à considérer que l'état de l'univers matériel dépend de son état immédiatement antérieur. Puis l'expérience de Fizeau qui, en nous montrant deux milieux différents qui se pénètrent tout en se déplaçant l'un par rapport à l'autre, semble nous faire « toucher l'éther du doigt ». Enfin l'intervention de la première sorte d'hypothèses (les principes) pourrait également nous faire croire à l'éther, soit que le principe de Newton de l'égalité de l'action et de la réaction, ne trouvant plus d'application dans la matière seule nous obligerait à postuler ce milieu qui, subissant l'action de la matière, pourrait y réagir, soit même que le principe du

⁸ [Poincaré 1902 / 1968], op.cit., page 176.

mouvement relatif nous obligerait à postuler « quelque chose de concret » par rapport à quoi la Terre devrait se mouvoir, si les phénomènes optiques et électriques se trouvaient modifiés par ce déplacement. Poincaré, qui ne manifeste pas d'objection pour les quatre premières raisons, fait montre d'un certain scepticisme pour la cinquième. Il ressort des explications qu'il donne de ce scepticisme que, très impressionné par les expériences du second ordre (Michelson-Morley), Poincaré attendait une explication générale susceptible de valoir « pour des termes d'ordre supérieur », de telle sorte que « la destruction mutuelle de ces termes sera rigoureuse et absolue ». L'idée est qu'on ne peut se contenter en un tel problème d'hypothèses *ad hoc* (à la manière de Lorentz) et que l'imagination d'hypothèses sérieuses doit viser à satisfaire toutes les difficultés à la fois.

Ce qui montre bien que le conventionnalisme de Poincaré est éloigné du positivisme et tend à un réalisme (structurel), qui ne répugne pas à user d'hypothèses « indifférentes » ou, mieux « commodes », c'est l'identification qu'il établit entre l'idéal de la science, dont la visée est théorique, et l'exigence d'unité, dont il ne peut être sûr qu'il puisse être satisfait. Ayant constaté que l'histoire récente du développement de la physique manifeste deux tendances inverses, l'une allant vers l'unité, l'autre vers la diversité, il pose le problème auquel la fin du chapitre X va s'efforcer de répondre ;

« De ces deux tendances inverses, qui semblent triompher tour à tour, laquelle l'emportera ? Si c'est la première, la science est possible ; mais rien ne le prouve *a priori*, et l'on peut craindre qu'après avoir fait de vains efforts pour plier la nature malgré elle à notre idéal d'unité, débordés par le flot toujours montant de nos nouvelles richesses, nous ne devons renoncer à les classer, abandonner notre idéal, et réduire la science à l'enregistrement d'innombrables recettes »⁹.

Il est frappant qu'assumant la visée cognitive de la science, qui n'est satisfaite qu'avec l'unité théorique obtenue, puisque l'univers est unique (comme le montre l'interaction universelle), Poincaré ne soit pas sûr qu'à l'avenir la science pourra y satisfaire. A défaut d'un réalisme structurel triomphant, il faudrait se contenter du

⁹ [Poincaré 1902 / 1968], op.cit., page 183.

pragmatisme, c'est-à-dire de la possession de multiples « recettes ». Le conventionnalisme de Poincaré est ouvert à cette alternative.

Dans les développements historiques qui suivent cependant, Poincaré maintient que « le but poursuivi, ce n'est pas le mécanisme ; le vrai, le seul but, c'est l'unité ». Tel semble bien son idéal de savant. Il ne semble pas prêt à y renoncer, car la marche vers l'unité lui semble « tout compte fait » avoir fait des progrès.

La première sorte d'hypothèses comme conventions

En étudiant la marche de la science vers l'unité, Poincaré a rencontré, au chapitre X, les principes de la mécanique qui, complétés et généralisés, sont devenus les principes de la physique mathématique. Ce sont ces principes qui constituent la première sorte d'hypothèses qu'avait mentionnée le chapitre IX. Poincaré n'avait pas besoin d'en faire une étude systématique, puisqu'il avait déjà opéré cette dernière, comme nous allons le voir. Dès l'introduction de son ouvrage, qui voulait répondre à l'ultra-conventionnalisme des philosophes qui, comme E. Le Roy, tombent dans ce qu'il appelle le *nominalisme* — d'un terme qu'on a toujours opposé au *réalisme* — Poincaré entendait montrer que la première sorte d'hypothèses, bien qu'elles « se réduisent à des définitions et à des conventions déguisées » ne sont pourtant pas arbitraires et nous sont suggérées par l'expérience :

« Ces dernières (hypothèses) se rencontrent surtout dans les mathématiques et dans les sciences qui y touchent. C'est justement de là que ces sciences tirent leur rigueur ; ces conventions sont l'œuvre de la libre activité de notre esprit, qui, dans ce domaine, ne reconnaît pas d'obstacle. Là, notre esprit peut affirmer parce qu'il décrète ; mais entendons-nous : ces décrets s'imposent à *notre* science, qui, sans eux serait impossible ; ils ne s'imposent pas à la nature. Ces décrets, pourtant, sont-ils arbitraires ? Non, sans cela ils seraient stériles. L'expérience nous laisse notre libre choix, mais elle le guide en nous aidant à discerner le chemin le plus commode. Nos décrets sont donc comme ceux d'un prince absolu, mais sage, qui consulterait son Conseil d'Etat. »¹⁰

¹⁰ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 24.

Beaucoup plus loin, dans les conclusions de la Troisième Partie, qui précèdent les chapitres que l'on vient d'étudier, Poincaré revient sur les principes qui président à la géométrie comme à la mécanique et il montre que, quoiqu'il s'agisse bien de conventions dans les deux cas, leur statut épistémologique est cependant différent quand on passe d'une science à l'autre. Il répond ainsi à ceux qui voudraient soit classer ces deux sciences dans les sciences expérimentales soit les considérer toutes deux comme des sciences déductives :

« Une pareille conclusion serait illégitime. Les expériences qui nous ont conduits à adopter comme plus commodes les conventions fondamentales de la géométrie portent sur des objets qui n'ont rien de commun avec ceux qu'étudie la géométrie ; elles portent sur les propriétés des corps solides, sur la propagation rectiligne de la lumière. Ce sont des expériences de mécanique, des expériences d'optique ; on ne peut à aucun titre les regarder comme des expériences de géométrie. Et même la principale raison pour laquelle notre géométrie nous semble commode, c'est que les différentes parties de notre corps, notre œil, nos membres, jouissent précisément des propriétés des corps solides. A ce compte, nos expériences fondamentales sont avant tout des expériences de physiologie, qui portent, non sur l'espace qui est l'objet que doit étudier le géomètre, mais sur son corps, c'est-à-dire sur l'instrument dont il doit se servir pour cette étude.

Au contraire, les conventions fondamentales de la mécanique et les expériences qui nous démontrent qu'elles sont commodes portent bien sur les mêmes objets ou sur des objets analogues. Les principes conventionnels et généraux sont la généralisation naturelle et directe des principes expérimentaux et particuliers. »¹¹

Ces considérations sont essentielles pour ceux qui estiment, avec raison semble-t-il, que le conventionnalisme de Poincaré, bien qu'il évite l'empirisme et le positivisme, est fort différent du transcendantalisme de Kant. Pour ce dernier la géométrie, qui est la science des figures dans l'espace posé comme une forme *a priori*, s'applique à l'expérience et donc à la mécanique et à l'optique. Pour Poincaré, ce sont les expériences de mécanique et d'optique qui fondent les principes de la géométrie. Bien plus, ces expériences de mécanique et d'optique sont solidaires des expériences que nous

¹¹ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 152.

faisons avec notre propre corps, qui a les propriétés d'un corps solide. C'est pourquoi le lien des conventions de la géométrie (par exemple le postulat d'Euclide) avec les « expériences fondamentales » est tout à fait indirect et repose sur des commodités qui ont besoin d'être explicitées. Tandis que les conventions de la mécanique sont « la généralisation naturelle et directe des principes expérimentaux et particuliers ». Pour les distinguer de la troisième sorte d'hypothèses, nous disions précédemment qu'ils n'étaient pas des lois et qu'à ce titre ils ne pouvaient pas être réfutés, ce qui est bien le propre des conventions. Mais il faut ajouter, comme Poincaré le fait ici, que ces conventions « sont cependant tirés de lois expérimentales ». Le mécanisme logique de cette extraction est expliquée par Poincaré, à la fin des conclusions de la troisième partie du livre, de la façon suivante : une loi exprime un rapport entre deux termes réels A et B. Une telle loi n'est pas rigoureusement vraie, elle n'est qu'approchée. « Nous introduisons arbitrairement un terme intermédiaire C plus ou moins fictif et C est *par définition* ce qui a avec A *exactement* la relation exprimée par la loi ». On comprend ainsi pourquoi les conventions sont des définitions déguisées. Mais ce ne sont pas des définitions qui sont éloignées des objets de l'expérience. Pour Poincaré « l'enseignement de la mécanique doit rester expérimental ». Ce n'est pas seulement un artifice pédagogique (comme ce l'est en géométrie), mais « c'est ainsi seulement qu'il pourra nous faire comprendre la genèse de la science, et cela est indispensable pour l'intelligence complète de la science elle-même ».

Abordons donc cette « intelligence complète » de la mécanique et de la physique. La liste des principes n'est pas présentée dans *La science et l'hypothèse* sous la forme qu'elle recevra dans *La valeur de la science*. La raison en est que Poincaré n'a pas encore établi explicitement dans son premier livre la distinction entre la « Physique des forces centrales » et la « Physique des principes » qu'il fera par la suite. Cette omission n'a pas grande importance car Poincaré reconnaîtra dans *La valeur de la science* que « l'hypothèse des forces centrales contenait tous les principes ; elle les entraînait comme des conséquences nécessaires ; elle entraînait et la conservation de l'énergie, et celle des masses, et l'égalité de l'action et de la réaction, et la loi de moindre action, qui apparaissent, il est vrai, non comme des vérités expérimentales, mais comme des théorèmes ; et dont

l'énoncé avait en même temps je ne sais quoi de plus précis et de moins général que sous leur forme actuelle »¹². Il est donc légitime d'aller chercher ces principes sous la forme, non pas déductive mais inductive et historique, quoique déjà mathématique, que Poincaré leur donne dans les trois chapitres qu'il consacre à la Mécanique Classique (chap. VII), au Mouvement Relatif et au Mouvement Absolu (chap. VII), et à l'Energie et la Thermodynamique (chap. VIII). Il montre d'ailleurs que, bien qu'issus de l'expérience au sens que nous avons donné plus haut, ils deviennent, de par leur application élargie des « vérités expérimentales », acquérant en même temps une formulation plus générale et confortant par là même leur caractère de « conventions ».

Le chapitre que Poincaré accorde à la Mécanique Classique traite naturellement du principe d'inertie et de la loi de l'accélération. A propos du premier, Poincaré n'a pas de peine à relever qu'il n'est pas *a priori*, puisque les Grecs ne l'ont pas connu, ni que ce n'est pas un fait expérimental, puisqu'il est impossible de le manifester rigoureusement dans l'expérience. Il est clair que c'est une convention, dont Poincaré propose une formule plus générale qui se prête au traitement mathématique : « l'accélération d'un corps ne dépend que de la position de ce corps et des corps voisins et de leurs vitesses ». Cela revient d'ailleurs à dire que « les mouvements de toutes les molécules matérielles de l'univers dépendent d'équations différentielles du second ordre ». A l'aide de quelques fictions, Poincaré peut montrer que « cette loi, vérifiée expérimentalement dans quelques cas particuliers, peut être étendue sans crainte aux cas les plus généraux, parce que nous savons que dans ces cas généraux l'expérience ne peut ni la confirmer, ni la contredire ». Une situation analogue est décrite pour la loi de l'accélération : « l'accélération d'un corps est égale à la force qui agit sur lui divisée par sa masse ». Poincaré remarque qu'il est inutile d'essayer de mesurer de façon indépendante les trois grandeurs qui figurent dans l'énoncé. Tout ce qu'on peut faire, semble-t-il, c'est d'essayer de définir l'égalité de deux forces, mais alors on s'aperçoit qu'il faut faire intervenir le principe de l'égalité de l'action et de la réaction, le principe de l'égalité de deux forces qui se font équilibre, et enfin la règle que certaines forces, par exemple le poids d'un corps, sont constantes en

¹² [Poincaré 1905 / 1970], page 128.

grandeur et en direction, ce qui n'est qu'approximativement vrai. On est donc obligé de recourir à la définition que donnait Kirchhoff : *la force est égale à la masse multipliée par l'accélération*, ce qui équivalait à utiliser la loi de Newton comme une définition. Mais cette définition est encore insuffisante, puisque nous ne savons pas ce que c'est que la masse. Poincaré entraîne le lecteur dans un nouvel ensemble de considérations où il apparaît que l'hypothèse des forces centrales, comme on l'a fait entendre plus haut, apparaît nécessaire (et d'ailleurs suffisante) et que, si l'on veut s'en passer, on est conduit à considérer un système soustrait à toute force extérieure, ce qui est impossible. D'où il conclut : *les masses sont des coefficients qu'il est commode d'introduire dans les calculs*. Poincaré fait reproche à Hertz d'avoir soutenu que « ce qui sort de l'expérience peut toujours être rectifié par l'expérience » et, par conséquent, que les principes de la mécanique ne sont inébranlables qu'en apparence. Il rétorque à cet auteur que « les principes de la dynamique nous apparaissent d'abord comme des vérités expérimentales » mais que « nous avons été obligés de nous en servir comme définitions ». Et c'est pour conclure finalement : « on s'explique maintenant comment l'expérience a pu servir de base aux principes de la mécanique et cependant ne pourra jamais les contredire ». Ainsi se manifeste le double caractère d'une convention : invention non arbitraire de l'esprit, mais soustraite au verdict de l'expérience.

Ce que Poincaré appelle principe du mouvement relatif est équivalent à ce que nous appelons principe de relativité et il s'énonce, pour lui, de la façon suivante : « le mouvement d'un système quelconque doit obéir aux mêmes lois, qu'on le rapporte à des axes fixes, ou à des axes mobiles entraînés dans un mouvement rectiligne et uniforme »¹³. Poincaré remarque qu'on a cherché à dériver de ce principe une démonstration de la loi d'accélération, mais cette tentative est vaine, puisque l'obstacle qui nous empêchait de démontrer cette dernière, c'était que nous n'avions pas de définition de la force, et que cet obstacle subsiste tout entier. Il serait plus juste de considérer ce dernier principe comme une extension du principe d'inertie généralisé, que Poincaré a énoncé plus haut. En fait « ce n'est pas tout à fait la même chose, puisqu'il s'agit (ici) des différences de coordonnées et non des coordonnées elles-mêmes. Le

¹³ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 129.

nouveau principe nous apprend donc quelque chose de plus que l'ancien, mais la même discussion s'y applique et conduirait aux mêmes conclusions ». Ces conclusions seraient à nouveau que ce principe n'est ni évident ni réfutable par l'expérience. La vraie question qui se pose, estime Poincaré, est de savoir pourquoi ce principe de relativité est borné aux systèmes en déplacement uniforme et refusé aux systèmes en mouvement accéléré ou en rotation uniforme. En ce qui concerne le mouvement accéléré, la difficulté est facilement résolue, puisqu'il n'y a rien de paradoxal à ce que le mouvement relatif de deux corps soit troublé lorsque l'un d'eux seulement subit l'action d'une force extérieure. Pour ce qui concerne les systèmes de référence en rotation uniforme, la réponse est plus compliquée car Poincaré veut éviter la solution newtonienne, qui consiste à considérer la rotation comme la preuve d'un mouvement absolu dans l'espace absolu. Pour Poincaré l'espace est toujours relatif (comme le mouvement), mais la rotation peut se laisser discerner même en l'absence de repères visibles par rapport auxquels elle pourrait être rendue manifeste. S'il s'agit de la rotation de la Terre, on sait que son aplatissement aux pôles et l'expérience du pendule de Foucault constituent d'excellents indices. Encore faut-il être conduit à les prendre en compte, même dans l'hypothèse où d'épais nuages cacheraient les astres aux yeux des hommes. Poincaré montre que, dans cette hypothèse, les astronomes fictifs seraient conduits à imaginer des mécanismes si compliqués qu'en fin de compte un nouveau Copernic serait conduit à dire : il est bien plus simple d'admettre que la Terre tourne ! Cependant les lois de l'Astronomie doivent se résoudre en fin de compte dans les lois de la Mécanique. Il faut donc imaginer le Newton de la fiction envisagée. Supposons donc que les astronomes ne puissent étudier que les distances mutuelles des Planètes et du Soleil, alors que les astres leur seraient cachés. La difficulté est que « si, outre la loi de Newton (loi de l'accélération) on connaissait les valeurs initiales de ces distances et leurs dérivées par rapport au temps, cela ne suffirait pas pour déterminer les valeurs de ces mêmes distances à un instant ultérieur ». Poincaré remarque qu'il faudrait faire appel à une autre donnée, par exemple la constante des aires. Tout porte à croire que nos physiciens fictifs (qui ne s'occuperaient pas du tout de Mécanique terrestre) considéreraient alors cette constante des aires comme une constante essentielle et non accidentelle, puisqu'ils n'auraient pas accès à d'autres systèmes solaires. Cependant, note encore Poincaré,

il est possible que l'esprit de ces physiciens ne serait pas encore satisfait, car « ils s'apercevraient bientôt qu'en différentiant leurs équations, de façon à en élever l'ordre, les équations deviennent plus simples. Et surtout ils seraient frappés de la difficulté qui provient de la symétrie. Il faudrait admettre des lois différentes, selon que l'ensemble des planètes présenterait la figure d'un certain polyèdre ou bien d'un polyèdre symétrique». Cela pourrait donc finalement les conduire à imaginer une Mécanique un peu différente de la nôtre. Mais, conclut Poincaré, « en somme la difficulté est artificielle». Même, en effet, si cette difficulté pouvait devenir la nôtre, par exemple si nous voulions établir une Mécanique valable pour l'Univers entier, l'important est que nos principes actuels nous permettent d'établir des prévisions, et « sous ce rapport nous pouvons être tranquilles». Ces discussions un peu subtiles, mais auxquelles on pourrait rendre aujourd'hui une certaine actualité en recourant à notre théorie relativiste de la gravitation, ramènent donc toujours Poincaré au point essentiel, à savoir que nos principes, si conventionnels soient-ils, sont soustraits au verdict de l'expérience et ne doivent être jugés que pour leur fécondité.

Avec le chapitre VIII consacré à l'Energie et à la Thermodynamique, Poincaré en vient à examiner l'énergétique dont beaucoup de physiciens de son temps pensaient qu'elle devait prendre le relais de la mécanique classique. Comme on l'a déjà vu, Poincaré est plutôt porté à faire la synthèse des deux « systèmes». Certes la théorie énergétique présente, pour Poincaré, les deux avantages suivants : 1° elle est moins incomplète, c'est-à-dire que « le principe de la conservation de l'énergie et de Hamilton nous apprennent plus que les principes fondamentaux de la théorie classique et excluent certains mouvements que la nature ne réalise pas et qui seraient compatibles avec la théorie classique » ; 2° elle nous dispense de l'hypothèse des atomes, qu'il était presque impossible d'éviter avec la théorie classique. Mais la nouvelle physique soulève aussi certaines difficultés que Poincaré ne manque pas de relever. Ainsi « si la définition de deux sortes d'énergie (cinétique et potentielle) peut être poussée jusqu'au bout sans difficulté et qu'il en est de même de la définition des masses » cela ne vaut que pour les cas simples, mais « les difficultés reparaissent dans les cas plus compliqués, et, par exemple, si les forces, au lieu de dépendre seulement des distances, dépendent aussi des vitesses ». La difficulté la plus grave concerne

cependant la définition de l'énergie elle-même. En effet il est très difficile de séparer les diverses formes de l'énergie et donc d'en faire la somme, si bien qu'« il ne nous reste plus qu'un énoncé pour le principe de la conservation de l'énergie : *il y a quelque chose qui demeure constant* ». Mais « il est clair que si le monde est gouverné par des lois, il y aura des quantités qui demeurent constantes ». Si bien que « comme les principes de Newton, et pour une raison analogue, le principe de la conservation de l'énergie, fondé sur l'expérience, ne pourrait plus être infirmé par elle ». Là encore nous retrouvons donc le fondement même du conventionnalisme. La même discussion est reprise et enrichie dans le sous-chapitre qui traite plus précisément de la science thermodynamique, et qui est emprunté à une préface d'un ouvrage de l'auteur portant sur cette science. Poincaré en vient nécessairement à traiter du 2ème principe. « Ce qui le distingue, note-t-il, c'est qu'il s'exprime par une inégalité ». Or « ce n'est pas l'imperfection de nos moyens d'observation qui est en cause, mais la nature même de la question ». Poincaré n'en dit pas davantage et reprend la question au chapitre X. Là encore il se garde de pousser la question jusqu'au bout. Il apparaît cependant qu'il n'est guère satisfait par l'explication des mécanistes qui font dériver l'irréversibilité (apparente) de la loi des grands nombres. En somme le principe de Carnot ne s'impose pas davantage que le principe de Meyer. Mais il en a la souplesse et, dans les cas particuliers, un sens parfaitement clair. C'est pourquoi il rentre naturellement dans la catégorie des conventions et cela suffit ici à Poincaré.

L'histoire des théories physiques comme atelier de l'épistémologie conventionnaliste

Les développements précédents ont montré que, bien que le conventionnalisme ne soit pas esclave du verdict de l'expérience, il se distingue pourtant du dogmatisme, en ce qu'il reste attentif aux enseignements de l'expérience. Celle-ci peut révéler, en effet, les limites d'une convention particulière, et c'est la confrontation continue des principes à l'expérience qui leur confère finalement un sens physique :

« Mais alors si ce principe (il s'agit ici de la conservation de l'énergie) a un sens, il peut être faux ; il peut se faire qu'on n'ait pas le droit d'en étendre indéfiniment les applications et cependant

il est assuré d'avance d'être vérifié dans l'acception stricte du mot (à savoir : il y a toujours quelque chose qui se conserve — ajouté par H. B.) ; comment donc serons-nous avertis quand il aura atteint toute l'extension qu'on peut légitimement lui donner ? C'est tout simplement quand il cessera de nous être utile, c'est-à-dire de nous faire prévoir sans nous tromper des phénomènes nouveaux. Nous serons sûrs en pareil cas que *le rapport affirmé n'est plus réel ; car sans cela il serait fécond* (italiques de H. B.) ; l'expérience, sans contredire directement une nouvelle extension du principe, l'aura cependant condamnée. »¹⁴

L'histoire de la science s'introduit donc ici dans la science elle-même, ou plutôt dans la réflexion à laquelle elle ne peut se soustraire quand elle cherche à s'étendre et à s'unifier. Poincaré, qui parlait, en 1904, de « *La crise actuelle de la physique mathématique* », n'a jamais voulu soustraire le physicien aux défis de l'expérience. Dès 1902, il a estimé « qu'il fallait le montrer à l'œuvre », et en a offert plusieurs exemples, de portée diverse.

Le premier exemple est relatif à l'histoire de l'optique et de l'électricité (chap. XII), et reproduit partiellement les préfaces de deux Traités de l'auteur sur ces disciplines. A propos de la théorie de Fresnel, Poincaré rappelle la thèse essentielle qu'il a pu forger au cours de son enseignement des théories physiques, à savoir que « les théories mathématiques n'ont pas pour objet de nous révéler la véritable nature des choses ; ce serait là une prétention déraisonnable. Leur but unique est de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître, mais que sans le secours des mathématiques nous ne pourrions même énoncer ». Comme s'il s'agissait d'appliquer cette thèse essentielle à l'hypothèse (« indifférente ») de l'éther, Poincaré poursuit immédiatement :

« Peu nous importe que l'éther existe réellement, c'est l'affaire des métaphysiciens ; l'essentiel pour nous c'est que tout se passe comme s'il existait et que cette hypothèse est commode pour l'explication des phénomènes. Après tout, avons-nous d'autre raison de croire à l'existence des objets matériels ? ce n'est là aussi qu'une hypothèse commode ; seulement elle ne cessera jamais de

¹⁴ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 178.

l'être, tandis qu'un jour viendra sans doute où l'éther sera rejeté comme inutile (italiques de H. B.). »¹⁵

On peut se demander, à la lecture de ce texte, si Poincaré n'aurait pas mieux fait de cultiver son scepticisme, déjà rencontré, à l'égard de l'éther, plutôt que de le refouler, en s'attachant à améliorer la théorie de Lorentz. Mais on ne refait pas l'histoire ! A propos de la théorie de Maxwell, Poincaré montre d'abord combien elle est contraire aux habitudes des physiciens français qui ont été formés à l'école des Laplace et Cauchy. Mais ce qu'il retient d'elle, « l'idée fondamentale », comme il l'appelle, c'est la possibilité, bien décelée par Maxwell, de donner une explication mécanique aux phénomènes électromagnétiques, bien que Maxwell ait finalement renoncé à l'offrir, après s'y être essayé sans succès. Cette possibilité, c'était de choisir les paramètres q et leurs dérivées, de telle façon qu'on puisse faire une application des équations de Lagrange :

« Et alors Maxwell s'est demandé s'il pouvait faire ce choix et celui des énergies T et U , de façon que les phénomènes satisfassent à ce principe (de moindre action). L'expérience nous montre que l'énergie d'un champ électromagnétique se décompose en deux parties, l'énergie électrostatique et l'énergie électrodynamique. Maxwell a reconnu que si l'on regarde la première comme représentant l'énergie potentielle U , et la seconde comme représentant l'énergie cinétique T ; si, d'autre part, les charges électrostatiques des conducteurs sont considérées comme des paramètres q et les intensités de courants comme les dérivées d'autres paramètres q ; dans ces conditions, dis-je, Maxwell a reconnu que les phénomènes électriques satisfont au principe de moindre action. Il est certain, dès lors, de la possibilité d'une explication mécanique. »¹⁶

Or Poincaré a précédemment montré que « si on ne peut satisfaire au principe de moindre action, il n'y a pas d'explication mécanique possible ; si on y peut satisfaire, il y en a non seulement une, mais une infinité, d'où il résulte que dès qu'il y en a une, il y en a une infinité d'autres ». Il approuve donc Maxwell d'avoir laissé les choses en l'état, et il ajoute cette remarque, qui fait le fond de sa

¹⁵ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 215.

¹⁶ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., pages 223-224.

philosophie conventionnaliste plus haut développée : « Un jour viendra peut-être où les physiciens se désintéresseront de ces questions, inaccessibles aux méthodes positives, et les abandonneront aux métaphysiciens. Ce jour n'est pas venu ; *l'homme ne se résigne pas si aisément à ignorer éternellement le fond des choses.* » (italiques de H. B.).

Le deuxième exemple interfère avec le premier puisqu'il embrasse toute l'histoire de l'électrodynamique (chap. XIII), qui visiblement a dû constituer pour Poincaré le banc d'essai de son épistémologie. Poincaré s'est intéressé à la succession des hypothèses qui ont régné sur cette discipline, et a montré que les premières étaient faites « sans s'en apercevoir ». C'est le cas des hypothèses implicites d'Ampère, alors qu'il prétendait offrir « une théorie *uniquement* fondée sur l'expérience ». En réalité elle était fondée, pour les courants dits « ouverts », sur deux hypothèses que Poincaré formule, et qui conduisaient à faire disparaître *l'unité de la force magnétique*. Dans ces conditions, le phénomène d'induction découvert par Faraday est inintelligible, et même impossible. La théorie d'Helmholtz ne rencontre pas les mêmes difficultés, mais bute sur d'autres. Pour Maxwell, au contraire de ses devanciers, il n'y a plus que des courants fermés ; ce sont des courants de déplacement, qui expliquent l'induction de Faraday, et beaucoup d'autres phénomènes, auxquels se joignent les phénomènes optiques. Les expériences de Rowland vinrent confirmer les hypothèses de Faraday. Enfin Lorentz montra que les courants dits de conduction sont eux-mêmes des courants de convection, transportés par des *électrons*. Ainsi, pour Poincaré, « l'édifice de l'électrodynamique semble au moins dans ses grandes lignes définitivement construit ». Même si Poincaré est sur ce point trop optimiste, il a rétrospectivement raison d'ajouter : « L'histoire de ces variations n'en sera pas moins instructive : elle nous apprendra à quels pièges le savant est exposé, et comment il peut avoir l'espoir d'y échapper ». L'espoir est dans une juste mise en œuvre de la physique mathématique, telle que Poincaré s'est efforcé de la décrire !

Conclusion

En modifiant seulement l'ordre des chapitres, cet article a passé en revue les troisième et quatrième parties de *La science et*

l'hypothèse. Seul le chapitre (XI) sur le calcul des probabilités a été négligé. L'étude de ce chapitre, dont Poincaré n'était pas vraiment satisfait, comme il le laisse entendre dans les conclusions de ce chapitre et comme il l'a reconnu devant les critiques de Russell¹⁷, exigerait, en effet, un traitement à part. Tout ce qu'on peut dire d'incontestable à son sujet, c'est que cette étude ne ferait qu'approfondir, par une voie nouvelle, le conventionnalisme de Poincaré. Ce dernier ne manque pas d'observer, en effet, en guise de conclusion, que « pour entreprendre un calcul quelconque de probabilité, et même pour que ce calcul ait un sens, il faut admettre, comme point de départ, une hypothèse ou une convention qui comporte toujours un certain degré d'arbitraire. Dans le choix de cette convention, nous ne pouvons être guidés que par le principe de raison suffisante ». C'est dire que l'activité scientifique, pour Poincaré, est orientée par le bon sens, auquel elle s'applique à donner une forme la plus rigoureuse possible, et qui se prête à la critique, mais qui ne peut jamais être éliminée. Dans cette perspective il s'agit bien d'envelopper la science par une épistémologie conventionnaliste et historique, que les quatre thèses proposées plus haut et développées dans les sections correspondantes de cet article, peuvent servir à caractériser, du moins pour la philosophie physique.

Une telle épistémologie était certainement capable d'accueillir la Relativité d'Einstein, dont la première manifestation devait se produire trois ans après la publication de *La science et l'hypothèse*. Dans une autre étude,¹⁸ l'auteur de cet article s'est efforcé d'établir à la fois cette possibilité d'accueil et la réalité d'un refus qui tient au respect sans doute excessif que Poincaré portait à la théorie de Lorentz, malgré les critiques qu'il en faisait, comme au besoin qu'il éprouvait de réaliser l'unité théorique pour laquelle l'hypothèse de l'éther, si « indifférente » qu'elle fut en principe, se révélait utile. Dans l'introduction du fameux article de Poincaré *La dynamique de l'électron*, qui marque le ralliement de Poincaré à la théorie de Lorentz, on lit une remarque qui signale la distance que Poincaré voulait conserver, malgré l'accord substantiel qu'il allait manifester : « Peut-être suffirait-il de renoncer à cette définition (de deux longueurs égales par l'égalité des temps mis à les parcourir — ajouté

¹⁷ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit. préface, page 14.

¹⁸ [Barreau 1995].

par H. B.), pour que la théorie de Lorentz fût aussi complètement bouleversée que l'a été le système de Ptolémée par l'intervention de Copernic. Si cela arrive un jour, cela ne prouvera pas que l'effort fait par Lorentz ait été inutile ; car Ptolémée, quoi qu'on en pense, n'a pas été inutile à Copernic. »¹⁹ Même si le renoncement envisagé par Poincaré, en l'occurrence, nous semble aujourd'hui mal placé, il reste que, en ces années tournantes, Poincaré n'excluait nullement l'apparition d'un nouveau Copernic.

Mais la grande réserve qu'a toujours manifestée Poincaré à l'égard d'une théorie scientifique qui prétendrait aller au fond des choses nous semble aujourd'hui s'appliquer bien davantage à la théorie des quanta, telle que nous la connaissons, dans sa forme actuelle bien postérieure au temps de Poincaré. L'épistémologue cité dans l'introduction de cet article ne s'y était pas trompé. En effet, bien que J. L. Destouches se soit rallié, à sa façon, après 1954, à la théorie de « l'onde physique » de Louis de Broglie, il n'a jamais renoncé, pour autant, à la présentation de la théorie quantique orthodoxe qu'il avait proposée dans sa « théorie des prévisions et des probabilités. »²⁰ Qu'une telle théorie fut l'horizon de toute théorie physique, quelle que soit l'ambition de l'une d'elles par ailleurs, J. L. Destouches l'avait lu dans l'épistémologie de Poincaré, exprimée dans *La science et l'hypothèse*²¹, et il y avait trouvé, sans doute, de quoi justifier à ses yeux le projet et l'élaboration abstraite de cette épithéorie des prévisions, qui en est, même si elle ne s'en réclame pas explicitement, une très fidèle manifestation.

Bibliographie

Barreau, H.

- 1989 Popper et les probabilités, in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, (Paris : Aubier).
- 1995 Poincaré et l'espace-temps ou un conventionnalisme insuffisant, in Heinzmann, G. (éd.), *Poincaré : science et philosophie — Actes du Congrès international Henri Poincaré, mai 1994*, (Berlin / Paris : Springer Verlag).

¹⁹ « Sur la dynamique de l'électron », in Henri Poincaré, *La mécanique nouvelle*, édit. J. Gabay, 1989, page 22.

²⁰ [Destouches 1942], chap.VII. & VIII., pages 422-656.

²¹ [Poincaré 1902 / 1968], op. cit., page 191 et *passim*.

Destouches, J. L.

1938 *Essai sur la forme générale des théories physiques*, (Paris : Cluj).

1942 *Principes fondamentaux de physique théorique*, II, Physique du Solitaire. (Paris : Hermann).

Poincaré, H.

1902 *La science et l'hypothèse*, (Paris : Flammarion) ; seconde édition de Jules Vuillemin (Paris : Flammarion), 1968.

1905 *La valeur de la science*, (Paris : Flammarion) ; seconde édition de Jules Vuillemin (Paris : Flammarion), 1970.

Putnam, H.

1994 *Le réalisme à visage humain*, (Paris : Seuil).