

Szumilewicz, Irena

Le problème de l'aliénation dans l'histoire de la physique

Organon 11, 79-96

1975

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Irena Szumilewicz (Pologne)

LE PROBLÈME DE L'ALIÉNATION DANS L'HISTOIRE DE LA PHYSIQUE

Le problème¹ de la relation entre le savant, considéré comme individu et membre de la société dans laquelle il lui est donné de vivre, la science considérée, elle même comme la force sociale, ne fit l'objet d'un intérêt particulier que depuis la fin de la seconde Guerre mondiale. Cependant, ce ne fut qu'un intérêt restreint, plutôt unilatéral. Ce qui suscita de vives discussions et de controverses, ce fut surtout la responsabilité morale du savant devant les conséquences sociales résultant de ses découvertes.

L'humanité s'est rendu compte de l'acuité au moment de l'explosion de la bombe atomique qui, tout en étant l'oeuvre d'une poignée de savants, sema la mort et l'infirmité parmi des centaines de milliers d'êtres humains en précipitant ainsi la fin de la Seconde Guerre mondiale.

Ce fut sur le fond de cette catastrophe et dans ce contexte particulier que l'humanité saisit toute l'importance de la relation entre le savant et son produit — la science; jusqu'e là, les discussions se concentraient principalement sur les questions d'éthique. Pourtant, le problème des conflits moraux du savant (dont nous n'allons par parler ici) n'est qu'un aspect d'une question beaucoup plus vaste : relation de savant comme l'individu à l'égard de la science comme institution sociale. C'est là un problème difficile et compliqué qui exige des études complexes dans le domaine de l'histoire, de la sociologie, de la psychologie et de la méthodologie des sciences.

Jusqu'à présent, l'aspect sociologique et psychologique du rapport entre le savant et la science était presque complètement passé sous silence. Les

¹ Nous formulons la loi de la gravitation universelle sous la forme: $F = k \cdot \left[\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \right]$ et la loi de Coulomb sous la forme: $F = K \cdot \left[\frac{e_1 \cdot e_2}{r^2} \right]$

directives du néo-positivisme jouèrent ici un rôle important : au risque de se voir reprocher le manque de caractère scientifique, elles proclamaient la séparation des recherches sur la méthodologie de la science et sur son histoire de la socio-psychologie de la découverte scientifique. Néanmoins, ces directives avaient aussi leur bons côtés : séparée du contexte sociologique et psychologique, la problématique logique et méthodologique gagnait sa clarté. Cette attitude a considérablement contribué à l'éclaircissement de toute une série de questions concernant la structure et les fonctions de la science.

La séparation d'histoire des sciences de la psychologie et de la sociologie rendait difficile, ou même empêchait de remarquer des questions importantes et appréciables pour la connaissance. On n'a pas encore résolu, entre autres, la question quelles étaient les possibilités et les limites de prévision des étapes successives du développement scientifique. De même, nous sommes fort mal renseignés sur ce qui est la solution d'un problème apparenté: le savant peut-il prévoir pleinement l'influence de sa propre découverte sur le cours ultérieur de la science?

Notre article est consacré à l'un des aspects du rapport entre le savant et la science: notre intérêt porte notamment sur la situation ou l'influence directe ou indirecte d'une découverte amène la science à évoluer dans un sens contraire à l'intention du savant qui en est l'auteur. Il s'agit donc des situations chargées de conflits auxquels je donnerai le nom, bien connu par ailleurs, d'«aliénation».

Par «aliénation» nous entendons dans ce contexte une situation où l'influence de l'idée d'un savant sur le développement de la science est en contradiction avec ses propres intentions et où elle provoque des résultats qu'il ne désirait ni n'attendait — résultats contraires aux intentions du savant. Par conséquent, il s'agit des cas où l'oeuvre d'un savant «lui échappe», où elle devient indépendante. Cela arrive lorsqu'un chercheur n'est pas en mesure de prévoir certains effets produits par la machine que ses découvertes ont mise en marche. L'aliénation se manifeste également, lorsque les effets provoqués par l'application de certaines idées scientifiques dépendent de facteurs indépendants, à leur tour, de sa volonté. La définition, que nous avons donnée, n'est pas une définition au sens strict du terme: le concept que nous proposons est plutôt d'ordre qualitatif.

Pour analyser de telles situations, nous nous servirons d'une période particulièrement féconde dans l'histoire de la physique: le XIX^e siècle et le début du XX^e siècle. Cette période, au cours de laquelle les changements progressifs aboutirent à l'effondrement de la mécanique classique et à la naissance de la théorie de la relativité, nous semble particulièrement bien indiquée pour notre thèse: ce fut à cette époque, en effet, que les conflits entre attitudes et opinions se présentèrent sous une forme particulièrement aiguë. Nous aborderons successivement :

- 1^o le mécanisme, en tant qu'un système de conceptions prédominantes dans la physique du XVII^e au XIX^e siècle;
- 2^o le processus d'institutionnalisation de la science contemporaine;
- 3^o le problème de l'aliénation dans la période de la décadence du mécanisme;
- 4^o les conclusions.

I. LE MÉCANISME EN TANT QUE SYSTÈME DE CONCEPTIONS PRÉDOMINANTES DANS LA PHYSIQUE DU XVII^e AU XIX^e SIÈCLE

Le mécanisme est une conception philosophique qui, dans sa forme moderne s'est cristallisée progressivement à partir du XVII^e siècle. L'effondrement définitif de cette conception se situe, dans l'historiographie de la physique, à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle.

Le mécanisme, dans sa forme définitive, se présente en trois versions: ontologique, épistémologique et méthodologique.

Dans sa version ontologique, il est fondé sur le principe que tous les domaines de la réalité — depuis les plus petites particules jusqu'aux corps célestes — sont régies par les mêmes. Ces lois ne souffrent aucune exception. En plus, elles sont indépendantes du temps (éternelles) et du lieu (universelles). La structure du monde est déterminée et inébranlable.

Dans les versions épistémologique et méthodologique, qui forment un tout cohérent avec la version ontologique, on admet en outre que les lois universelles régissant le monde sont déjà connues d'une manière adéquate et complète. Ces lois universelles ce sont précisément les lois de la mécanique de Newton.

La mécanique de Newton, et notamment la loi de la gravitation universelle: sa généralité et la forme mathématique d'équation différentielle, constituaient le modèle idéal vers lequel on devait tendre en formulant toutes les autres lois. Les lois de la mécanique devaient fournir, une fois pour toujours, la base définitive de l'édifice de la physique. Cette pétrification d'une étape de la connaissance eut plus d'une conséquence.

La mécanique fut alors considérée comme la branche fondamentale de la physique. Pour expliquer les phénomènes du domaine de l'électricité, du magnétisme, de l'optique, de la théorie de la chaleur etc., on les réduisait à la mécanique. Notons, que le terme «réduire» avait plusieurs significations, mais sa version essentielle recommandait l'application des modèles mécaniques, sous forme de gabarits mécaniques ou le recours aux formules mathématiques utilisées dans les lois de la mécanique.

Un exemple de ce premier genre de réduction fut donné par Sadi Carnot qui appliqua le modèle de moulin à eau dans sa formulation du second principe de la thermodynamique. Or, il compara la chaleur qui passait d'un milieu à température plus élevée à un état de température

plus basse en se convertissant en travail — à l'eau qui effectue un travail en tombant d'un niveau plus élevé à un niveau moins élevé.

La loi de Coulomb fournit un autre exemple d'un type de réduction qui se rapporte à l'action des forces entre charges électriques. Cette loi est une autre interprétation empirique de la même règle mathématique qu'est celle de la loi de la gravitation universelle.

La réduction, dans un sens plus strict, correspondait à l'exigence de représenter les lois (ou les théories) de différentes branches de la physique comme conséquences des lois de Newton et de certains postulats supplémentaires. Ainsi, les lois de Kepler, par exemple, peuvent être représentées comme conséquences des lois de la gravitation universelle et d'hypothèses supplémentaires concernant des conditions initiales et marginales précises.

Hermann Helmholtz n'a-t-il pas écrit que «le but final des sciences naturelles est de se laisser englober par la mécanique»?

Ludwig Boltzmann va encore plus loin que Helmholtz. Il applique la directive de réduction aux lois de la mécanique bien au-delà de la physique, et même au-delà d'autres branches de la science: «L'application de la mécanique s'étend même dans le domaine du spirituel... Non seulement la mémoire humaine, mais encore le beau et le vrai présentent un caractère mécanique... Expliquer l'étonnante beauté des fleurs... la construction fonctionnelle des organes du corps de l'homme ou de l'animal — tout cela est du domaine de la mécanique... Nous pouvons donc expliquer les notions de beauté, ou de vérité à la façon mécaniste»².

L'appel de Helmholtz ou celui de Boltzmann signifiait que la mécanique était considérée non seulement comme fondement de la physique, mais aussi comme fondement de toutes les sciences.

Cette dernière thèse conduisait tout droit au mot d'ordre de l'unité des sciences qui constituaient l'un des éléments caractéristiques du mécanisme. Elle révélait en même temps un optimisme cognitif: étant donné que les lois fondamentales de toutes les sciences sont déjà connues — nous pouvons nous croire sur la voie menant à la solution des mystères du monde. Dévoiler ces mystères ne serait, d'après les mécanicistes, que la question de temps. On peut atteindre ce but à condition de respecter certains postulats méthodologiques.

Les postulats méthodologiques du mécanisme avaient un caractère très minutieux. Comme nous l'avons déjà mentionné, la loi de la gravitation universelle jouait un rôle prédominant dans la mécanique. Cette loi présuppose l'existence de forces centrales dont la grandeur est inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare les corps. Ces forces centrales agissent à distance (principe «actio in distans»). On s'efforça de construire toutes les lois et toutes les théories à l'instar de ce modèle.

² Boltzmann Ludwig, *Populäre Schriften*, Verlag von Ambrosius Barth, Leipzig 1905.

«En fin de compte nous arrivons à la conclusion que la tâche de la physique consiste à ramener tous les phénomènes de la nature à de forces constantes d'attraction et de répulsion; forces dont l'intensité dépend seulement de la distance. La solution de ce problème est une condition préalable pour rendre la nature complètement intelligible... Le rôle de la physique sera achevé lorsque les phénomènes physiques seront ramenés à des forces simples et lorsqu'on présentera la preuve de ce que cette réduction soit la seule possible pour les phénomènes en question»³.

Les théories non conformes au modèle de forces centrales furent considérées par le monde scientifique comme provisoires. Tel fut le sort de la théorie de la propagation de la chaleur émise par Fourier. Dans cette théorie, il y avait bien question des atomes opérant à distance et se transmettant mutuellement la chaleur, mais ils ne s'attiraient ni repoussaient. La théorie de Fourier fut donc considérée, par les contemporains et jusqu'à par son auteur, comme incomplète et provisoire.

A la base du mécanisme, nous l'avons vu, il y avait la conviction que les lois de la mécanique étaient absolument inébranlables et toujours en vigueur. Cette conviction n'a fait que s'affermir par la suite, à cause de toute une série de facteurs.

C'est à la philosophie qu'échoit un rôle immense dans la diffusion de cette conviction. Kant, et avec lui d'autres rationalistes, considéraient les lois de Newton comme jugements synthétiques a priori; en revanche, les empiristes les prenaient pour des généralisations du type inductif fondées sur des faits d'expérience solides et inflexibles.

L'auréole de dignité — conférée aux lois de la mécanique par la philosophie — les accompagnait presque jusqu'à la fin. Elle contribuait à stimuler les savants, en leur donnant l'assurance de la possibilité d'explication du nombre de problème obscurs jusqu'alors. Toutefois, le temps passant, la même assurance qui, auparavant, fut une source de succès, devint — petit à petit — une entrave au développement ultérieur de la science. Elle dirigea les efforts des savants dans une impasse et empêcha toute tentative de renouveau.

La conviction que le titre de vérité exacte revient aux lois de Newton n'est pas étrangère non plus aux mathématiques. Leur rôle fut particulièrement important: depuis l'Antiquité, les mathématiques passaient pour l'idéal du savoir. Leur introduction dans la physique moderne eut une importance primordiale et déterminante. Elles conférèrent aux lois physiques un caractère extrêmement général. Les lois de la physique furent, en quelque sorte, épurées d'imprécisions dues à l'expérience; de ce que l'on appelle les «erreurs systématiques».

Présentée sous une forme mathématique, la loi physique acquiert un caractère éternel et universel. Elle se détache du lieu et de temps. Les prévisions fondées sur une loi formulée mathématiquement furent pré-

³ Helmholtz Hermann, *Popular Lectures on Scientific Subjects*, London 1881.

cises, quantitatives. Cela permettait de confronter les pronostics et l'expérience par le moyen de la mesure, bien mieux que du temps d'Aristote.

Les trois lois de la mécanique sont exprimées sous forme d'équations différentielles. Quand on accepte ces hypothèses générales, on peut alors passer de ces lois à des propositions particulières. L'analogie avec le rôle d'axiomes en géométrie s'impose.

Le critère de vérité est différent pour les sciences empiriques et pour les sciences déductives. Ce n'est plus un critère de cohérence, mais celui de conformité de l'expérience avec les conclusions découlant de la théorie. Cependant, le sens méthodologique des contemporains de Newton n'était pas suffisamment développé pour que le respect dont jouissaient les mathématiques ne rejaillît point sur les «sciences naturelles mathématisées».

La grande considération dont bénéficiait la mécanique newtonienne, avait encore une autre raison: la longue suite d'exploits magnifiques de la mécanique, dont l'on notera l'importance primordiale de prévisions astronomiques surtout.

La loi de la gravitation universelle avec une équation générale du mouvement permirent à Newton de déduire les trois lois formulées jadis par Kepler, ainsi que d'expliquer des petites divergences dues à l'interaction des planètes.

Newton expliqua les anomalies du mouvement de la Lune, il élucida le problème des marées. L'admiration des milieux culturels ne fit que croître lorsqu'on découvrit — toujours sur la base des lois de Newton — la planète Neptune qui se trouvait au-delà de l'orbite d'Uranus.

Ceci fut l'oeuvre d'Adams et de Le Verrier qui ne se basèrent que sur la loi de la gravitation universelle et sur les perturbations de l'orbite d'Uranus; tous les deux calculèrent indépendamment l'orbite de cette planète si éloignée du Soleil.

La nouvelle planète fut découverte par Galle en 1846. Celui-ci la situa sur la carte du ciel à une distance qui ne dépassait guère un degré par rapport à la position calculée par Le Verrier.

Cette découverte fit d'autant plus grande impression qu'elle se rapportait à la position des corps célestes, position que l'astrologie, si populaire jadis, présentait comme l'expression de la volonté divine se manifestant aux yeux des mortels. L'admiration dont jouissait autrefois l'astrologie fut alors transférée à la physique.

Comme nous l'avons dit, la foi dans l'infailibilité des lois newtoniennes s'est affermie sous l'action de plusieurs facteurs, de nature diverse et souvent complexes. Parmi ces facteurs, un rôle particulier échoua à l'institutionnalisation de la science et au prestige croissant de ceux qui faisaient autorité dans les sciences.

II. LE PROCESSUS D'INSTITUTIONALISATION DE LA SCIENCE MODERNE

La science⁴ est une institution sociale, reliée par de nombreux liens aux autres institutions sociales. Dans nos considérations, nous passerons outre l'influence d'institutions «extérieures» à la science. Certes, nous n'en tenons pas moins compte de leur signification et de leur influence prépondérante qui se manifestèrent surtout après la seconde Guerre mondiale, au moment où les problèmes scientifiques se sont trouvés dans la zone d'action de l'Etat et du capital.

Les produits de la science peuvent être aujourd'hui instrument de la force militaire ou de l'enjeu de rivalités politiques. Les informations communiquées par les savants permettent d'augmenter les gains du capital. C'est pourquoi les gouvernements et les industries prirent sur eux la charge de financer la science et, par conséquent, de diriger son développement. Il est impossible d'analyser les rapports régissant la science dans la période d'après-guerre, et — plus particulièrement — les situations soulevant les cas de conscience du savant, sans tenir compte du rôle d'institutions «extérieures» à la science.

Par contre, en ce qui concerne la période qui nous intéresse, il peut paraître légitime d'isoler la science des influences extérieures à elle. De même, il semble qu'on puisse se permettre d'analyser la relation entre savant et science dans un tel système «isolé». Bien entendu, nous nous rendons compte de la simplification ainsi faite.

Nous allons essayer de démontrer qu'en dépit de l'immense influence de l'individualité du savant sur la science, celui-ci n'est pas en état de prévoir tous les effets de sa découverte ni l'évolution de celle-ci, ne fût-ce que pour cette raison que la science est un produit social.

L'histoire de la science fourmille en exemples qui illustrent l'imprévoyance dans le domaine de la science. Combien de fois des savants, et parmi les plus illustres, au seuil d'une découverte historique ne se rendaient pas compte quand elle serait accomplie ou quelle serait l'image de la science de demain.

Le processus progressif par lequel la science «s'institutionnalise» a une influence nette sur un tel état de choses. Cette influence peut être comparée à l'inertie matérielle. En effet, «l'institutionnalisation» de la science y entrave les changements; elle prolonge l'existence de conceptions périmées.

L'«institutionnalisation» de la science ses bous de aussi côtés: elle conduit à des exigences scientifiques accrues à l'encontre de nouvelles idées. Car, pour obtenir l'approbation des autorités scientifiques, formant généralement des corps collectifs, il faut disposer des qualifications relative-

⁴ Le terme «science» est employé dans son sens anglosaxonne. Nous parlons tout le temps et en particulier des sciences naturelles.

ment plus élevées qu'il ne le fallait du temps où la science n'était guère institutionnalisée. L'institutionnalisation de la science relève, par conséquent, le niveau de celle-ci.

Mais, d'autre part, elle écarte de la science des idées qui pourraient se montrer théoriquement fécondes. Hélas, nous ne possédons aucun registre d'idées condamnées institutionnellement à périr, étant donné qu'en règle générale l'histoire de la science ne les enregistre pas.

L'«institutionnalisation» et l'importance toujours grandissante des autorités scientifiques jouèrent un rôle non négligeable — d'abord dans l'extension de l'opinion que les lois de la mécanique étaient inébranlables, et plus tard pour défendre le mécanisme, alors que les faits mettaient de plus en plus nettement en cause l'exactitude des principes newtoniens.

Regardons de plus près le processus d'institutionnalisation dans la période du XVIIe au XIXe siècle.

La naissance des universités et des sociétés scientifiques fut un élément d'importance dans le processus d'institutionnalisation de la science et dans la formation d'une structure définie de l'autorité scientifique. L'autorité scientifique qui émettait son opinion sur le niveau de travaux et d'idées scientifiques, remplissait la fonction d'arbitre qui, ayant jugé les mérites d'un chacun, décide — en fonction de son jugement — de la place et de la fonction, et par là même de la rémunération qui lui revient. L'autorité scientifique joue un rôle déterminant dans la défense du niveau de la science. Cette autorité exerce une influence sur la motivation des savants en ce qui concerne la direction et les méthodes de recherches: elle inspire la recherche dans certaines branches et la freine dans d'autres. Par exemple, l'Académie Française des Sciences peut se prévaloir, à juste titre, d'avoir contribué à faire cesser toute recherche sur le *perpetuum mobile*.

Le XVIIe siècle constitue un tournant en matière de l'institutionnalisation de la science⁵. Ainsi, par exemple, c'est au XVIIe siècle qu'apparaissent les premiers périodiques publiés par des sociétés savantes.

En Angleterre apparaissaient deux périodiques: «le Journal des Savants» et les «Philosophical Transactions». Le protecteur officiel des «Philosophical Transactions» fut la Royal Society, au sein de laquelle se trouvaient presque tous les savants anglais qui jouissaient alors d'une autorité scientifique.

Les manuscrits qui, avant l'apparition des périodiques, étaient imprimés sous la seule responsabilité de leur auteur, doivent, pour paraître dans un périodique, recevoir un avis favorable de critiques nommés insti-

⁵ Harriet Zuckerman et Robert K. Merton, *Patterns of Evaluation in Science: Institutionalisation, Structure and Functions of the Referee System*, „Minerva”, vol. IX, n° 1, 1971.

tutionnellement. Les critiques à leur tour répondent devant la société scientifique, qui exerce un contrôle et assure de cette façon le niveau scientifique des thèses publiées.

La publication des travaux dans ces périodiques à réputation croissante, gagne de plus en plus en popularité et finit par éliminer presque complètement l'échange d'informations par voie de la correspondance privée entre savants.

Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte :

1^o Un article publié dans un périodique scientifique fait automatiquement plus sérieux. Il possède un «imprimatur» scientifique et il est revêtu non seulement de l'autorité de l'auteur, mais encore de celle de la société savante.

2^o La publication de travaux protège l'acquis intellectuel du savant contre le «pillage», c'est-à-dire le plagiat; à l'époque de l'échange privé d'information, celui-ci présentait un danger réel.

3^o La publication permet à l'information de circuler bien plus rapidement au sein de la communauté scientifique entière.

4^o Le travail de rédaction et de correction réduit le nombre de fautes dans la transmission de l'information. Les remarques de la rédaction permettent d'apporter des retouches au texte. Tout compte fait, ces mesures relèvent sensiblement le niveau des articles publiés.

5^o La publication d'ouvrages permet de constituer des archives scientifiques.

6^o On peut enfin établir officiellement la priorité d'une découverte, en se fondant sur les dates de réception de la première communication concernant cette découverte. La question de priorité était d'une très grande importance — aussi bien pour les savants eux-mêmes que pour les pays et les nations qu'ils représentaient.

L'«institutionnalisation» de la science (dont nous venons de d'écrire l'un des éléments, c.-à-d. le rôle joué par les périodiques scientifiques) contribue à la popularisation d'opinions conformes à celles qui sont reconnues par la majorité des savants, ce qui permet de garantir que la science sera maintenue à un certain niveau. En même temps, toute «dissidence» scientifique devient bien plus difficile, voire même impossible.

Les théories non-conformes aux opinions généralement acceptées furent rejetées par les autorités scientifiques institutionnellement désignées: elles furent traitées comme non-scientifiques. Une telle théorie ne pouvait pas, par exemple, valoir le titre de docteur de l'université à son auteur. Les dissertations contenant les théories contradictoires à celles de la haute assemblée siégeant au sein de la société savante n'obtenaient pas, ou bien obtenaient avec un retard considérable, le droit d'être imprimées. C'est le plus souvent des gens plutôt âgés, donc en général très attachés à la tradition, qui faisaient office d'autorités scientifiques. Les révolutions

scientifiques par contre, comme le prouve l'histoire de la physique, sont l'oeuvre de savants relativement peu attachés à la tradition: savants qui souvent passent d'une autre branche de la science et qui, pour la plupart, sont jeunes. Le conflit entre le «nouveau» et l'«ancien» au sein de la science «institutionnalisée» se manifestait donc souvent dans l'aspect d'un conflit entre les générations.

Nous illustrerons cette pensée par un exemple caractéristique, emprunté à l'histoire de la thermodynamique.

Robert Meyer de Heilbronn, médecin allemand au service des Pays-Bas, qui s'occupait de physique en amateur, observa une dépendance fonctionnelle entre la quantité de travail fournie par des organismes vivants d'une part, et la couleur de leur sang et la quantité de chaleur obtenue par la consommation des aliments d'autre part. Il formula sur cette base (entre autres) la loi de la conservation de l'énergie. Meyer se heurta à des difficultés énormes avant d'obtenir la sanction des autorités scientifiques; sa conception s'opposait en effet à la théorie du calorique qui fut alors en vogue. L'ouvrage de Meyer, présenté comme thèse de doctorat, fut rejeté. Sa publication fut également refusée par les «Poggendorfs Annalen» lorsqu'il l'a présentée le 16 avril 1841. Elle ne fut publiée que bien plus tard, dans un autre périodique: «Annalen des Chemie». Ainsi commença une longue controverse sur l'auteur qui fut le premier à formuler la première loi de la thermodynamique.

Le temps passant, un progrès s'est manifesté dans l'«institutionnalisation» de la science. Cependant, la dictature d'institutions scientifiques du XVIIe au XIXe siècle était, par maints aspects, plus sévère qu'aujourd'hui. De nos jours, à l'époque où presque chaque pays possède sa propre hiérarchie scientifique, il y a toujours la possibilité d'obtenir l'approbation d'une des nombreuses autorités. Quant au nombre des périodiques, il est tellement grand que, presque toujours, il est possible à l'auteur de publier dans une revue l'article qui n'a pas été accepté dans un autre périodique. Et même, si cette éventualité échouait, l'auteur peut toujours faire publier son ouvrage à ses propres frais.

On peut citer ici, à titre d'exemple, le périodique publié par le mathématicien japonais H. Sasayama, spécialiste en géométrie différentielle moderne. Sasayama publie à ses frais un périodique où ne paraissent que ses propres travaux: «Journal of Spatial Mathematics of the Sasayama Research Room».

Du XVIIe au XIXe siècle, il était très difficile de se soustraire à l'empire des autorités scientifiques, comme le fait maintenant Sasayama.

L'institutionnalisation de la science fut à cette époque l'un des principaux facteurs contribuant à l'implantation et à la consolidation de l'opinion d'après laquelle les lois de la mécanique étaient incontestables.

III. LE PROBLÈME DE L'ALIÉNATION DANS LA PÉRIODE DU DÉCLIN DU MÉCANISME

(sur l'exemple de travaux de Maxwell, Boltzmann, Lorentz et Poincaré)

Comme nous l'avons dit, le mécanisme non seulement suscitait la confiance en possibilités épistémologiques de l'homme, mais apportait aussi des indications méthodologiques précises, permettant d'obtenir de bons résultats. La méticulosité excessive de ces recommandations méthodologiques qui admettaient l'infailibilité des lois de la mécanique newtonienne, devint, au cours des années, l'une des causes du ferment révolutionnaire croissant. Le développement de la physique apportait de nouveaux faits, de nouvelles expériences qui ne se laissaient plus traiter sur le lit de Procuste du mécanisme.

Au XIXe siècle, lorsque les difficultés s'amplifièrent au point de paraître insurmontables, les tentatives successives entreprises pour «sauver» la conception mécaniste en ajoutant des amendements à ses principes, se retournaient finalement contre la mécanique -- et cela malgré les intentions de leurs auteurs. Voici quelques exemples des situations spécifiques de conflit, ou plutôt d'aliénation :

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, le mécanisme préconisait l'explication de toute chose et de tout phénomène par le modèle des forces centrales et par le principe d'*actio in distans*.

Or, au début du XIXe siècle, Oersted fit une expérience dont les résultats remirent en question la valeur universelle du modèle des forces centrales. Il plaça une aiguille aimantée dans le plan d'un conducteur circulaire, par lequel il faisait passer un courant électrique. L'aiguille aimantée réagissait au passage du courant: elle déviait perpendiculairement au plan du conducteur. Le résultat de l'expérience d'Oersted fut non seulement de montrer qu'il existait un lien entre le courant électrique et le magnétisme, à quoi nul ne s'attendait; l'importance capitale de cette expérience réside dans le fait, que la force agissant sur l'aiguille aimantée n'est pas une force centrale. Elle n'agit pas sur la ligne droite reliant le conducteur et l'aiguille. La grandeur de la force dépend de l'intensité du courant électrique. Voilà donc une force, dont la grandeur dépend non seulement de la distance, mais aussi de la vitesse à laquelle les charges se déplacent le long du conducteur.

C'est alors que Maxwell décide de «sauver» (c'est son expression à lui) le mécanisme menacé. Il introduit un modèle complémentaire: celui du champ électromagnétique. Les équations de Maxwell interprètent la structure de ce champ électromagnétique. Elles disent ceci: tout champ électrique variable est accompagné d'un champ magnétique et tout champ magnétique variable — d'un champ électrique.

Le concept du champ est nouveau en physique. Il englobe tout l'espace, tous ses points et non seulement des points déterminés de l'espace,

où se concentre la masse ou la charge, comme dans le modèle des forces centrales. Le concept du champ diffère encore du modèle des forces centrales en ce qu'au lieu de l'action à distance, il introduit une action qui se répand à une vitesse gigantesque, mais déterminée. Le principe de l'action à distance est remplacé par celui de l'action directe.

Le concept du champ s'avéra théoriquement plus fécond. Il contribua à unifier trois groupes de phénomènes, jusqu'alors tenus pour séparés: les phénomènes électriques, magnétiques et optiques.

En même temps, cette conception eut des répercussions « fatales » sur les canons du mécanisme. Non seulement elle remit en cause la valeur universelle du modèle des forces centrales, mais elle menaça même le déterminisme mécaniste. Selon le modèle du champ, la connaissance d'un état de l'Univers exige une information qui se rapporte à une infinité de points — car le champ offre un caractère continu. Dans cette situation, même la « superintelligence de Laplace » ne pouvait pas fournir assez d'information sur l'état actuel du monde, et ne pouvait par conséquent faire aucune prévision à son sujet. La prévisibilité absolue de l'état du monde et de son avenir devint alors problématique.

Ainsi, en dépit des intentions de Maxwell, la théorie du champ ébranla les principes de la mécanique pour contribuer, en fin de compte, non pas à « sauver », mais bien à renverser le mécanisme.

Un rôle particulier dans l'abolition du mécanisme revient au second principe de la thermodynamique.

Le modèle des forces centrales mène à la conclusion que les lois de la physique doivent être symétriques par rapport au changement de la direction du temps. Puisque, si tous les phénomènes physiques sont l'effet de l'addition globale du mouvement des atomes, dont l'attraction mutuelle ne dépend que de la distance, on devrait changer les forces agissant sur les atomes en changeant la direction du temps. Ce qui veut dire que le déroulement des phénomènes devrait être inversé.

Ce raisonnement fut confirmé par toutes les lois physiques connues jusqu'au XIX^e siècle: toutes étaient symétriques par rapport à la direction de l'écoulement du temps. De ce point de vue, le déroulement des phénomènes faisait penser à un film qui, projeté de la première à la dernière séquence ou de la dernière à la première, est toujours en accord avec les lois de la physique. La symétrie du passé et du futur était opposée au sentiment intuitif que le temps s'écoulait invariablement vers l'avenir et que le mouvement inverse ne pouvait se produire jamais.

Le second principe de la thermodynamique, découvert en 1824 par le jeune ingénieur français Sadi Carnot, fut — en quelque sorte — une révélation. Il était asymétrique par rapport à la direction du temps. Formulé pour la première fois, il contenait des imprécisions dues au fait que Sadi Carnot était alors partisan de la théorie du « calorique » (il changea d'opinion par la suite).

Dans les années 1850-1865, Clausius analysa de manière critique les résultats de recherches de Carnot; il élimina les éléments non-conformes au principe de la conservation de l'énergie, il développa et élargit la théorie elle-même. Clausius parvint à la conclusion, que le trait caractéristique pour les processus thermodynamiques résidait dans leur réversibilité incomplète et il introduisit une nouvelle fonction d'état pour donner la mesure de celle-ci: l'entropie. Dans sa formule classique, le second principe dit ceci:

«Dans un système isolé ne peuvent se dérouler spontanément que des processus qui ne font pas diminuer l'entropie du système, ils ne durent que jusqu'à ce que cette entropie atteigne son maximum pour les conditions données.»

On voit que le second principe de la thermodynamique formulé par Clausius donne une base scientifique (c'est du moins ce que l'on croyait) à la conviction spontanée de l'homme que le temps ne s'écoule que dans un seul sens.

La «flèche» du temps y est déterminée par le sens de la croissance de l'entropie dans n'importe quel système isolé; à condition, évidemment, que le système n'ait pas encore atteint son maximum d'entropie.

Voilà le mécanisme de nouveau dans une situation difficile... Une des conséquences de modèle des forces centrales, la symétrie des lois par rapport à la flèche du temps, est remise en question. La cohérence de la physique est, une fois de plus, mise en doute.

Cette fois-ci, c'est Boltzmann qui prend la défense du mécanisme en danger. Il considère la défense de la mécanique classique comme la mission de sa vie en quelque sorte:

«Je considère comme la tâche de ma vie, de démontrer, en élaborant aussi clairement et aussi logiquement que possible les résultats de la théorie classique, et dans la mesure de mes forces, qu'il y a encore en elle (dans la mécanique — I. S.) beaucoup de choses positives et éternellement utiles»⁶.

Pour accomplir sa tâche, Boltzmann «complète» la mécanique newtonienne par des hypothèses supplémentaires.

«Nous sommes aujourd'hui plus prudents. La conception mécaniste du monde doit être complétée (souligné par I.S.) Malgré tout, elle reste la seule conception conséquente et, ce qui plus est, conforme à l'expérience»⁷.

Pour prendre la défense de l'interprétation mécanique, dont la position fut menacée, Boltzmann proposa de recourir à la statistique, de la manière suivante: les atomes et les particules individuels obéissent rigoureusement aux lois de la mécanique; par contre, les grands ensembles d'atomes et de particules obéissent aux lois statistiques; celles-ci ne sont

⁶ L. Boltzmann, *op. cit.*, p. 205.

⁷ Conf. note 2.

qu'une conséquence des lois de la mécanique au niveau atomique (micro-) et de certaines hypothèses correspondant aux distributions statistiques (on attribue une égale probabilité à chaque micro-état).

Boltzmann confère une forme statistique au second principe de la thermodynamique. Dans cette interprétation, la croissance de l'entropie d'un système isolé n'est plus certaine (comme chez Clausius), mais seulement la plus probable. La courbe représentant l'entropie en fonction du temps ou du temps inverse doit contenir des segments, où l'entropie décroît, et d'autres où elle croît après avoir atteint un minimum local. Cette courbe représente donc une scie à dents inégales, dont le profil reste inchangé, si l'on remplace «-t» par «+t» sur l'axe du temps. Tout compte fait, cette courbe — ressemblant en cela aux autres lois de la mécanique — est symétrique par rapport à la flèche du temps.

Les efforts de Boltzmann et d'une série d'autres savants permirent d'écarter le danger d'incohérence qui menaçait la physique. La conception mécaniste du monde fut sauvée. Cependant, elle a été ruinée par tous ces «compléments» qu'il a fallu y ajouter. Boltzmann avait introduit en physique des lois de type statistique, ce qui remet en question l'interprétation mécaniste de la loi et du hasard.

Dans la conception mécaniste, loi et hasard sont deux catégories qui s'excluent réciproquement. Si l'on dit «hasard», on entend une dérogation aux lois; et étant donné que les lois ne souffrent pas d'exception, le hasard ne peut exister que subjectivement: il représente le manque subjectif de savoir. On croyait communément, qu'au fur et à mesure du progrès du savoir, le nombre de cas qui relèvent du hasard allait décroître jusqu'à leur élimination totale.

Statistiquement, les hasards sont soumis à des lois et ils acquièrent un caractère objectif. La conception statistique de la loi oblige à revoir le modèle mécaniste de loi, tout comme celui de hasard. Les lois statistiques font entrer dans la science la notion de probabilité; ce qui rend problématique la possibilité de pronostics et de prévisions absolument vérifiables. Un pronostic basé sur une loi statistique est de nature probabiliste. Il y a toujours une probabilité complémentaire qui ne se confirme pas dans la réalité.

Nous voyons donc comment la tentative de Boltzmann, ayant pour le but de sauver le mécanisme, échoua malgré les intentions du savant et s'est finalement retournée contre le mécanisme.

La conception de l'éther cosmique fut à l'origine d'autres graves difficultés. Compte tenu des faits nouveaux, il fallait attribuer à l'éther des propriétés hétéroclites et — de surcroît — inconciliables: tout ceci pour avoir une image cohérente de l'univers.

En optique, deux conceptions rivalisaient entre elles: la théorie corpusculaire (la lumière est un flux de particules) et la théorie ondulatoire (la lumière est une onde). L'analyse du phénomène de polarisation semblait

faire pencher la balance en faveur de la théorie ondulatoire. On reconnut la lumière comme une onde transversale, semblable à celle qui se répand à la surface d'une eau tranquille lorsqu'on y jette un caillou. Une onde transversale se déplaçant à travers les espaces cosmiques ne pouvait être transportée que par un milieu à grande élasticité. D'une autre part, les observations astronomiques amenaient à la conclusion que les corps célestes ne rencontrent aucune résistance dans l'espace cosmique; ce qui à son tour menait à l'hypothèse que soit l'éther possédait une faible élasticité, soit il n'y avait pas d'interaction entre éther et matière.

L'expérience de Michelson/Morley porta le coup de grâce à la conception de l'éther cosmique qui donnait bien de soucis aux physiciens. Cette expérience fut entreprise par Michelson (du temps où celui-ci fut encore partisan du mécanisme!) dans le but de prouver que l'éther existait et de calculer la vitesse de la Terre par rapport à l'éther. Pour ce faire, dans une expérience conçue avec une subtilité admirable, il a mesuré la vitesse de propagation de la lumière dans le sens de la rotation de la Terre et dans le sens perpendiculaire au précédent. Michelson s'attendait à ce que, en vertu du principe de Galilée, la vitesse dans le sens du mouvement de la Terre s'avère plus grande. Le résultat de l'expérience ne surprit pas que Michelson. La vitesse de la lumière apparut la même dans les deux sens. Ici encore, comme cela s'est produit pour les efforts de Maxwell et de Boltzmann, la tentative de Michelson, ayant pour la but de sauver la conception mécaniste du mouvement absolu, contribua à l'effondrement définitif de cette conception.

«La réaction pour sauver le mécanisme» fut cette fois une réaction en chaîne. Le résultat négatif de l'expérience de Michelson-Morley plaça la physique en face de telles difficultés qu'il semblait bien que rien ni personne ne pourraient plus sauver le mécanisme.

Lorentz, remarquable physicien qui jouissait d'une grande autorité, vint à son secours. Il proposa deux hypothèses complémentaires, à savoir: l'hypothèse du temps local et celle de la contraction (conséquence de l'hypothèse de forces moléculaires) selon laquelle les corps se raccourcissaient dans la direction du mouvement. Ce raccourcissement, d'après Lorentz, était proportionnel à la vitesse à laquelle se déplaçaient les objets en question.

Pendant, ces deux hypothèses entraînaient une série de conséquences surprenantes. La masse des corps, invariable du point de vue de la théorie classique, s'est révélée maintenant variable. Elle augmentait proportionnellement à la vitesse, à laquelle se déplaçaient les corps. La vitesse de la lumière devenait une barrière que nul corps physique ne pouvait plus franchir.

Malgré les intentions du savant les hypothèses de Lorentz dévoilèrent très nettement la situation déplorable qu'était celle de la mécanique classi-

que, puisqu'il fallait la défendre à tout prix et d'une manière tellement compliquée.

La solution proposée par Lorentz, aussi bonne qu'elle soit en comparaison avec d'autres solutions ayant pour le but la défense de la mécanique classique, ne satisfaisait même pas les partisans les plus acharnés des théories traditionnelles. Voici l'expression, combien pertinente, de Poincaré :

«Ainsi donc le principe de la relativité était en ces derniers temps défendu avec acharnement, mais l'acharnement même de cette défense prouve combien il était fragile»⁸.

IV. CONCLUSIONS

Nous venons de citer les exemples de situations d'aliénation et de conflits entre les intentions des savants et les résultats de leurs découvertes scientifiques. Tous ces exemples se rapportaient à la période qui précédait les changements révolutionnaires dans la science. On peut risquer la thèse, que c'étaient là des signes avant-coureurs de cette révolution.

L'approche d'une période révolutionnaire dans la science se caractérise par une probabilité plus grande de voir apparaître des situations d'aliénation. Lorsque, à la surprise des savants, la science dévie de son cours habituel, les situations d'aliénation deviennent plus probables. La probabilité de conflits entre ce à quoi s'attendent les savants et le développement réel de la science augmente. Même les savants les plus éminents n'échappent pas à cette règle que l'on pourrait formuler de la façon suivante :

L'approche d'une révolution dans la science se caractérise par une probabilité plus forte de voir apparaître des situations d'aliénation.

Ou bien :

Le regain de probabilité de l'apparition de situations d'aliénation annonce une révolution scientifique imminente.

Les savants qui se trouvent dans ces situations lourdes de conflits — et qui en sont sujets — préparent la révolution dans le domaine des conceptions scientifiques. Ils travaillent dans une période qui précède une transformation radicale, puisque les conceptions qui faisaient loi jusqu'alors ne forment plus un tout cohérent avec les nouveaux faits, qui ont d'ailleurs été découverts à l'aide des instruments de recherche forgés par une interprétation du monde qu'ils aident à détruire.

Les idées introduites en physique pour sauver le mécanisme, pour si fécondes qu'elles fussent théoriquement, n'en servirent pas moins à démontrer les faiblesses et les défauts dans la manière classique de comprendre les phénomènes naturels. Cela est vrai à la fois pour la théorie

⁸ H. Poincaré, *op. cit.*

du champ de Maxwell, pour les lois statistiques de Boltzmann, pour les résultats de l'expérience de Michelson-Morley et même pour l'hypothèse de Lorentz.

La persévérance des tentatives pour sauver à tout prix le mécanisme traduit bien la tendance à conserver les vieilles idées. Les savants qui se sont trouvés dans des situations d'aliénation n'avaient pas une image nette de l'état de la science; — voilà encore une conséquence de l'institutionnalisation.

Les théories telles que l'*actio in distans*, le modèle des forces centrales, le concept de l'éther cosmique, le temps et les espaces absolus — l'une après l'autres exilées de la science par le développement de la physique, n'en furent pas moins maintenues artificiellement, «institutionnellement» en vie.

Des opinions dépassées sont proclamées du haut de chaires universitaires. On les inculque — en les présentant comme les seules idées scientifiques — à des générations de savants, encore pendant leurs études, alors que leurs esprits sont les plus réceptifs. Et ce sont les mêmes opinions qui prédominent dans les colonnes des périodiques scientifiques les plus respectables.

Il apparaît donc que l'institutionnalisation de la science rend difficile et — dans les périodes précédant la révolution scientifique — empêche carrément de voir clair dans cette situation. Ce qui ne fait qu'aggraver les conflits.

Et encore une remarque en marge de nos considérations:

Il convient d'admettre que pendant la période du développement progressif de la science, il est plus facile à faire des pronostics sur l'avenir de la science, et que le nombre de situations d'aliénation est encore minimal. Cette supposition est aujourd'hui d'une importance capitale. Pendant la période du développement progressif de la science, diriger la science (en sélectionnant soigneusement les forces et les moyens) permet d'obtenir les résultats souhaités, voire envisagés dans les plans.

Cela est dû à de nombreuses raisons, dont certaines ont été examinées plus haut. Retenons-en encore deux aspects:

1^o Au fur et à mesure de son développement, la science fournit une image toujours plus adéquate de la réalité. Pour pouvoir faire des prévisions sur le lendemain de la science, il faudrait connaître la réalité indépendamment de la science. Si l'on rejette la connaissance mystique, on constate qu'il n'est pas possible d'obtenir une image adéquate de la réalité d'une manière non-scientifique. C'est une condition irréalisable.

Même si l'on suppose que la connaissance de la réalité soit possible indépendamment de la science, on a toujours besoin d'informations sur les voies et sur les détours qu'empruntera la science avant d'être à même de nous communiquer une connaissance approfondie — sans quoi il n'est pas possible de prédire ce que sera la science en avenir.

2^o La science et la forme qu'elle revêt sont les résultats d'un travail collectif. Le savant ne fait que lancer une idée qui, une fois connue largement, «s'aliène», échappe en quelque sorte à son auteur. L'idée devient l'objet de multiples recherches, inspirées par les motifs les plus divers, souvent même extérieurs à la science. Il est impossible de prévoir, de façon précise, les effets de cette activité collective des savants. La statistique ne peut opérer que de faits et de chiffres approximatifs.

Nos conclusions se rapportent — nous l'avons dit plus haut — aux époques «révolutionnaires» dans la science. Nous nous sommes intéressés — en premier lieu — à l'étape du développement de la physique qui précédait immédiatement une révolution. Pour qu'on puisse considérer comme justifiée l'extrapolation que nous avons faite en formulant nos conclusions, elle doit être confirmée par d'autres recherches dans le domaine de l'histoire de la science, de la sociologie du savoir et de la psychologie des découvertes scientifiques.

Le «Journal of Spatial Mathematics of the Sasayama Research Room» m'a été fourni par le professeur Gołąb de Cracovie; je lui en présente en cet endroit mes sincères remerciements.