

## Concepts et modèles scientifiques

par Claude-Alain RISSET  
Faculté des Sciences - 25030 Besançon Cedex

---

*On propose une approche critique des concepts scientifiques au travers d'une étude du développement de la modélisation dans l'histoire de la Mécanique.*

Le point de départ de ce texte est un enseignement optionnel d'histoire et philosophie des sciences proposé aux étudiants scientifiques de première année en 1993-94 à la Faculté des Sciences de Besançon, en parallèle avec l'introduction à la mécanique faite en physique. Cet enseignement, dont la reconnaissance était surtout symbolique, a été déprogrammé à la rentrée 1994, pour raisons budgétaires... L'enseignement de la mécanique en première année universitaire reprend en grande partie le travail effectué au lycée, avec une présentation assez proche de celle des «Principia» de Newton, et nous avons choisi d'orienter l'enseignement d'histoire et philosophie des sciences sur l'approche critique des développements de la mécanique, tels qu'ils se présentent historiquement et tels que les abordent les étudiants.

Il nous a semblé intéressant de proposer ces réflexions au bulletin de l'U.d.P. (contrairement à l'aphorisme du regretté M. Hulin, la physique existe ailleurs que dans l'approche universitaire). La présentation que nous proposons nous apparaît comme susceptible d'intéresser les enseignants du secondaire, en permettant d'ordonner différemment les questions délicates auxquelles on est confronté dans la didactique de cette discipline, et en posant d'autres problèmes. Nous pensons qu'elle permet de dégager des caractéristiques du travail en physique, en insistant tant sur la puissance de cette approche scientifique, en particulier dans l'utilisation des modèles, que sur la spécificité de ses méthodes.

Ce texte renvoie à plusieurs reprises au livre «**les concepts scientifiques**» de I. Stengers et J. Schlanger, dont le sous-titre est «invention et pouvoir». Nous utilisons certaines des analyses de ce livre sur cet exemple historique de travail scientifique qu'est le développe-

ment de la mécanique, tout en renonçant sciemment à la démarche (et à la rigueur) de l'approche philosophique du livre : certaines de ses analyses apparaissent aux détours d'une «histoire». Notre développement intègre ainsi les analyses épistémologiques classiques, sur le cas concret de cet archétype de développement scientifique que constitue la mécanique classique. Cela n'épuise pas le contenu de ce livre, auquel nous espérons renvoyer des lecteurs, et qui mérite aussi d'être lu pour ses développements sur la pensée inventive, avec la dimension heuristique du langage, et sur novation et histoire...

## REMARQUES PRÉALABLES

### *La pensée du scientifique (premier problème de pouvoir)*

Pourquoi ce travail et cette focalisation sur les concepts scientifiques ? La justification n'en est pas seulement dans le domaine spécifique du travail du physicien : de nos jours, dans les milieux «de décisions», sinon dans la mentalité profonde, tout est Sciences : c'est une des conséquences de la révolution scientifique, dont nous allons évoquer quelques aspects, et de la révolution industrielle des temps modernes qui lui apparaît intimement liée. Cette fascination par la Science conduit à de nombreux problèmes de pouvoir (sur les affirmations de scientificité correspondantes, et leurs justifications idéologiques). Dans les milieux de l'enseignement et de la recherche, cela se traduit dans l'existence et le fonctionnement du CNRS (scientifique), ou plus prosaïquement dans les dénominations des UFR des Universités (jusqu'à celles des sports !) ; d'où l'intérêt de clarifier ce qui constitue la spécificité du travail scientifique.

### *Une approche «sciences humaines»*

Comme nous l'avons déjà signalé, cette façon d'étudier de l'extérieur une pratique scientifique, la modélisation, en la situant résolument dans une (mise en) perspective historique, la naissance de la mécanique, n'est pas contingente : la puissance scientifique apparaît en effet liée à l'utilisation des modèles. La mécanique est apparue (à tort et à raison, en suivant la formulation de Henri Atlan) comme un archétype de développement scientifique, comme un modèle présenté en général sans référence à la modélisation : nous verrons que, historiquement, la notion de modèle apparaît plus tard que le modèle de la mécanique des points matériels que nous allons exposer. On est conduit à ce type d'approche, ici «historique», propre aux sciences humaines chaque fois qu'on veut aborder les problèmes scientifiques

de façon un peu générale ; Francis Halbwachs, par exemple, avait proposé une définition purement sociologique de la physique (la bibliothèque de ceux qui se réclament de la physique). Remarquons que les références historiques, pour beaucoup de scientifiques, n'apparaissent que comme anecdotiques, quand elles ne sont pas considérées comme une provocation (lorsqu'elles se revendiquent comme sérieuses) : un supplément pédagogique de la Société Française de Physique (1975) a publié, sans commentaire, ce jugement : « quand on ne sait plus chercher on enseigne, et quand on ne sait plus enseigner, on fait de la pédagogie » (de la didactique ou de l'histoire des sciences).

On relèvera immédiatement l'apparition dans l'étude que nous proposons de différents niveaux de conceptualisation pour l'acception du mot « modèle » : le modèle de la mécanique du point matériel apparaîtra comme un modèle du fonctionnement de modèles dans les démarches scientifiques. Ce modèle de fonctionnement scientifique sera utilisé pour des modélisations du fonctionnement dans d'autres domaines que la physique. Cela va sans doute au-delà du simple jeu avec les mots - la vision linéaire, qui est celle de cours ou des articles, issue d'une habitude, et de l'efficacité de la science « normale », n'est pas toujours possible !

### ***Empirisme et statut du « scientifique »***

Une constatation préalable que l'on doit faire est que, pour les développements des sciences, l'empirisme est mort. Contrairement à une idéologie dominante jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle - Bouasse, dont les préfaces des manuels de physique tournent en dérision les prétendus physiciens qu'étaient Poincaré ou Einstein en est un exemple musclé - les faits n'existent pas en eux-mêmes : tout fait (scientifique) apparaît empreint de théorie. Claude Bernard en particulier l'a bien mis en évidence. La controverse récente sur mémoire de l'eau l'a aussi récemment mis en lumière...

Il peut être utile de rappeler certaines des analyses montrant comment la science s'affirme contre l'empirisme : Bachelard et Kuhn semblent lui avoir « réglé son compte », dans deux approches que Piaget aurait qualifiées d'ontogénétique et phylogénétique : la démarche personnelle de Bachelard apparaît comme projetant sur l'histoire sociale les renseignements qu'il a tirés de son rapport personnel à la

connaissance, et ceux de ses élèves. La science, pour l'un comme pour l'autre, est affirmée comme une rupture.

– Pour Bachelard, la science s'oppose à l'opinion (en passant il souligne que la création d'une science ne peut être une réponse à quelque intérêt pratique que ce soit, en contradiction avec les conditions de développement et des justifications proposées pour le travail scientifique...). Cela correspond à une rupture intellectuelle et sociale conduisant à la (mythique) cité scientifique, république des savants, pour laquelle on peut se poser des questions (ouvertes, comme toutes les vraies questions). On peut y rattacher les motivations des manifestes des scientifiques (intellectuels) pour Maastricht (et Sarajevo ?) voire en faveur du docteur Garetta, ou, de façon plus directe, le manifeste rendu public au sommet de la terre à Rio en 1992. Dans ce manifeste, préparé lors d'une conférence à Heidelberg, et signé par quatre cent cinquante-cinq personnalités dont soixante-deux prix Nobel, a été mis en avant une défense de la Science, considérée comme menacée par l'idéologie écologique, présentée comme «irrationnelle».

– Pour Kuhn le paradigme est un acte créateur, conduisant à une conversion... avec les mêmes conséquences pratiques. Il signale les résistances en face de ces actes créateurs, lorsqu'on s'écarte d'une science normale, ayant d'autres caractères d'intégration sociale, avec l'exemple connu d'Einstein...

Ce problème de pouvoir, celui du statut intrinsèque du scientifique et des scientifiques, par rapport à la réalité sociale, avec les contradictions et les problèmes en découlant, est lié au statut même de la science.

Mais une autre question se pose à propos de cette victoire historique des sciences sur l'empirisme : on peut en effet se demander si le monde clos des concepts et des théories est véritablement autonome ? Ne resterait-il pas, en face de la puissance du discours édificateur de la «vraie science», une puissance subversive de l'empirisme, et, pour ce qui est de l'enseignement de la physique, des manipulations ?

Comme exemple du discours hagiographique résultant de ce monde clos de la théorie, on peut relever une utilisation de l'histoire des sciences, toute puissante dans certains discours «pédagogiques» : exposer les «faits» qui légitiment une théorie et la présenter comme une déduction autorisée de ces faits. Pour élargir un peu la réflexion, on peut constater avec Michel Serres que, des sept péchés capitaux, l'envie

(du savoir de l'autre, d'abord) et la colère sont les qualités des scientifiques (et des marchands).

## MÉCANIQUE DU POINT MATÉRIEL

L'approche que nous allons esquisser ici, focalisée sur les modèles, est partielle et partielle. En particulier, elle ne prend pas en compte le fil conducteur de Koyré, d'une continuité historique de cette histoire depuis Galilée, ni celle des sources historiques de la révolution galiléenne dans le monde arabe et le Moyen Âge. Nous ne ferons que l'évoquer a posteriori (pour parler des pistes explorées par Isabelle Stengers). Notre étude n'est pas une approche tentant de tirer parti de tous les acquis des études historiques : pour penser la complexité de l'histoire des sciences, sa portée et sa diversité, comme le présente la magistrale introduction de l'article de Holton sur l'analyse thématique (qui analyse les diverses façons «d'entrer» autrement dans une œuvre scientifique).

Les éléments d'histoire utilisés, que nous ne rappellerons pas en détail, seront ceux de la mécanique céleste (conduisant à la mécanique rationnelle, en opposition à la «mécappla» des mécaniciens auto, du monde terrestre et de la corruption aristotélicienne). On retiendra, en remontant à l'antiquité, l'observation des positions des sept corps célestes pythagoriciens (ceux de la semaine, la Lune du lundi, Mars... et le Soleil du dimanche) et leur codification, avec l'importance de Ptolémée et de ses tables (II<sup>e</sup> siècle après J.C., à Alexandrie, centre de la pensée occidentale après la décadence grecque) et de Tycho Brahé et des lois de Kepler (vers 1600). Cette codification conduira aux lois de Newton (fin du XVII<sup>e</sup> siècle) et leur réinterprétation philosophique par Kant (fin du XVIII<sup>e</sup>).

### *Réduction et connaissance partielle*

Cette mécanique céleste correspond, fondamentalement, à la réduction des phénomènes célestes à l'étude des positions de la Lune, du Soleil et des autres astres par rapport à des observations terrestres. Il s'agit de la réduction des astres à des points matériels. Pour trois d'entre eux au moins, le Soleil, la Lune et la Terre, cette réduction apparaît comme drastique ! Mais cette réduction, déshabillant les planètes de leur matière pour les regarder comme de simples points matériels, confondus avec leur centre, permet de dégager des lois qui permettront ensuite de rhabiller ces planètes, en leur redonnant leur

épaisseur matérielle, et par là même de comprendre les propriétés correspondant à leur matérialité. La mécanique des solides et la mécanique des fluides, modèles issus de la mécanique des points matériels, vont permettre de prendre en compte cette matérialité, et d'expliquer les phénomènes directement liés à la rotation, par exemple d'abord la régularité du rythme circadien (des jours et des nuits), et, pour reprendre le titre d'un ancien «Que Sais-Je», les phénomènes des vents, marées, courants marins.

Nous avons là un exemple d'une démarche de réduction inhérente à tout essai d'organisation de connaissances. Pour pouvoir atteindre à une certaine puissance, on est conduit à simplifier et à abandonner la richesse du matériel qu'on veut maîtriser. La science ne procède que du général, et partant, privilégie une connaissance partielle. Cette démarche, à partir du moment où elle est consciente et ne se prétend pas comme l'unique approche possible, est cohérente, et conduit à des résultats. L'analyse sociologique de la fréquentation des églises n'apporte certes pas de connaissance sur la foi, ni même sur l'importance de la ritualisation, qui peut apparaître à partir d'une approche plus fine des pratiques religieuses. Elle demeure une étude qui permet une maîtrise d'un grand nombre de données, et de telles simplifications apparaissent comme une nécessité pour l'organisation de la connaissance. L'intérêt pour le débit d'un cours d'eau peut être d'une grande importance pour un géographe, et plus pertinente que la connaissance du champ de vitesses (des courants et des tourbillons) qu'aura un sportif dans ce même cours d'eau, autre mode (plus complet ?) de connaissance. De même, la connaissance de la température à l'intérieur d'une salle de classe est une donnée qui peut apparaître comme plus intéressante que celle (hypothétique) de la distribution des vitesses des molécules de gaz dans ce lieu, à laquelle elle correspond. Il ne s'agit en fait que d'une sorte d'humilité, refusant un encyclopédisme utopique, pour privilégier des connaissances partielles. La prétention - qui peut le plus peut le moins - n'est pas forcément réaliste, dans le domaine de la connaissance. Cette démarche de réduction, qui s'interdit de prétendre, pour des raisons d'efficacité, à l'exhaustivité, apparaît comme un choix et non une mutilation. Et cela même si le but du scientifique n'est nullement l'humilité, mais au contraire une connaissance, et partant une puissance plus grande, liée à la compréhension de ce qui est reproductible et débouchant sur la «praxis».

### *Quantification*

A partir de cette focalisation sur des caractères choisis, ces données sont traitées dès lors comme des variables, avec la possibilité de quantification des données correspondantes, la quantification étant prise au sens large, associée à une possibilité d'y associer une échelle et un nombre. Dans cet effort de réduction, les planètes et le Soleil sont réduits à l'état de points matériels. On est capable d'attribuer à ces créations de l'esprit associées aux planètes une position et une vitesse, et de dégager des observations des lois empiriques, sur lesquelles les mathématiques feront merveille. La compréhension de l'importance de cet effet de quantification apparaît directement dans les approches expérimentales de l'enseignement de la physique !

### *Du modèle descriptif au modèle explicatif*

C'est ce qu'ont proposé tant Ptolémée que Kepler. Leurs deux modèles descriptifs sont très satisfaisants et permettent d'ordonner de nombreuses données astronomiques. Sans rentrer dans les détails, ces deux modèles ordonnent les données à partir d'approches différentes. Le modèle de Kepler, au début du XVII<sup>e</sup> siècle, privilégie les mouvements autour du Soleil, et y trouve des régularités. Le modèle de Ptolémée, proposé au II<sup>e</sup> siècle de notre ère, permet de décrire les mouvements des planètes et du Soleil à partir de combinaisons des mouvements parfaits (cercles des épicycles et hypocycles). Au début du XVII<sup>e</sup> siècle, les églises, héritières des dogmes aristotéliens, apparaissent comme ouvertes aux spéculations théoriques, et l'église catholique accepte, sous l'initiative du cardinal Barberini, les deux présentations, mais interdit tout modèle explicatif susceptible de remettre en cause les dogmes de la bible (Jéhovah, lors de la fuite en Égypte, a arrêté le Soleil ; l'église a accepté de revenir sur cette interprétation littérale et, en 1982, de façon contournée, sur la condamnation de Galilée sans revenir sur «l'anecdote» du bûcher de Giordano Bruno : le cardinal Bellarmin, responsable de sa condamnation, a été canonisé).

Le statut du modèle scientifique n'apparaît pas épuisé par la réduction, et la mathématisation des résultats, qui caractérisent les deux modèles de Kepler et de Ptolémée, dont le statut scientifique apparaîtra comme différent. Pour obtenir un modèle scientifique, il est nécessaire qu'apparaissent d'autres caractères que ceux que nous avons déjà dégagés. Nous pouvons le préciser, en évoquant un exemple : la classification conduisant au tableau de Mendeleïev ne constitue pas, seule, un modèle scientifique, pas plus que ne l'apparaît la classification

des oiseaux de Borges (les oiseaux aquatiques, ceux dessinés à l'encre de Chine...). Pour qu'on ait un modèle, il est nécessaire que soit également associés d'autres principes justifiant les régularités. Le modèle de Ptolémée, comme celui de Kepler (ou celui, antérieur, et essentiellement idéologique du moine polonais Copernic) a des corrélats. Le fondement du modèle de Ptolémée réside dans l'harmonie aristotélicienne des sphères, et sur la perfection des mouvements circulaires. Comme l'a souligné, à la fin du XII<sup>e</sup> siècle, Averroès, créateur arabe de l'idée de laïcité, il y a une incohérence dans ce modèle de Ptolémée, ou plus exactement incompatibilité entre le modèle de Ptolémée et le modèle d'Aristote qui l'engendre, et qui n'est jamais remis en cause jusqu'à la Renaissance.

Le modèle scientifique n'apparaît pas seulement comme une codification possédant éventuellement un certain pouvoir prédictif (le calendrier des PetT possède un tel pouvoir, sur les phases de la Lune, les éclipses, les heures de lever et de coucher du Soleil). Ce type de modèle, quelquefois appelé modèle concret, apparaît comme bien élémentaire, et plus près de l'aéromodélisme que de la modélisation scientifique. Le vrai modèle scientifique, tel qu'il apparaît au XVII<sup>e</sup> siècle, est le modèle théorique.

### *Galilée et Newton créateurs de sens*

L'important apparaît être dans cette création de sens, correspondant au passage du modèle descriptif à un modèle explicatif.

Les concepts apparaissent à la suite du travail sur des données brutes, retenant des données pertinentes dans une forme de cohérence qui apparaît ainsi (après éventuellement des tâtonnements : pour Galilée par exemple, les premiers essais sont dans le sens d'une vitesse variant linéairement en fonction de l'espace parcouru). Nous ne sommes pas loin, dans cette affirmation d'une nécessité de signification dans l'approche scientifique, de la réflexion sur le paradigme de Kuhn, ni de la distinction sur abstraction concrète et abstraction réfléchissante de Halbwachs : le livre de Stengers insiste sur ces aspects, explicitant cette ouverture de sens, avec les nombreuses nuances et portées de ces innovations. Plus prosaïquement, nous sommes, physiciens, familiers de cette création de sens : ce qui se conserve existe : l'énergie mécanique, l'énergie thermodynamique, l'énergie de masse en sont des exemples, mais cela apparaît aussi avec tous les concepts créés au fil du travail du scientifique : éléments en chimie, moment cinétique, moment orbital, spin... Ce sens conduit à une lecture de l'expérience

qui ne résulte pas forcément directement d'une démarche déductive ; Holton le montre en particulier sur l'exemple de Millikan. Cette tentative de déchiffrer le réel correspond par exemple aux tâtonnements de Galilée (comment tirer d'un réel quelque peu anarchique une loi qui donne un sens différent de celui des tendances aristotéliennes). Ces constatations s'ouvrent directement à une réflexion sur le platonisme...

### *Niveau de travail du modèle*

La réduction et la mathématisation du modèle donnent des résultats. Il est intéressant de remarquer que, si la puissance des approches scientifiques (en particulier pour cette naissance de la mécanique) tient à la puissance de l'abstraction mathématique, le travail sur le modèle se situe dans le réel. On remplace le réel par un réel fictif, qui, pour imaginaire qu'il soit, se situe résolument dans la réalité. Il nous semble nécessaire d'insister sur cette constatation. En effet, le divorce entre physiciens théoriciens et praticiens apparaît plus comme un problème de partage de territoires de chasse, de division partielle du travail et de pouvoir, que de la séparation de deux domaines fondamentalement différents. Il suffit, pour s'en persuader, de penser aux modèles du monde de l'antiquité, et de leur séparation entre le monde des concepts et de la théorie et le monde concret, celui de la physique antique, qui n'était pas de l'ordre de la noësis (connaissance), mais de la doxa. Le travail des physiciens est un, et l'un des grands problèmes pédagogiques de l'enseignement de la physique est de le faire ressentir aux élèves et aux étudiants avant leur arrivée en troisième cycle. En premier cycle à la faculté des sciences de Besançon, nous portons notre effort sur une série de manipulations de mécanique (près de quarante heures sur les deux ans) focalisées sur les problèmes de mesure et de validité des modèles. Et l'importance de la nature de ce travail de la physique, travaillant sur des modèles placés (idéalement) dans le monde réel, est telle qu'il convient de revenir sur le développement historique.

### *Modèles mathématiques*

En effet la présentation que nous avons proposée de la naissance du modèle de la mécanique fait une entorse à l'histoire : le développement des modèles est en fait beaucoup plus ancien que ceux des modèles en physique. Ils apparaissent, dans l'antiquité, avec les mathématiques. Signalons cependant que pour les mathématiciens, la réalité est mathématique (platonisme ?) et les modèles mathématiques - la géométrie euclidienne par exemple - sont pris au monde physique, mais projetés dans la «réalité mathématique» (avec une inversion de

point de vue, de la même façon que pour le radiateur qui peut avoir la caractéristique de réchauffer ou de refroidir). Ces modélisations sont issues du réel (la nécessité de redistribuer les champs après les crues du Nil pour les géomètres, les nécessités fiduciaires pour l'arithmétique). Un problème important du développement des sciences paraît d'ailleurs résulter de la trop grande adéquation des modèles, facilement pensés comme la réalité, que ce soit au niveau du modèle planétaire de l'atome ou de la réalité du modèle euclidien de l'espace (avec l'épisode connu de Pascal relatif à l'axiome d'Euclide, et les résistances, en mathématique et en physique, aux géométries non euclidiennes).

### *Corroboration et preuve*

Les problèmes de l'adéquation du modèle sont des problèmes majeurs, difficiles, spécifiques des différents champs d'application. Signalons que (comme l'a popularisé Popper, mais il s'agit d'une réflexion beaucoup plus ancienne et commune) l'expérience ne prouve jamais (l'adéquation du modèle par exemple). Elle ne peut que corroborer, ou contredire...

## **RÉUSSITES ET ÉCHECS DE LA TOUTE PUISSANCE MODÈLE MÉCANIQUE EN PHYSIQUE**

Il s'agit ici plus d'une évocation de faits connus que d'un développement. La réussite du modèle des points matériels correspond aux Principia de Newton, imposant la force de gravitation (force à distance), avec tous les succès en astronomie, mais aussi en mécanique des fluides et mécanique des solides, où la reconstruction du réel par des distributions de points matériels apparaît comme une arme absolue et la compréhension du monde. Kant codifie ces acquis par une construction de la réalité, où la physique correspond à des événements prenant place dans un espace et un temps absolus, «données immédiates de la conscience». Cette adhésion à la théorie newtonienne n'est pas première pour Kant, et qu'il ne s'y est pas résolu sans réticences. Le modèle de la mécanique rationnelle, intégrant les concepts énergétiques (repoussés comme aristotéliquement téléologiques par Newton, qui refusait la conservation de l'énergie, comme trop leibnizienne et atteinte à la toute puissance de Dieu), va envahir la physique en ne voyant que quelques résistances : en électricité (ce qui suscite, au début du XIX<sup>e</sup> siècle le concept de modèle en physique pour justifier une approche non mécaniste) et pour ce qui concerne les ondes (en particulier en optique) avec la naissance de l'éther pour les rattacher

aux phénomènes des vibrations mécaniques. Cette toute puissance est liée à la prééminence du positivisme, et du déterminisme codifié par Laplace.

Cette toute puissance (qui dépassera les limites de la physique) sera cependant mise à mal, en plusieurs temps :

- remise en cause, pour les ondes, de l'éther après l'expérience de Michelson Morley 1880, et ce malgré un combat d'arrière garde héroïque (contraction de l'espace...),
- abandon du temps absolu (Einstein, 1905), par un retour à la cohérence par rapport à l'idée fondatrice du principe de relativité galiléen (le temps absolu de la mécanique classique ne peut coexister avec la propagation des actions à distance non instantanée, sans repère privilégié), et au fondement opérationnel (et non platonicien) de la définition du temps et de la synchronisation des horloges,
- abandon de l'espace absolu où se situe la physique, avec la relativité générale où la géométrie dépend de la matière,
- remise en cause de la description de la matière comme correspondant à une distribution de points matériels par la mécanique quantique.

Cela pour le seul domaine de la physique (avec une particularité qui, en raison de la spécificité de ce cas, et contrairement à ce qui se passe très souvent, fait croire à la pertinence universelle de l'image de l'emboîtement des modèles)...

Cette remise en place de la théorie de la mécanique classique incite naturellement à effectuer un retour sur les ruptures épistémologiques et en particulier les paradigmes de Kuhn (que nous n'effectuerons pas ici).

## **PROLONGEMENTS**

### *Pouvoir des concepts, prix du pouvoir*

Cette promenade historique ne nous a pas permis d'aborder certains aspects intéressants. Il apparaît opportun d'en évoquer certains autres, comme prolongements possibles, en renvoyant éventuellement au livre de Stengers.

Le premier est relatif aux questions d'Einstein :

- Dieu avait-il le choix ?
- Pourquoi l'univers est-il compréhensible ?

Ces deux questions sont abordées par les Grecs, et elles conduisent naturellement au conflit, à la renaissance, entre le pouvoir de la raison, et la toute puissance de Dieu. (Ce serait une des causes de la révolution galiléenne ?).

Un autre développement possible conduit à se pencher sur l'importante différence de statut des sciences narratives ou descriptives (historiques en particulier), conduisant à la négation de la pertinence de critères universels de scientificité. Cette étude permet de comprendre, en particulier, la focalisation des anti-évolutionnistes aux États-Unis, et le statut du créationisme en relation avec l'acceptation du Big Bang avec les connotations de cette dénomination.

Il est possible aussi, dans la droite ligne de cet exposé, de faire une analyse du statut de la «chymie» au temps de l'encyclopédie (art) et au XIX<sup>e</sup> siècle, où les techniques créent les conditions d'une conceptualisation des corps purs...

On peut aussi, à la lumière de cette approche, discuter de façon critique le concept de technoscience, analyser pour la biologie la synergie entre technique et théorie, et discuter les modèles de scientificité (avec les priorités données dans les différentes disciplines, comme conséquence de ces modèles : en histoire à la démographie, en pédagogie aux données statistiques...) Toute ces pistes sont ouvertes dans le livre de Stengers.

Mais la portée véritable de l'explication scientifique pourrait aussi, de façon un peu provocatrice, être éclairée par une réflexion sur la chimie du goût : l'œnologie apparaît comme une science expérimentale, intégrant, dans leur diversité, les véritables instruments de mesure pertinents, avec une possibilité de mesures (où l'objectivité n'a pas le même statut qu'en physique) dans un domaine où les acquis (scientifiques) de la chimie apparaissent comme sans intérêt véritable. Ou aussi par les rapports entre la lutherie et l'acoustique, avec l'expérience de Savart, mandaté par l'académie des Sciences, au début du XIX<sup>e</sup> siècle, pour créer un violon intégrant «les données modernes de la physique».

### ***Rationalité scientifique***

Nous ne ferons qu'évoquer certains aspects des approches de Hume, Kant, Mach et Einstein, analysés magistralement dans l'étude de Stengers. «Ce que les scientifiques reconnaîtront comme rationnel n'est pas déterminé par une norme extérieure à leur science, mais

constitue au contraire un enjeu sans cesse rediscuté et redéfini par l'histoire de cette science». (Ce qui est caché par la plupart des spécialistes, les scientifiques qui comptent ; on peut s'en persuader par leur refus systématique de la philosophie, qui peut expliquer par exemple la marginalisation du livre de Michel Paty, *Einstein philosophe*, tant dans les critiques générales qu'au travers de celles de la presse scientifique). On doit souligner aussi les risques d'une épistémologie normative, à laquelle s'oppose si bien Feuerabend. Cela conduit à ce qui constitue sans doute la finalité de toute approche scientifique : disposer de modèles permettant d'agir sur la réalité de façon reproductible ; mais cette fin peut prendre des formes qui diffèrent du modèle standard du développement scientifique, comme le montre le cas Barbara McClintock, qui reçut récemment le prix Nobel de biologie pour des travaux menés depuis la fin des années quarante en dehors des voies reconnues de la recherche dans son domaine.

Nous concluons cette approche des concepts scientifiques, sur ces ouvertures, en glissant une dernière affirmation «une vertu est nécessaire à ceux qui s'intéressent aux stratégies des scientifiques : l'humour».

## BIBLIOGRAPHIE

- Isabelle STENGERS et Judith SCHLANGER : «*Les concepts scientifiques*» - Folio essais - Galimard - 1991.  
On trouvera dans ce livre une bibliographie sur les classiques (Bachelard, Kuhn...) que nous évoquons.
- Michel HULIN : Bulletin de l'Union des physiciens - 713 sup - Avril 1989.
- Henri ATLAN : «*A tort et à raison*» - Science ouverte - Seuil - 1986.
- Encart pédagogique, supplément au Bulletin de la SFP n° 22 - 1975.
- Francis HALBWACHS : «*La pensée physique chez l'enfant et le savant*» - Delachaux Niestlé - 1973.
- Gerald HOLTON : «*Aspects thématiques...*» - Le Débat n° 4 - Septembre 1980.
- Michel PATY : «*Einstein philosophe*» - PUF - 1993.

## *Annexe*

### *Idéologie et modèles*

---

L'actualité nous conduit, en complément à ce travail sur les concepts et la modélisation scientifique, à montrer les glissements conduisant à l'utilisation purement idéologique d'une modélisation, en économie.

Il est bien connu que la loi de l'offre et de la demande est un modèle isolant, pour une marchandise standard, une courbe de l'offre sur un marché, liant les quantités mises sur le marché au prix considéré comme fixe, et une courbe de la demande liant les quantités achetées au prix. Le fonctionnement de ce modèle sur des marchés frustrés (marchés des paysans, des actions ou des devises) montre que souvent le libre fonctionnement du marché se traduit par une fixation rapide des prix à l'intersection des courbes (croissante) de l'offre et (décroissante) de la demande.

Une partie du travail des économistes dans l'étude des économies de marché correspond à un affinement de ce modèle élémentaire, avec des variantes qui peuvent être importantes (coût marginal...) : en particulier, il s'est avéré que sur le marché du travail, dans nos pays développés, une baisse générale du prix du travail, au lieu de se traduire par une diminution de l'offre (c'est-à-dire des demandes d'emploi) se traduit en général par une augmentation de ces demandes d'emploi (c'est un phénomène complexe, sur un matériel d'étude complexe, mais qui peut s'interpréter relativement facilement si on accepte le fait que les réactions humaines se situent au-delà du fonctionnement du modèle qu'on ne voudrait pas abandonner).

C'est dire si (indépendamment même de toute autre considération) il faut être prudent dans les affirmations liées à l'utilisation de ce modèle ; le fonctionnement sans contrôle de la loi de l'offre et de la demande (en fait limité par des conquêtes sociales que certains considèrent comme des archaïsmes) ne conduirait pas forcément à un équilibre : les courbes croissantes l'une et l'autre se rejoindraient-elles ailleurs que dans les fantasmes réactionnaires ? Le tatcherisme et le reaganisme en ont fait l'expérience, pas vraiment concluante, dans un

libéralisme débridé, et nous restons, en Franche-Comté, marqués par un contre-exemple manifeste de la validité de l'application de ce modèle. Il s'agit de la différence entre l'évolution du nombre d'emplois dans l'industrie horlogère dans le Doubs et en Suisse voisine, caractérisée par son haut niveau de salaires : depuis la crise de Lip, manufacture bisontine remarquable en France par son niveau de recherche et ses hauts salaires, l'industrie horlogère suisse a multiplié les emplois dans son pays, alors que l'industrie horlogère française a subi un dégraissage épouvantable, tant en emplois qu'en valeur ajoutée.

La révolte en France contre le SMIC jeune nous avait montré que les jeunes étaient moins déformés que leurs camarades du libéralisme triomphant des années 1986-87, quant à la confiance aveugle en la pertinence d'une utilisation mécanique des dogmes du libéralisme s'appuyant sur la croyance en les mérites de l'application fruste du modèle de la loi de l'offre et la demande : la moitié des étudiants (scientifiques) de première année de faculté Sciences Pour l'Ingénieur (SPI) avaient, après une conférence d'économie, dénoncé comme une intolérable atteinte à la LOI de l'offre et la demande l'existence du SMIC. Ceux qui, en se retranchant derrière les lois (toujours d'airain) de l'économie, stigmatisent l'absence, en France et en Europe, d'une politique résolue de bas salaires semblent en être restés au même stade de compréhension des conditions de l'utilisation des modèles en économie. Ne s'agit-il pas là d'une mauvaise assimilation de la nature du remarquable outil scientifique que constituent les modèles ?