

# Einstein, philosophe créatif

**Author :** Bruno Jarrosson

**Categories :** [Science & Techno](#)

**Date :** 18 juin 2016

## Une jeunesse quantique

Albert Einstein (1879 – 1955) focalise sur sa personne le mythe du grand scientifique. Pour l'homme du commun, il est l'archétype du savant. Il fut effectivement un grand scientifique : sa contribution à la physique fut des plus significatives. Il se trouve que l'on possède à son sujet une documentation énorme. Einstein a beaucoup écrit, prononcé de nombreuses conférences, des historiens ont dépouillé cette documentation et publié des livres. Einstein est un des scientifiques les plus étudiés par l'histoire des sciences. La façon dont s'écrit l'histoire d'Einstein est, à ce titre, significative des différents aspects de la mythologie du grand scientifique. Le récit prospère.

Albert Einstein naît le 14 mars 1879 dans une famille allemande aisée et cultivée. Son père est industriel. De son enfance, les biographes extraient et retiennent qu'Einstein est un enfant intelligent. La preuve, son grand-père l'écrit dans une lettre. « J'adore ce petit garçon, tu ne peux imaginer combien il est devenu gentil et intelligent. »

L'insistance sur cette phrase anecdotique, et plus généralement l'exercice biographique, manifeste ce que l'on appelle une rationalisation *a posteriori*. On travaille à réduire le mystère en cherchant ces petites explications incidentes. « Vous voyez bien qu'il devait inventer la relativité, son grand-père déjà avait remarqué qu'il était intelligent ! ». Le biographe travaille sur l'enfant Einstein avec l'idée bien précise que cet enfant doit inventer un jour la relativité. Il le doit absolument car sinon, la création reste un mystère. Le biographe néglige que ni Einstein ni son grand-père ne se doutaient en 1885 qu'il inventerait quoi que ce soit.

Question : combien d'enfants dont les grands-pères ont écrit qu'ils étaient intelligents n'ont rien inventé du tout ? Cette histoire est à peu près aussi sensée que celle du général Hugo qui, en 1802, va déclarer la naissance de son fils Victor et à qui le curé répond : « Vous êtes le père de Victor Hugo ! Permettez-moi de vous féliciter. »

Einstein a lui-même laissé des notes autobiographiques dans lesquelles il raconte qu'à l'âge de quatre ans, il fut fasciné par l'aiguille d'une boussole qui gardait sa direction. Il comprit dès lors qu'il y avait des choses derrière les choses. Intelligent non ? Mais sa sœur, qui a écrit elle aussi sur l'enfance de son frère, note qu'il apprit à parler si tard qu'on s'en inquiéta. Parlerait-il ? De fait son élocution n'était pas aisée et il ne maîtrisa jamais correctement l'anglais. Il n'était donc pas doué pour l'exercice verbal, se dit-on. Cependant une nouvelle contradiction surgit dans les

récits : Einstein parlait bien le français et l'italien (preuve que les langues étrangères ne lui étaient pas inaccessibles), il n'apprit l'anglais que tard (il émigra aux États-Unis à l'âge de cinquante-quatre ans) ; en allemand, sa langue maternelle, son style était excellent.

Chaque étape de l'enfance d'Einstein soulève ainsi une contradiction, ou plutôt une complémentarité, aux yeux du biographe scrupuleux, selon que l'on souhaite regarder une face ou une autre de la réalité. Il y a quelque chose de quantique dans l'enfance d'Einstein, plus on la regarde de près, plus elle se dédouble. Ce qui préserve le mythe.

On insiste aussi, toujours dans le même esprit, sur le fait qu'Einstein supportait mal le militarisme prussien qui imprégnait la société allemande de sa jeunesse. « Vous voyez bien qu'il devait inventer quelque chose, il avait déjà un caractère et un esprit indépendants. » Mais reprenons la question : combien d'enfants placés dans un système éducatif totalitaire trouvent-ils cela agréable ?

Une question plus épineuse surgit lorsqu'il s'agit de savoir s'il était bon ou mauvais élève. Les opinions divergent encore, car on ne sait pas trop ce qui sied le mieux au mythe. Le mythe du génie exige aussi bien de très bons élèves (comme Henri Poincaré) donc des génies précoces modèle Mozart à six ans, que de franchement mauvais, modèle génie incompris (les exemples sont rares – Turing peut-être -mais le mythe perdure). Einstein dérange car il n'a pas l'obligeance de se mouler dans l'une de ces deux catégories. Il fut un bon élève comme on en trouve un peu partout. En désespoir de cause, le biographe peut encore insister sur ses difficultés à se faire admettre à l'École polytechnique de Zurich (il échoua à l'examen en 1895), s'il veut montrer les limites de son génie (préservation du mystère de la création). Si au contraire il souhaite insister sur le génie précoce, il souligne qu'il était de deux années plus jeune que les autres candidats quand il fut finalement admis sur titre en 1896. C'est d'ailleurs en cette même année 1896 qu'Einstein se pose la fameuse question : à quoi pourrait ressembler une onde lumineuse pour quelqu'un qui filerait avec elle à la même vitesse qu'elle ? Question de génie précoce a-t-on dit – il a dix-sept ans – mais à laquelle il ne devait répondre qu'une dizaine d'années plus tard. Contrairement à ce que l'on croit, ce n'est pas la question qui est intéressante – d'autres scientifiques ont dû se la poser – mais bel et bien la réponse. Et la question est loin de conduire à la réponse.

La suite de la biographie intime d'Einstein insiste sur les traits non conformistes du personnage. Einstein joue du violon, Einstein ne porte jamais de chaussettes, Einstein est pacifiste (ce qui n'a rien d'anticonformiste à son époque, mais bon). Les domaines où Einstein paraît se comporter comme monsieur tout le monde sont passés sous silence : ses relations avec ses parents et sa sœur, son premier mariage, son divorce, son remariage, ses relations avec ses enfants. Apparemment, on n'a rien trouvé là qui soit digne d'un génie créateur. Les *Lettres à Mileva* publiées récemment n'ont pas suscité des commentaires autres qu'amusés. On laisse donc de côté le « misérable tas de secrets » qui paraît d'autant plus misérable que son point d'orgue, le divorce, prend place entre la proue et la poupe du navire amiral de cette vie : la relativité. Navire qui se détache soudain dans toute sa splendeur entre 1905 et 1916, sous une

forme achevée dès la première vision, tel un bateau surgi de la brume et que l'on découvre dans tous ses détails alors qu'on ne le devinait pas une seconde plus tôt.

### **La relativité ou la fin avant le début**

En 1915, Einstein écrit : « La théorie de la Relativité est achevée en tant que structure logique. » Le voyage d'Einstein au pays de la relativité n'aura duré que dix années, à l'issue desquelles la théorie apparaît sous une forme achevée qui n'a pas été modifiée depuis. Ce laps de temps de dix ans, pour une théorie de cette importance, est particulièrement court. La révolution copernicienne débute vers 1506 dans l'esprit de Nicolas Copernic (1473 – 1543) ; elle trouve sa forme achevée en 1687 avec la publication des *Principia mathematica philosophiae naturalis* d'Isaac Newton (1642 – 1727). L'électromagnétisme est étudié dès le xviii<sup>e</sup> siècle, il ne trouve son expression complète qu'en 1864 avec James Clerk Maxwell (1831 – 1879). La physique quantique débute en 1900 avec l'hypothèse des quanta de lumière de Max Planck (1858 – 1947). Elle cherche encore sa forme achevée, semble-t-il, puisque son interprétation fait toujours l'objet de polémiques.

On pourrait multiplier les exemples qui montrent qu'entre le moment où les scientifiques commencent à formuler certaines questions nouvelles d'importance et le moment où ils y répondent par une théorie que l'on estime complète et logiquement fermée, il se passe généralement plus d'un siècle. Une dizaine de scientifiques au moins a ainsi l'occasion de s'illustrer sur une seule grande théorie.

La relativité défie ces canons, du moins en apparence. Elle surgit en quelques années de l'esprit d'un seul homme pour répondre à une question que personne ou presque ne posait. Cette représentation de la relativité surgie du néant est bien entendu utilisée pour confirmer le mystère de la création et le mythe du génie créateur. La création est une rupture. Il convient donc pour l'exégète de rompre sagement la continuité de l'histoire pour souligner la discontinuité qui surgit alors.

Or donc...

En 1905, un jeune inconnu de vingt-six ans (l'âge auquel Bonaparte devint général) travaillant au bureau des brevets à Berne publie dans les *Annales de la physique* un article intitulé : *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*. Dans cet article, il renverse tranquillement l'édifice de la physique newtonienne, invalide les définitions du temps et de l'espace données par Newton et fonde une nouvelle théorie : la relativité. Les biographes insistent avec raison sur le fait que la même année, ce même inconnu a publié un autre article non moins révolutionnaire sur un tout autre sujet : *Un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière*. Dans cet article, Einstein explique l'effet photoélectrique à partir de l'hypothèse des quanta de Planck, fondant ainsi la physique quantique qui se développera quelques années plus tard. Ce n'est d'ailleurs pas pour la relativité mais pour ce travail sur l'effet photoélectrique qu'Einstein recevra le prix Nobel de physique en 1921.

Mais revenons à la relativité.

On ne saurait nier que les travaux réalisés par Einstein entre 1905 et 1915 marquent une avancée historique pour la physique. On ne saurait nier que le sujet a été, comme le dit Einstein, « logiquement fermé ». Du moins jusqu'à aujourd'hui. Mais à y regarder de près, ces travaux ne rompent pas complètement avec l'évolution de la physique. Ils mélangent plutôt rupture et continuité.

### **Relativité et continuité de la physique**

La question de savoir à partir de quel système de référence il est préférable de décrire le monde, question dont traite la relativité, n'est pas nouvelle en 1905.

Elle a été une première fois résolue par Galileo Galilei (1564 – 1642), René Descartes (1596 – 1650) et Isaac Newton qui, en apportant chacun une pièce du puzzle, ont posé le principe de l'inertie et donc une première forme de théorie de la relativité. Dans la physique newtonienne, on peut décrire les phénomènes dans les référentiels galiléens, c'est-à-dire des référentiels qui sont en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres. Il faut éviter de choisir un système de référence qui connaît une accélération. Hors cela, tout est permis.

Cette première théorie est formulée à une époque où l'on ignore tout de la lumière. Au XIX<sup>e</sup> siècle, la théorie électromagnétique de Maxwell réveille le problème de la relativité du mouvement par rapport à un référentiel donné. L'existence même de la lumière paraît en effet contraire à l'hypothèse de la relativité du mouvement.

Essayons de comprendre pourquoi. Lorsque je vois quelque chose, je vois la chose extérieure à moi, mais le phénomène de vision se passe en moi, à partir de la lumière que j'ai reçue. Cela signifie que la lumière émise par l'objet baigne le monde, elle constitue un lien entre l'objet et moi. Si la lumière baigne le monde et se déplace (elle m'envoie des informations nouvelles à chaque instant), il est donc possible de définir quelque chose de fixe par rapport à ce déplacement, qui est, soit le substrat qui vibre quand la lumière se propage, soit plus simplement l'espace dans lequel la lumière agit. Au XIX<sup>e</sup> siècle, ce substrat est appelé éther. La question est presque métaphysique : la lumière n'est pas le monde puisqu'elle est émise et reçue par quelque chose de différent d'elle, il lui faut donc un concept antérieur, une substance qui l'enveloppe, comme aurait dit Spinoza. Cette substance qui l'enveloppe, cet éther, n'est pas métaphysique mais bien physique. À l'absolu de la vitesse de la lumière doit donc correspondre un absolu immobile. L'immobilité sert donc à la définition de la lumière comme le blanc à celle du noir, comme pile à celle de face. Elle lui donne sens par contraste. En imposant l'idée d'immobilité absolue par l'immobilité d'un éther réel, l'existence de la lumière nie donc l'idée de relativité de tout mouvement. Le principe de relativité posé par Galilée n'est donc pas supposé s'appliquer à l'électromagnétisme.

Tel est le raisonnement fait au XIX<sup>e</sup>. L'apport premier d'Einstein en 1905, on le verra, est d'avoir réussi à dépasser cette formulation de la question. Il est sorti du tableau.

Ce raisonnement sur l'immobilité fait apparaître une contradiction interne à la physique. La physique classique s'est en effet édifiée sur le principe de relativité restreinte qui s'énonce ainsi : les lois de la physique sont identiques dans des référentiels qui sont en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres. L'idée d'immobilité absolue venue de l'électromagnétisme remet en question ce principe. Les physiciens de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle n'ont pas attendu Einstein pour s'aviser de cette contradiction et tenter de la résoudre.

La première voie de recherche est expérimentale. À partir de 1881, une expérience dite de Michelson-Morley est conçue pour mettre en évidence cette immobilité absolue qu'implique l'existence de la lumière. Comme souvent avec l'expérience, c'est le résultat qui pose problème. En effet, le résultat négatif ne révèle pas d'immobilité absolue. Contrairement à ce que laisse penser le raisonnement présenté plus haut, la lumière ne permet pas de définir une immobilité absolue. Les théoriciens retournent à leurs théories et montrent qu'il faut concevoir des expériences plus précises. Mais les expériences plus précises sont elles aussi négatives. Il faut donc reprendre le problème à la racine.

Deux grands théoriciens vont s'y atteler et préparent les travaux d'Einstein : Hendrik Lorentz (1853 – 1928) et Henri Poincaré (1854 – 1912).

Lorentz publie plusieurs articles importants sur la relativité en 1895, 1899 (*Théorie simplifiée des phénomènes électriques et optiques dans les corps en mouvement*) et 1904 (*Phénomènes électromagnétiques dans un système qui se meut avec une vitesse quelconque inférieure à celle de la lumière*). Dans ces articles, il donne les formules qui permettent de passer d'un référentiel en translation rectiligne uniforme à un autre. Ces formules différentes de celles de Galilée et Newton constituent en quelque sorte une seconde théorie de la relativité, différente de la théorie donnée par la physique classique. On pourrait même penser que la paternité de la théorie de la relativité appartient à Lorentz plutôt qu'à Einstein. Cependant, Lorentz ne remet pas en question le cadre de la physique classique. Il ne perçoit pas les implications de cette théorie qui conduit à reconsidérer les notions de temps, d'espace et d'addition des vitesses lorsque l'on passe d'un référentiel à un autre. Nous qui savons qu'il fallait opérer la remise en question de ces concepts de base, nous pouvons nous étonner que Lorentz ne l'ait pas fait. Nous cherchons à comprendre pourquoi. Nous raisonnons alors comme s'il était naturel de découvrir la relativité, comme si la découverte était dans l'air. En fait, cela n'avait rien de naturel et Lorentz fait de même que tous les autres physiciens sauf un : il ne découvre pas la relativité. Remettre en question les concepts de temps, d'espace et de composition des vitesses n'était pas du tout une démarche naturelle. Nous ne devons pas chercher à comprendre la démarche de Lorentz en fonction d'un avenir que nous connaissons mais qu'il ignorait, nous devons reconstituer bel et bien sa situation en 1904, telle qu'elle se présentait.

La théorie de Lorentz ne rend pas exactement compte de l'expérience de Michelson-Morley. Lorentz fait donc une hypothèse de circonstance, une hypothèse *ad hoc*, pour sortir de la difficulté. Il suppose que la vitesse par rapport à l'éther produit une contraction des longueurs des objets et

des instruments de mesure. Cette contraction expliquerait qu'on ne puisse mettre en évidence la vitesse absolue. Hypothèse intéressante mais qui, à nos yeux, intervient dans la théorie comme une clé à mollette dans un ragoût. Pourquoi une telle contraction des longueurs des objets ? L'élégance de la démonstration d'Einstein soulignera *a posteriori* l'inélégance de celle de Lorentz. Question d'esthétique une fois encore.

Ainsi qu'on le voit, en 1905, les problèmes de relativité du mouvement ne constituent pas un sujet nouveau. Mais l'exemple le plus frappant d'un scientifique dont la théorie vient mourir au bord de la pensée de Dieu est sûrement le cas de Henri Poincaré.

### **Henri Poincaré : l'occasion manquée**

En 1905, à peu près au même moment qu'Einstein, Henri Poincaré publie un article sur la relativité : *Sur la dynamique de l'électron*. Dans cet article, il flirte de plus près avec l'hypothèse d'Einstein que ne l'a fait Lorentz. Il explicite les formules de transformation de l'espace et du temps. Il pourrait donc se prévaloir d'avoir découvert la relativité restreinte. Il parvient aux mêmes formules qu'Einstein au même moment. Pourtant, c'est à Einstein et non à lui que l'on attribue la théorie de la relativité.

Poincaré est un mathématicien dont la philosophie diverge de celle d'Einstein. Ce qui va différencier les deux hommes dans la lecture historique de leur découverte n'est pas le formalisme qu'ils mettent en œuvre mais les concepts physiques que ces formalismes impliquent.

L'attitude de Poincaré peut sembler curieuse. En effet, il découvre les formules qui montrent que le temps est relatif à un référentiel donné. Mais il n'en tire pas pour autant la conclusion qui s'impose : qu'on ne peut pas parler d'un espace et d'un temps absolus.

Henri Poincaré saisit bien que l'idée d'immobilité absolue ne tient plus à rien dès lors que le principe de relativité se généralise à toutes les théories physiques. Mais il ne remet pas en question le cadre conceptuel dans lequel il travaille. La raison précise de ce manque d'audace doit être bien saisie pour comprendre le saut créatif fait par Einstein. L'existence de l'espace et du temps résulte, pour Poincaré, d'un raisonnement philosophique. Le temps et l'espace sont des concepts synthétiques *a priori*, ils ne peuvent pas procéder d'autre chose (*a priori* et non *a posteriori*) ni être influencés par une quelconque analyse (synthétique par opposition à analytique). Dès lors, aucun formalisme mathématique censé représenter une théorie physique ne saurait contester cette existence. Le temps et l'espace sont, selon Kant (1724 – 1804), « *des formes a priori de la sensibilité* ». Comment l'expérience pourrait-elle remettre en question ce qui est *a priori* ? Poincaré ne cherche pas à interpréter la nouvelle théorie. Il se contente du formalisme mathématique.

Il fait donc prévaloir une vision formaliste de la science. En bon mathématicien, la science pour lui est un corpus de règles mathématiques. Il ne se préoccupe pas de ce que « *la nature fait vraiment* » comme dira Einstein. Car pour lui la nature ne « fait » rien du tout. Son existence se

constate par des événements dans un cadre donné.

Einstein, *a contrario*, cherche d'abord à comprendre la nature en utilisant certains principes logiques ou mathématiques qui doivent être respectés. Mais pour lui, il n'est pas question à cette époque de s'accrocher à une métaphysique établie.

Pour Poincaré, la nature constitue l'aspect métaphysique des mathématiques. Elle obéit au principe d'identité : ce qui est est. Ce n'est pas la nature qui est objet de recherche mais les mathématiques. Pour Einstein, la nature telle qu'elle est ne va pas de soi. Elle constitue un objet de recherche. Par contre, la cohérence mathématique est métaphysique, elle sert de principe intangible, de point fixe à la recherche de la nature. Ces deux philosophies différentes conduisent les deux hommes à des théories différentes. Ce n'est pas la dernière fois que la science, louveteau affamé de concepts, boit le lait de la louve philosophie.

Einstein a souvent parlé de la pensée de Dieu qu'il convenait de lire. La pensée de Dieu, objet métaphysique, doit obéir selon lui à quelques principes intangibles qu'il place au cœur de sa démarche.

#### **Einstein et les principes intangibles (pléonasme)**

Curieusement, l'article d'Einstein daté de 1905 sur la relativité ne s'ouvre pas sur le problème de l'échec de l'expérience de Michelson-Morley qui tentait de mettre en évidence un référentiel immobile absolument. Cette expérience n'est d'ailleurs pas citée dans l'article. Non qu'Einstein n'accorde aucune importance à la validité expérimentale des théories. Mais il accorde une importance au moins égale à leur cohérence. Et c'est là, selon lui, que le bât blesse.

L'article commence par cette phrase : « On sait que l'électrodynamique de Maxwell, telle qu'elle est conçue aujourd'hui, conduit, quand elle est appliquée à des corps en mouvement, à des asymétries qui ne semblent pas être inhérentes aux phénomènes. » En effet, lorsque l'on considère l'action réciproque d'un aimant et d'un courant électrique dans un conducteur en mouvement l'un par rapport à l'autre, l'électromagnétisme conduit à des explications différentes du phénomène selon que l'on considère le conducteur ou l'aimant comme immobile. Pour Einstein, une telle situation est foncièrement illogique. Elle constitue une entorse au principe de relativité restreinte étendu aux modèles explicatifs. Elle est donc incomplète en tant qu'explication du réel.

On notera que le phénomène lui-même n'est pas asymétrique, non plus que le résultat auquel on parvient par l'une ou l'autre voie. Que l'on considère l'aimant ou le conducteur comme immobile, on parvient bien au même résultat quant aux courants électriques observés dans le conducteur. Ce dont Poincaré, qui disjoint totalement formalisme et réalité, se contente. Mais Einstein, pour qui le formalisme doit représenter ce que la nature fait vraiment, n'admet pas que l'on y parvienne par des voies différentes. Il étend donc le principe de relativité à nos explications, à nos théories sur le monde, en exigeant de l'explication qu'elle soit symétrique. Pour lui, une théorie de la relativité

cohérente doit conduire à des explications identiques, que l'on parte d'un référentiel ou d'un autre. Einstein est le seul à poser cette exigence à l'époque, ce qui dénote une rupture dans la pensée, une capacité de casser le cadre traditionnel de la physique et même de la vision philosophique de la science. Einstein rompt avec une forme de kantisme qui imprègne Poincaré.

À partir de là, Einstein possède un outil de pensée supérieur à tout autre pour construire sa théorie : la symétrie des explications. Pendant dix ans, il va explorer systématiquement ce cadre de pensée. Il considère des expériences où des objets sont en mouvement par rapport aux observateurs. Chaque fois, il s'impose que la description de l'expérience soit symétrique, qu'on la considère d'un point de vue ou de l'autre. Ce faisant, il construit le formalisme mathématique de la théorie, en dépassant ce qu'avait proposé Lorentz.

Immédiatement, une difficulté se présente, qui aurait pu arrêter ses efforts. Cette exigence de symétrie parfaite ne permet pas de maintenir un temps et un espace communs à tous les observateurs qui sont en mouvement les uns par rapport aux autres. Le prix à payer est élevé. La théorie se joue sur la façon d'affronter cette difficulté. Ou plutôt sur la capacité de la percevoir. Car se poser la question du statut du temps et de l'espace, c'est se forcer à répondre comme Einstein. Le temps et l'espace ne sont ni absolus, comme le veut Poincaré, ni relatifs à un observateur comme on le dit parfois abusivement, mais relatifs à un référentiel.

Abandonner le temps et l'espace absolus, n'était-ce pas s'exposer à régresser vers un temps et un espace complètement liés l'un à l'autre, avec un temps différent pour chaque lieu ? Ce qui eut été le comble de l'horreur pour certains, du mal pratique pour les autres. Einstein n'attribue pas un temps à chaque lieu mais un temps à chaque référentiel. Dans un référentiel donné, il existe bien un temps absolu en tous lieux. Ce faisant, Einstein trouve une voie moyenne entre une relativité complète du temps et l'absolutisme du temps classique. Par cette troisième voie, il sort élégamment des difficultés de l'asymétrie.

Fidèle à sa méthode, il réussit ensuite à étendre l'idée de symétrie aux phénomènes de gravitation. Une nouvelle occasion lui est donnée de sortir des difficultés par le haut.

### **Le rapport de la géométrie et de la physique**

Une question depuis longtemps préoccupe les hommes : l'univers est-il fini ou infini ? Les deux hypothèses soulèvent des difficultés. L'infini est en effet difficilement concevable dans le domaine physique. Mais si l'univers est fini, qu'y a-t-il au bord et à côté de l'univers ?

Cette question, pour légitime qu'elle paraisse à première vue, suppose qu'il existe un espace indépendamment de l'univers et qui le contient. Einstein va remettre en question cette supposition.

Pour comprendre l'originalité de sa démarche et les rapports subtils de la géométrie et de la physique qu'elle met en œuvre, il convient de revenir un peu en arrière.



Newton développe sa physique dans un espace absolu qui contient le monde. Kant justifie cette idée en faisant de la géométrie une théorie synthétique *a priori*. Le terme synthétique s'oppose ici à analytique. Il signifie que la géométrie ne relie pas des concepts entre eux mais développe les conséquences nécessaires des cinq axiomes d'Euclide. Chaque théorème de géométrie fait en quelque sorte partie des cinq axiomes, les exprimant sous une nouvelle forme, sans leur ajouter la moindre information. L'expression *a priori* signifie que les cinq axiomes n'ont pas à être justifiés. On pose *a priori* qu'ils sont vrais, c'est-à-dire que l'on choisit de se représenter l'espace à partir de la géométrie euclidienne. D'ailleurs Euclide ne parle pas d'axiomes mais de « demandes ». Tel est le paysage conceptuellement clos légué par Kant.

Au  $xix^e$  siècle se développent des géométries non euclidiennes. Le mathématicien Nikolaï Lobatchevski (1792 – 1856) démontre que la négation du cinquième axiome d'Euclide n'apporte aucune contradiction interne à la géométrie. On développe de nouveaux théorèmes et, de fait, de nouvelles géométries. Les plus connues sont les géométries riemanniennes, dues au mathématicien Bernhard Riemann (1826 – 1866), et les géométries lobatchevskiennes. En logique, on dirait que le système formel constitué par les quatre premiers axiomes d'Euclide et la négation du cinquième est consistant, c'est-à-dire qu'il ne contient aucune contradiction interne.

L'existence de plusieurs géométries différentes mais également valables du point de vue de la logique avait de quoi ébranler les esprits. Le monde dans lequel nous vivons relève-t-il de la géométrie euclidienne ou pas ? La réponse n'allait pas de soi. Dans la géométrie euclidienne, la somme des angles d'un triangle vaut 180 degrés. Mais dans les géométries riemanniennes, elle est inférieure à 180 degrés. Le mathématicien allemand Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855) considérait qu'il n'allait pas de soi que la somme des angles d'un triangle vaille 180 degrés et il essaya de vérifier ce point sur des triangles de grande taille à partir de trois sommets de montagne.

Mais pour les philosophes kantien du  $xix^e$  siècle, cette façon de vouloir décider de la géométrie à partir du monde physique relevait d'une mauvaise philosophie. En effet, si l'espace est un concept synthétique *a priori*, aucune théorie physique, et *a fortiori* aucune mesure physique ne peuvent démontrer son caractère euclidien ou non euclidien. La physique ne concerne pas l'espace en lui-même mais seulement les propriétés de la réalité physique dans l'espace. Décrire le monde à partir de la géométrie euclidienne ou d'une géométrie non euclidienne n'est après tout qu'un choix, qu'une convention. Deux arguments militent en faveur de la géométrie euclidienne : elle est facile d'utilisation et elle correspond à notre intuition de l'espace. En effet, notre intuition admet le cinquième postulat d'Euclide comme une évidence, même s'il n'est pas démontrable. Poser la question : « Le monde dans lequel nous vivons relève-t-il de la géométrie euclidienne ou pas ? », comme on l'a fait plus haut, n'a aucun sens aux yeux de la philosophie kantienne. Voici ce qu'écrivait Henri Poincaré à ce sujet :

*« Les axiomes géométriques ne sont donc ni des jugements synthétiques a priori ni des faits expérimentaux. »*

Ce sont des *conventions* ; notre choix, parmi toutes les conventions possibles, est guidé par des faits expérimentaux ; mais il reste libre et n'est limité que par la nécessité d'éviter toute contradiction. C'est ainsi que les postulats peuvent rester rigoureusement vrais quand même les lois expérimentales qui ont déterminé leur adoption ne sont qu'approximatives.

En d'autres termes, *les axiomes de la géométries* (je ne parle pas de ceux de l'arithmétique) *ne sont que des définitions déguisées.*

Dès lors, que doit-on penser de cette question : la géométrie euclidienne est-elle vraie ?

Elle n'a aucun sens. »

Henri Poincaré : *La science et l'hypothèse*

Comme on le note par la voix de Poincaré, le kantisme ne manque pas d'arguments mais il est sur la défensive. Il renvoie la balle du fond du cour sans monter au filet. Kant en effet n'avait pas prévu le développement des géométries non euclidiennes.

Toutefois, jusqu'à ce qu'Einstein formule la relativité générale, ce débat restait académique dans la mesure où tout le monde utilisait en fait la géométrie euclidienne. Par contre, le débat devint aigu lorsque la relativité générale se développa à partir d'une géométrie riemannienne. La théorie pouvait-elle permettre de trancher entre les géométries ?

Tel est le sacrilège qu'osa géométries se valent, il n'en est pas moins vrai qu'une théorie physique vérifiable – en l'occurrence la relativité – nous montre que la structure réelle de l'espace est non euclidienne. Dès lors que l'on sort de l'univers logique et mathématique pour regarder le monde observable, on constate qu'il n'y a pas, dans l'univers des réalités physiques, d'espace synthétique *a priori* mais plutôt un espace analytique *a posteriori*. L'espace et sa structure procèdent de la théorie, ils en sont la conséquence. L'extension du kantisme à l'univers physique est illégitime. Pour Einstein, l'espace physique n'est pas le contenant du réel mais le réel lui-même. Il appartient donc à la nature de nous dire de quelle géométrie relève cet espace. L'espace réel devient donc analytique (il contient de l'information) et *a posteriori* (il est conséquence d'autre chose : la théorie et l'expérience). Encore une fois, Einstein s'intéresse à ce que « la nature fait vraiment ».

Parler d'un espace analytique *a posteriori* résout la difficulté que pose la finitude de l'univers. En effet, un univers riemannien peut être fini et sans borne, tout comme une sphère possède localement l'apparence d'un plan, mais un plan dont on chercherait en vain le bord. Dès lors, la question de savoir ce qui se trouve à côté de l'univers n'a pas de sens. À côté de l'univers, il n'y a pas d'espace. L'univers n'a pas d'à côté.

Pour les kantien de strict observance comme Henri Poincaré, un tel discours n'a pas de sens.

Que la théorie de la relativité soit plus simple lorsqu'elle est exprimée avec la géométrie riemannienne n'empêche pas de quadriller l'espace à partir de la géométrie euclidienne et de décrire les phénomènes dans cet espace-là. Le choix de la géométrie est relatif, comme celui du référentiel, et les lois de la physique sont les mêmes avec une géométrie ou une autre. Il y aurait en quelque sorte un principe de relativité entre les géométries et Einstein commettrait l'erreur de ne pas vouloir le respecter. Aucune mesure ne peut trancher entre deux géométries : géométrie et physique n'interfèrent pas.

Poincaré toujours :

« On a également posé la question d'une autre manière. Si la géométrie de Lobatchevski est vraie, la parallaxe d'une étoile très éloignée sera finie ; si celle de Riemann est vraie, elle sera négative. Ce sont là des résultats qui semblent accessibles à l'expérience et on a espéré que les observations astronomiques pourraient permettre de décider entre les trois géométries.

Mais ce qu'on appelle ligne droite en astronomie, c'est simplement la trajectoire du rayon lumineux. Si donc, par impossible, on venait à découvrir des parallaxes négatives, ou à démontrer que toutes les parallaxes sont supérieures à une certaine limite, on aurait le choix entre deux conclusions : nous pourrions renoncer à la géométrie euclidienne ou bien modifier les lois de l'optique et admettre que la lumière ne se propage pas rigoureusement en ligne droite.

Inutile d'ajouter que tout le monde regarderait cette solution comme plus avantageuse.

La géométrie euclidienne n'a donc rien à craindre d'expériences nouvelles. »

Henri Poincaré : *La science et l'hypothèse*

Einstein réfute cette position à partir de l'argument suivant : quelqu'un qui se trouve sur une surface qui lui paraît localement plane possède un moyen expérimental de savoir s'il se trouve sur un plan ou sur une sphère. Il lui suffit de considérer des cercles de plus en plus grands et leurs rayons. Si le rapport entre la circonférence et le rayon est une constante, alors il est sur un plan. Par contre, si le rapport entre la circonférence et le rayon diminue quand le rayon augmente, alors il se trouve sur une sphère. Einstein pense que nous sommes, vis-à-vis de notre espace tridimensionnel, dans une situation identique avec une dimension de plus. Nous pourrions, à partir de mesures réelles, prouver que notre espace n'est pas euclidien. L'expérience doit pouvoir trancher. La théorie de la relativité générale laisse fortement présumer que nous vivons dans un monde non euclidien.

Ainsi, en suivant sa théorie et ses principes, Einstein bat en brèche une fois de plus les croyances de son temps. Il inflige une sérieuse blessure au kantisme. Il ne se laisse impressionner ni par la philosophie dominante ni par la science dominante. Ce faisant, il combat sur deux fronts simultanément pour trouver une voie originale.

Le génie créatif d'Einstein bouleverse la philosophie au moyen de la physique et la physique avec la philosophie. La méthode transdisciplinaire de la création apparaît ainsi en pleine lumière. Elle permet un regard extérieur et une prise de hauteur. La création ne surgit pas de l'intérieur d'un champ disciplinaire, qu'il soit scientifique ou philosophique, mais amalgame des éléments étranges, venus d'ailleurs. Le créateur est homme de frontière. Einstein, philosophe incertain mais scientifique tenace, surmonte une énigme par une autre.

Le débat entre Poincaré et Einstein illustre un dialogue entre science et métaphysique. Poincaré refuse que les faits puissent déranger quoi que ce soit de l'ordre métaphysique. Il s'en tient à une position séparatiste stricte en refusant le moindre échange entre épistémologie et métaphysique. Ceci dans la tradition kantienne qui distingue les trois domaines de la philosophie : épistémologie, morale, métaphysique. La position séparatiste ainsi affirmée par Poincaré se tient, bien entendu. Elle est logiquement consistante. Cependant, il convient de comprendre qu'elle n'est pas scientifique mais bel et bien métaphysique. Einstein se montre un philosophe moins rigoureux ou moins scrupuleux. Il accepte les influences réciproques entre métaphysique et expérience comme il le fera plus tard à propos de la physique quantique en affirmant sans preuve que Dieu ne joue pas aux dés. Cette position philosophique d'Einstein est fragile et dangereuse. Déduire une métaphysique de la science peut facilement égarer. Mais en l'occurrence, cette démarche s'avère la plus fructueuse. Si l'on juge l'arbre à ses fruits, Einstein domine Poincaré. Les positions philosophiques sont bien entendu l'une et l'autre défendables mais la victoire revient à l'homme de frontière plutôt qu'au séparatiste. Comme si la création requérait de franchir les frontières qui entravent notre pensée. « *Il y a plus d'hommes capables de construire des murs que d'hommes capables de construire des ponts* », dit le proverbe chinois. (N.B. : Tous les proverbes sont chinois car le caractère chinois donne au proverbe un pouvoir de reconquête important).

Einstein repousse les frontières de la science sans les rompre.