

PHILOSOPHIA SCIENTIÆ

UBALDO SANZO

Contre l'ontologie : Poincaré et les hypothèses scientifiques

Philosophia Scientiæ, tome 1, n° 4 (1996), p. 27-43

http://www.numdam.org/item?id=PHSC_1996__1_4_27_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/>

**Contre l'ontologie :
Poincaré et les hypothèses scientifiques**

Ubaldo Sanzo

*Université de Lecce - Italie
Département de Philosophie*

Préambule

René Thom a écrit :

Je serais tenté de dire que Poincaré était trop mathématicien pour être philosophe. Il n'y a pas, je crois, de grande philosophie, sans une certaine audace ontologique. [Thom 1987, 72]

En lisant ces mots, j'ai eu l'impression que René Thom avait identifié le point névralgique des difficultés dans lesquelles Poincaré s'est débattu jusqu'à la fin de sa vie pour fonder sa propre épistémologie sur des bases rigoureusement cohérentes.

J'ai alors tenté de tracer un parcours qui me permettrait de vérifier le degré de véracité de l'affirmation de René Thom.

D'abord, j'ai jugé suffisant de traverser de l'intérieur cet ordre complexe de problèmes qui, selon Poincaré, constitue les bases de toute théorie scientifique.

J'ai ensuite compris, ou peut-être seulement cru comprendre, que pour démêler l'écheveau embrouillé qui se tenait devant moi, je devais concentrer mon attention sur l'analyse de l'usage, fréquent mais non toujours univoque, du terme "hypothèse" à l'intérieur des œuvres épistémologiques de Henri Poincaré.

Je suis parvenu à la conviction que les grandes transformations théoriques et technologiques advenues dans les domaines les plus variés de la recherche scientifique, durant la période qui couvre l'entière durée de l'aventure humaine de Henri Poincaré, devaient apparaître non seulement à Poincaré mais à un certain nombre d'hommes de science comme des raisons plus que valides pour nourrir des soupçons, sinon des craintes justifiées à l'encontre des "ontologies hardies".

Ma recherche est en cours, mais je suis reconnaissant aux organisateurs de ce Congrès, de m'avoir donné l'occasion de présenter à une assemblée aussi qualifiée, quelques passages de mon travail.

1. Les hypothèses et les géométries

Désormais devenu un mathématicien à succès, membre de l'Académie des Sciences et titulaire d'une chaire à la Sorbonne, Poincaré expose à ses collègues quelques réflexions sur les fondements des géométries [Poincaré 1887, 203-216].

Il déclare être d'accord avec Riemann pour retenir que les géométries ne doivent pas être considérées comme un secteur scientifique autonome à l'intérieur des mathématiques, mais plutôt

comme un chapitre de l'analyse; les géométries, précise-t-il, sont un des modes possible d'étudier les *groupes de transformations* identifiés par Felix Klein et Sophus Lie. Et il conclut: les postulats des géométries sont simplement des *hypothèses*.

La référence est importante pour le développement de notre thèse, parce que, pour la première fois en cet écrit, Poincaré se sert du terme "hypothèse" pour définir les propositions fondamentales d'une science déterminée.

Quelques temps plus tard cependant, Poincaré se rend compte que son discours demande un autre éclaircissement, et précise qu'à son avis, les propositions fondamentales des géométries se divisent en deux groupes, les *axiomes démonstratifs* et les *postulats indémontrables* [Poincaré 1891, 769-774]. Les premiers sont empruntés à l'analyse et confèrent aux géométries la capacité démonstrative ; les seconds sont des propositions spécifiques à chacune des géométries. Rentrant dans ce dernier groupe toutes les propositions non reductibles aux principes généraux de l'analyse, par exemple, celles qui définissent le parallélisme entre deux ou plusieurs droites.

C'est le problème de la nature des *postulats*, souligne Poincaré, qui divise les philosophes des sciences. Les "empiristes" pensent que les postulats géométriques sont une forme de connaissance empirique et *a posteriori* ; tandis que les "rationalistes" retiennent que ce type de connaissance doit nécessairement être intellectuelle et *a priori*.

Une conciliation n'est possible, au dire de Poincaré, qu'à condition de rejeter les deux positions. En effet, si les postulats géométriques étaient de nature empirique, les géométries seraient sujettes à une révision continue; leur histoire démontre qu'il n'en est pas ainsi. Si, d'un autre côté, les postulats géométriques étaient une connaissance *a priori*, la négation d'un seul d'entre eux devrait entraîner la destruction de toute géométrie. C'est aussi une thèse insoutenable, puisque c'est sur la négation du postulat euclidien des parallèles, qu'ont été édifiées les géométries non euclidiennes.

On doit donc conclure que les postulats géométriques ont pour fonction de construire des théorèmes, plus ou moins compliqués, mais ne peuvent en aucune façon fonder ou altérer la rigueur logique des démonstrations. Leur fonction étant sous cet angle insignifiante, Poincaré juge plus opportun de définir les postulats géométriques comme *conventions*, ou mieux, comme *définitions déguisées*, et de mettre définitivement à part l'usage du terme "hypothèse".

A la réflexion, Poincaré se demande quelles fonctions assument les géométries au sein de l'édifice mathématique. Se

référant à Helmholtz, il conclut que les géométries sont l'étude des différents types de mouvement que peuvent accomplir des corps idéaux, ainsi que des possibles altérations et transformations que les formes de ces corps peuvent subir en raison des mouvements considérés. Il en déduit que les géométries servent aux mathématiciens pour établir des théorèmes relatifs au mouvement: elles sont l'un des modes de proposition des arguments des mathématiques, c'est-à-dire rien de plus qu'un *langage*. Les principes de tous les langages sont des *conventions* : il est donc absurde de se poser le problème de la vérité ou de la fausseté des postulats géométriques. Le mathématicien choisit *arbitrairement* les postulats de la géométrie dont il veut se servir. Son choix est motivé par des raisons de commodité en rapport avec le cadre de ses recherches [Poincaré 1895b, 631-646].

A la fin de sa vie, Poincaré ne cesse de se préoccuper d'éclaircir sa position sur les fondements de la géométrie :

Comme Helmholtz, je crois que l'observation de mouvements des corps solides est à l'origine psychologique de notre géométrie. Mais je ne fais pas pour cela dériver la géométrie de l'expérience, loin de là. [Poincaré 1913, 127]

L'affirmation montre combien sont limitées ses concessions à l'empirisme.

Le titre du premier ouvrage de Poincaré sur les fondements de la géométrie est emprunté à Riemann et, comme ce dernier, Poincaré appelle "hypothèses" les *postulats géométriques*. Il a recours à l'autorité de Riemann non tant pour conforter la thèse que toutes les géométries sont seulement un chapitre de l'analyse, que pour affirmer surtout que les géométries n'ont pas d'origine empirique ou expérimentale. Il écrit en effet :

Riemann caractérise une géométrie par l'expression de l'élément d'arc en fonction des coordonnées [...]. Je pris pour point de départ la possibilité du mouvement ou plutôt l'existence d'un groupe de mouvements qui n'altèrent pas les distances. [Poincaré 1887, 214]

Ce qu'il importe de noter ici est que l'opération intellectuelle conduite par Poincaré ne peut produire l'effet désiré, parce que Riemann a des fondements de la géométrie une philosophie inconciliable avec celle de Poincaré. Il est exact d'affirmer avec Poincaré que Riemann considère les géométries comme d'abstraites systèmes de mesure fondés sur des *hypothèses* distinctes et parfois contradictoires. Mais l'opinion de Riemann reste valable pour la seule mathématique pure. Quand il s'agit d'appliquer la géométrie à la physique, Riemann retient que le choix de la géométrie à adopter doit être suggéré par les résultats expérimentaux. Au contraire,

Poincaré pense que le choix de la métrique à appliquer à un espace physique quelconque doit s'effectuer uniquement pour des raisons de *commodité* de l'opérateur.

La différence n'est pas négligeable, à tel point que pour marquer ses distances à l'égard de Riemann, Poincaré abandonne quelque temps après le terme *hypothèses*, évidemment trop lié à la vérification expérimentale, et dénote les postulats géométriques comme *conventions* ou *définitions implicites*.

Un tel choix pose un autre problème à l'historien: les deux dénominations ne sont pas superposables. Les *définitions implicites* sont des propositions qui, définissant implicitement les éléments d'un système logique cohérent, sont adoptées comme principes de ce système. Pourtant, affirmer que les postulats géométriques sont des *définitions implicites* de la distance est irréprochable du point de vue de la mathématique pure. Une *convention* est au contraire une décision prise en commun et en pleine liberté, avec l'intention d'instituer une règle de comportement. C'est un terme emprunté à la pratique qui a peu à voir avec la logique. Pour expliquer semblable difficulté, Poincaré est contraint de développer son propre mode de conception de l'*espace physique*.

Aucune sensation isolée, affirme-t-il, ne peut produire en nous l'idée d'un espace physique ; ce concept ne peut donc avoir une origine expérimentale. Affirmer, d'autre part, que le concept d'espace physique soit déterminé par les structures de notre intellect signifierait attribuer à un seul type d'espace, et de préférence à l'espace euclidien, une valeur de connaissance dont seraient privés au contraire les espaces non euclidiens. C'est la position des philosophes néo-kantiens, auxquels Poincaré oppose l'équivalence logique entre géométries euclidiennes et non euclidiennes¹.

Etant donné aussi que l'*espace physique*, comme les *postulats géométriques*, n'est et ne peut être ni d'origine expérimentale, ni d'origine intellectuelle, Poincaré se voit contraint d'affronter le problème de la fondation du concept d'*espace physique*.

Pour étudier les mouvements d'un corps quelconque, dit-il, le mathématicien trouve "commode" de fixer à l'avance les règles auxquelles doivent obéir les mouvements en question. Ces règles sont les descriptions des types possibles d'espaces géométriques. Chaque type d'espace géométrique est donc un concept théorique construit avec les règles de l'analyse. L'*espace physique* n'est autre que la projection dans la réalité des images des espaces

1 Sur la polémique entre Poincaré et Ch. renouvier, voir : *La critique philosophique*, 5, (1889), 337-348 et *L'Année philosophique*, 2, (1891), 1-66.

géométriques. En d'autres termes, une *convention* qui s'avère "pratique" pour étudier les mouvements des corps qui nous environnent. Il en résulte que la valeur des mesures, en géométrie comme en physique, ne pourra en aucun cas être altérée par le type d'espace géométrique choisi. La structure de l'espace est seulement une règle de mesure librement choisie par l'opérateur. Choisir un système de mesure équivaut à choisir un certain type d'espace géométrique. Il s'agit évidemment d'une *convention*.

Demeure cependant un problème: si toutes les géométries sont équivalentes, pourquoi la géométrie d'Euclide, non seulement est la première à avoir été construite, mais suffit, à elle seule, à rendre compte de la mécanique entière et de la "nouvelle" physique ? Poincaré comprend la difficulté et recourt à Helmholtz.

Helmholtz, qui n'est pas un mathématicien, s'est intéressé aux fondements de la géométrie avec l'intention précise de trouver une alternative à l'apriorisme kantien. Il a résolu le problème en se servant de la physiologie : il affirme en effet que nos structures perceptives nous fournissent la notion de "corps solides", c'est-à-dire de corps qui, lorsqu'ils subissent des modifications de position, ne subissent aucune altération de leur propre forme. C'est seulement en raison de l'existence de corps semblables, soutient Helmholtz, que nous sommes en mesure d'observer la possibilité du mouvement et donc de construire la géométrie.

Poincaré juge intéressante la position de Helmholtz et s'efforce de la traduire en termes d'analyse mathématique. Il observe à ce propos que l'étude des mouvements des "corps solides" n'est pas une caractéristique exclusive de la seule géométrie euclidienne, mais peut s'étendre à toute géométrie décrivant des espaces à courbure constante : la notion de "corps solides" est donc valable également pour les géométries non euclidiennes. Alors conclut Poincaré, si chaque géométrie est seulement l'étude d'un groupe de mouvements déterminés, pour définir la géométrie nous pouvons nous servir de la seule notion de "groupe de transformations". C'est en effet cette dernière notion, et non celle de corps solides, qui nous permet de construire les géométries. En suivant un parcours de cette sorte, Poincaré peut limiter au maximum les concessions à l'empirisme :

L'expérience nous a guidés en nous montrant quel choix s'adapte le mieux aux propriétés de notre corps. Mais son rôle s'est bornée là. [Poincaré 1898, 143]

La solution adoptée n'est pas encore satisfaisante. Poincaré est en effet pleinement conscient des différences qui le séparent d'Helmholtz : le physicien allemand considère que, pour le monde dans lequel nous vivons, la géométrie d'Euclide est la seule

physiquement vraie, alors que Poincaré se limite à reconnaître quelle est seulement la plus "commode".

Croyant simplifier les choses, Poincaré finit par les compliquer et non de peu. Il interprète en effet la "commodité géométrique" comme "simplicité mathématique". Il soutient alors, utilisant les résultats de Lie, que la commodité de la géométrie euclidienne dépend du fait que le groupe de transformations auquel elle est assimilable, contient un sous-groupe invariant : ce qui permet d'échanger entre eux certains mouvements du groupe, et donc de simplifier les équations qui y sont relatives, réduisant ainsi le nombre des éléments qui les composent. Ce fait permet à Poincaré d'affirmer qu'appliquer la géométrie d'Euclide à la physique est une opération *objectivement* plus commode. D'une telle objectivité, toute interne à un système logique cohérent, Poincaré rend pleinement compte: un algébriste qui ne saurait pas ce que sont un point et une droite, trouverait inévitablement plus commode l'usage du groupe euclidien par le simple fait que celui-ci contient dans ses équations un moindre nombre de termes.

Il a été démontré par la suite que la précédente affirmation n'est pas exacte. Ce qui prouve à quel point a coûté à Poincaré la décision de prendre ses distances, de Riemann d'abord, de Helmholtz ensuite, et de ne rien vouloir concéder à l'*ontologie audacieuse* soit des "empiristes", soit des "rationalistes".

2. Les hypothèses et la thermodynamique

Après l'essai cité au début de notre exposé, l'usage du terme *hypothèse* est reproposé par Poincaré quand il analyse les contrastes théoriques surgis entre la mécanique et la thermodynamique [Poincaré 1893, 534-537].

On cherche à fonder la thermodynamique, écrit Poincaré, sur la tentative d'appliquer le mécanisme à l'expérience. Ce mode d'argumentation a posé au mécaniste un problème insoluble. Un théorème de mécanique, facile à démontrer, nous apprend qu'un système mécanique retourne cycliquement à une position très proche de celle de son état initial ; la théorie thermodynamique affirme au contraire qu'un système thermodynamique tend dans le temps à se stabiliser ou, ce qui est plus exact, à distribuer uniformément sa propre énergie, et à porter en conséquence au niveau maximum sa propre entropie.

Le contraste théorique entre la mécanique et la thermodynamique, conclut Poincaré, doit être reporté au problème des fondements : un des principes, ou mieux, l'*hypothèse* fondamentale de la thermodynamique, est en contradiction avec celle

de la mécanique. Pour la mécanique tout phénomène est réversible ; pour la thermodynamique tous les phénomènes sont irréversibles. Le conflit est sans issue. Poincaré avait déjà démontré en effet que toute tentative d'interprétation mécanique des phénomènes thermodynamiques est destinée à la faillite, parce que les équations de Lagrange et de Hamilton conduisent à des résultats contradictoires quand on les applique à une quantité en croissance continue telle que l'est l'entropie [Poincaré 1889, 550-553].

L'avènement de la thermodynamique, se demande alors Poincaré, prouverait-t-il que la mécanique est réfutée par l'expérience ? On doit catégoriquement l'exclure. Les principes ou les *hypothèses* fondamentales de la mécanique sont absolument rigoureux, dans la mesure où les lois de la mécanique sont exprimables au moyen d'équations différentielles. Au contraire, les lois expérimentales de la thermodynamique sont seulement approximatives. Aucun résultat expérimental ne pourra jamais réfuter les *hypothèses* de la mécanique.

Il y a néanmoins un problème qui ne peut être éludé. Comment se sont constituées les hypothèses de la mécanique ? Elles ne sont pas, affirme Poincaré, le produit direct de l'expérience, mais le résultat d'une pénible et complexe opération intellectuelle qui va bien au-delà de la pure et simple observation.

Il en résulte une substantielle différence entre les postulats de la géométrie et les principes de la mécanique : les premiers sont des hypothèses ou des conventions *arbitraires*, alors que les seconds, liés en quelque sorte à l'expérience, sont des hypothèses ou des conventions *naturelles*.

C'est à croire que Poincaré nourrit quelque doute sur la rigueur des ses propres affirmations. En effet il se montre préoccupé de celles-ci même à la fin de sa vie quand il affirme :

Je me suis efforcé de montrer pourquoi la Mécanique est et doit rester une science expérimentale. [Poincaré 1913, 129]

3. Les hypothèses et l'électrodynamique

Quand il s'occupe de l'interprétation électrodynamique des phénomènes lumineux, Poincaré fait observer que les équations de Maxwell, bien qu'ayant l'énorme mérite d'unifier les différents secteurs de l'optique, de l'électricité et du magnétisme, ne sont d'aucune utilité pour construire une théorie. Les opinions des physiciens sont en effet divergentes. Hertz, et de façon plus générale, les physiciens allemands, retiennent que les phénomènes électrodynamiques sont de nature ondulatoire ; tandis que le

hollandais Hendrik Antoon Lorentz est plus enclin à les interpréter comme des phénomènes de type ondulatoire et corpusculaire à la fois. Les physiciens anglais enfin, sont dans leur presque totalité enclins à considérer les phénomènes électrodynamiques comme des phénomènes corpusculaires. La divergence, fait observer Poincaré, n'est pas négligeable. En effet, si les phénomènes électrodynamiques sont de nature ondulatoire, leur interprétation mécanique comporte l'introduction de l'*hypothèse* de l'éther dans la théorie ; si au contraire il s'agit de phénomènes corpusculaires, la théorie n'est passible d'une interprétation mécanique qu'à condition d'y introduire l'*hypothèse* des ions [Poincaré 1895a, 369-426].

Il est assez évident que l'usage du terme *hypothèse* en électrodynamique tend à dénoter des entités qui ne sont plus reconductibles aux principes de la science physique, comme cela était arrivé au contraire quand Poincaré parlait de thermodynamique.

La suite de notre exposé le prouve amplement.

4. Les hypothèses et la mécanique

Au Congrès de Philosophie de Paris, Poincaré parle des principes de la mécanique et présente une image plus mûre et plus articulée de son épistémologie.

Les Anglais — dit-il — enseignent la mécanique comme une science expérimentale ; sur le continent, on l'expose toujours plus ou moins comme une science déductive et *a priori*. Ce sont les Anglais qui ont raison, cela va sans dire. [Poincaré 1901a, 457]

Une telle contradiction se résout, explique Poincaré, si on considère que les traités de mécanique ne se proposent pas d'éclaircir de combien et de quels éléments se compose la théorie. Au jugement de Poincaré, ces éléments sont quatre : données expérimentales, lois ou structures mathématiques, principes ou conventions, hypothèses.

Comme il était déjà arrivé pour les géométries, les principes ne sont plus des "hypothèses" mais des *conventions*. Cette affirmation se fait plus claire si on suit dans le détail l'analyse de Poincaré.

Le principe d'inertie affirme qu'un corps soustrait à toute force suit un mouvement rectiligne et uniforme. S'agit-il d'une connaissance *a priori* ou *a posteriori*, se demande Poincaré ? Dans le premier cas, répond-il, nous devrions nous demander : « Comment les Grecs l'auraient ils méconnue ». Dans le second, on doit reconnaître soit l'impossibilité objective d'observer dans la nature des corps en mouvement soustraits à une force quelconque, soit la certitude que s'il était arrivé par hasard une chose de ce genre, nous n'aurions pas eu la moindre possibilité de nous en rendre compte.

Tout ce que nous pouvons établir à travers l'expérience est que l'accélération d'un corps déterminé est une fonction de sa position initiale ainsi que des positions et des vitesses des corps qui lui sont proches.

Le principe d'inertie est une conséquence directe de la précédente affirmation, il ne peut pourtant être considéré ni comme une connaissance *a priori*, ni comme une connaissance *a posteriori*. Tout ce que nous pouvons savoir est qu'il est un corollaire d'un principe très général : la mesure de l'accélération est une équation différentielle qui s'obtient en mettant en relation les données inhérentes aux positions et aux vitesses relatives de certains corps considérés. Il en résulte que, une définition *absolue et rigoureuse* de l'inertie n'étant pas possible, le principe sur lequel on la fonde ne peut être soumis à une vérification expérimentale. Ce principe, comme tous ceux de la mécanique, est une *convention* pratique visant à établir des mesures.

Dans un second moment, Poincaré se demande quelle valeur on doit attribuer aux concepts qui font partie de ces propositions très générales que sont les principes de la mécanique.

A propos de l'*espace* et du *temps*, il affirme que nous sommes en présence de deux systèmes conventionnels de mesure. Ces deux entités ne peuvent se mesurer en absolu, mais seulement en raison de quelques règles *arbitrairement* fixées.

Il se demande alors si *accélération, force* et *masse* peuvent être considérées comme des réalités phénoméniques. La réponse ne peut être que négative. En effet, une mesure absolue de l'accélération est impossible en l'absence d'une mesure absolue du temps. Le concept de force est un rappel implicite du troisième principe de Newton; quant à la mesure absolue de la masse, elle impliquerait la nécessité de déterminer le centre de gravité de l'univers, chose évidemment impossible pour qui, comme nous, connaît seulement des mouvements et des positions relatives.

Cet état de chose prouve, selon Poincaré, que les concepts fondamentaux de la mécanique sont seulement des *hypothèses* indéfinissables. Il ne nous est pas donné de savoir ce que sont la force en soi ou la masse en soi. En vérité, observe Poincaré, fournir des réponses à ce genre de demandes n'a pas le moindre intérêt pour les physiciens mathématiciens : en effet il leur suffit de disposer de quelques "coefficients numériques" qui leur permettent d'opérer. Ces coefficients doivent avoir pour seule qualité d'être *commodes* pour calculer. Les concepts fondamentaux de la mécanique sont donc *hypothèses* ou *conventions*.

Quelques années plus tard, Poincaré doit résoudre un problème

bien difficile qui lui est proposé par Édouard Le Roy : si les principes et les concepts de base de la mécanique sont des *hypothèses* ou des *conventions*, définitivement soustraits au crible de l'expérience, quelle valeur de connaissance peut-on attribuer à cette science ?

Poincaré répond : la mécanique a une valeur absolue et éternelle parce que ses lois possèdent cette rigueur scientifique que seules les équations différentielles qui les structurent, sont en mesure de conférer :

Une loi, pour nous [...], c'est une relation constante entre le phénomène d'aujourd'hui et celui de demain; en un mot, c'est une équation différentielle. [Poincaré 1905, 125]

5. Hypothèses et conventions

Lorsque son épistémologie parvient à une forme mûre et quasi définitive, Henri Poincaré ne manque pas de signaler qu'il s'est servi du terme "hypothèse" en au moins trois acceptions différentes [Poincaré 1902, Introduction et Chap. IX].

Il a en effet défini comme hypothèses scientifiques, avant tout, ces conjectures, douteuses mais vraisemblables, qui pour être source de vérité féconde, ont besoin d'être confirmées ou réfutées par l'observation. Ce sont ces hypothèses dont fait usage la science expérimentale et il est évident qu'elles peuvent s'avérer "vraies" ou "fausses", selon que l'expérience les confirme ou les rejette.

Existent également, selon Poincaré, des hypothèses d'un autre genre, utiles non par leur propre valeur de vérité, mais seulement pour permettre à une théorie scientifique d'être structurée en une forme déductive strictement rigoureuse. Dans ce cas, il s'agit de propositions obtenues à travers un processus raffiné de généralisations successives.

Poincaré n'a pas de difficulté à reconnaître que ce genre d'hypothèses a sa plus lointaine origine dans les observations expérimentales ; il retient cependant qu'un tel type d'hypothèses n'est jamais le fruit de l'observation directe, mais, dès l'origine, le résultat d'une élaboration théorique des données observées. Ces propositions, subissant un processus progressif de généralisation théorique, sont transformées en affirmations si abstraites qu'elles rendent finalement impossible leur mise en relation avec une quelconque expérience. Aucun contrôle empirique ne pourra jamais les confirmer ou les réfuter. Les hypothèses de ce genre sont pourtant toujours vraies et nous les assumons comme des fonctions-guides pour l'organisation de notre pensée : elles constituent les principes de base de chacune des sciences. Et nous pouvons très bien les interpréter comme de pures et simples *conventions*.

Poincaré ajoute ensuite s'être servi également, pour la formulation de son épistémologie, d'un troisième type d'hypothèses qu'il appelle *indifférentes*, pour signaler qu'elles ne peuvent être évaluées selon le rapport gnoséologique *vérité-fausseté*, mais seulement à travers la catégorie pratique de l'*utilité*. Les hypothèses de ce type nous servent pour indiquer des entités de calcul ou pour soutenir notre intellect avec des images concrètes, les modèles. Nous en faisons usage quand nous parlons d'*atomes*, d'*éther*, de *tourbillons*, de *fluides*, mais aussi quand nous trouvons en présence de "coefficients numériques" auxquels nous ne sommes en mesure de conférer ni un caractère phénoménologique, ni une définition rigoureuse appropriée, comme *masse*, *énergie*, *force*.

L'adjectif "indifférentes" est utilisé par Poincaré pour souligner que ce genre d'hypothèses, bien que *commodes* pour faciliter la construction et la compréhension d'une théorie déterminée, n'influe en rien sur la valeur scientifique de cette dernière, dont les lois se fondent exclusivement sur les équations différentielles qui la structurent. L'exemple dont il se sert le plus fréquemment pour soutenir sa thèse est la théorie électrodynamique de la lumière: la valeur de vérité de cette théorie, affirme Poincaré, repose tout entière sur les équations de Maxwell, et il est *indifférent* de savoir si les phénomènes lumineux sont générés par une ondulation de l'*éther* ou par le mouvement des *ions* [Poincaré 1895a, 392]. Pourtant, dans ce cas aussi, le terme d'hypothèse devient synonyme de *convention*.

Si les sources de l'épistémologie géométrique de Poincaré sont Bernhard Riemann, Sophus Lie et Hermann von Helmholtz, les référents les plus directs pour l'épistémologie des sciences empiriques sont Lord Kelvin, le même Helmholtz et Heinrich Hertz. Kelvin sensibilise Poincaré sur l'importance de l'usage des "modèles" en physique. De Helmholtz, Poincaré tire la conviction que les principes des sciences empiriques sont des hypothèses. Mais même dans ce cas, comme il était déjà advenu pour la géométrie, Poincaré veut prendre ses distances de ses sources et préfère, en un second moment, définir comme *conventions* les principes de la science. Le changement de position a un but bien précis : renvoyer le plus possible l'éventualité de lier l'origine des principes aux données de l'observation. Réapparaît le manque d'"audace ontologique".

Si l'on s'en tient au témoignage de Poincaré lui-même, l'idée de définir les concepts théoriques des sciences comme "hypothèses indifférentes" lui serait venue en lisant *Les principes de la mécanique de Hertz*. Si d'un côté en effet, l'idée des *paramètres* des "corps invisibles" apparaît à Poincaré comme un expédient pour dissimuler notre ignorance, de l'autre, Poincaré retient que Hertz, avec cette "idée lumineuse", a introduit au siège de la méthodologie, une

innovation de "grande portée", celles des *hypothèses instrumentales* [Poincaré 1897a, 734-743].

L'interprétation de Poincaré ne rend pas justice à Hertz. Il est sans doute vrai que Hertz attribue la fonction heuristique des "modèles" à la capacité inventive de l'homme de science, mais il est aussi convaincu que, par exemple, l'*éther* est un "instrument" de la théorie ondulatoire de la lumière dans la mesure où il est déduit des observations et des principes, et participe à plein titre à la construction du "modèle mécanique" de la théorie. La position de Poincaré est complètement différente, au point de nous laisser croire qu'il se méprend sur l'épistémologie de Hertz quand il interprète les hypothèses scientifiques comme de pures et simples *conventions*.

Il n'y a pas lieu ici de discuter en détail la lecture que Poincaré nous a laissée de la *Mécanique* de Hertz. Ce qu'en revanche il est intéressant d'observer est que dans son analyse complexe des sciences, Poincaré s'est débattu pour éviter les "audaces ontologiques", qu'elles soient de marque empiriste ou de marque rationaliste : comme l'a justement fait remarquer Thom. L'épistémologie de Poincaré est en fait une insistante et persévérante réduction des *hypothèses scientifiques* à de pures et simples *conventions*.

Pour soutenir que les concepts de la physique théorique sont de simples *conventions*, Poincaré affirme que ces concepts ne peuvent, sur le plan empirique, être considérés comme des entités phénoméniques parce qu'ils ne sont l'objet d'aucune observation, et au niveau théorique sont impossibles à définir avec une rigueur logique.

Cette dernière inférence est vicieuse : déduire l'impossibilité de l'existence de l'impossibilité de retrouver une définition univoque est un procédé légitime seulement en mathématique, science pour laquelle exister signifie justement être passible de définition.

J'ajouterais en passant que l'aversion pour la logistique et la défense outrancière de l'inductivisme mathématique trouvent une justification essentielle dans l'épistémologie de Poincaré en raison justement du lien indissoluble existant selon lui, entre analyse pure, physique mathématique et physique expérimentale [Poincaré 1897b, 331-341 et 1901b, 1-29].

6. Observations en marge

Il est légitime de se demander comment Poincaré a pu s'intéresser si souvent et si longtemps à l'épistémologie, alors qu'il serait facile de penser que pour un mathématicien de sa stature et de

sa renommée, la curiosité épistémologique ne soit rien d'autre qu'un simple divertissement, une distraction innocente. La vérité est autre: l'intérêt pour la philosophie des sciences trouve une motivation *forte* dans l'amour sans limite que Poincaré nourrit pour la science en général, et pour les mathématiques en particulier. Son projet épistémologique est clair: fournir aux critiques de la science la démonstration que la connaissance scientifique est l'unique source de savoir dont nous pouvons disposer.

Il convient en effet de rappeler que, Poincaré étant au sommet de sa carrière de chercheur, l'avènement de nouvelles théories a bouleversé à un point tel l'ancienne *philosophie naturelle* qu'il a contraint la majeure partie des hommes de science à utiliser pour la désigner le terme de *physique*.

L'événement est étroitement connexe aux développements de la thermodynamique, de la théorie cinétique des gaz, de l'électromagnétisme et de la théorie électrodynamique de la lumière. Ces secteurs de recherche ont ouvert à la science de vastes domaines d'enquête, mais ont en même temps obscurci l'image de connaissance absolue et infaillible qu'avait encore au moment de la naissance de Poincaré, la *mécanique rationnelle* de Lagrange et de Laplace.

La critique philosophique est devenue pesante: elle s'interroge légitimement sur la valeur à attribuer à une science qui désormais se fonde de façon non équivoque sur la statistique et la probabilité. Mais il y a plus. Les présupposés théoriques des nouvelles branches de la physique contrastent ouvertement avec les principes de la mécanique. La science, se demande-t-on ici, est-elle tombée en contradiction?

Poincaré s'insurge. Son épistémologie jaillit de l'intention bien décidée de démontrer que ni la nouvelle physique, ni aucun progrès scientifique ne pourront jamais faire mettre en doute la valeur scientifique de la mécanique.

Pour affronter une semblable discussion, Poincaré est contraint de prendre acte du fait que les interprétations philosophiques traditionnelles de la pensée scientifique, empiristes et rationalistes, n'offrent aucune possibilité de sortir des profondeurs dans lesquelles la mécanique s'est trouvée entraînée par la nouvelle physique. La réflexion philosophique porte sans équivoque à conclure que les sciences sont seulement une connaissance «relative» non dissemblable des autres formes humaines de savoir. Et c'est une conclusion pénible pour un amant passionnel de la science comme l'est Poincaré. Il devait bien y avoir une troisième voie entre l'empirisme et le rationalisme.

Poincaré se convainc alors qu'il est possible de sauver la valeur scientifique de la mécanique et plus généralement de la science en fondant leurs lois sur la rigueur absolue des mathématiques. C'est une opération semblable à celle que la culture française a déjà accomplie, bien sûr avec des finalités complètement différentes, quand elle a construit la mécanique analytique sur un processus de révision théorique de la mécanique de Newton. Mais Poincaré ne veut pas commettre la même erreur que les savants qui l'ont précédé: il ne veut pas nier l'empirisme scientifique pour se jeter inopinément dans l'embrassement suffoquant d'un rationalisme aussi radical. Il veut se tenir en dehors des "audaces ontologiques". Il emprunte donc une voie nouvelle : si la donnée empirique est un fait brut, grossier et approximatif auquel on ne peut se fier, il faut exercer la même réserve à l'égard du rationalisme classique.

En effet, le fait de faire confiance en même temps à deux théories, évidemment contradictoires, l'une ondulatoire et l'autre corpusculaire, des phénomènes lumineux, constitue la preuve la plus évidente que ni les observations, ni les théories ne peuvent fournir d'indications précises sur le monde qui nous entoure. Nous pouvons donc connaître, conclut Poincaré, non les objets en soi, mais seulement quelques-uns des rapports qui interviennent entre les objets. Et ces rapports constituent pour nous un objet de connaissance certaine, quand le physicien mathématicien a réussi à les traduire en équations différentielles, c'est-à-dire dans un langage rigoureux. Il en résulte que la signification ontologique des observations ne pourra jamais mettre en doute la valeur démonstrative de ces équations, c'est-à-dire les lois de la science.

La mécanique est sauvée mais l'écot à payer par Poincaré sera appréciable. Privilégier l'apparat mathématique, soit comme contrôle physique de la théorie, soit comme élaboration autonome des développements logiques de ce même appareil, est une opération épistémologique qui produit des effets contraires à ceux que Poincaré avait désirés. Sa philosophie est en effet sollicitée comme banc d'épreuve contre la science, étant donnée la stature scientifique de son auteur, et ce justement par des personnages qui ont pour objectif précis de profiter de la "crise" de la mécanique pour réaffirmer le primat de la philosophie sur la science. Il suffit de rappeler les noms des italiens Benedetto Croce et Giovanni Gentile ou des français Édouard Le Roy et Henri Bergson.

Les problèmes épistémologiques auxquels se confronte Poincaré sont ceux des hommes de science de la deuxième moitié du 19ème siècle. La nouvelle physique a ouvert une brèche importante dans la conviction que tous les phénomènes sont réductibles au

mécanisme comme dans la confiance en la valeur phénoménologique du continu physique. Nombreux sont les chercheurs occupés à offrir des propositions destinées à sauver ou redéfinir la valeur de connaissance de la mécanique ; de même que sont bien connues les polémiques parfois exaspérées, sur la légitimité d'introduire en physique le concept d'*atome*. Pour s'en rendre compte, il suffit de relire certains travaux de Lord Kelvin, d'Hermann von Helmholtz, d'Heinrich Hertz, d'Ernst Mach ou de Pierre Duhem, pour ne citer que quelques-uns des plus éminents scientifiques de l'époque.

Cependant, et en dépit de la communion d'intention avec ses contemporains, Poincaré présente des idées indubitablement originales et de "grande modernité". A ce dernier thème s'est attachée l'attention de H. Russell McCormach, quand il s'est occupé de l'interprétation laissée par Poincaré de la théorie des Quanta de Planck [Russell McCormach 1967, 37-55].

Russell McCormach soutient que Poincaré est réellement *moderne* quand il prend acte que, grâce à Planck, les atomes cessent d'être une simple hypothèse pour devenir une "réalité". Il est encore *moderne* en prévoyant, qu'après Planck, la science physique ne pourra plus progresser sans avoir auparavant construit une mécanique différente, soit de la mécanique classique, soit de celle, relativiste, de Lorentz, c'est-à-dire une mécanique du discontinu. Il est *moderne* enfin, quand il se dit préoccupé du fait qu'après les travaux de Planck les équations différentielles ne pourront plus être considérées comme l'instrument qui garantit la valeur des lois scientifiques [Poincaré 1912, 225-232].

La mécanique des quanta, comme l'avait prévu Poincaré, fut formulée quelque temps après la disparition de Poincaré.

Encore aujourd'hui cependant les mêmes scientifiques qui opèrent dans ce domaine continuent de se poser ce problème : la mécanique quantique est-elle une description réelle du monde de l'infiniment petit, ou seulement un ensemble de systèmes sophistiqués et raffinés de structures mathématiques ?

Je me le demande à moi-même, Messieurs, et je vous le demande : sans la leçon de Poincaré, aurait-il été possible de formuler semblable problème ?

Bibliographie

Poincaré H.

- 1887 Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 15.
- 1889 Sur les tentatives d'explication mécanique des principes de la

Contre l'ontologie. Poincaré et les hypothèses scientifiques

- thermodynamique, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 188.
- 1891 Les géométries non-euclidiennes, *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 11.
- 1893 Le mécanisme et l'expérience, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1.
- 1895a A propos de la théorie de M. Larmor, *L'Eclairage électrique*, 3 et 4 (1895) ; cité selon la réimpression in Poincaré (1950-1965).
- 1895b L'espace et la géométrie, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 3.
- 1897a Les idées de Hertz sur la mécanique, *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 8.
- 1897b Sur les rapports de l'analyse pure et de la physique mathématique, *Acta mathematica*, 21.
- 1898 On the foundations of Geometry, *The Monist*, 9.
- 1901a Sur les principes de la mécanique, *Bibliothèque du Congrès international de philosophie*, t. 3, Paris.
- 1901b Sur les rapports de la physique expérimentale et de la physique mathématique, *Congrès international de physique*, t. 1, Paris.
- 1902 *La science et l'hypothèse*, Paris : Flammarion.
- 1905 *La valeur de la science*, Paris : Flammarion, 1970.
- 1912 L'hypothèse des quanta, *Revue scientifique*, 17.
- 1913 Analyse des travaux scientifiques d'Henri Poincaré faite par lui-même, *Acta mathematica*, 38.
- Russell H. McCormach
- 1967 Henri Poincaré and the Quantum Theory, *Isis*, 58.
- Thom René
- 1987 La philosophie des sciences d'Henri Poincaré, *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 23.