

Nos principes physiques sont-ils « vrais » ? : Henri Poincaré

Christiane Vilain

LUH, observatoire de Paris, site de Meudon et SPHERE, Université Denis Diderot

Suite de l'article paru dans le numéro précédent.

Le parcours que nous avons effectué dans le précédent numéro de cette revue fait mieux comprendre le désarroi de certains au tournant du siècle, avant l'émergence des théories de la Relativité restreinte et générale (ainsi que de la Mécanique quantique). La lumière n'est plus une matière mais pas non plus vraiment une vibration ; sa vitesse doit être considérée comme constante quel que soit le mouvement de la source ou le mouvement du repère dans lequel on le mesure. Nos intuitions courantes doivent être abandonnées, avec seul bénéfice la sauvegarde de la relativité galiléenne. De plus, des physiciens talentueux comme Poincaré se mettent à douter de la rotation de la Terre !

Poincaré a entrepris de dégager dans chaque affirmation générale ce qui est imposé par l'expérience et ce qui est choisi par le scientifique, comme plus « commode » en fonction de cette expérience. Par expérience, nous entendons maintenant l'ensemble des expérimentations : celles qui font découvrir quelque chose de nouveau et poser un problème comme celles qui vont servir de « test » à la théorie construite pour répondre au problème, ou encore toute expérience de mesure destinée à simplement préciser une grandeur. Au cours de ses investigations, Poincaré interroge le principe fondamental de la mécanique classique : celui de l'inertie.

Le principe d'inertie

« Il n'y a pas d'espace absolu et nous ne concevons que des mouvements relatifs ; cependant on énonce le plus souvent les faits mécaniques comme s'il y avait un espace absolu auquel on pourrait les rapporter. »

Après avoir parlé des grandeurs mathématiques et de la géométrie dans son livre de 1902, Poincaré aborde la question générale de la mécanique. Il annonce qu'il va admettre « provisoirement » le temps absolu et la géométrie euclidienne afin de se

concentrer sur les questions de l'espace et du mouvement. Suivons-le, tout aussi provisoirement, dans sa critique du Principe d'inertie exprimé ainsi par Isaac Newton en 1687 :

« Un corps qui n'est soumis à aucune force ne peut avoir qu'un mouvement rectiligne et uniforme ».

Poincaré demande : *« Est-ce là une vérité qui s'impose a priori à l'esprit ? S'il en était ainsi comment les grecs l'auraient-ils méconnue ? »*. Or les Grecs l'ont méconnue, constatant que les mouvements avaient tendance à s'arrêter lorsque l'on cessait de pousser ou tirer, sauf celui des astres sur leurs cercles immuables. Il est clair que le principe d'inertie n'est pas non plus expérimental puisque l'on ne peut jamais affirmer que le corps que l'on observe n'est soumis à aucune force. Considérons un palet glissant sans frottement sur une table de marbre lisse ; peut-être pourra-t-on dire qu'il n'est soumis à aucune force parce qu'il se trouve éloigné de tout autre corps, bien qu'il soit évidemment encore dans le champ de gravité de la Terre...

Poincaré propose alors de remplacer l'énoncé traditionnel par le suivant :

« L'accélération d'un corps ne dépend que de la position de ce corps et des corps voisins et de leurs vitesses »,

qui peut s'exprimer également en disant que les lois de la mécanique se traduisent par des équations différentielles du second ordre. Pour clarifier ce qu'il vient d'énoncer, il envisage les deux fictions suivantes :

1°) Si l'énoncé traditionnel du principe d'inertie consistait à dire qu'un corps soumis à aucune force conserve sa position, alors c'est la vitesse du corps qui ne dépendrait que de sa position et de celle de ses voisins, et les équations de la mécanique seraient des équations différentielles du premier ordre.

2°) On pourrait imaginer également que le corps qui n'est soumis à aucune force conserve son accélération et que ce soit la variation de cette

accélération qui dépend cette fois de la position et vitesse, mais aussi de l'accélération, du corps et des corps voisins. Les équations de la mécanique seraient alors du troisième ordre, etc....

Réfléchissons un court moment à la première de ces fictions, en fait assez proche de la mécanique des anciens qui remarquaient judicieusement que pour modifier la position d'un objet il leur fallait exercer une force et que lorsqu'ils étaient fatigués, eux-mêmes ou l'âne, le chariot s'arrêtait. Si la résistance de l'air avait été plus importante, peu différente de celle de l'eau, Galilée n'aurait pas inventé sa physique du vide ni posé les bases du principe d'inertie que nous connaissons. Imaginons, dit Poincaré, que les orbites de toutes les planètes de notre système solaire se soient trouvées sur des cercles, en outre tous situés dans un même plan. *« La position d'un astre à un instant donné suffirait alors pour déterminer sa vitesse et toute sa trajectoire »*. Le mouvement de l'astre ne dépendrait alors que d'une condition initiale et non de deux, et pourrait donc obéir à une équation différentielle du premier ordre seulement. La loi adoptée serait raisonnablement conforme à la première des deux fictions. Peut-être alors nous trouvons-nous, avec nos orbites elliptiques (on néglige ici les perturbations des planètes les unes sur les autres), dans une situation simplifiée par rapport à la seconde de nos fictions, mais *« ...il faudrait que nous eussions été trompés par quelque surprenant hasard. »* conclut Poincaré.

Intermède philosophique

La « physique » ou étude de la nature, a d'abord été fondée sur nos perceptions et les intuitions ou concepts qui en découlaient automatiquement dans notre esprit. L'espace et le temps sont ainsi des intuitions qui, comme nous l'a appris la philosophie critique d'Emmanuel Kant -bien antérieure à celle de Poincaré- permettent l'expérience mais ne s'en déduisent pas. Ces intuitions n'appartiennent donc pas à la réalité extérieure, mais à notre esprit en tant qu'il est soumis aux relations subtiles qui s'établissent entre les perceptions et notre activité nécessaire : nous déplacer et revenir, construire des bâtiments puis des machines, élaborer une image du Monde enfin.

Ce qui est vrai pour l'espace et le temps l'est aussi, d'une autre façon, pour les concepts et les principes physiques sur lesquels nous construisons nos théories. Sans être imposés par l'expérience de façon nécessaire et incontournable, ils sont les outils dont nous avons besoin pour donner un sens à cette expérience, les instruments les mieux adaptés à

l'explicitation des phénomènes à l'intérieur de théories que l'on veut les plus simples possibles, les plus unifiées. Alors nous commençons à « comprendre » les phénomènes. Nos théories doivent également permettre de prédire, et la prédiction permet de « tester » la théorie, sans jamais la confirmer définitivement.

Le rôle de l'expérience dans le choix du principe d'inertie a été parfaitement présenté par Poincaré, qui n'en conclut pas à sa certitude définitive, mais bien à sa pertinence dans les circonstances actuelles. Ajoutons que la théorie de la Relativité Générale, proposée par Einstein trois ans après le décès de Poincaré en 1912, allait transformer les équations de la mécanique en un système plus compliqué, avec pour conséquence que les orbites des planètes ne sont plus véritablement elliptiques ni même fermées, indépendamment de toute perturbation par les autres planètes du système. La raison pour laquelle on a adopté ces nouvelles équations est que leurs prédictions sont meilleures que celles de la physique newtonienne, même lorsque celles-ci ont été affinées par de multiples corrections.

« La valeur de la science »

Henri Poincaré a sans doute été affecté par les réactions à son premier ouvrage « philosophique », certains n'ayant pas supporté que l'on ébranle leurs certitudes et que l'on renvoie toute généralisation à une attitude simplificatrice « commode ». Il n'était pas le premier ni le plus extrême dans sa critique, puisque certains considéraient alors le « fait » physique lui-même comme « fabriqué » par l'homme au cours de ses manipulations expérimentales. Poincaré se démarque clairement de ce courant « conventionnaliste » radical. Il adopte en outre un ton légèrement différent, sans se dédire toutefois, dans son ouvrage de 1905, ouvrage dont le titre lui-même : *La valeur de la science*, est significatif de la volonté de rectifier une position que l'on avait pu croire négative envers la connaissance scientifique.

Dans une célèbre conférence prononcée pendant un congrès tenu à Saint-Louis, aux États-Unis en 1904, Poincaré parle ainsi des principes physiques :

« Ces principes sont des résultats d'expérience fortement généralisés ; mais ils semblent emprunter à leur généralité même un degré éminent de certitude. Plus ils sont généraux, en effet, plus on a fréquemment l'occasion de les contrôler et les vérifications, en se multipliant, en prenant les formes les plus variées et les plus inattendues, finissent par ne plus laisser de place au doute. »

Il doit alors préciser sa pensée puisqu'il avait montré que les principes, une fois bien établis, échappaient à toute remise en cause ultérieure par l'expérience : si un corps que l'on croyait libre ne se meut pas à vitesse rectiligne et uniforme, c'est qu'il existe une force que l'on n'avait pas détectée. Il examine maintenant le principe de la conservation de l'énergie ; lorsque ce principe ne semble pas satisfait, c'est qu'une nouvelle forme d'énergie doit être reconnue : la chaleur s'ajoutant à l'énergie mécanique, la radioactivité, ou une forme encore inconnue d'énergie, et encore une autre si cela était nécessaire. Mais alors, dit Poincaré, « *Et après, qu'avons-nous gagné à ce coup de pouce ? Le principe est intact, mais à quoi désormais peut-il servir ? ... Si un principe cesse d'être fécond, l'expérience, sans le contredire directement, l'aura cependant condamné.* »

Poincaré envisage néanmoins l'avenir de façon tout à fait positive. La science « *ne fait pas un travail de Pénélope* » qui serait toujours à refaire, mais « *tel l'animal qui mue, brise sa carapace trop étroite et s'en fait une plus jeune* ». Que devons-nous faire aujourd'hui, en 1904 ? demande Poincaré à la fin de sa conférence :

« *Peut-être aussi devons-nous construire toute une mécanique nouvelle que nous ne faisons qu'entrevoir, où, l'inertie croissant avec la vitesse, la vitesse de la lumière deviendrait une limite infranchissable* ».

On ne peut aujourd'hui que lui donner raison, et j'aimerais terminer ce parcours en évoquant l'apologie que fait Poincaré de l'astronomie, dans un autre chapitre du même ouvrage de 1905.

L'astronomie

Reprenant sa fiction d'une humanité enfermée sous des nuages opaques, dans l'impossibilité de voir aucun astre autour de la Terre, Poincaré montre maintenant à quel point cette situation serait pauvre intellectuellement par rapport à la nôtre (et pas seulement triste !).

Même si la science terrestre, à laquelle serait alors condamnée l'humanité, lui permettait de voir émerger un autre « Copernic » (nous l'avons vu), elle ne se serait pas développée de la même façon. Car c'est d'abord l'« *Astronomie qui nous a appris qu'il y a des lois* », permettant à l'homme de considérer ensuite avec un autre regard la

confusion de son monde terrestre, l'incitant à y retrouver petit à petit : « *l'harmonie que l'étude du ciel nous avait fait connaître.* »

Derrière ce lyrisme du savant se trouve le fait de la difficulté –à laquelle s'est affronté Galilée– de l'étude des mouvements dans des milieux résistants : l'air, le sol solide, les obstacles... ; mais aussi ce que connaît bien Poincaré, à savoir la non-linéarité de tous les phénomènes, le « chaos » possible, si peu présent à court terme dans notre système solaire et encore moins dans l'observation des étoiles et des galaxies lointaines. Aristote, qui séparait le monde terrestre du monde supra-lunaire, admettait dans sa physique terrestre, plus complexe que celle des astres, une part de hasard d'« accident ». Bien que certains astres aient toujours été « errants » (les planètes), ils revenaient avec régularité aux mêmes positions, ou presque, alors que les corps terrestres subissaient des changements et pas seulement des déplacements, soumis à la « génération et la corruption ». L'immuabilité des cieux a permis à Newton de construire son système et, en retour, d'expliquer vraiment la chute des corps.

Mais peut-être était-il nécessaire, me semble-t-il, de tenir compte en même temps des corps terrestres pour accomplir ce que fait Newton après Galilée, bien au delà des tentatives de Kepler pour connaître la cause des mouvements. Car si Newton utilise bien les trois lois qu'il extrait de l'ouvrage touffu de Kepler sur les trajectoires des planètes, s'il revient à l'idée d'une force à distance, c'est lui seul qui établit la dynamique moderne. Selon Poincaré en effet :

« *C'est Newton qui nous a montré qu'une loi n'est qu'une relation nécessaire entre l'état présent du monde et son état immédiatement postérieur. Toutes les autres lois, découvertes depuis, ne sont pas autre chose, ce sont, en somme, des équations différentielles.* ».

C'est en tant que spécialiste de la mécanique céleste que Poincaré conclut ainsi sur l'importance de l'astronomie au cours de l'histoire, car il faut analyser le changement du mouvement, instant après instant comme ont su le faire Newton puis Euler et Laplace, pour mathématiser le mouvement et ses causes.

