

verte, et peut-être même à la transformation des caractères du monde dans lequel nous vivons. Cette coïncidence entre une partie (l'homme en tant qu'individu) et l'ensemble (le monde dans lequel nous vivons), entre le subjectif pur, l'arbitraire, et l'objectif, le légal, constitue l'un des arguments les plus forts en faveur d'une méthodologie pluraliste. Pour plus de détails, le lecteur est invité à consulter le magnifique essai de Mill : *Sur la liberté*¹.

1. Cf. mon compte rendu de cet essai dans la section 3 de « Against Method », *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, op. cit., vol. 4, Minneapolis, 1970.

Paul Feyerabend
Contre la méthode

5

Jamais aucune théorie n'est en accord avec tous les faits auxquels elle s'applique, et pourtant, ce n'est pas toujours la théorie qui est en défaut. Les faits sont eux-mêmes constitués par des idéologies plus anciennes, et une rupture entre les faits et les théories peut être la marque d'un progrès. C'est aussi un premier pas dans notre tentative pour découvrir les principes qui guident implicitement les observations familières.

Si nous en venons maintenant à l'invention, l'élaboration et l'utilisation de théories incompatibles non plus seulement avec d'autres théories mais aussi avec des expériences, des faits, des observations, nous pouvons faire remarquer d'emblée que pas une seule ne s'accorde avec *tous* les faits connus dans son domaine. Et cette difficulté n'est pas créée de toutes pièces ou due à des négligences de méthode. Elle est liée à des expériences et des mesures de la plus haute précision, et tout à fait sûres.

Il sera bon de distinguer deux différentes sortes de discordance entre la théorie et les faits : discordance numérique et échecs qualitatifs.

Le premier cas nous est très familier : la théorie propose telle prédiction chiffrée, et la valeur obtenue diffère plus de la prédiction que ne l'autorise la marge d'erreur. C'est d'habitude la précision des instruments qu'on incrimine ici. Les discordances numériques abondent dans la science. Elles creusent un « océan d'anomalies » autour de chaque théorie particulière¹. Ainsi, la conception copernicienne, à l'époque de Galilée, était incompatible avec des faits si simples et probants que Galilée a pu la

1. Sur cet « océan » et les différentes manières de le traiter, cf. mon « Reply to Criticism », *Boston Studies*, vol. 2, 1965, p. 224 s.

qualifier de « sûrement fausse¹ ». « Mon étonnement est sans limites, écrit-il dans un ouvrage ultérieur², quand je pense qu'Aristarque et Copernic furent capables de donner à la raison le pas sur les sens, au point qu'au mépris de ces derniers, la première devint maître de leurs croyances. » La théorie de la gravitation de Newton fut assaillie dès le début par des difficultés si graves qu'elles pouvaient fonder une réfutation. Encore aujourd'hui, même dans le domaine non relativiste, « il existe de nombreux désaccords entre l'observation et la théorie³ ». Le modèle atomique de Bohr fut introduit et retenu, en opposition à des preuves contraires, précises et inébranlables⁴. La théorie de la relativité restreinte fut retenue malgré les résultats expérimentaux indubitables de Kaufmann en 1906 et malgré la réfutation de D.C. Miller (je parle d'une réfutation parce que l'expérience fut, du point de vue de la preuve contemporaine, au moins aussi bien conduite que l'avaient été les expériences antérieures de Michelson et Morley⁵). La théorie générale de la relativité, bien qu'elle ait

1. Galileo Galilei, *L'Essayeur*, cité dans *The Controversy on the Comet of 1618*, Londres, Éd. S. Drake et C. D. O'Malley, 1960, p. 323.

2. Galileo Galilei, *Dialogo dei Massimi Sistemi del Mondo*, in *Opera*, Firenze, Saloni, 1964, t. III, p. 82. (Il n'existe pas de traduction française disponible du *Dialogue sur les deux plus grands systèmes du monde* de Galilée. Nous renvoyons donc à une édition italienne, l'édition Saloni, largement disponible [N.d.T.].)

3. Browner-Clemence, *Methods of Celestial Mechanics*, New York, 1961. Également R. H. Dicke, « Remarks on the Observational Basis of General Relativity », *Gravitation and Relativity*, New York, Éd. H. Y. Chiu et W. F. Hoffmann, 1964, p. 1-16. Pour une discussion plus détaillée de quelques-unes des difficultés de la mécanique classique céleste, cf. J. Chazy, *La Théorie de la relativité et la Mécanique céleste*, Paris, 1928, vol. 1, chap. iv et v.

4. Cf. Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, 1966, section 22. Cf. également l'analyse de Lakatos, « Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes », *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Éd. Lakatos-Musgrave, 1970.

5. W. Kaufmann, « Über die Constitution des Elektrons », *Ann. Phys.*, n° 19, 1906, p. 487. Kaufmann a énoncé ses conclusions sans ambiguïté, et en soulignant que : « Les résultats des mesures prises ne sont pas compatibles avec l'hypothèse fondamentale de Lorentz et d'Einstein. » Réaction de Lorentz : « Il est très probable que nous aurons à abandonner complètement cette idée » (*Theory of Electrons*, 2^e édition, p. 213). Ehrenfest : « Kaufmann démontre que l'électron déformable de Lorentz est gouverné par les mesures prises »

étonnamment réussi dans certains domaines (j'y reviendrai), ne réussit pas à expliquer 10" dans le mouvement des nœuds de Vénus, et plus de 5" dans le mouvement des nœuds de Mars¹; en outre, elle a encore eu des ennuis récemment, en raison des nouveaux calculs sur le mouvement de Mercure par Dicke et d'autres². Il s'agit du moins là de difficultés quantitatives, qui peuvent être résolues par la découverte d'un meilleur ensemble de nombres, et qui ne nous forcent pas à faire des ajustements qualitatifs³.

(« Zur Stabilitätsfrage bei den Bucherer-Langevin Elektronen », *Zs. Phys.*, vol. 7, 1906, p. 302). La répugnance de Poincaré à accepter la « nouvelle mécanique » de Lorentz peut s'expliquer au moins en partie par le résultat de l'expérience de Kaufmann. Cf. *Science et Méthode*, Paris, Flammarion, 1947, livre III, chap. II, section 5, où l'expérience de Kaufmann est discutée en détail, pour aboutir à la conclusion que le « principe de relativité [...] ne peut pas avoir l'importance fondamentale que l'on est enclin à lui donner ». Cf. également St. Goldberg, 1970, vol. 5, p. 73 s. et les ouvrages qui y sont cités. Einstein seul considéra les résultats comme « improbables car leurs affirmations de base, desquelles est déduite la masse des électrons en mouvement, ne sont pas suggérées par des systèmes théoriques qui englobent des complexes plus vastes de phénomènes » (*Jahrbuch des Radioaktivität und Elektrizität*, vol. 4, 1907, p. 439). Lorentz étudia les travaux de Miller pendant de nombreuses années, mais il ne put trouver par où ils péchaient. Ce ne fut qu'en 1955, vingt-cinq ans après que Miller eut achevé ses expériences, que l'on fit un compte rendu satisfaisant des résultats de Miller. Cf. R. S. Shankland, « Conversations with Einstein », *Am. Journ. Phys.*, vol. 31, 1963, p. 47-57, en particulier p. 51, ainsi que les notes 19 et 34; cf. également les discussions sans conclusion de la « Conference on the Michelson-Morley Experiment », *Astrophysical Journ.*, vol. 68, 1928, p. 341 s.

1. J. Chazy, *op. cit.*, p. 230.

2. Voir R. H. Dicke, *op. cit.* Remarquons que les corrections tardives de Dicke n'affaiblissent pas l'argument selon lequel des théories périmées (telles que la mécanique céleste classique) peuvent être utilisées pour critiquer celles qui les ont remplacées avec plus de succès (la relativité générale). En outre, Dicke représentait un danger temporaire, et c'est tout ce que nous devons savoir.

3. Herbert Feigl (*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 5, 1971, p. 7) et Karl Popper (*Objective Knowledge*, p. 78) ont essayé de faire d'Einstein un falsificationniste naïf. C'est ainsi que Feigl écrit : « Si Einstein faisait reposer sur la "beauté", l'"harmonie", la "symétrie", et l'"élégance", l'élaboration [...] de sa théorie générale de la relativité, on doit néanmoins se rappeler qu'il a aussi dit dans une conférence à Prague en 1920 (j'y assistais en tant que très

Le second cas, celui des échecs qualitatifs, est moins familier, mais d'un bien plus grand intérêt. Ici, une théorie est incompatible non avec un fait abstrus qui ne peut être mis au jour qu'à l'aide d'un équipement complexe et qui n'est connu que par des

jeune étudiant) : « Si les observations sur le décalage vers le rouge dans le spectre des étoiles denses n'aboutissent pas, quantitativement, selon les principes de la relativité générale, eh bien, ma théorie ne sera plus que cendres et poussière. » » Popper écrit : « Einstein [...] affirma que si l'effet de décalage vers le rouge [...] n'était pas observé dans le cas des naines blanches, sa théorie de la relativité générale serait réfutée. »

Popper ne donne aucune source à l'appui de cette histoire, et il est très probable qu'il la tient de Feigl. Mais ce que dit Feigl, et ce que répète Popper, est en conflit avec les nombreuses occasions où Einstein souligne que la « raison de la chose » (« *die Vernunft der Sache* ») est bien au-dessus des « vérifications par de petits effets », et il le souligne non seulement par des remarques énoncées en passant au cours d'une conférence, mais aussi dans ses écrits. Cf. la citation dans la note 5, p. 56, qui a trait aux difficultés de la théorie spéciale de la relativité, et précède la conversation à laquelle assistait Feigl. Cf. aussi les lettres à M. Besso et K. Seelig, citées dans G. Holton, « Influences on Einstein's Early Work », *Organon*, n° 3, 1966, p. 242, et K. Seelig, *Albert Einstein*, Zürich, 1960, p. 271. En 1962 Born écrit à Einstein à propos d'une conférence de Freundlich sur la déflexion des rayons lumineux passant près du Soleil :

« On dirait réellement que ta formule n'est pas tout à fait exacte. C'est encore pire pour le décalage vers le rouge (qui est le cas crucial mentionné par Feigl et Popper) [... Est-ce que cela peut être un indice de non-linéarité?] » (A. Einstein, M. Born, *Correspondance 1916-1955*, Paris, Éd. du Seuil, 1972, p. 205).

Einstein répond : « Freundlich [...] ne m'émeut pas le moins du monde. Même si on ne connaissait ni déviation de la lumière, ni précession du périhélie, ni décalage des raies spectrales, les équations de la gravitation seraient tout de même convaincantes, car elles se passent de système inertiel (ce fantôme qui agit sur tout, mais sur lequel les objets n'ont pas de prise). Il est réellement étonnant de voir que les hommes sont généralement sourds aux arguments les plus forts, alors qu'ils ont toujours tendance à surestimer la précision des mesures » (lettre du 12 mai 1952, *op. cit.*, p. 206), (c'est moi qui souligne). Comment peut-on expliquer ce conflit entre le témoignage de Feigl et ce qu'a écrit Einstein? Cela ne peut pas être expliqué par un changement d'attitude de la part d'Einstein. Nous avons vu qu'il a eu, depuis le commencement, ce manque de respect pour l'observation et l'expérience. On pourrait expliquer ce conflit soit par une erreur de la part de Feigl, ou comme une autre manifestation de l'« opportunisme » d'Einstein. Cf. le texte relatif à la note 1, p. 15 de l'introduction.

experts, mais plutôt avec des événements qu'on remarque aisément et qui sont connus de tout le monde.

Le premier, et à mon avis le plus sérieux exemple d'une incompatibilité de cet ordre, est la théorie même de Parménide sur l'éternité et l'homogénéité de l'un, qui est contredite par presque tout ce que nous savons et éprouvons. Cette théorie a beaucoup en sa faveur¹, et joue encore aujourd'hui un rôle dans la théorie générale de la relativité, par exemple. Utilisée sous une forme non développée par Anaximandre, elle a conduit à l'idée reprise par Heisenberg² dans sa théorie des particules élémentaires, selon laquelle la substance de base, ou les éléments de base de l'univers, ne peut obéir aux mêmes lois que les éléments visibles. Cette théorie trouva un soutien dans les arguments de Zénon, qui démontrèrent les difficultés inhérentes à l'idée d'une continuité formée d'éléments isolés. Aristote prit ces arguments au sérieux et développa sa propre théorie du continu³. Le concept d'un continu formé d'une série d'éléments resta en fait utilisé, malgré ces difficultés tout à fait évidentes, jusqu'à ce que celles-ci soient presque totalement éliminées au début du xx^e siècle⁴.

Un autre exemple de théorie présentant des défauts qualitatifs

1. On trouvera un plaidoyer pour les procédés de Parménide dans mon article « In Defence of Classical Physics », *loc. cit.* Cf. également la partie consacrée à Parménide dans mon *Einführung in die Naturphilosophie*.

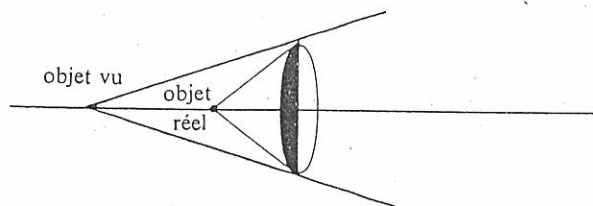
2. W. Heisenberg, « Der Gegenwärtige Stand der Theorie des Elementarteilchen », *Naturwissenschaften*, n° 42, 1955, p. 640 s. On trouvera un compte rendu exhaustif de la philosophie d'Heisenberg dans Herbert Hörz, *Werner Heisenberg und die Philosophie*, Berlin, 1966.

3. *Physique*, livre VI, *Du ciel*, 303a3 s.; *De la génération et de la corruption*, 316a. La théorie d'Aristote sur le continu paraît liée de très près à son empirisme. L'« empirisme » d'Aristote, cependant, n'est pas seulement un dogme philosophique, c'est une hypothèse cosmologique qui est clairement formulée (on apprend, pour une fois, quel genre de processus est censée être l'expérience), et conduit, entre autres choses, à la solution des problèmes qui ont été soulevés dans d'autres traditions, plus « métaphysiques ». Il semble que le problème du continu soit l'un de ces problèmes. On trouvera un résumé des opinions sur les paradoxes de Zénon, dans *Zeno's Paradoxes*, New York, Éd. Salmon, 1970.

4. A. Grünbaum, « A Consistent Conception of the Extended Linear Continuum as an Aggregate or Unextended Elements », *Philosophy of Science*, n° 19, 1952, p. 283, et articles de Salmon, *op. cit.*

est la théorie des couleurs de Newton. Selon cette théorie, la lumière consiste en rayons de différente réfrangibilité qui peuvent être séparés, réunis, réfractés, mais dont la constitution interne n'est jamais changée, et qui ont une très faible extension latérale dans l'espace. Considérant que la surface des miroirs est bien plus rugueuse que l'extension latérale des rayons, on s'aperçoit que la théorie du rayonnement est incompatible avec l'existence d'images spéculaires (comme Newton lui-même en convient) : si la lumière consiste en rayons, alors, un miroir devrait réagir comme une surface rugueuse, c'est-à-dire qu'il devrait nous apparaître comme un mur. Newton a retenu sa théorie en éliminant la difficulté grâce à une hypothèse *ad hoc* : « La réflexion d'un rayon est effectuée, non par un point unique du corps réfléchissant, mais par une certaine énergie de ce corps qui est diffusée également sur toute sa surface¹. »

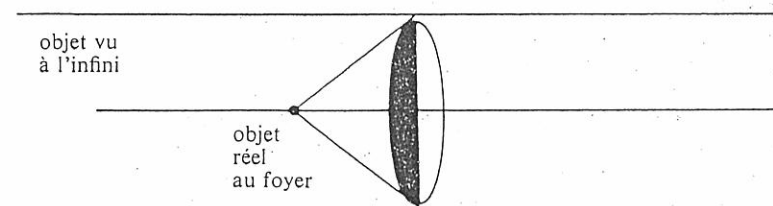
Dans ce cas, la divergence qualitative entre la théorie et les faits fut supprimée par une hypothèse *ad hoc*. Dans d'autres cas, une manœuvre aussi inconsistante n'est même pas utilisée : on retient la théorie et on essaie d'oublier ses insuffisances. Nous avons de ceci un exemple dans l'attitude adoptée en face de la règle de Kepler, selon laquelle un objet vu à travers une lentille est perçu au point d'intersection des rayons qui vont de la lentille à l'œil².



1. Sir Isaac Newton, *Opticks*, New York, 1952, livre II, 3^e partie, proposition 8, p. 266. On trouvera une discussion sur cet aspect de la méthode de Newton dans mon essai, « Classical Empirism », *op. cit.*

2. Johannes Kepler, *Ad Vitellionem Paralipomena*, Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*, Munich, 1939, vol. 2, p. 72. Pour une discussion détaillée sur la règle de Kepler et sur son influence, voir Vasco Ronchi, *L'Optique, science de la vision*, Paris, Masson, 1966, chap. XLIII s. Cf. également chap. 9-11 ci-dessous.

D'après cette règle, un objet situé au foyer sera perçu à l'infini. « Mais au contraire, commente Barrow¹ (le maître de Newton et son prédécesseur à Cambridge), l'expérience nous garantit qu' [un point situé près du foyer] paraît être à des distances variables selon les différentes positions de l'œil [...]. Et il ne paraît jamais plus éloigné qu'il ne le serait s'il était vu à l'œil nu; au contraire, il lui arrive parfois de paraître plus rapproché [...]. Tout ceci répugne à nos principes. » « Quant à moi, continue Barrow, ni ceci ni aucune autre difficulté n'aura d'influence assez grande sur moi pour me faire renoncer à ce que je sais être manifestement en accord avec la raison. »



Barrow mentionne ici les difficultés qualitatives et affirme qu'il retiendra la théorie malgré tout. Ce n'est pas là le procédé habituel qui consiste à oublier les difficultés, à n'en jamais parler, et à agir comme si la théorie était sans défaut. Attitude très répandue aujourd'hui.

C'est ainsi que l'électrodynamique classique de Maxwell et Lorentz implique que le mouvement d'une particule libre est auto-accélééré². Considérant l'énergie propre (*self-energy*) de

1. *Lectiones XVIII cantabrigiae in scholio publicis habitae in quibus opti-corum phenomenon genuinae rationes investigantur ac exponentur*, Londres, 1669, p. 125. Ce passage est utilisé par Berkeley dans son attaque contre l'optique « objectiviste » traditionnelle (*An Essay Towards a New Theory of Vision*, in *Works*, Londres, Éd. Frazer, 1901, vol. 1, p. 137 s.).

2. Supposons que M soit la masse observée de la particule chargée, nous obtenons pour son accélération au moment T la valeur :

$$b(t) = b(o) \cdot \exp. \left[\frac{3}{2} \frac{Mc^3}{e^2} \right] t$$

Cf. D. H. Sen, *Fields and/or Particles*, New York, 1968, p. 10. Sur cette

l'électron, on obtient des expressions divergentes pour les charges ponctuelles, tandis que les charges d'extension finie ne peuvent être mises en accord avec la relativité que par l'introduction à l'intérieur de l'électron de tensions et de pressions invérifiables¹. Ce problème se retrouve dans la théorie des quanta, bien qu'il soit ici partiellement recouvert par la « renormalisation ». Cette procédure consiste à annuler les résultats de certains calculs, et à les remplacer par une description de ce qui est réellement observé. Ainsi, on admet implicitement que la théorie est en difficulté, tout en la formulant d'une manière qui suggère qu'un nouveau principe a été découvert². Pas étonnant dès lors que des auteurs

difficulté particulière, cf. aussi H. R. Post, « Correspondence, Invariance and Heuristics », *Studies in the History and Philosophy of Science*, novembre 1971, note 14. La déclaration de Post, selon laquelle la physique « est un échec remarquable [...] » en tant que science, p. 219, et que, par comparaison, « la botanique a de bons pouvoirs de prédiction dans son propre champ d'application », note 14, est en accord avec ma propre opinion, et indique que la science aristotélécienne, prise dans son ensemble, peut avoir été plus adéquate que les théories hautement abstraites qui lui ont succédé. Cependant, Post et moi sommes en désaccord sur bien d'autres points. Le lecteur est invité à lire son brillant essai comme un antidote partiel du point de vue que j'essaie de défendre.

1. Cf. W. Heitler, *The Quantum Theory of Radiation*, Oxford, 1954, p. 31.

2. En dehors de cette objection méthodologique, il y a aussi des difficultés factuelles. Cf. la discussion à la 12^e conférence de Solvay, *The Quantum Theory of Fields*, New York, 1962, en particulier les contributions de Heitler et Feynman. Aujourd'hui (1971) la situation est exactement la même, cf. Brodsky et Drell, « The Present Status of Quantum Electrodynamics », *Annual Review of Nuclear Science*, vol. 20, Palo Alto, 1970, p. 190. Chacun des exemples des notes des pages 56 à 61, ci-dessus, peut être utilisé comme base pour des études de cas de l'espèce de ceux qui sont étudiés dans les chap. 6-12 (« Galileo and the Copernican Revolution »). Ceci montre que le cas de Galilée n'est pas une exception qui caractérise le début de ce qui a été appelé la « révolution scientifique » (G. Radnitzky, « Theorienpluralismus Theorienmonismus », in *Der Methoden — und Theorienpluralismus in den Wissenschaften*, Éd. Diemer Meisenheim, 1971, p. 164) mais il est typique du changement scientifique de tous les temps. Néanmoins, je suis d'accord avec Radnitzky pour dire qu'« aujourd'hui » c'est-à-dire dans la physique de 1960-1970, la situation peut être quelque peu différente. La raison, c'est que la physique subit maintenant une période de stagnation où un formidable accroissement de volume couvre une stupéfiante pauvreté de nouvelles idées fondamentales. (Cette stagnation est reliée au fait que la physique se transforme de science en affaire, et que les plus jeunes physiciens

à l'esprit philosophique non sophistiqué aient l'impression que « toute l'évidence tend à indiquer avec une certitude sans recours [que] tous les processus incluant [...] des interactions inconnues, se conforment à la loi fondamentale des quanta¹ ».

J'ajouterai en passant qu'il est impossible de relever toutes les conséquences intéressantes d'une théorie, et d'en découvrir ainsi les résultats absurdes. Cela est peut-être lié à un défaut dans les méthodes mathématiques existantes; ce peut être aussi lié à l'ignorance de ceux qui défendent la théorie. Dans de telles circonstances, le procédé le plus commun consiste à utiliser jusqu'à un certain point (qui est souvent tout à fait arbitraire) une théorie plus ancienne, et à y ajouter la nouvelle théorie pour affiner les calculs. Du point de vue méthodologique, ce procédé est un véritable cauchemar. Montrons-le pour le calcul relativiste de l'orbite de Mercure, par exemple.

Le périhélie de Mercure se déplace d'environ 5 600" par siècle. Dans ce chiffre, 5 026" sont d'origine géométrique, et se rattachent au mouvement du système de référence, tandis que 531" sont dynamiques et dues aux perturbations par le reste du système solaire. Toutes ces perturbations, à l'exception des fameuses 43", sont expliquées par la mécanique classique. C'est ainsi que l'on présente généralement la situation.

Dans cette explication, la prémisse dont nous faisons dériver les 43" ne correspond pas à la théorie générale de la relativité, plus des conditions initiales appropriées. La prémisse contient la physique classique *en plus* des propositions relativistes utilisées. En outre, le calcul relativiste, basé sur la « solution de Schwarzschild », ne traite pas du système planétaire tel qu'il existe dans le monde réel (par exemple notre propre galaxie, asymétrique); il s'occupe du cas entièrement fictif d'un univers symétrique central contenant une singularité en son centre, et rien d'autre. Quelles sont les raisons pour utiliser une si curieuse conjonction de prémisses?

La raison en est, selon la réponse habituelle, que nous avons

ne se servent plus de l'histoire et de la philosophie comme instruments de recherche.)

1. Rosenfeld dans *Observation and Interpretation*, Londres, 1957, p. 44.

affaire à des approximations. Si les formules de la physique classique sont utilisées, ce n'est pas parce que la relativité est incomplète. Et si la symétrie centrale est invoquée, ce n'est pas non plus parce que la relativité n'aurait rien de mieux à offrir. Les deux modèles sont censés découler de la théorie générale dans les conditions particulières réalisées dans notre système planétaire, pourvu que nous omettions des quantités trop faibles pour être prises en compte. Par conséquent, nous utilisons tout au long la théorie de la relativité, et nous l'utilisons d'une manière adéquate.

C'est là une bonne description de ce que sont les procédures d'approximation; mais elle ne reflète pas la situation effective de la théorie de la relativité générale. C'est vrai : on a — d'habitude — une théorie, on est capable de calculer le cas particulier qui intéresse, on remarque que le calcul implique des grandeurs qui se situent en deçà de la précision expérimentale, on néglige de telles grandeurs et on obtient un formalisme grandement simplifié. Mais dans notre cas, le calcul complet est remplacé par l'explication classique *avant même* qu'on ait montré que les grandeurs pertinentes se situent en deçà de la précision expérimentale obtenue au moment du calcul. L'explication classique est introduite non parce qu'il a été montré qu'elle était adéquate; elle est introduite dans l'espoir qu'elle finira bien par être adéquate. Ainsi, la partie classique de l'*explicans* n'apparaît pas uniquement par commodité, elle constitue une partie *nécessaire* des calculs. Et les approximations faites ne résultent pas de calculs relativistes, mais sont introduites pour faire en sorte que la relativité s'ajuste au cas donné. On peut les appeler à juste titre des *approximations ad hoc*.

Les approximations *ad hoc* abondent dans la physique mathématique moderne. Alors que des études plus récentes dans le domaine de la relativité générale ont tendu à transformer des approximations *ad hoc* en approximations authentiques, de tels développements ne sont pas apparus dans la théorie quantique. Les approximations *ad hoc* jouent un rôle des plus importants dans la théorie quantique des champs, elles constituent une partie essentielle du principe de correspondance et elles trouvent leur meilleure illustration dans ce qu'on appelle la réduction du paquet d'ondes. Pour le moment, je ne m'intéresse pas aux rai-

sons de cet aspect de la physique moderne, je m'intéresse à ses conséquences : les approximations *ad hoc* dissimulent, et même éliminent totalement les difficultés qualitatives. Elles donnent de notre science une fausse impression d'excellence. Il s'ensuit qu'un philosophe qui veut étudier l'adéquation de la science comme image du monde, ou qui veut construire une méthodologie scientifique réaliste, doit se montrer très prudent vis-à-vis de la science moderne. Dans la plupart des cas, la science moderne est plus opaque, et bien plus trompeuse, que ne l'ont jamais été ses ancêtres des XVI^e et XVII^e siècles.

Comme dernier exemple de difficultés qualitatives, je mentionnerai encore la théorie héliocentrique de l'époque de Galilée. J'aurai bientôt l'occasion de montrer que cette théorie était inadéquate, à la fois qualitativement et quantitativement, et qu'elle était aussi philosophiquement absurde.

Pour résumer cette liste brève et très incomplète, je dirai que partout où nous regardons, lorsque nous avons un peu de patience et que nous choisissons nos évidences sans préjugés, nous découvrons que les théories ne réussissent pas à reproduire certains résultats quantitatifs sûrs, et qu'elles sont, à un degré surprenant, qualitativement incompetentes. La science nous offre des théories d'une grande beauté et très sophistiquées. La science moderne a développé des structures mathématiques dont la cohérence et la généralité excèdent tout ce qui a existé jusqu'à présent. Mais pour accomplir ce miracle, il a fallu que toutes les difficultés existantes soient confinées dans le rapport entre la théorie et les faits, et soient dissimulées par des approximations *ad hoc* ou d'autres procédés¹.

1. Le travail de von Neumann sur la mécanique quantique est un exemple particulièrement instructif de cette procédure. Pour arriver à une preuve satisfaisante du théorème de développement dans l'espace de Hilbert, von Neumann remplace les notions quasi intuitives de Dirac (et Bohr) par des notions à lui, plus complexes. Les relations théoriques entre ces notions sont susceptibles d'être traitées avec plus de rigueur que les relations théoriques entre les notions antérieures (« plus de rigueur » du point de vue de von Neumann et de ses disciples). C'est différent quand il s'agit de leur relation avec les procédés expérimentaux. On ne peut désigner aucun instrument de mesure pour la grande majorité des choses observables (Wigner, *Am. Journ. Phys.*,

Que ferons-nous alors de l'exigence méthodologique selon laquelle une théorie doit être jugée par l'expérience, et rejetée si elle contredit les postulats de base acceptés? Quelle attitude adopterons-nous envers les différentes théories de la confirmation et de la corroboration, qui reposent toutes sur l'idée qu'on peut parfaitement accorder les théories avec les faits connus, et utiliser le degré d'adéquation atteint comme principe d'évaluation? Cette exigence, ces théories, apparaissent maintenant totalement inutiles. Elles sont aussi inutiles qu'un médicament qui ne guérit un malade que s'il n'a pas d'infection. Dans la pratique, personne n'y obéit jamais. Les méthodologues peuvent souligner l'importance des réfutations, mais ils se servent allégrement de théories réfutées; ils peuvent faire de grands sermons sur l'importance qu'il y a à considérer en sa totalité l'évidence pertinente, et ne jamais mentionner ce fait énorme que les théories qu'ils admirent et acceptent, comme la théorie de la relativité ou la théorie des quanta, peuvent être de ce point de vue aussi mal en point que les théories plus anciennes qu'ils rejettent. En pratique, ils répètent servilement les déclarations les plus récentes des grands pontes de la physique, bien que, ce faisant, ils soient obligés de violer certaines règles de base de leur métier. Peut-on procéder de façon plus raisonnable¹?

vol. 31, 1963, p. 14), et là où une spécification devient possible, il devient nécessaire de modifier de façon arbitraire des lois ordinaires et non réfutées, ou d'admettre que quelques problèmes tout à fait ordinaires de la mécanique quantique, tels que le problème de la diffusion, n'ont pas de solution (J. M. Cook, *Journ. Math. Phys.*, vol. 36, 1957). Ainsi la théorie devient un véritable monstre de rigueur et de précision, tandis que sa relation avec l'expérience est plus obscure que jamais. Il est intéressant de voir que des développements similaires se trouvent aussi dans la « pensée primitive ». « Le trait le plus frappant de l'art de deviner dans le sable par les Nupe, écrit S. F. Nader dans *Nupe Religion*, 1954, p. 63, est le contraste entre son cadre théorique prétentieux, et son application peu soignée. » On n'a pas besoin d'une science pour créer des cauchemars neumanniens.

1. Les difficultés qualitatives, ou « poches de résistance » (saint Augustin, *Contra Julianum*, V, xiv, 51 — Migne, vol. 44), furent utilisées par les Pères de l'Église pour neutraliser les objections que la science de leur époque opposait à certaines parties de la foi chrétienne, telles que la résurrection du Christ (que Porphyre considéra comme incompatible avec la physique).

Selon Hume, on ne peut pas faire dériver les théories des faits. Exiger de n'admettre que ces théories-là seulement que l'on tire des faits, c'est nous laisser sans théorie aucune. Donc, la science telle que nous la connaissons ne peut exister que si nous laissons tomber cette exigence, et révisons notre méthodologie.

D'après nos résultats actuels, presque aucune théorie n'est compatible avec les faits. Exiger de n'admettre que les théories compatibles avec les faits disponibles communément acceptés, cela nous laisse à nouveau sans aucune théorie (j'insiste, sans aucune théorie, car il n'y a pas une seule théorie qui ne soit en difficulté d'une manière ou d'une autre). Par conséquent, une science, telle que nous en connaissons, ne peut exister que si nous laissons tomber aussi cette exigence, et si nous révisons encore notre méthodologie, en admettant maintenant, en plus des hypothèses non validées, la contre-induction. La bonne méthode ne doit contenir aucune règle qui nous oblige à choisir entre des théories sur la base de la falsification; bien plutôt, ses règles doivent nous permettre de choisir entre des théories que nous avons déjà testées et qui sont réfutées.

Pour aller plus loin : non seulement les faits et les théories sont en constant désaccord, mais ils ne sont jamais aussi nettement séparés que nous voulons bien le croire. Les règles de méthodologie parlent de « théories », d'« observations » et de « résultats expérimentaux » comme s'il s'agissait d'objets précis, bien définis, dont les propriétés seraient faciles à évaluer et qui seraient compris de la même manière par tous les scientifiques. Or, le matériel qui est réellement à la disposition d'un scientifique : ses lois, ses résultats expérimentaux, ses techniques mathématiques, ses préjugés épistémologiques, son attitude envers les conséquences absurdes des théories qu'il accepte, est indéterminé de bien des manières, ambigu, et jamais complètement séparé du contexte historique. Ce matériel est toujours vicié par des principes qu'il ne connaît pas et qu'il pourrait très difficilement tester, s'il les connaissait. Des idées contestables sur le savoir, comme l'idée que nos sens, dans les circonstances normales, fournissent des informations solides sur le monde, de telles idées peuvent envahir le langage même de l'observation et engendrer certains termes d'observation, aussi bien que la dis-

inction entre l'apparence réelle et l'apparence illusoire. Il en résulte que les langages d'observation peuvent se trouver prisonniers de formes de spéculation plus anciennes qui affectent, de cette manière détournée, toute méthodologie, même la plus progressiste. (C'est ainsi que le cadre d'un espace-temps absolu de la physique classique fut codifié et consacré par Kant.) L'impression sensorielle; aussi simple soit-elle, contient toujours une composante qui exprime la réaction physiologique de l'organisme qui perçoit, sans avoir de corrélat objectif. Cette composante « subjective » se mélange souvent avec le reste et forme un tout non structuré, qui doit ensuite être séparé de l'extérieur grâce à des procédés déjà contre-inductifs. (Nous citerons pour exemple l'apparence d'une étoile fixe vue à l'œil nu, qui contient les effets subjectifs de l'irradiation, la diffraction, et la diffusion; effets réduits par l'inhibition latérale d'éléments adjacents à la rétine.) Finalement, il y a nécessité de prémisses auxiliaires, pour obtenir des conclusions testables, et ces prémisses forment parfois de véritables sciences auxiliaires.

Considérons le cas de l'hypothèse de Copernic, dont l'invention, la justification et la défense partielle sont contraires à presque toutes les règles méthodologiques auxquelles on peut penser aujourd'hui. Ici, les sciences auxiliaires comportaient des lois décrivant les propriétés et les influences de l'atmosphère terrestre (météorologie); des lois d'optique, relatives à la structure de l'œil et des télescopes, et au comportement de la lumière; des lois dynamiques décrivant le mouvement dans les systèmes mobiles. Plus important cependant : les sciences auxiliaires contenaient une théorie de la connaissance qui postulait une certaine relation simple entre les perceptions et les objets physiques. Ces diverses disciplines auxiliaires n'étaient pas toutes accessibles sous une forme explicite. Nombre d'entre elles se diluaient dans le langage d'observation, et aboutissaient à la situation décrite au début du précédent paragraphe.

La prise en compte de tous ces éléments : termes d'observation, noyau des facultés sensorielles, sciences auxiliaires, spéculations à l'arrière-plan, suggère qu'une théorie peut être incompatible avec l'évidence empirique non parce qu'elle (la théorie) est incorrecte, mais parce que c'est l'évidence même qui est viciée.

La théorie est alors menacée, soit parce que l'évidence contient des sensations non analysées qui ne correspondent que partiellement à des processus extérieurs, soit parce qu'elle est présentée dans les termes de conceptions archaïques, ou parce qu'elle est évaluée à l'aide de critères auxiliaires arriérés. La théorie copernicienne, quant à elle, s'est trouvée en difficulté pour toutes ces raisons.

C'est ce caractère historico-physiologique de l'évidence, le fait qu'elle ne décrit pas seulement un état objectif des faits, mais qu'elle exprime aussi des conceptions subjectives, mythiques ou oubliées depuis longtemps concernant cet état de faits, qui nous force à regarder la méthodologie d'un œil nouveau. Il serait donc extrêmement imprudent de laisser l'évidence juger nos théories directement et d'emblée. Un jugement direct et abrupt des théories par les « faits » élimine forcément des idées pour la seule raison qu'elles n'ont pas leur place dans le cadre de quelque cosmologie plus ancienne. Tenir pour acquis les résultats expérimentaux et les observations, et charger la théorie du poids de la preuve, cela signifie que l'on tient pour acquis l'idéologie des observations sans l'avoir jamais examinée (notons que les résultats expérimentaux sont censés avoir été obtenus avec les plus grandes précautions possible; par conséquent, « tenir pour acquis les observations, etc. » signifie « les tenir pour acquis après l'examen le plus sérieux de leur solidité » : car même l'examen le plus sérieux d'une proposition empirique est supposé ne pas interférer avec les concepts dans lesquels elle est exprimée, ou avec la structure de l'image sensorielle). Or, comment pourrions-nous examiner quelque chose que nous utilisons sans arrêt et qui est présupposé dans chaque proposition? Comment pourrions-nous critiquer les termes dans lesquels nous exprimons habituellement nos observations?

Le premier pas dans notre critique des concepts couramment utilisés est de créer une mesure de la critique, quelque chose qui nous permette de comparer les concepts. Naturellement, plus tard, nous voudrions en savoir un peu plus sur cette unité de mesure elle-même. Par exemple, nous voudrions savoir si elle est meilleure, ou pas, que le matériel examiné. Mais pour que cet examen commence, il faut d'abord se donner une telle unité de

mesure. C'est pourquoi notre première démarche dans la critique des concepts habituels et des réactions habituelles consiste à sortir du cercle : et, soit à inventer un nouveau système conceptuel, par exemple une nouvelle théorie qui se heurte aux résultats d'observations les plus sérieusement établis, et confonde les principes théoriques les plus plausibles; soit à importer un tel système de la science du dehors, de la religion, de la mythologie, des idées d'ignorants¹ ou des divagations de fous. Cette démarche est, encore une fois, contre-inductive. La contre-induction est ainsi à la fois un *fait* — la science ne pourrait exister sans elle — et un *coup*, légitime et très nécessaire, dans le jeu de la science.

1. Il est intéressant de voir que Philolaos, qui négligea l'évidence apportée par les sens et mit la Terre en mouvement, était un « confusionniste sans mathématique. Ce fut un confusionniste qui trouva le courage manquant à tant de grands observateurs, et à des scientifiques versés dans les mathématiques, de négliger l'évidence immédiate donnée par les sens, pour pouvoir rester en accord avec les principes en lesquels il croyait fermement », K. von Fritz, *Grundprobleme der Geschichte der antiken Wissenschaft*, Berlin-New York, 1971, p. 165. « Il n'est donc pas surprenant que le pas suivant dans cette même voie fut fait par un homme dont les écrits, pour autant que nous les connaissons, attestent son talent d'écrivain et de vulgarisateur, ayant par moments des idées intéressantes et personnelles, plutôt que comme un penseur profond et un bon scientifique », *op. cit.*, p. 184. Les confusionnistes et les intellectuels superficiels *avancent* tandis que les « grands » penseurs *s'enfoncent* dans les obscures régions du *statu quo*; en d'autres termes, ils s'embourbent.

6

Pour illustrer cette tentative, j'examine l'argument de la tour, utilisé par les disciples d'Aristote pour réfuter le mouvement de la Terre. La discussion comprend des interprétations naturelles, c'est-à-dire des idées si étroitement liées aux observations qu'il faut faire un effort spécial pour en prendre conscience et pour en déterminer le contenu. Galilée identifie les interprétations naturelles incompatibles avec Copernic et les remplace par d'autres.

« Mais il me semble qu'il [Galilée] manque beaucoup en ce qu'il fait continuellement des digressions et ne s'arête point à expliquer tout à fait une matière; ce qui montre qu'il ne les a point examinées par ordre, [...], sans avoir considéré [...] les premières causes [...]; et ainsi qu'il a basti sans fondement. »

Descartes

« Je suis [en effet] peu enclin à comprimer les doctrines philosophiques dans un espace des plus étroits et à adopter cette manière raide, précise et sans grâce, cette manière dénuée de tout ornement que les géomètres purs revendiquent comme la leur en propre, ne prononçant pas un seul mot qui ne leur aurait été donné par une nécessité stricte [...]. Je ne considère pas qu'il y a faute à parler de choses nombreuses et variées, même dans ces traités qui n'ont qu'un sujet particulier [...] car je crois que ce qui donne grandeur, noblesse et excellence à nos actions et inventions ne repose pas dans ce qui est nécessaire — bien que son absence serait une grande erreur — mais dans ce qui n'est pas [...]. »

Galilée

« Mais lorsque le public s' imagine que de subtils sophistes ne tendent à rien moins qu'à ébranler les fondements du bien général, il ne paraît pas seulement prudent, mais encore permis et parfaitement honorable