

PHILOSOPHIA SCIENTIÆ

GIUSEPPE DEL RE **Poincaré et le mécanisme**

Philosophia Scientiæ, tome 1, n° S1 (1996), p. 55-69

http://www.numdam.org/item?id=PHSC_1996__1_S1_55_0

© Éditions Kimé, 1996, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Philosophia Scientiæ* » (<http://poincare.univ-nancy2.fr/PhilosophiaScientiae/>) 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/>

Poincaré et le mécanisme

Giuseppe Del Re

Università di Napoli

La pensée philosophique des scientifiques

Dans son excellent livre sur *Cent ans de philosophie*¹ John Passmore parle du « 'conventionnalisme' associé au nom d'Henri Poincaré ». Malgré les grandes qualités de l'œuvre de Passmore, nous croyons que là il est complice d'une extrapolation de philosophe, d'ailleurs cohérente avec le titre du chapitre où il parle du grand savant de Nancy, « Les savants deviennent philosophes ». Poincaré lui même se rendait compte de ce danger au point que, dans l'introduction à *La science et l'hypothèse* (que nous désignerons par le sigle *S&H* dans la suite de cet article²), il écrivait :

« Quelques personnes ont été frappées de ce caractère de libre convention qu'on reconnaît dans certains principes fondamentaux des sciences. Elles ont voulu généraliser outre mesure et en même temps elles ont oublié que la liberté n'est pas l'arbitraire » (page 24).

En effet, il nous semble probable que, au moins dans *S&H*, Poincaré n'a pas voulu exposer une conception philosophique systématique de la connaissance et de son rapport avec la réalité, mais plutôt contribuer à l'éclaircissement de certaines questions générales qui se posent au savant au cours même de son travail de scientifique. Même sa déclaration explicite selon laquelle, en dehors des rapports entre les choses, il n'y a pas de réalité connaissable, demande une interprétation à la lumière des illustrations qu'il en donne. Suivant une remarque déjà évoquée par le professeur Greffe³, la philosophie des scientifiques est à chercher dans ce qu'ils font, non pas dans les solutions des problèmes philosophiques qu'ils proposent (ou semblent proposer) : ce qu'il y a à apprendre des réflexions des grands savants n'est pas un système philosophique, mais des questions et des solutions portant sur des aspects de l'épistémologie et même de la métaphysique qu'ils sont obligés de discuter en tant que scientifiques, telle la fameuse question de l'éther. Ces questions et les solutions d'intérêt scientifique immédiat qu'ils en donnent sont,

¹ [Passmore 1968].

² [Poincaré 1902 / 1968]. Les pages données par la suite sans autre indication sont celles de cette œuvre dans l'édition Champs — Flammarion, 1968.

³ Voir sa contribution à ce colloque.

si on peut dire, les données sur lesquelles le philosophe devrait travailler pour les concilier entre elles et en faire une théorie générale.

Cette qualité toute spéciale qu'ont les propos philosophiques des scientifiques, d'être en quelque sorte une première élaboration de données, analogue à celle que fournit l'expérimentateur au théoricien, provient du fait qu'ils sont l'œuvre d'esprits qui d'une part ont vraiment compris les questions scientifiques, de l'autre, ne sont pas soumis aux contraintes des choix doctrinaux — volontaires ou involontaires — qui accompagnent normalement l'exercice professionnel de la philosophie. En tant que généralisations et attributions de signification aux fondements de la science, elles appartiennent sans doute à la philosophie de la science ; mais, sauf dans certains cas, ce serait une erreur de leur attribuer une collocation philosophique bien précise. Nous croyons que c'est bien l'esprit dans lequel Poincaré a écrit *La science et l'hypothèse*. On le comprend facilement du fait même qu'il parle des philosophes dans un sens bien restreint (par exemple page 175).

Voilà pourquoi, à notre avis, l'importance de l'œuvre de Poincaré ressort le plus clairement si elle est vue comme un effort d'*élaboration des fondements de la physique* plutôt que comme œuvre de théorie de la science. Si elle contient nécessairement des opinions qu'il n'est pas obligatoire de partager, elle ne traite aucune question qu'un scientifique considérerait comme une digression philosophique. Vue dans cette optique, elle est d'autant plus importante qu'elle se place après Maxwell et avant la naissance de la physique atomique contemporaine (Rutherford 1911), si bien qu'elle représente, si on peut dire, la réaction du bon sens des scientifiques qui s'interrogent sur la validité de leurs connaissances sur les nouveautés qui venaient d'être introduites ou qui s'annonçaient à l'époque de sa rédaction.

Cet article a été écrit dans le même esprit, sans prétentions philologiques ou philosophiques, pour montrer que la pensée de Poincaré a contribué dans une très grande mesure à résoudre la question fort actuelle de la nature et du statut du mécanisme après les conquêtes de la science du XXème siècle.

La question du mécanisme

Comme nous l'avons dit, *S&H* a été écrit à un tournant de l'histoire de la science — le triomphe de la théorie des champs et les prodromes de la relativité — qui a remis en question le mécanisme et en a modifié la nature et la signification. On peut aller peut-être jusqu'à prétendre que, alors que la nature 'révolutionnaire' à la Kuhn⁴ de l'apparition de la relativité et de la mécanique quantique est douteuse en raison des principes de correspondance qui ont présidé à leur construction, la théorie des champs et la thermodynamique ont vraiment imposé un changement radical dans la manière de voir la science et d'en interpréter les concepts. D'autre part, la théorie générale des systèmes⁵, qui remonte aux années cinquante de notre siècle, se propose en dernière analyse comme un développement du mécanisme qui permet de l'appliquer aux organismes vivants sans en faire une recette réductionniste, et donc sans remettre en question l'autonomie scientifique de la biologie ; on peut bien dire que, grâce à ces nouvelles théories, le mécanisme est encore bien vivant.

Le mécanisme dans sa forme radicale se propose comme postulat ontologique, c'est-à-dire un postulat sur la nature de la réalité, fondé sur l'analogie avec les machines : pas d'action à distance, distinction entre matière et forces, forces exercées par des corps matériels ou entièrement supprimées, seules lois les lois du mouvement de certains corps « élémentaires » — les molécules, l'éther, etc. — dont la matière est faite en dernière analyse. Cette forme de mécanisme est déterministe, parce que les lois de la mécanique permettent en principe de connaître complètement l'avenir ainsi que le passé d'un système si son état est connu à un instant donné. Elle est aussi réductionniste, justement parce qu'elle essaie de ramener tous les phénomènes à des mouvements de corps matériels 'élémentaires'.

Dans *S&H*, Henri Poincaré en parle dans deux chapitres, l'un consacré aux lois fondamentales, l'autre consacré à la théorie des champs de James Clerk Maxwell. Ce dernier venait de donner un

⁴ [Kuhn 1962].

⁵ [Bertalanffy 1962]. Voir également les nombreux livres de Bertalanffy.

coup mortel au mécanisme radical, que Poincaré décrit de la façon suivante :

« La plupart des théoriciens ont une prédilection constante pour les explications empruntées à la mécanique ou à la dynamique. Les uns seraient satisfaits s'ils pouvaient rendre compte de tous les phénomènes par les mouvements de molécules s'attirant mutuellement suivant certaines lois. Les autres sont plus exigeants, ils voudraient supprimer les attractions à distance ; leurs molécules suivraient des trajectoires rectilignes dont elles ne pourraient être déviées que par des chocs. D'autres encore, comme Hertz, suppriment aussi les forces, mais supposent que leurs molécules sont soumises à des liaisons géométriques analogues, par exemple, à celles de nos systèmes articulés ; ils veulent ainsi réduire la dynamique à une sorte de cinématique.

Tous, en un mot, veulent plier la nature à une certaine forme en dehors de laquelle leur esprit ne saurait être satisfait. La nature sera-t-elle assez flexible pour cela ? » (page 179)

La Nature

Le mot-clé de ce passage est le mot 'nature', que Poincaré semble utiliser pour indiquer la réalité matérielle susceptible d'étude scientifique. Bien sûr, comme l'a montré très bien Hervé Barreau⁶, il n'y a pas de difficulté à attribuer à Poincaré une position idéaliste, mais en toute franchise nous croyons qu'il est réaliste dans le sens qu'il est bien convaincu que la science n'est pas une construction plus ou moins arbitraire voire conventionnelle de notre esprit, mais un jeu de propositions imposées par quelque chose qui a ses propres lois et qui existerait même si nous n'étions pas là. Non seulement il nous semble évident qu'il est réaliste en pratique, mais à notre avis il ne fait aucune déclaration à laquelle on soit forcé d'attribuer un sens différent. Même le passage que nous venons de citer, et que certains pourraient voir comme un refus du réalisme, nous semble n'être qu'une critique de l'identification de la réalité avec certaines images préconçues. S'il en était autrement, quel sens aurait la question sur la flexibilité de la nature?

⁶ Voir sa contribution à ce colloque.

Ceci posé, comment doit-on interpréter l'adjectif 'flexible' utilisé par Poincaré à propos de la nature? Très probablement il pensait au fait qu'une théorie a des degrés de liberté qui permettent d'associer à chaque objet physique envisagé par elle non seulement plusieurs images, mais plusieurs concepts : les images et les concepts peuvent être changés, à condition qu'ils permettent de mieux saisir les *rappports* décrits par cette théorie. Ce n'est pas du conventionnalisme dans le sens ordinaire, car les relations établies par une théorie valide sont imposées par la réalité. Ce sont plutôt le système de concepts et surtout le système d'images dont on se sert qui sont des outils sans correspondance univoque avec la réalité. Bien sûr, depuis la preuve de l'existence de l'atome et l'affirmation définitive de la théorie moléculaire de la chimie — deux événements qui eurent lieu après la rédaction de *S&H* — on sait que la fidélité à la nature impose aux théories non seulement des conditions très strictes dans la formalisation de certains rapports, mais aussi l'acceptation de l'existence de certaines entités. Mais cela n'est pas en contradiction avec cette mesure d'arbitraire ou de liberté qu'il y a dans ce qu'on appelle aujourd'hui les modèles physiques. Il semblerait donc que ce que Poincaré appelle la 'flexibilité' de la nature n'est rien d'autre que la capacité d'une description fidèle de la nature de s'accommoder de concepts et d'images différentes. En posant sa question, Poincaré exprime la sensation que, malgré leur rôle subsidiaire, les modèles physiques capables de nous rendre service dans l'étude d'un certain problème ne sont finalement pas nombreux, justement parce que c'est quand même une réalité indépendante de nous qui en est le juge ultime. C'est d'ailleurs le sens du passage de l'introduction de *S&H* où il refuse avec chaleur la confusion entre ses vues et le « nominalisme ».

Dans un langage très à la mode aujourd'hui on pourrait donc dire que, par sa question sur la flexibilité de la nature, Poincaré fonde le discours sur le mécanisme sur une distinction fondamentale, celle entre la mécanique vue comme source d'un modèle mathématique général de la nature et la mécanique chapitre de la science qui nous dit de quelle nature sont les événements et les processus réels qui déterminent les apparences de la réalité sensible. Dans ce dernier cas la mécanique nous fournit ce que nous avons appelé un « modèle physique » de la réalité. Par cette expression nous voulons dire que l'on interprète (ou l'on décrit) tous les phénomènes comme s'ils

étaient le résultat de mouvements d'objets matériels que l'on peut représenter et étudier comme s'ils étaient des objets macroscopiques bien spécifiés obéissant aux lois de la mécanique.

Le mécanisme comme théorie générale de la Nature

C'est en faisant implicitement cette distinction fondamentale entre modèle physique et modèle mathématique que Henri Poincaré pose une fois pour toutes les bases conceptuelles et les conditions épistémologiques qui permettent de faire du mécanisme le fondement d'une théorie générale de la Nature — car c'est de cela qu'il est question. Essayons d'analyser ce point de façon plus systématique par la considération d'un certain nombre de questions.

Première question : le mécanisme radical va-t-il contre l'unité de la nature, à laquelle Poincaré croit sans réserve? (page 161) La réponse est difficile. Certes, les objets élémentaires qu'on essaye d'introduire ont des propriétés qui ne dépendent pas de l'environnement, et dans ce sens chaque particule est un univers en soi. Intuitivement, il semblerait que le mécanisme radical tende à découper la réalité matérielle de manière que l'on puisse dire pour chaque morceau : « ceci est le système donné, ceci le reste, et leur interaction est purement additive. »

En avance d'un demi-siècle, Henri Poincaré ne suit pas cette manière de voir les choses, et compare justement la nature à un organisme, anticipant l'« hypothèse Gaia » de James Lovelock.⁷ Henri Poincaré ne pousse pas trop loin son analogie, mais il tire la conclusion que les lois valables dans notre coin d'Univers doivent l'être partout :

« Observons d'abord que toute généralisation présuppose dans une certaine mesure la croyance à l'unité et à la simplicité de la nature. Pour l'unité il ne peut y avoir de difficulté. Si les diverses parties de l'univers n'étaient pas comme les organes d'un même corps, elles n'agiraient pas les unes sur les autres, elles s'ignorerait mutuellement ; et nous, en particulier, nous n'en connaîtrions qu'une seule. Nous n'avons donc pas à nous demander si la nature est une, mais comment elle est une. » (page 161).

⁷ [Lovelock 1990]. Voir également *Nature* (1965), vol. 207, pages 568-570.

Pour le problème du mécanisme, ce qu'il faut retenir de ces remarques c'est la conviction qu'il existe un système de lois universelles qui régissent les rapports entre les différentes parties de l'univers.

La deuxième question est donc : quelle est la forme de ces lois universelles?

La science comme lecture de rapports

Il semble évident que la réponse à cette dernière question dépend de la solution que l'on donne au problème du rapport entre réalité, modèle physique, modèle mathématique. Nous avons déjà précisé ce que l'expression « modèle physique » signifie pour nous ; l'expression « modèle mathématique », à son tour, désigne le choix d'une certaine classe d'équations et d'une certaine forme des variables et des paramètres qui y apparaissent.

La distinction entre modèle physique et modèle mathématique s'impose (avant la lettre) à Poincaré à propos des ondes électromagnétiques, la grande découverte de James Clerk Maxwell (1858). Henri Poincaré croit que la science étudie la réalité, mais il insiste que ce sont les modèles mathématiques qui en fournissent une description vraie. Voici une remarque fondamentale à ce sujet, remarque qu'Hervé Barreau a citée lui aussi :

« Et qu'on ne dise pas que nous réduisons ainsi les théories physiques au rôle de simples recettes pratiques ; 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* [de l'éther, comme le faisait Fresnel], nous l'appelons maintenant *courant électrique* [c'est-à-dire champ électromagnétique]. 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. » (page 174. Cf. aussi page 175).

Le modèle 'mathématique' (qu'il faut généraliser sous le nom de 'modèle formel' si l'on accepte de considérer la biologie comme une science ayant un statut propre par rapport à la physique) est donc fidèle à la réalité (au sens de Polanyi⁸) : il n'y a aucun conventionnalisme à ce niveau là. Le mécanisme en tant qu'explication (pages 179, 184) établit des rapports vrais même s'il n'établit pas de vérités ontologiques.

C'est à partir d'ici que Poincaré arrive à sa solution du problème du mécanisme. La théorie de Maxwell n'est susceptible d'un modèle physique emprunté aux systèmes mécaniques qu'au prix de complications énormes.⁹ Mais les équations de Maxwell sont du même genre que celles de la mécanique analytique. Plus précisément, la théorie de l'électromagnétisme peut être bâtie sur les équations de Lagrange, qui expriment le principe de moindre action. On a donc le droit de déclarer que le schéma formel de la mécanique est suffisant pour formaliser la théorie de l'électromagnétisme. La mécanique, avec ses équations et ses principes formels, fournit donc le modèle mathématique fondamental de toute la science ; c'est une affirmation valable aussi pour la physique quantique et la théorie des systèmes, des acquisitions de la science que Poincaré avait seulement vu paraître à l'horizon. Il ne faut pas oublier que la théorie quantique des champs, une discipline toujours d'avant-garde, prend elle aussi les équations de Lagrange comme point de départ.

Le mécanisme est donc plus que jamais valable en tant que formalisation générale des relations présentes dans la nature : voilà ce que — sans pourtant prendre des positions radicales — Poincaré nous propose pour une théorie générale de la nature. Cette proposition est fondée sur la distinction entre modèle mathématique et modèle physique. Relisons encore un des passages où Poincaré exprime la chose de la façon la plus explicite. Il écrit :

⁸ [Polanyi 1966]. Une présentation critique de la gnoséologie de Polanyi, qui n'a pas eu la renommée qu'il méritait parce qu'il a été le seul épistémologue contemporain qui ait voulu combiner une vision non matérialiste du monde avec un réalisme scientifique fort, a été donnée par Torrance [1984], chapitre 3.

⁹ [Maxwell 1864], page 12 et *sequim*.

« Dans tout phénomène physique, il y a un certain nombre de paramètres que l'expérience atteint directement et qu'elle permet de mesurer. Je les appellerai les paramètres q .

L'observation nous fait connaître ensuite les lois des variations de ces paramètres et ces lois peuvent se mettre sous la forme d'équations différentielles qui lient entre eux les paramètres q et le temps.

Que faut-il faire pour donner une interprétation mécanique d'un pareil phénomène ?

On cherchera à l'expliquer soit par les mouvements de la matière ordinaire, soit par ceux d'un ou plusieurs fluides hypothétiques.

Ces fluides seront considérés comme formés d'un très grand nombre de molécules isolées m .

Quand dirons-nous alors que nous avons une explication mécanique complète du phénomène ? Ce sera d'une part quand nous connaîtrons les équations différentielles auxquelles satisfont les coordonnées de ces molécules hypothétiques m , équations qui d'ailleurs devront être conformes aux principes de la dynamique ; et d'autre part quand nous connaîtrons les relations qui définissent les coordonnées des molécules m en fonction des paramètres q , accessibles à l'expérience.

Ces équations, je l'ai dit, doivent être conformes aux principes de la dynamique et en particulier aux principes de la conservation de l'énergie et au principe de moindre action. » (pages 219-220).

Science comme lecture des rapports ; mécanisme comme constatation de la validité universelle des rapports exprimés par les lois du mouvement des corps matériels tels que nous les percevons dans notre expérience ordinaire ; voilà la conception de Poincaré. Reste pourtant une considération très importante : une théorie formelle n'est qu'un récipient vide, on ne peut la mettre en correspondance avec les faits qu'en donnant une signification au moins opératoire aux entités mathématiques qu'elle relie les unes aux autres. Cette opération a toujours été réservée par les physiciens à des analogies. Par exemple, la théorie de l'électromagnétisme est fondée sur l'analogie avec un fluide.

Une autre question se dégage donc du chaos de nos réflexions. Est-ce qu'on peut vraiment se passer d'un modèle physique ? D'une manière plus générale : dans le cadre du mécanisme au sens de Poincaré, que dire des modèles physiques sous-jacents aux diverses classes de phénomènes traités par la science, *si tant est qu'il y en a ?*

J'ai déjà évoqué la perplexité de Poincaré face aux différents modèles mécaniques de la réalité proposés par ses collègues. Ses hésitations à ce sujet font bien partie d'une réflexion sur la théorie générale de la nature, si bien qu'elles sont spécialement valables pour la mécanique quantique, une théorie que Poincaré certes n'imaginait même pas. La dualité onde-particule, issue justement de la constatation qu'il y a des « objets réels que la nature nous cachera éternellement » est un exemple frappant de l'insuffisance de nos images tirées du monde macroscopique, et révèle donc une caractéristique de la science que les esprits les plus vifs connaissaient déjà avant la mécanique quantique (page 174). Malgré cette concordance, nous croyons pourtant que de là à une forme de kantisme ou d'idéalisme du genre que Bohr croyait soutenir, il y a une distance énorme. Nous avons parlé de perplexité et d'hésitations, non pas de refus, même si dans l'introduction à *S&H* Poincaré semble prendre explicitement une position négative à ce sujet. En lisant tout le livre, on se demande s'il n'aurait pas réagi exactement comme Einstein aux paradoxes de la mécanique quantique. En effet, à propos de l'éther il pose carrément la question ontologique :

« Et notre éther, existe-t-il réellement ? » (page 180)

Pour que cette question ait un sens il faut évidemment admettre que la science est capable de faire des jugements de nature ontologique. Tout compte fait, comme notre esprit n'est pas capable de penser la réalité sans images, on peut la ramener à la forme suivante : étant donné un modèle physique qui interprète correctement les rapports entre les objets qu'on est en train d'étudier, est-ce que les images utilisées nous disent quelque chose sur la nature des objets réels qu'elles représentent? On pourrait bien sûr faire une analyse de ce qui existe à la manière de Quine¹⁰, mais cela équivaldrait à attribuer à Poincaré des ambitions de métaphysicien qu'il n'avait certainement pas. Ce qu'il semble proposer c'est plutôt une certaine prudence :

« 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 ;

¹⁰ [Quine 1953].

l'homme ne se résigne pas aisément à ignorer éternellement le fond des choses. »(page 225)

C'est presque la confession que le positivisme lui semble raisonnable, mais qu'il ne peut pas y croire (d'où son 'peut-être'). D'ailleurs, Poincaré avait pressenti le danger d'une dégénérescence du positivisme dans le néopositivisme, foncièrement conventionnaliste ou nominaliste (page 153).

Il semblerait donc que, au fond de ses réflexions, il y ait la même préoccupation réaliste qu'ont la plupart des scientifiques, même les mathématiciens, qui attribuent souvent une existence indépendante aux objets mathématiques. D'ailleurs il est difficile de s'imaginer un homme qui consacre sa vie à essayer de comprendre la nature tout en croyant qu'au fond ce n'est qu'un divertissement de logicien, bon au plus à aider les techniciens. Ceux qui ont prétendu que la connaissance n'est que langage étaient des gens qui, comme les logiciens, ne travaillaient pas à connaître le monde qui les entourait, mais à comprendre la nature des théories scientifiques en tant que systèmes de propositions. Comme nous l'avons vu, ce n'est pas du tout le cas d'Henri Poincaré. Il nous semble qu'il ne met pas en question l'idée de fond que la science porte non seulement sur des rapports, mais sur des objets réels : ce qu'il conteste c'est que par un modèle physique on puisse atteindre une connaissance de ce que ces objets que la science découvre sont en réalité. Et nous pensons que là nous sommes tous d'accord : les objets de la microphysique sont par définition des objets qui n'ont pas de forme ni de consistance ni de couleur au sens macroscopique du mot, même lorsque leur comportement, leur rapport avec les autres systèmes présente des analogies fortes avec les objets macroscopiques. C'est par exemple le cas des molécules de colorants, qui diffusent sélectivement la lumière comme les corps macroscopiques colorés ; malgré cette analogie forte, on n'a évidemment pas le droit de dire que ces molécules ont une couleur.

Le rôle du mécanisme dans la science d'aujourd'hui

Quelle est ma conclusion? C'est que, si on lit *S&H* comme le livre d'un grand savant sans essayer d'en classer les idées dans les cases préfabriquées des « ismes », on se rend compte que Poincaré a donné il y a longtemps la réponse au problème probablement le plus

actuel de la réflexion sur la science : le rôle du mécanisme face à la réalisation que le physicalisme est trop réducteur pour s'accommoder de disciplines telles que la biologie moléculaire. Poincaré a montré que le mécanisme est en condition de fournir les fondements d'une véritable théorie générale de la nature, à condition qu'on le considère comme un système formel incorporant des principes généraux qui, bien qu'issus de la mécanique, la dépassent en raison de la généralité même que l'on est amené à attribuer à des concepts tels que l'énergie cinétique. Le pouvoir heuristique des modèles physiques reste, et il y a bien des cas où ils sont le seul moyen d'atteindre une compréhension synthétique de la réalité ; le fait qu'ils ont recours à des images et qu'ils ne peuvent pas décrire complètement la réalité signifie seulement — comme c'est le cas en mécanique quantique — qu'il en faut plusieurs pour saisir ce que les équations décrivent. Les modèles physiques ne sont donc pas que des artifices : ils font partie de la théorie parce qu'ils sont les outils pour l'attribution de signification aux symboles vides des équations ; ils nous sont imposés par la condition de fidélité à la réalité, et donc ne sont pas arbitraires. S'il arrive qu'il y en ait plusieurs qui peuvent représenter les mêmes détails de la réalité, c'est tout simplement parce que le modèle mathématique est tout à fait général, et on peut donc trouver des classes de phénomènes diverses, mais isomorphes, si on peut dire, dans l'espace des formalismes. Il arrive aussi qu'il en faille plusieurs pour bien décrire un certain aspect de la réalité, comme dans le cas de la mécanique quantique ; c'est qu'ils sont alors insuffisants, et c'est alors que sans un esprit critique il peuvent nous conduire loin de la vérité.

Une autre considération ressort des réflexions de Poincaré (et que nous n'avons pas eu le temps de discuter) : pour expliquer la variété infinie de la nature il ne suffit pas d'avoir un schéma très général qui contient toutes les lois fondamentales. Les lois générales de la mécanique ont dans les sciences de la complexité le même rôle que les axiomes en géométrie : elles contiennent certainement toutes les lois « secondaires » de la nature, mais cela en puissance. Pensez par exemple au principe de conservation de l'énergie, que Poincaré examine en détail dans un chapitre de *S&H*. Il écrit à un moment donné :

« En résumé, (...), la loi de la conservation de l'énergie ne peut avoir qu'une signification, c'est qu'il y a une propriété commune à tous les possibles ; mais dans l'hypothèse déterministe il n'y a qu'un seul possible et alors la loi n'a plus de sens.

Dans l'hypothèse indéterministe, au contraire, elle en prendrait un, même si on voulait l'entendre dans un sens absolu ; elle apparaîtrait comme une limite imposée à la liberté. » (page 148)

Cet exemple extrême montre bien que, comme en mathématique, la découverte de leurs implications est un problème énorme ; dès qu'on sort de problèmes élémentaires tels le système solaire ou la collision de quelques particules élémentaires on a affaire entre autres au fameux problème à n corps. En somme, l'adoption du mécanisme comme théorie générale de la science est certainement là pour rester, mais cette conclusion ne signifie pas, comme le croient certains scientifiques suivant une fameuse remarque de Dirac, que les sciences autres que la physique théorique n'ont rien de vraiment nouveau à dire sur la réalité. Nous l'avons dit : ce serait comme prétendre que Gauss ou Poincaré n'aient rien fait de vraiment important outre le choix de leurs axiomes, ou hypothèses, pour rester dans le thème de cet article.

Une quatrième question, que nous n'avons pas le temps de discuter, s'imposerait si on voulait compléter cette étude : est-ce que la connaissance de tous les rapports est vraiment plus restreinte que la connaissance des *comportements*, que cette connaissance complète à laquelle aspire la science, c'est-à-dire, tout compte fait, la connaissance de la nature des choses ?

La science, l'homme, l'univers

Pour terminer, nous croyons qu'il y a aussi une morale plus générale que toutes ces considérations sur Poincaré et le mécanisme. La réflexion sur les fondements et la structure de la science de la part de ceux qui y travaillent de façon créatrice, par le fait même qu'elles débordent des limites strictes de la recherche scientifique, montrent la validité à long terme de la science comme connaissance d'une partie de ce qui est autre par rapport à l'homme. La science apparaît comme une manière qu'a l'homme de se situer dans un univers immense et merveilleux, un univers dont l'existence et les lois ne sont pas le fait de la raison humaine comme le veulent certaines versions radicales du

kantisme — mais qui est profondément lié à cet être étrange dont la nature plus profonde comprend le désir de connaître ce qui l'entoure pour y prendre sa place et ses responsabilités.

Bibliographie

Bertalanffy, L. V

1962 *General System Theory — A Critical Review, General Systems*, 1-20.

Kuhn, H.

1962 *The Structure of Scientific Revolutions*. (Chicago : University Press).

Lovelock, J.

1990 Hands up for the Gaia Hypothesis, *Nature*, vol. 344, 100-102.

Maxwell, J. C.

1864 *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, T. F. Torrance (éd.). (Edinburgh : Scottish Academic Press), 1982.

Passmore, J.

1968 *A Hundred Years of Philosophy*. (London : Penguin).

Poincaré, H.

1902/1968 *La science et l'hypothèse*. (Paris : Flammarion).

Polanyi, M.

1966 *The Tacit Dimension*. (London - New-York).

Quine, W. O.

1953 *From a Logical Point of View*. (Harvard Mass. : Harvard University Press).

Torrance, T. F.

1984 *Transformation and Convergence in the Frame of Knowledge*. (Belfast : Christian Journal Ltd).