

- « Comme tout se peut expliquer dans la Géométrie par le calcul des nombres et aussi par l'analyse de la situation, mais que certains problèmes sont plus aisément résolus par l'une de ces voyes, et d'autres par l'autre, de même je trouve qu'il en est ainsi des phénomènes. Tout se peut expliquer par les efficientes et par les finales ; mais ce qui touche les [hommes] [esprits] [âmes raisonnables] substances raisonnables s'explique plus naturellement par la considération des fins, comme ce qui regarde les [corps] autres substances s'explique mieux par les efficientes » (Leibniz, OFI, p. 329).

ment sont purement arbitraires. En quoy ils ont raison s'ils prennent arbitraire pour ce qui vient du choix, et qui n'est pas d'une necessité Geometrique, mais il ne faut pas étendre cette notion jusqu'à croire que ces loix sont tout à fait indifferentes, puisqu'on peut monst^rer, qu'elles ont leur origine dans la sagesse de l'auteur, ou dans le principe de la plus grande perfection, qui les a fait choisir.]

Cette consideration nous fournit le veritable milieu, dont on a besoin pour satisfaire à la verité aussi bien qu'à la pieté. L'on sçait que s'il y a eu des Philosophes habiles qui n'ont reconnu dans l'univers que ce qui est materiel, il y a en échange des Theologiens sçavans et zelés, qui choqués de la philosophie corpusculaire et non contents d'en reprimer les abus, ont cru estre obligés à soutenir, qu'il y a des phenomenes dans la nature, qu'on ne sçau^roit expliquer par les principes de mecanique, comme par exemple la lumiere, la pesanteur, la force Elastique; mais comme ils ne raisonnent pas en cela avec exactitude, et qu'il est aisé aux philosophes corpusculaires de leur repondre, ils font du tort à la religion en pensant luy rendre service; car ils confirment dans leur erreur ceux qui ne reconnoissent que des principes materiels. Ce veritable milieu qui doit satisfaire les uns et les autres est, que tous les phenomenes naturels se pourroient expliquer mecaniquement, si nous les entendions assez; mais que les principes mêmes de la Mecanique ne sçau^roient estre expliqués Geometriquement, puis qu'ils dependent des principes plus sublimes, qui marquent la sagesse de l'auteur dans l'ordre et dans la perfection de l'ouvrage.

Ce qui me paroist le plus beau dans cette consideration est que ce principe de la perfection au lieu de se borner seulement au general, descend aussi dans le particulier des choses et des phenomenes, et qu'il en est à peu pres comme dans la Methode de Formis Optimis, c'est à dire maximum aut minimum praestantibus, que nous avons introduite dans la Geometrie au delà de l'ancienne methode de maximis et minimis quantitibus. Car ce meilleur de ces formes ou figures ne s'y trouve pas seulement dans le tout, mais encor dans chaque partie, et même il ne seroit pas d'assez dans le tout sans cela. Par exemple si dans la ligne de la plus courte descente entre deux points donnés, nous prenons deux autres points à discretion, la portion de cette ligne interceptée entre eux est encor necessairement la ligne de la plus courte descente à leur egard. C'est ainsi que les moindres parties de l'univers sont réglées

Er ist von Voltaire scharf kritisiert worden in seiner „Histoire du docteur Akakia“, welche bekanntlich den Bruch zwischen Friedrich und Voltaire herbeigeführt hat.

Mauvertuis' Prinzip wäre wohl bald wieder vom Schauplatz verschwunden, allein Euler benutzte die Anregung. Er ließ als wahrhaft bedeutender Mensch dem Prinzip den Namen, Mauvertuis den Ruhm der Erfindung und machte ein neues wirklich brauchbares Prinzip daraus. Was Mauvertuis meinte, läßt sich schwer ganz klar machen. Was Euler meint, kann man an einfachen Beispielen leicht zeigen. Wenn ein Körper gezwungen ist, auf einer festen Fläche, z. B. der Erdoberfläche, zu bleiben, so bewegt er sich auf einen Anstoß hin so, daß er zwischen seiner Anfangs- und Endlage den kürzesten Weg nimmt. Jeder andere Weg, den man ihm vorschreibe, würde länger sein und mehr Zeit erfordern. Das Prinzip findet Anwendung in der Theorie der Luft- und Wasserströmungen auf der Erdoberfläche. Den theologischen Standpunkt hat Euler beibehalten. Er spricht sich dahin aus, daß man nicht allein aus den physikalischen Ursachen, sondern auch aus dem Zweck die Erscheinungen erklären könne. „Da nämlich die Einrichtung der ganzen Welt die vorzüglichste ist, und da sie von dem weisesten Schöpfer her stammt, wird nichts in der Welt angetroffen, woraus nicht irgendeine Maximum- oder Minimumeigenschaft hervorleuchtet; deshalb kann kein Zweifel bestehen, daß alle Wirkungen in der Welt ebensowohl durch die Methode der Maxima und Minima aus den Zwecken wie aus den wirkenden Ursachen selbst abgeleitet werden können.“¹

5. Auch die Vorstellungen von der Unveränderlichkeit der Menge der Materie, von der Unveränderlichkeit der Summe der Bewegung, von der Unzerstörbarkeit der Arbeit oder Energie, welche die ganze heutige Naturwissenschaft beherrschen, sind unter dem Einflusse theologischer Ideen herangewachsen. Sie sind angeregt durch einen schon erwähnten Ausspruch von

¹ Quum enim mundi universi fabrica sit perfectissima, atque a creatore sapientissimo absoluta, nihil omnino in mundo contingit, in quo non maximi minimive ratio quaedam eluceat; quam ob rem dubium prorsus est nullum, quin omnes mundi effectus ex causis finalibus, ope methodi maximorum et minimorum, aequè feliciter determinari queant, atque ex ipsis causis efficientibus. (Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Lausannae 1744.)

Descartes in den Prinzipien der Philosophie, nach welchen die zu Anfang erschaffene Menge der Materie und Quantität der Bewegung unverändert bleibt, wie dies allein mit der Beständigkeit des Schöpfers der Welt verträglich sei. Die Vorstellung von der Art, wie die Summe der Bewegung zu rechnen sei, hat sich von Descartes auf Leibniz und später bei den Nachfolgern sehr bedeutend modifiziert, und es ist nach und nach das entstanden, was man heute „Gesetz der Erhaltung der Energie“ nennt. Der theologische Hintergrund hat sich aber nur sehr allmählich verloren. Ja es läßt sich nicht leugnen, daß auch heute noch manche Naturforscher mit dem Gesetz der Erhaltung der Energie eine eigene Mystik treiben.

Durch das ganze 16. und 17. Jahrhundert bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts war man geneigt, überall in den physikalischen Gesetzen eine besondere Anordnung des Schöpfers zu sehen. Dem aufmerksamen Beobachter kann aber eine allmähliche Umbildung der Ansichten nicht entgehen. Während bei Descartes und Leibniz Physik und Theologie noch vielfach vermengt sind, zeigt sich später ein deutliches Streben, zwar nicht das Theologische ganz zu beseitigen, aber dasselbe von dem Physikalischen zu sondern. Es wird das Theologische an den Anfang oder das Ende einer physikalischen Untersuchung verlegt. Es wird das Theologische womöglich auf die Schöpfung konzentriert, um von da an für die Physik Raum zu gewinnen.

Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts trat nun eine Wendung ein, welche äußerlich auffällt, welche wie ein plötzlich getaner Schritt aussieht, die aber im Grunde nur eine notwendige Konsequenz des angedeuteten Entwicklungsganges ist. Nachdem Lagrange in einer Jugendarbeit versucht hatte, die ganze Mechanik auf das Eulersche Prinzip der kleinsten Wirkung zu gründen, erklärt er bei einer Neubearbeitung desselben Gegenstandes, er wolle von allen theologischen und metaphysischen Spekulationen als sehr prekären, und nicht in die Wissenschaft gehörigen, gänzlich absehen. Er führt einen Neubau der Mechanik auf andern Grundlagen aus, und kein Sachverständiger kann dessen Vorzüge verkennen. Alle spätern bedeutenden Naturforscher haben sich der Auffassung von Lagrange angeschlossen, und damit war im wesentlichen die heutige Stellung der Physik zur Theologie gegeben.

- « Le principe de Maupertuis aurait sans doute bientôt disparu de la scène, seulement Euler a utilisé l'incitation. L'homme vraiment important qu'il était a laissé au principe son nom, à Maupertuis la réputation de la l'invention, et a fait à partir de cela un nouveau principe réellement utilisable. Ce que Maupertuis avait en tête est difficile à expliquer tout à fait clairement. Ce qu'Euler veut dire, on peut le montrer facilement sur des exemples simples. Si un corps est contraint de rester sur une surface fixe, par exemple la surface de la terre, alors il se meut à la suite d'une impulsion d'une manière telle qu'il emprunte le chemin le plus court entre sa position initiale et sa position finale. Tout autre chemin que l'on lui prescrirait serait plus long et prendrait plus de temps. Le principe trouve une application dans la théorie des courants d'air et d'eau à la surface de la terre. Euler a conservé le point de vue théologique. Il s'exprime d'une façon qui signifie que l'on peut expliquer les phénomènes non pas seulement à partir des *causes*, mais également à partir de la *fin*. "Car, étant donné, que la facture du monde tout entier est la plus parfaite qui soit et qu'elle a été exécutée par le créateur le plus sage, il n'arrive absolument rien dans le monde, dans lequel ne se manifeste pas un certain procédé de maximum ou de minimum ; c'est pourquoi on ne peut pas douter que tous les effets du monde puissent être déduits aussi facilement des causes finales, au moyen de la méthode des maxima et des minima, que des causes efficientes elles-mêmes" (Leonard Euler, *Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes*, Lausanne, 1744) » (Ernst Mach, *Die Entwicklung der Mechanik historisch-kritisch dargestellt*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1988, p. 436).

- « Pendant tout le 16^{ème} et le 17^{ème} siècle jusque vers la fin du 18^{ème} siècle on était enclin à voir partout dans les lois physiques une disposition particulière du créateur. Mais une transformation progressive des conceptions ne peut pas échapper au regard de l'observateur attentif. Alors que chez Descartes et Leibniz la physique et la théologie sont encore mélangées de bien des façons, on voit se manifester par la suite un effort net non certes pour éliminer l'élément théologique, mais pour le dissocier de l'élément physique. L'aspect théologique est relégué au début ou à la fin d'une recherche physique. L'aspect théologique est concentré autant que possible sur la création, afin de gagner à partir de là de l'espace pour la physique.
- Vers la fin du 18^{ème} siècle il s'est produit une inflexion qui saute aux yeux extérieurement, qui a l'air de constituer une étape franchie d'un seul coup, mais qui au fond n'est qu'une conséquence nécessaire de l'évolution indiquée. Après que Lagrange a essayé dans un travail de jeunesse de fonder toute la mécanique sur le principe de moindre action d'Euler, il explique dans une réélaboration du même objet qu'il veut faire abstraction de toutes les spéculations théologiques et métaphysiques comme étant des choses très précaires et qui n'ont pas leur place dans les sciences. Il effectue une reconstruction de la mécanique sur d'autres fondements, et aucun lecteur compétent ne peut méconnaître ses avantages. Tous les scientifiques importants qui ont suivi se sont ralliés à la conception de Lagrange, et cela a déterminé pour l'essentiel la position actuelle de la physique par rapport à la théologie.

6. Fast drei Jahrhunderte waren also nötig, bis die Ansicht, daß Theologie und Naturwissenschaft zwei verschiedene Dinge seien, von ihrem ersten Aufkeimen bei Kopernikus bis Lagrange sich zur vollen Klarheit entwickelt hat. Dabei ist nicht zu verkennen, daß den größten Geistern, wie Newton, diese Wahrheit immer klar war. Nie hat Newton trotz seiner tiefen Religiosität die Theologie in naturwissenschaftliche Fragen eingemengt. Zwar schließt auch er seine „Optik“, während noch auf den letzten Seiten der helle klare Geist leuchtet, mit dem Ausdruck der Zerknirschung über die Nichtigkeit alles Irdischen. Allein seine optischen Untersuchungen selbst enthalten im Gegensatz zu jenen Leibnizens nicht die Spur von Theologie. Ähnliches kann man von Galilei und Huygens sagen. Ihre Schriften entsprechen fast vollständig dem Standpunkt von Lagrange und können in dieser Richtung als klassisch gelten. Die Anschauung und Stimmung einer Zeit darf aber nicht nach den Spitzen, sondern muß nach dem Mittel gemessen werden.

Um den geschilderten Vorgang einigermaßen zu begreifen, haben wir folgendes zu überlegen. Es ist selbstverständlich, daß auf einer Kulturstufe, auf welcher die Religion fast die einzige Bildung, also auch die einzige Weltanschauung ist, notwendig die Meinung besteht, daß alles theologisch zu betrachten sei und daß diese Betrachtungsweise auch überall ausreichen müsse. Versetzen wir uns in die Zeit, da man mit der Faust die Orgel schlug, da man das Einmaleins schriftlich vor sich haben mußte, wenn man rechnen wollte, da man so manches mit der Faust verrichtete, was man heute mit dem Kopfe tut, so werden wir von einer solchen Zeit nicht verlangen, daß sie gegen ihre eigenen Ansichten kritisch zu Werke gehe. Mit der Erweiterung des Gesichtskreises durch die großen geographischen, technischen und naturwissenschaftlichen Entdeckungen und Erfindungen des 15. und 16. Jahrhunderts, mit der Aufindung von Gebieten, auf welchen mit dieser Anschauung nicht auszukommen war, weil dieselbe vor Kenntnis dieser Gebiete sich gebildet hatte, weicht allmählich und langsam dieses Vorurteil. Schwerverständlich bleibt immer die große Freiheit des Denkens, die im frühen Mittelalter vereinzelt, zuerst bei Dichtern, dann bei Forschern auftritt. Die Aufklärung muß damals das Werk einzelner ganz ungewöhnlicher Menschen gewesen sein und nur an

ganz dünnen Fäden mit den Anschauungen des Volkes zusammengehangen haben, mehr geeignet, an diesen Anschauungen zerren und sie zu beunruhigen, als dieselben umzugestalten. in der Literatur des 18. Jahrhunderts scheint die Aufklärung einen breiteren Boden zu gewinnen. Humanistische, philosophische historische und Naturwissenschaften berühren sich da und mutigen sich gegenseitig zu freierm Denken. Jeder, der die Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslänglich ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert.

7. Der alte Standpunkt ist also aufgegeben. Nur an der Form der Sätze der Mechanik erkennt man noch deren Schicht. Diese Form bleibt auch so lange befremdlich, man ihren Ursprung nicht berücksichtigt. Die theologische Auffassung wich nach und nach einer sehr nüchternen, welche mit einem bedeutenden Gewinn an Aufklärung verbunden wie wir dies in Kürze andeuten wollen.

Wenn wir sagen, das Licht bewege sich auf einem Wege kürzester Zeit, so können wir dadurch manches überschauen. Wir wissen aber noch nicht, warum das Licht die Wege kürzester Zeit vorzieht. Mit der Annahme der Weisheit des Schöpfers verzichten wir auf weitere Einsicht. Wir wissen nicht, daß sich das Licht auf allen Wegen bewegt, daß aber nur auf den Wegen kürzester Zeit die Lichtwellen sich so verhalten, daß ein merkliches Resultat zustande kommt. Das Licht scheint sich also nur auf Wegen kürzester Zeit zu bewegen. Nach Aufhebung des Vorurteils fand man alsbald Fälle, in welchen nach der vermeintlichen Sparsamkeit der Natur die auffallendste Verschwendung auftritt. Solche hat z. B. Jacobi in bezug auf Eulersche Prinzip der kleinsten Wirkung nachgewiesen. Manche Naturerscheinungen machen also bloß deshalb den Eindruck der Sparsamkeit, weil sie nur dann sichtbar hervortreten, wenn zufällig ein Zusammensparen der Effekte stattfindet. Die derselbe Gedanke im Gebiete des Unorganischen, welchen Da Vinci im Gebiete der organischen Natur ausgeführt hat. Wir erleichtern uns instinktiv die Auffassung der Natur, indem wir die uns geläufigen ökonomischen Vorstellungen auf die Natur übertragen.

Zuweilen zeigen die Naturvorgänge darum eine Maximierung

- Près de trois siècles ont donc été nécessaires pour que la conception selon laquelle la théologie et la science naturelle sont deux choses différentes se développe jusqu'à une clarté complète depuis son apparition chez Copernic jusqu'à Lagrange. Dans cette affaire, il ne faut pas méconnaître que pour les grands esprits comme Newton cette vérité a toujours été claire. Jamais Newton, en dépit de sa religiosité profonde, n'a impliqué la théologie dans les questions de science naturelle. Il est vrai qu'il, conclut aussi son "Optique", alors que dans les dernières pages encore brille la luminosité de l'esprit clair, par l'expression de la contrition portant sur le néant de toutes les choses terrestres. Seulement ses recherches optiques *elles-mêmes* ne contiennent, à la différence de celles de Leibniz, aucune trace de théologie. On peut dire la même chose de Galilée et Huyghens. Leurs écrits correspondent presque complètement au point de vue de Lagrange et peuvent être considérés dans cette orientation comme classiques. Mais la façon de voir et l'état d'esprit d'une époque ne peuvent pas être mesurés d'après les extrêmes, ils doivent l'être d'après le milieu » (Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1988, p. 437-438).

- « Dans l'hypothèse de formes substantielles, la prédication substantielle déterminant l'identité numérique, l'accident ne consistera que dans le rapport de compossibilité avec les autres individus de l'individu défini comme possible par la forme. La finalité qui résultera de cette vision globale des choses soumettra donc le tout de la création choisie par Dieu à un principe de maximum de perfection parmi les mondes intrinsèquement possibles. Les fins, au lieu de distinguer les dispositions individuelles réussies au sein de la réalité, s'identifieront à la réalité même. Sous sa forme la plus générale, le principe de finalité énonce alors que la différence entre l'acte et la puissance est toujours un minimum. Car c'est à cette seule condition que les êtres imparfaits et qui contiennent quelque puissance du fait qu'ils appartiennent à un tout qui les dépasse réduiront cette puissance autant qu'ils le peuvent. En d'autres termes, ils obéiront aux lois extrémales du calcul des variations. Mais le principe du mouvement (principe d'Hamilton) que ce calcul énonce permet de retrouver le principe causal du mouvement (loi de Newton). Loin que la finalité ainsi entendue s'oppose à la causalité déterministe, elle ne fait qu'exprimer en termes intégraux ce que celle-ci exprime en termes locaux. A la validité des universelles de l'accident fondée sur leur caractère stationnaire, on a reproché le revêtement théologique qu'on leur donne quand on les habille dans le langage de la finalité [cf. Mach]. Ces reproches, cependant, perdent leur apparence, dès qu'on oppose clairement cette finalité à celle dont on anime les efforts incertains des formes naturelles aux prises avec la matière pour lui assigner le seul rôle de détermination intégrale. Le départ fait entre Pangloss et le docteur Akakia, les lois extrémales retrouvent leur signification, qui consiste à ramener toujours les recherches à la considération du tout » (Jules Vuillemin, *Nécessité ou contingence*, p. 317-320).

oder Minimumeigenschaft, weil in diesem Falle des Größten oder Kleinsten die Ursachen weiterer Veränderung wegfallen. Die Kettenlinie weist den tiefsten Schwerpunkt auf, weil nur bei dem tiefsten Schwerpunkt kein weiterer Fall der Kettenglieder mehr möglich ist. Die Flüssigkeiten unter dem Einfluß der Molekularkräfte bieten ein Minimum der Oberfläche dar, weil stabiles Gleichgewicht nur bestehen kann, wenn die Molekularkräfte die Oberfläche nicht weiter verkleinern können. Das Wesentliche liegt also nicht im Maximum oder Minimum, sondern in dem Wegfall der Arbeit von diesem Zustande aus, welche Arbeit eben das Bestimmende der Veränderung ist. Es klingt also viel weniger erhaben, ist aber dafür viel aufklärender, ist zugleich richtiger und allgemeiner, wenn man, statt von dem Ersparungsbestreben der Natur zu sprechen, sagt: „Es geschieht immer nur so viel, als vermöge der Kräfte und Umstände geschehen kann.“

Man kann nun mit Recht die Frage aufwerfen: Wenn der theologische Standpunkt, welcher zur Aufstellung der mechanischen Sätze geführt hat, ein verfehlt war, wie kommt es, daß gleichwohl diese Sätze im wesentlichen richtig sind? Darauf läßt sich leicht antworten. Erstens hat die theologische Anschauung nicht den Inhalt der Sätze geliefert, sondern nur die Färbung des Ausdrucks bestimmt, während der Inhalt sich durch Beobachtung ergeben hat. Ähnlich würde eine andere herrschende Anschauung, z. B. eine merkantile, gewirkt haben, die mutmaßlich auch auf Stevins Denkweise Einfluß geübt hat. Zweitens verdankt die theologische Auffassung der Natur selbst ihren Ursprung dem Streben, einen umfassendern Blick zu tun, also einem Streben, welches auch der Naturwissenschaft eigen ist und welches sich ganz wohl mit den Zielen derselben verträgt. Ist also auch die theologische Naturphilosophie als eine verunglückte Unternehmung, als ein Rückfall auf eine niedere Kulturstufe zu bezeichnen, so brauchen wir doch die gesunde Wurzel, aus welcher sie entsprossen ist, welche von jener der wahren Naturforschung nicht verschieden ist, nicht zu verwerfen.

In der Tat kann die Naturwissenschaft durch bloße Beachtung des Einzelnen nichts erreichen, wenn sie nicht zeitweilig auch den Blick ins Große richtet. Die Galileischen Fallgesetze, das Huygenssche Prinzip der lebendigen Kräfte, das Prinzip

der virtuellen Verschiebungen, selbst der Massenbegriff, konnten, wie wir uns erinnern, nur gewonnen werden, indem abwechselnd das Einzelne und das Ganze der Naturvorgänge betrachtet wurde. Man kann bei der Nachbildung der mechanischen Naturvorgänge in Gedanken von den Eigenschaften der einzelnen Massen (von den Elementargesetzen) ausgehen, und das Bild des Vorganges zusammensetzen. Man kann sich aber auch an die Eigenschaften des ganzen Systems (an die Integralgesetze) halten. Da aber die Eigenschaften einer Masse immer Beziehungen zu andern Massen enthalten, z. B. in der Geschwindigkeit und Beschleunigung schon eine Beziehung auf die Zeit, also auf die ganze Welt liegt, so erkennt man, daß es reine Elementargesetze eigentlich gar nicht gibt. Es wäre also inkonsequent, wenn man den doch unentbehrlichen Blick auf das Ganze, auf allgemeinere Eigenschaften, als weniger sicher ausschließen wollte. Wir werden nur, je allgemeiner ein neuer Satz und je größer dessen Tragweite ist, mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Irrtums, desto bessere Proben für denselben verlangen.

Die Vorstellung von dem Wirken eines Willens und einer Intelligenz in der Natur ist keineswegs durch den christlichen Monotheismus allein erzeugt. Dieselbe ist vielmehr dem Heidentum und dem Fetischismus vollkommen geläufig. Das Heidentum sucht den Willen und die Intelligenz nur im Einzelnen, während der Monotheismus den Ausdruck derselben im Ganzen vermutet. Einen reinen Monotheismus gibt es übrigens tatsächlich nicht. Der jüdische Monotheismus der Bibel ist von dem Glauben an Dämonen, Zauberer und Hexen durchaus nicht frei, der christliche Monotheismus des Mittelalters ist an solchen heidnischen Vorstellungen noch viel reicher. Von dem bestialischen Sport, den Kirche und Staat mit dem Hexenfoltern und Hexenverbrennen getrieben haben, und der wohl größtenteils nicht durch Gewinnsucht, sondern eben durch die erwähnten Vorstellungen bedingt war, wollen wir schweigen. Tylor hat in seiner lehrreichen Schrift „Über die Anfänge der Kultur“ das Zauberwesen, den Aberglauben und Wunderglauben, der sich bei allen wilden Völkern findet, studiert und mit den Meinungen des Mittelalters über Hexerei verglichen. Die Ähnlichkeit ist in der Tat auffallend. Und was im 16. und 17. Jahrhundert in Europa so häufig war, das Hexenverbrennen, das wird heute

- „On peut soulever avec raison la question : si le point de vue théologique, qui a conduit à l'énonciation des principes de la mécanique, était un point de vue erroné, comment se fait-il que ces principes soient néanmoins pour l'essentiel corrects ? On peut répondre aisément à cela. Premièrement, la vision théologique n'a pas fourni le *contenu* des principes, mais seulement déterminé la *coloration* de l'expression, alors que le contenu a été obtenu par l'observation. C'est de la même façon qu'aurait agi une autre vision dominante, par exemple une vision mercantile qui a probablement exercé aussi une influence sur le mode de pensée de Stevin. Deuxièmement, la conception théologique de la nature elle-même doit son origine au désir d'adopter un point de vue plus englobant, donc à un désir qui est également propre à la science naturelle et qui se concilie tout à fait bien avec les buts de celle-ci. Si par conséquent la philosophie de la nature théologique doit être caractérisée comme une entreprise malheureuse, comme une retombée à un niveau culturel inférieur, nous n'avons tout de même pas besoin de rejeter la racine saine dont elle est sortie, qui n'est pas différente de celle de la vraie science naturelle.

- Effectivement, la science de la nature ne peut parvenir à rien par la seule considération du détail si elle ne dirige pas aussi de temps à autre son regard vers les grands ensembles. Les lois de la chute des corps galiléennes, le principe des forces vives de Huyghens, le principe des déplacements virtuels, le concept de masse lui-même n'ont, comme nous nous en souvenons, pu être obtenus que grâce à une façon de considérer les choses alternant entre le détail et le tout des processus naturels. On peut, lors de la reproduction des processus naturels mécaniques dans les pensées partir des masses individuelles (des lois élémentaires), et composer l'image du processus. Mais on peut également s'en tenir aux propriétés du système tout entier (aux lois intégrales) . Mais étant donné que les propriétés d'une masse contiennent toujours des relations à d'autres masses, que par exemple dans la vitesse et l'accélération réside déjà une relation au temps, donc au monde tout entier, on reconnaît qu'il n'y a à proprement parler pas du tout de lois élémentaires pures. Il serait donc inconséquent de vouloir exclure comme moins sûr le regard pourtant indispensable sur le tout, sur des propriétés plus universelles. Nous exigerons seulement, plus un principe nouveau est universel et plus sa portée est grande, compte tenu de la possibilité de l'erreur, des preuves d'autant meilleures pour lui » (Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, p. 440-441).

59. C'est là le propre titre d'un paragraphe de Mach (*Ibid.*, p. 461). Deux remarques sont cependant nécessaires ici.

1) Si les lois de Newton sont des lois objectives de la nature (et n'expriment pas seulement, comme le pense Mach, une "économie de pensée"), il en va de même pour les lois stationnaires qui leur correspondent. On ne saurait, en tous cas, lorsqu'on a réduit la finalité à l'intégralité des conditions, comme le fait Leibniz, opposer une finalité simplement régulatrice à la causalité constitutive de la nature. Elles ont même statut objectif.

2) Les lois intégrales disent plus que les lois différentielles. Par exemple, la loi de réfraction de Descartes-Snellius : $\sin i = n \sin r$ (n = indice de réfraction) est, à elle seule, impuissante à déduire l'indice de réfraction n_{ij} entre deux media (par exemple eau par rapport à verre) i et j à partir des indices de réfraction connus n_j (eau par rapport à air) et n_i (verre par rapport à air). Cette déduction résulte directement du principe stationnaire du temps minimum de Fermat :

$$n_{ij} = \frac{v_i}{v_j} = \frac{n_j}{n_i}$$

(Feynman, Leighton, Sands, I, 26-4 : pour déduire cette relation de la loi de Descartes-Snellius, il faudrait supposer qu'en ajoutant une lamelle de substance à la surface d'une autre on ne change pas l'angle éventuel de réfraction dans le dernier matériau).

ständige Beschreibung der Naturvorgänge zwar nicht gerade notwendig, aber doch vielleicht bequem zu handhaben und anschaulich zu deuten sind. Ich erinnere daran, daß man in der mathematischen Physik, nur um die Symmetrie der Gleichungen aufrechtzuerhalten, oft darauf verzichtet, die zu berechnenden Größen auf die unabhängigen Variablen selber zu reduzieren und lieber eine oder mehrere überflüssige Variable in den Rechnungen mitführt, lediglich um den rein formalen, aber höchst praktischen Vorteil auszunutzen, den die Erhaltung der Symmetrie gewährt.

Die moderne Physik hat seit *Galilei* ihre größten Erfolge in der bewußten Abkehr von jeglicher teleologischen Betrachtungsweise errungen, sie verhält sich daher auch heute mit Recht ausgesprochen ablehnend gegen alle Versuche, das Kausalitätsgesetz mit teleologischen Gesichtspunkten zu verquicken. Aber wenn für die Formulierung der Gesetze der Mechanik die Einführung endlicher Zeitintervalle unnötig ist, so wird man dennoch die Integralprinzipien deshalb nicht gleich von vornherein verwerfen dürfen. Die Frage nach ihrer Berechtigung hat mit Teleologie gar nichts zu tun, sie ist vielmehr eine rein praktische und läuft darauf hinaus, ob die Formulierung der Naturgesetze, wie sie die Integralprinzipien gewähren, für die Zwecke der theoretischen Physik mehr leistet als andere Formulierungen, und diese Frage muß von dem heutigen Standpunkt der Forschung aus bejaht werden, schon wegen der bereits erwähnten Unabhängigkeit von der speziellen Wahl der Punktkoordinaten. Das volle Verständnis nicht nur für die praktische Bedeutung, sondern sogar für die Notwendigkeit der Einführung endlicher Zeitintervalle in die Grundprinzipien der Mechanik wird freilich erst, wie wir später sehen werden, durch das moderne Prinzip der Relativität vermittelt.

In der bisher besprochenen Formulierung des Prinzips der kleinsten Wirkung war noch keine Rücksicht genommen auf die den virtuellen Bewegungen vorzuschreibenden Bedingungen, und doch sind diese von genau derselben Wichtigkeit wie die Aktionsgröße selbst, da je nach der Art der vorgeschriebenen Bedingungen der Inhalt des Prinzips einen ganz verschiedenen Sinn annimmt. Es kommt eben nicht allein auf das Merkmal an, nach welchem die Auswahl getroffen wird, sondern auch auf die Natur der Bewegungen, welche zur Auswahl gestellt werden. Freilich hat es lange gedauert,

- « La physique moderne a depuis Galilée obtenu ses plus grands succès en s'abstenant de toute espèce de considération téléologique, elle se comporte par conséquent encore aujourd'hui avec raison de façon négative à l'égard de toutes les tentatives faites pour amalgamer le principe de causalité avec des points de vue téléologiques. Mais si pour la formulation des lois de la mécanique l'introduction d'intervalles de temps finis n'est pas nécessaire, on ne pourra cependant pas rejeter pour autant a priori les principes intégraux. La question de leur justification n'a absolument rien à voir avec la téléologie, elle est plutôt une justification purement pratique et se ramène à la question de savoir si la formulation des lois de la nature, telle que la permettent les principes intégraux, fournit davantage que d'autres formulations, et c'est une question à laquelle on doit répondre positivement du point de vue de la recherche actuelle, ne serait-ce que déjà à cause de l'indépendance dont il a déjà été question par rapport au choix spécial des coordonnées ponctuelles. La compréhension complète non seulement de l'importance pratique, mais même de la nécessité de l'introduction d'intervalles de temps finis dans les principes fondamentaux de la mécanique ne nous est, il est vrai, comme nous le verrons plus loin, procurée que par le principe de relativité moderne » (Max Planck, « Das Prinzip der kleinsten Wirkung » (1915), in Max Planck, *Vom Wesen der Willensfreiheit und andere Vorträge*, mit einer Einleitung von Armin Hermann, Fischer Taschenbuch Verlag, 1991, p. 56)

- « En résumé, mise à part la lettre à Hermann dont l'authenticité est contestée, tous les textes de Leibniz, invoqués par les défenseurs de la priorité de Leibniz sur Maupertuis, concernant l'énoncé du principe de moindre action ne nous ont pas paru pouvoir donner crédit à une telle thèse. Le principe d'optique, énoncé par Leibniz en 1682, qui, au premier abord, prêterait le plus au rapprochement avec le principe de moindre action, ne peut s'accorder avec lui que "par un pur hasard", comme le disait Euler. D'ailleurs, bien que Leibniz affirme la proportionnalité de la vitesse de la lumière et de la résistance des milieux, il n'a songé aucunement à introduire la notion de vitesse dans l'énoncé de son principe. Quant aux traités où Leibniz fait une large place à la notion d'action comme l'*Essai de Dynamique* ou la *Dynamica de potentia et legibus naturae corporeae*, ils ne mettent en œuvre aucun principe variationnel. Enfin le *Tentamen Anagogicum*, en revenant à un principe de temps minimum, détruit toute possibilité d'assimilation du principe optique leibnizien au principe de moindre action » (Suzanne Bachelard, « Maupertuis et le principe de la moindre action », p. 30).

- « Fermat [...] conçut qu'il était possible de déterminer le trajet des rayons lumineux par un principe d'économie, à savoir que "la nature agit toujours par les voies les plus courtes" : le chemin que suit la lumière pour aller d'un point à un autre est tel qu'il soit parcouru en un *minimum de temps*. Au terme de sa démonstration, Fermat retrouvait la même loi de proportion que Descartes. Le principe de Fermat a prévalu et l'explication de Descartes ne conserve aucune valeur » (*ibid.*, p. 4).

- « L'intérêt du principe de Fermat pour l'épistémologue nous semble résider dans la situation suivante : Fermat n'a pas peur de proclamer les intentions téléologiques qui dirigeaient son principe dans une époque dominée par le mécanisme cartésien. Mais ce qui nous semble nouveau n'est pas que Fermat ait fait revivre un principe de finalité de la Nature déjà affirmé dans l'Antiquité, c'est le fait que le principe de Fermat est effectivement un principe sur lequel se fonde une explication *mathématique* des phénomènes de la nature » (*ibid.*, p. 4).

- « Le mouvement réel est un mouvement qui se distingue des mouvements fictifs : il est caractérisé par le fait que la variation de l'action au sens de Hamilton est nulle quand on passe de ce mouvement à des mouvements fictifs voisins. Cette "régularité remarquable" du mouvement réel se révèle quand des problèmes essentiellement *globaux* sont posés. C'est pourquoi nous pensons que, le finalisme métaphysique étant rejeté, il ne faut pas en conclure qu'il ne reste dans un principe comme celui de Hamilton qu'un simple langage finaliste. Le langage finaliste moderne traduit en vérité le sens *global* des problèmes étudiés » (*ibid.*, p. 7-8).

- « En réalité, reconnaître une téléologie du principe de la moindre action, dans un style scientifique et non métaphysique, c'est mettre au premier plan, comme nous venons de le dire, le point de vue global pour la détermination des fonctions. [...] La donnée de conditions initiales reste le moyen de détermination le plus usuel en mécanique. Mais le mathématicien moderne, à côté de ce point de vue local, donne une valeur en *eux-mêmes* aux problèmes globaux, où ce qui est donné, c'est, pourrions-nous dire brièvement, non plus les conditions de départ, mais une sorte de programme comportant le point d'arrivée. C'est pourquoi la téléologie du principe énoncé par Hamilton ou du principe de Maupertuis rectifié par Lagrange, prend tout son sens mathématique à l'époque moderne, une fois reconnue l'importance des problèmes globaux » (*ibid.*, p. 9-10).

- « On nie la majeure de cet argument [Quiconque ne peut manquer de choisir le meilleur n'est point libre] : c'est plutôt la vraie liberté, et la plus parfaite, de pouvoir user le mieux de son franc arbitre, et d'exercer toujours ce pouvoir sans en être détourné, ni par la force externe [liberté d'agir], ni par les passions internes [liberté de la volonté], dont l'une fait l'esclavage des corps, et les autres celui des âmes. Il n'y a rien de moins servile que d'être toujours mené au bien, et toujours par sa propre inclination, sans aucune contrainte, et sans aucun déplaisir » (*Théodicée*, Abrégé de la controverse réduite à des arguments en forme, Réponse à l'objection VIII, p. 371-372).
- « Cette nécessité est appelée morale, parce que chez le sage, *nécessaire* et *dû* sont des choses équivalentes ; et quand elle a toujours son effet, comme elle l'a véritablement dans le sage parfait, c'est-à-dire en Dieu, on peut dire que c'est une nécessité heureuse » (*ibid.*, p. 372).

« [...] Autant que nous avons des lumières et agissons suivant la raison, autant serons-nous déterminés par les perfections de nostre propre nature, et par conséquent nous serons d'autant plus libres que nous serons moins embarrassés du choix » (« Initia et Specimina Scientiae novae Generalis », *Phil. Schr.*, VII, p. 111).

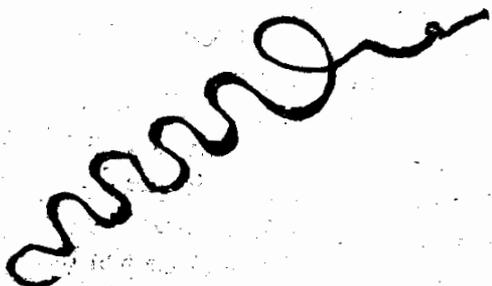
98 *Tristram Shandy.*

Caporal, en secouant la tête ; une fois qu'on y est, c'est pour toujours.

Cela est vrai, dit mon oncle, regardant tristement la maison de madame Wadman.

-- Rien n'est si terrible que d'être enfermé toute la vie, & rien de si doux que la liberté.

-- Rien, Caporal, dit mon oncle tristement pensif. -- Quand on est libre, s'écria Trim, en décrivant en l'air avec son bâton le trait suivant :



Tristram Shandy. 99

Un millier des plus subtils arguments de mon pere n'en auroit pas autant dit en faveur du célibat.

Mon oncle regarda avec intérêt sa maison & son boulingrin.

Le Caporal, avec sa verge, venoit d'évoquer imprudemment l'esprit de calcul & de réflexion ; & il n'avoit autre chose à faire que de l'exorciser avec son histoire. Il le fit ainsi.

CHAPITRE XXXVII.

COMME Tom étoit jeune & agile ; l'ambition de se pousser le gagna. Il arriva qu'un Juif, qui tenoit une boutique de charcuterie à Lisbonne, eut le malheur de mourir, & laissa sa veuve en possession d'un commerce fort étendu. Tom pensa qu'il n'y auroit aucun mal à lui proposer une société ; de sorte que, sans autre introduction auprès d'elle, que le prétexte d'acheter une livre de sa marchandise, il sortit.

Paul Valéry, *Analecta*, Gallimard, Paris, 1935, p. 301-302.

CXVI

*IMAGE DE
LA LIBERTÉ*

*Je ne sais plus où j'ai
représenté le « problème de la
liberté » par cette image :
qu'on se figure deux mondes
identiques. On remarque sur*

chacun d'eux un certain homme, le même agissant mèmement.

Tout à coup, l'un des deux agit autrement que l'autre.

Ils deviennent discernables.

Tel est le problème de la liberté.

J'ajoute aujourd'hui ceci : on peut représenter la nécessité par l'identité de deux systèmes.

Dire qu'une conséquence est nécessaire, c'est dire que

deux systèmes identiques en A. B. C. seront identiques en D.



- « Et étant donné que toute série ordonnée implique une règle de continuation ou une loi de progression, Dieu en examinant à fond n'importe quelle partie de la série voit par le fait en elle toutes les choses qui précèdent et toutes celles qui suivent. Et pourtant la liberté des esprits n'est pas supprimée par là » « De serie rerum, corporibus et substantiis, et de praedeterminatione » (mars 1690), A VI, 4, p. 1667-1668)