

# L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

## A-T-IL UN CONTENU CULTUREL ?

*« Culture scientifique » ?*

Lorsqu'on lit des textes concernant l'enseignement primaire et secondaire, ou ceux qui fixent les objectifs d'institutions telles que les CCSTI<sup>1</sup>, Palais de la Découverte, etc., il semblerait que le problème posé par la « culture scientifique » soit avant tout celui de sa diffusion, qu'il faut améliorer en quantité et qualité. Si l'on s'y interroge, en effet, c'est avant tout sur les solutions à apporter au décalage inquiétant entre la place des sciences dans nos sociétés et le peu d'intérêt manifesté par beaucoup de citoyens pour les sciences (ou en tous cas la faiblesse de leurs connaissances). Les remarquables progrès, en France, des éditions, revues, etc. proposant une divulgation de qualité ne semblent pas avoir comblé ce fossé.

Mais l'alliance des deux termes, « culture » et « scientifique » est rarement mise en cause, alors qu'à mon avis elle ne va pas de soi, et que là est peut-être le problème central.

Je me limiterai ici à l'exemple des sciences physiques. De plus mon expérience étant celle d'un enseignant de lycée j'ai, sauf exception, laissé de côté tout exemple concernant école primaire et collège, bien que la réflexion sur la « mise en culture » d'un enseignement des sciences y soit d'une grande importance.

*À quelles conditions des connaissances scientifiques font-elles culture ?*

Dans un article déjà ancien, J.-M. Lévy-Leblond<sup>2</sup> commentait les réponses de 35 étudiants en licence de physique à quelques questions dont les suivantes :

---

(1) Centres de culture scientifique technique et industrielle.

(2) Professeur de Physique théorique, Université de Nice, et directeur de collection au Seuil (« Science ouverte »). Article dans le « Bulletin de l'Union des physiciens » n° 713 (3/89).

« *Au cours de vos études de physique, vous a-t-on déjà parlé du mécanisme des marées ?* » (14 oui, 21 non).

« *Expliquez brièvement pourquoi il y a en général deux marées par jour en un point donné* » (26 ne peuvent donner aucune réponse, 9 une réponse fantaisiste).

Enfin « l'inculture au sens profond du terme que révèlent ces réponses », nous dit Lévy-Leblond, est explicité par la question: « *Depuis quand la physique comprend-elle le phénomène des marées ?* » Si 14 étudiants proposent bien le XVII<sup>e</sup> siècle, 6 en tiennent pour l'Antiquité, 10 pour le XVIII<sup>e</sup> et 5 pour le XIX<sup>e</sup>.

Autrement dit, il n'y a plus Culture « au sens profond du terme » si se perd la conscience de ce qui, à travers ces connaissances, nous relie à « l'aventure de l'humanité », dans son histoire, dans sa relation à l'Univers naturel et au monde technique lui-même surgi historiquement de cette relation.

Cet exemple nous dit aussi qu'il ne peut subsister un contenu culturel si se perd le souci des questions (en « langage naturel ») par lesquelles l'humanité a cherché à se situer dans l'Univers : pourquoi les marées, leur rythme ? Pourquoi le bleu du ciel ? Qu'est-ce qui fait briller les étoiles ?... La physique s'est faite à partir d'une multitude de telles questions. Celle qu'on enseigne vous apprend « l'électricité », « la mécanique », « la thermodynamique »... et c'est légitime ! Si ce n'est qu'on oublie souvent en route les questions qu'on avait (avant d'être si savant). Par exemple, le lycéen de terminale scientifique est suréquipé pour la compréhension des deux marées quotidiennes, mais s'il a l'équipement, a-t-il encore la question ? S'il a l'alphabet de la réponse, a-t-il la réponse<sup>1</sup> ?

Essentiel, aussi, que les « réponses », souvent exprimées en « langage mathématique » et comprises ainsi du spécialiste soient traduites en langage naturel !

Perdre la conscience des conditions d'apparition des connaissances scientifiques, c'est aussi perdre la nécessaire conscience de la contingence et des limites des connaissances scientifiques. De ce point de vue, certains immenses physiciens, doués par exemple d'une connaissance fine des théories les plus complexes (physique des particules élémentaires, gravitation selon la « relativité générale » einsteinienne, etc.) me semblent d'une étonnante naïveté — difficile de l'écrire tant on se sent alors prétentieux ! Leur « philosophie spontanée » n'est pas instrui-

(1) J'ai gardé l'exemple des marées. Il est cependant possible, de la façon dont les programmes de terminale ont évolué, que le test donne actuellement sur ce sujet de meilleurs résultats.

te de ce qu'enseigne, ne serait-ce qu'au niveau d'un cours de lycée, la réflexion philosophique sur la nature de ces connaissances ! Elle oublie en particulier que la physique ne nous dit pas ce qu'*est* la physique, son rapport particulier au monde.

La critique philosophique est une condition d'une culture scientifique, non seulement pour garder conscience des limites de « la » science et de ses différents domaines, mais tout autant pour combattre la tendance, au nom même de ces limites, à oublier le souci de vérité et d'intelligibilité. Qu'est-ce que la « vérité scientifique » ? Cherche-t-on à comprendre des « vérités », fussent-elles partielles ou provisoires, ou à trouver des formules qui « marchent » ? Il y a une forme d'arrogance dans l'oubli de ces « vieux » débats...

Il est vrai que dans les débats épistémologiques actuels domine très souvent, avec Kuhn et Latour par exemple, une vision relativiste et sociologique de la « vérité » qui serait définie par le « consensus » (d'une majorité des grands chercheurs et professeurs d'une époque) autour d'un « paradigme ». Ceci me semble faux, mais je préfère les métaphysiques explicites (et donc offertes à la discussion) à celles qui nous sont imposées « en douce ». Des prises de position métaphysiques sont en effet à l'œuvre dans de nombreuses instructions aux enseignants, qu'il s'agisse comme on le verra de la place donnée à la « modélisation », ou de ce que j'appelle plus loin « l'expérimentalisme primaire ». Un autre exemple sur lequel je reviendrai est celui des cosmologies.

Enfin, et ce n'est pas le moins important, je crois qu'il n'y a pas culture sans l'expérience d'une relation humaine. Telle connaissance, quel qu'un m'a permis de la comprendre, ou d'en comprendre l'importance. Ou à mon tour c'est moi qui la transmets à autrui. Une connaissance peut-elle faire sens, se transformer en « héritage », en dehors de cette expérience partagée ? Faut-il réhabiliter la notion de « maître » (et pas seulement à l'école), à l'heure où le discours dominant insiste sur la « construction par l'élève de son propre savoir », sur l'usage individualisé des nouvelles technologies, et donne un sens péjoratif à l'expression « cours magistral » ? Certains voient la perte du lien humain comme une fatalité liée aux nouvelles technologies (l'élève piochant des connaissances sur Internet comme on fait ses courses dans un supermarché, seul au monde devant son ordinateur...). Or cela n'a rien d'une fatalité, c'est une question de philosophie de l'éducation : ce lien, rendu plus indirect, il faut vouloir le rendre visible.

Ces conditions générales d'un contenu culturel étant posées, qu'en est-il en pratique ?

Nous nous arrêterons sur les programmes des lycées, puis sur les interrogations que peut susciter la place qu'on y donne à la notion de

« modélisation », en vogue bien au-delà du domaine scolaire, ainsi que sur le rôle donné à l'expérimentation. Enfin, sur l'exemple particulièrement significatif de la divulgation des cosmologies modernes (dans l'enseignement et aussi auprès du grand public), il sera question de l'oubli des limites des sciences, oubli qui, s'il découle peut-être d'une inculture des scientifiques, peut constituer en retour, par la prétention hégémonique de « la » science sur tous les domaines de la vie, une menace pour la culture.

*L'enseignement secondaire des sciences physiques : les programmes de Seconde, point sensible...*

Je limiterai mon étude, en effet, à la classe de Seconde. Une majorité des élèves de lycée ne fait pratiquement plus de physique ensuite. C'est donc largement l'enseignement de 2<sup>de</sup> qui exprime ce que « nous » avons décidé devoir être la vision des sciences physiques qu'aura le futur bachelier.

1 - Le programme de 1993, révélateur d'une conception techniciste et utilitariste ?

Ce programme achevait l'évacuation, commencée au collège, d'une physique des « forces », qui aurait pu<sup>1</sup> être celle de l'enfant qui joue à la toupie et à la balançoire, de l'homme qui marche, se déplace, navigue, construit, travaille. La machine moderne n'a pas fait disparaître les « machines simples » (levier, treuil,...) de la panoplie du bricoleur ou des tiroirs de la cuisine, ni la manière subtile dont nous jouons de la pesanteur et du frottement, que nous marchions ou que nous roulions...

Le but affiché était de « séduire » l'élève, et pour cela la physique devait être « branchée » sur le monde technique des « jeunes » et utiliser les outils les plus modernes, d'où le « thème conducteur » : « lumières et sons ».

Dans l'étude du son, est privilégiée sa production ou reproduction par des moyens modernes (baladeur, microphone, haut-parleur, synthétiseur) même si les instruments de musique sont mentionnés. Quant aux moyens d'étude, l'ordinateur tient la vedette. Moyennant un microphone et un logiciel approprié, il est devenu facile — et c'est fascinant ! — d'analyser en quelques secondes un son musical : fréquence, proportions des harmoniques responsables du « timbre ». Mais ce souci de valoriser l'outil moderne n'a pas que des avantages. Ainsi on passe beaucoup de temps à « décrire » les sons et beaucoup moins

(1) « Aurait pu » : il y aurait beaucoup à dire sur la façon dont on enseignait « les forces » auparavant.

à comprendre comment leurs caractéristiques sont déterminées par la façon dont ils sont produits par des « cordes vibrantes », ou les « tuyaux sonores » des instruments à vent<sup>1</sup>.

Dans le reste du programme, les notions ou les unités ne sont pratiquement jamais définies : la tension électrique est... ce que mesure le voltmètre, l'intensité ce que mesure l'ampèremètre. Le fait qu'en inversant les bornes d'un voltmètre numérique, on obtienne l'affichage d'un signe opposé est « preuve » du caractère algébrique de la tension... Qu'importe ! les expériences et les courbes affichées sur l'écran de l'ordinateur montrent que « ça marche ».

Il n'est pas possible ici de faire une analyse détaillée et complète. On en tirerait à mon avis les conclusions suivantes :

- l'image donnée de la physique est en rupture avec celle d'une « science de la nature ». La physique est une science du « monde technique » sans que la capacité acquise par l'homme de devenir un « dérangeur de l'univers<sup>2</sup> » soit comprise comme le fruit de ses interrogations sur « les lois de la nature ».

- l'un des dix objectifs généraux affichés dans le préambule des programmes (montrer « que le monde est intelligible », qu'un petit nombre de lois constitue « une représentation cohérente de l'univers », faire appel pour cela à la « dimension historique ») n'a pas de traduction concrète : le « ça marche » — le critère d'utilité — (les applications techniques donnent raison aux formules) tient lieu de compréhension (alors qu'il n'y a pas intelligence des concepts traduits par les grandeurs mesurées).

- le rôle donné à l'expérience ment sur ses rapports réels avec la théorie<sup>3</sup>.

- aucun exemple n'aura été donné de ce que peut être la puissance d'une grande « théorie physique » (rien ne sera connu par le futur bachelier scientifique sur ce qu'est par exemple la théorie de Newton de la gravitation universelle).

## 2 - Le programme de 1993, une « révolution » clandestine ?

C'était en effet un bouleversement radical par rapport aux anciens programmes, imposé par en haut sans consultation ni débat parmi les

(1) Belle occasion perdue: on attribue à Pythagore la découverte de la correspondance entre rapports numériques simples de longueurs de cordes et intervalles musicaux harmonieux. Si la physique moderne est née de la conviction que « le grand livre de la nature est écrit en langage mathématique » (Galilée) alors la musique a quelque chose à voir avec cette naissance: en recherchant le Nombre dans l'univers entier les pythagoriciens croyaient entendre la « musique des sphères ».

(2) *Les Dérangeurs de l'univers* (Payot, 1986), titre d'un beau livre de 50 ans de souvenirs du grand physicien Freeman Dyson.

(3) Voir plus loin: « l'expérimentalisme primaire ».

professeurs. Cela semble sans rapport avec le sujet traité ici ? Je n'en suis pas sûr : peut-être faut-il y voir l'effet de la dévalorisation des praticiens depuis que l'éducation est, par décision administrative, objet de « sciences » et affaire de spécialistes<sup>1</sup> ?

Le contraste est frappant, en tous cas, avec l'époque de la « Commission Lagarrigue<sup>2</sup> », où des textes « fondateurs » furent diffusés largement et soumis au débat, de même que les réflexions et expériences à l'étranger, puis les premières ébauches de programme et leur expérimentation locale...

### 3 - Rentrée 2000 : une bouffée d'air frais ?

Le nouveau programme de Seconde est en rupture radicale avec celui de 1993. Et je trouve énoncée dans le préambule sur « l'enseignement des sciences au lycée<sup>3</sup> » une partie de ce que je considérais plus haut comme les conditions pour que les connaissances « fassent culture ». Voyons pour la physique (pour la chimie également les transformations me semblent pour l'essentiel positives).

Le programme s'articule autour de trois thèmes :

- « L'exploration de l'espace ». De l'atome aux galaxies, c'est de notre connaissance historique de l'univers naturel qu'il s'agit : comment par exemple reproduire l'évaluation par Ératosthène du rayon terrestre, puis comment a progressé l'évaluation des distances en astronomie ? Comment encore reproduire l'expérience très simple qui a pu donner le premier ordre de grandeur de la taille d'une molécule ? Comment avec l'analyse de leur spectre lumineux débute dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle la connaissance de la composition des étoiles — dont Auguste Comte affirmait au même moment la radicale et éternelle impossibilité !

- « L'Univers en mouvements et le temps ». C'est la théorie newtonienne simplifiée qui est proposée (la relation liant force et variation de vitesse est présentée de façon purement qualitative). Jusqu'ici, il fallait attendre d'avoir les outils mathématiques de la terminale scientifique pour avoir le « droit » de savoir que cette théorie rendait compte du mouvement des planètes comme de ceux des projectiles. Un aperçu de l'histoire de la mesure du temps, de la clepsydre aux actuels « signaux

(1) Les « sciences de l'éducation » me semblent un domaine où le « physicalisme », c'est-à-dire une application illégitime de la démarche des sciences physiques à l'humain, domine largement. C'est un des points que je tenterai de proposer au débat dans un prolongement donné à cet article sur le web (« la science » — du moins comme institution sociale et comme « mentalité scientifique » — quand elle prétend à l'hégémonie, serait-elle ennemie de la Culture ?)

(2) Commission qui débuta ses travaux en 1971, avec une volonté clairement exprimée de « prendre le temps » de la réflexion, de l'expérimentation et du débat. Les programmes issus de ses travaux pré-sentaient à mon avis de nombreux défauts, qu'un bilan aurait pu corriger... mais l'autorité politique, en « remerciant » prématurément la commission rendit impossible un travail de suivi organisé...

(3) B.O.E.N. hors série 12/08/99, pp. 5 et 6.

d'horloge » en passant par l'horloge de Huygens, est proposé au travers d'activités allant de la réalisation d'un pendule simple aux mesures par ordinateur.

- « L'air qui nous entoure ». Il s'agit aussi de « fondamentaux » de la physique : la difficile notion de température, le lien entre comportements microscopiques et caractères macroscopiques.

Pour l'instant (au bout de trois mois, soyons prudent !) la motivation et la curiosité des élèves — qui résistaient assez largement à la « séduction » antérieure — me semblent vives.

4 - Des réserves cependant !

- D'abord c'est une nouvelle « révolution par en haut » : Groupe de travail disciplinaire et Conseil National des Programmes ont travaillé de façon encore plus clandestine !

- Ensuite la réduction de l'activité scientifique à la « modélisation », dominante en 93, est encore largement présente. Par ailleurs, des dérivées « expérimentalistes » sont au minimum possibles, en même temps que pèse l'opprobre sur une dose même limitée de « cours magistral »...

*« Modélisation » contre « théories physiques » : utilitarisme contre intelligibilité ?*

1 - La « modélisation » comme définition suffisante de l'activité scientifique ?

Pour J.-P. Changeux l'activité scientifique consiste à établir des modèles, et rien d'autre<sup>1</sup>.

Cette notion de « modélisation » a depuis une bonne dizaine d'années complètement envahi les commentaires de programme ainsi que les formations en I.U.F.M. De façon heureusement souvent moins absolue que chez Changeux : « L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche *la plus importante* et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique<sup>2</sup>. »

La place donnée à cette notion (non la notion elle-même) me semble une nouveauté par rapport à la tradition philosophique concernant par exemple la construction hypothético-déductive d'une théorie physique et je pense, sous réserve d'inventaire, qu'elle résulte des travaux des didacticiens s'appuyant eux-mêmes sur la philosophie « spontanée » de certains scientifiques actuels. La distinction entre « philosophe » et « didacticien » me semble d'importance dans la mesure où les didacti-

(1) Affirmation reprise « en substance » d'une conférence à Rennes il y a quelques années.

(2) Même B.O.E.N., préambule sur « l'enseignement des sciences au lycée ». C'est moi qui souligne.

ciens participent, administrativement en tous cas, des « sciences » de l'éducation<sup>1</sup>.

En parallèle on voit disparaître des mêmes commentaires, à une ou deux allusions près, les mots « théorie physique ».

2 - Une philosophie implicite, l'utilitarisme ?

Il me semble que ce changement de vocabulaire permet d'éluder la question de la vérité, fût-elle relative, des connaissances. La science est-elle « l'ensemble de recettes qui réussissent toujours » ou « un système cohérent de vérités<sup>2</sup> », ce qu'affirme à mon avis l'expression « théorie physique » ?

Mais d'abord, y aurait-il malentendu sur le vocabulaire ? Comment les tenants de la « modélisation » la définissent-ils ?

« Extraire du monde une représentation simplifiée », faire pour cela « appel à des diagrammes, des schémas ou des expressions mathématiques [...] ceci dans toutes les sciences » nous dit-on dans le B.O.E.N. déjà cité. « Le propre d'un modèle *est d'être opératoire* », écrivent M. Scheidecker-Chevalier et G. Laporte dans *La Démarche de modélisation en chimie*<sup>3</sup>.

Personne ne conteste que simplifier la réalité, l'idéaliser, enfin la mathématiser soient des moments très importants de la démarche du physicien. Mais est-ce « la démarche la plus importante » ?

On fait parfois en terminale un TP reliant force et accélération (variation du vecteur vitesse par unité de temps) à l'aide d'un dispositif simplifiant la réalité (mobile à coussin d'air, etc...), puis l'ordinateur permet d'« ajuster un modèle mathématique » qui, en idéalissant les résultats expérimentaux, suggère la fameuse loi de Newton : « Force = masse x accélération ». Mais réduire la théorie de Newton à cette « modélisation » serait une imposture ! Son génie réside bien plus dans la fondation des concepts mêmes de force et de masse, qu'on présente à l'élève comme déjà donnés. N'était-ce pourtant pas là « le plus important » ?

Un peu plus tard on « découvre » lors d'un autre TP le « théorème de l'énergie cinétique ». Pourquoi alors garder le vieux nom de « théorème » ? Ce collage purement opératoire d'un morceau de réalité à un modèle mathématique « qui marche » fait perdre de vue totalement

(1) Voir note ci-dessus. Et là où la philosophie fait débat, la « science », du moins dans la représentation dominante qui en est donnée dans la société, est habilitée à trancher.

(2) Expressions empruntées à François Lurçat, chap. 1 de *L'Autorité de la Science* (Cerf, 1995), chapitre où il analyse à mon avis magistralement les critères d'une part de la « social-scientificité », d'autre part ceux des « sciences vraies » et des fondements particuliers à chacune de ces dernières.

(3) Ellipses, 1999. C'est moi qui souligne. Ce livre sera cité par la suite plus brièvement comme : « démarche de modélisation... ».



à l'élève la cohérence qui est celle d'une théorie, et qui rend intelligible ce qui autrement ne serait que recueil de recettes. Dans la théorie, des « principes » précèdent des lois, dont d'autres peuvent être déduites (« théorèmes ») puis appliquées à des « modèles » simplifiés des situations réelles, qu'on soumet enfin à la vérification expérimentale, etc. Vieux b-a ba pour beaucoup « d'anciens », mais passé à la trappe dans les manuels actuels.

J'emprunte à F. Lurçat un bel exemple de ce qu'est un modèle et de ce qu'il n'est pas<sup>1</sup>. Rutherford, en 1911, après sa découverte alors stupéfiante du noyau atomique et de sa petitesse, propose un modèle dit planétaire car reposant sur l'analogie noyau = soleil, électrons = planètes. « Modèle et non théorie », nous dit Lurçat, « parce que cette représentation de l'atome pose plus de problèmes qu'elle n'en résout ». (En effet, du point de vue des lois physiques alors connues, cet atome est absolument « impossible » pour de nombreuses raisons.) Nos manuels d'enseignement présentent quant à eux le « modèle de Bohr », où les orbites des planètes-électrons obéissent à des règles de quantification remarquablement opératoires (rendre compte des spectres de raies des lumières absorbées ou émises par les atomes). Les mêmes manuels ont tendance à réduire le génie de Bohr à cette modélisation. Or ce modèle était encore plus « impossible » — incompréhensible — que celui de Rutherford. Tout le génie de Bohr fut de l'utiliser comme un tremplin : réunir tout ce qui défait la physique classique, comme « marche » vers une théorie nouvelle posant de nouveaux fondements : la mécanique quantique.

Dans de nombreux autres exemples historiques, et dans des situations d'enseignement, on voit souvent le « modèle » jouer en quelque sorte un rôle d'intermédiaire entre la théorie et la réalité physique.

Revenons au texte « la démarche de modélisation ». Les auteurs y citent, fort judicieusement à mon sens, la critique de la « démarche inductiviste [...] par les épistémologues et historiens des sciences [...] au profit des processus hypothético-déductifs ». Puis, se fondant sur cette critique, ils empruntent à d'autres « chercheurs en didactique » la conclusion qu'il faut « abandonner la démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences au profit d'une démarche de modélisation ». Il est remarquable qu'ils semblent ne pas se rendre compte du glissement de sens qu'ils ont opéré : démarche de modélisation, et constitution « hypothético-déductive » d'une théorie, ce n'est tout de même pas tout à fait la même chose ! Et de fait ils n'évoquent nulle part la notion de théorie. Curieusement, l'adjectif « théorique »

(1) *La Science suicidaire*, éd. F. X. de Guibert, 1999, pp. 177 et sqq.

apparaît (« objets théoriques », « champ théorique », face à « objets expérimentaux » ou « champ expérimental ») mais jamais le substantif « théorie ». Il y a bien chez eux réduction à la modélisation !

Le deuxième chapitre de ce texte est plus explicite encore quant à la philosophie opératoire et relativiste sous-jacente : le but « n'est pas de décrire le fonctionnement de la réalité », « un modèle n'est pas meilleur qu'un autre », n'est « pas exportable dans le temps ». Tout cela est confus...et contestable : Copernic renverse bien Ptolémée. La théorie de Newton est meilleure que celle d'Aristote (cela ne doit pas empêcher de dénoncer les ricanements *a posteriori* d'une fausse histoire des sciences sur Aristote ou sur les alchimistes, etc). De plus elle est exportable dans le temps, et il est peut-être trop vite dit qu'elle soit détrônée par celle d'Einstein — contrairement à ce que pensent sans doute, avec Kuhn, les auteurs.

3 - Le « modèle » de Copernic selon Ossianer (un « âne écrivant pour des ânes »)

Si la modélisation et son succès pratique étaient l'essence de l'activité scientifique, le combat pour imposer le système de Copernic contre celui de Ptolémée aurait été dénué de sens. En effet, les prédictions du système géocentrique de Ptolémée « marchaient » remarquablement bien, aussi bien pratiquement que celles de Copernic malgré les corrections apportées par ce dernier à ses hypothèses initiales (le soleil pas exactement au centre, des épicycles aussi nombreux et compliqués que ceux de Ptolémée surajoutés aux « cercles » des planètes)<sup>1</sup>.

Lorsque parut enfin l'ouvrage de Copernic, il était précédé d'une préface, due à Ossianer, précisant qu'il ne s'agissait que de présenter un système mathématique ingénieux (un modèle !) sans prétention à être plus juste ou faux qu'un autre. Plus tard, l'Église proposera de même à Galilée d'enseigner le système de Copernic comme une hypothèse commode pour rendre compte des observations (dans le langage de l'époque « sauver les apparences ») sans se prononcer sur sa vérité.

On sait que Kepler dénonça avec virulence Ossianer comme étant « un âne écrivant pour des ânes ». Quant à Galilée, il refusa le compromis proposé en publiant, quelques années après, le *Dialogo*.

Il me semble que le point de vue de nombre de didacticiens actuel coïncide au contraire avec celui de l'Église d'alors...

---

(1) Ceci est analysé de façon remarquablement documentée et passionnante par l'écrivain Arthur Koestler dans son essai sur l'histoire des conceptions de l'Univers *Les Somnambules* (Calmann-Lévy, 1960).

Il fallut que Kepler améliore Copernic par le recours aux orbites elliptiques pour rendre ses prédictions supérieures à celles de Ptolémée. Enfin, seule la synthèse newtonienne, en ce qu'elle ne se contente pas d'être opératoire, constitue une théorie au sens strict, là où se combattaient auparavant les deux « systèmes ». On voit à quel point une philosophie s'arrêtant aux modèles serait régressive !

*L'« expérimentalisme primaire » a-t-il des fondements dans la pratique réelle des sciences ?*

J'y ai fait allusion avec l'exemple du TP «  $F = ma$  ». L'exemple n'était pas isolé.

Sous prétexte que « la physique est une science expérimentale » la tendance dominante (programmes de 1993, mais surtout instructions, formations, etc.) était<sup>1</sup> de faire découvrir aux élèves, morceau par morceau, les lois physiques à partir de T.P. ad hoc. J'ai déjà dit toutes les impostures que cela impliquait sur l'exemple du programme de 2<sup>de</sup> (établir des relations entre grandeurs que seul l'instrument de mesure « définissait » magiquement ; c'est ainsi par exemple qu'on pouvait « trouver » magistralement la loi d'Ohm sans jamais se demander si les instruments utilisés n'étaient pas... une application de ladite loi). De même, j'ai cité le TP où l'on « découvre » le théorème de l'énergie cinétique, sans que nulle part soit expliqué d'où lui vient son vieux nom de théorème.

Que des expériences servent parfois à vérifier la validité d'une hypothèse ou d'un « principe » par les conséquences qui en ont été déduites est ainsi passé à la trappe.

Du point de vue d'une culture cela procédait, en diffusant l'illusion d'une correspondance imaginaire élément par élément entre expérience et théorie, d'une méconnaissance de leurs rapports réels dans l'histoire de la physique. Le récit du rôle réel d'une expérience dans l'histoire de la physique (soit qu'elle ait été à l'origine d'une hypothèse, soit qu'elle en ait été un test plus ou moins crucial, soit qu'elle ait bouleversé un édifice théorique) et parfois même la réplique d'une expérience historique (aux résultats moins parfaits que nos mesures assistées par ordinateur) ne formeraient-ils pas avec plus de justesse l'esprit scientifique, surtout si la difficulté de leur interprétation dans le débat scientifique historique réel n'était plus masquée ?

(1) Même si des didacticiens, les auteurs de « la démarche de modélisation... » notamment, remettaient en cause cette tendance qualifiée par eux d'inductiviste (improprement à mon sens, car le rôle de l'induction dans la naissance des théories physiques est un processus autrement complexe).

Les considérations qui accompagnent les nouveaux programmes donnent une justification beaucoup plus juste et nuancée du « pourquoi un enseignement expérimental<sup>1</sup> ».

*La physique, par nature, n'est pas une science de la Totalité. La cosmologie du big-bang est passionnante, mais est-ce de la physique, est-ce de la science ?*

La question doit être posée ici car il y a non seulement une abondante littérature de vulgarisation diffusée sur le sujet mais des lectures proposées par les manuels de sciences physiques présentent le « modèle standard » comme une vérité établie, et cette assurance est encore plus forte si on regarde vers d'autres disciplines : c'est dans un livre d'histoire de collège que j'avais trouvé une « frise historique » du genre : « il y a 15 milliards d'années, naissance de l'univers », il y a 5 milliards d'années, naissance du système solaire, etc...

#### 1 - Enthousiasme et imprudence

Il y a de nombreux livres de vulgarisation, écrits par des astrophysiciens, souvent avec une remarquable qualité pédagogique<sup>2</sup>. Mais leur enthousiasme, qu'ils savent faire partager, étouffe parfois toute prudence et tout recul critique et philosophique. S. Weinberg intitule un livre (passionnant) *Les Trois premières minutes de l'univers*, et Hubert Reeves donne pour sous-titre à un de ses livres : *Vers la première seconde*.

Les mêmes, si on les lit bien, expliquent excellemment qu'en reculant dans le temps, on arrive à une frontière en deçà de laquelle les lois physiques connues perdent pied, ce qui interdit du même coup toute description temporelle des phénomènes physiques. Cette frontière est pourtant située à « l'instant  $10^{-43}$  seconde », ce qui sous-entend un « zéro », zéro qui correspond à la densité et à la température infinie qu'on aurait... si l'on prolonge vers « avant » la description que donnent les théories censées fonctionner seulement « après » ladite frontière. Interrogé sur ce sujet (« Vous savez bien que parler de l'avant  $10^{-43}$  et donc d'un zéro est un abus de langage si l'on ne sait plus définir le temps, et donc vous ne devriez pas parler de l'instant où naît l'univers » lui était-il dit en substance), Hubert Reeves rendait les « simplifications médiatiques » responsables de ce genre d'expression<sup>3</sup>. Mais c'est tout de

(1) Toujours dans le même B.O.E.N., p. 9.

(2) Je pense tout particulièrement à *Patience dans l'azur* (Points-sciences) de Hubert Reeves (plutôt qu'à ses ouvrages plus récents) et *La Mélodie secrète* (Folio-essais) de Trinh Xuan Thuan. Je n'en dirais pas autant du best seller de Stephen Hawking *Une brève histoire du temps* qui ressemble à de la vulgarisation par l'usage du langage naturel, mais procède par affirmations sans expliquer la démarche qui pourrait les fonder.

(3) Conversation lors d'une école d'été sur l'astrophysique pour enseignants du secondaire à Cargèse en 1995.

même bien lui qui donne des titres à ses livres ? Et les restrictions mentales des spécialistes restent clandestines, si bien que le livre d'histoire du collègue donne la date de la « naissance de l'univers » avec toute l'autorité de la science...

## 2 - La croyance en une « théorie du tout »

Les remarques qui précèdent ne touchaient pas encore à la critique essentielle, de nature philosophique.

D'abord qu'en est-il de la vérification de la théorie ? Bien qu'il y ait une fascinante cohérence de la cosmologie du big-bang et des observations astronomiques (« déplacement vers le rouge » traduisant « l'expansion de l'univers », abondance relative des éléments dans l'univers observable, « rayonnement fossile »), il n'y a pas à proprement parler de « vérification » au sens habituel de la physique, puisqu'il n'y a pas d'expérience.

Dès qu'il s'agit des « premiers temps » les théories deviennent très spéculatives : un cercle (vicieux ?) s'établit, les astrophysiciens prenant les spéculations des physiciens des particules pour les expériences ou observations qu'ils ne peuvent faire, et vice-versa (l'Univers très chaud des premiers temps « réalisant » — dans la théorie — les expériences hors de portée des accélérateurs de particules les plus géants que l'on puisse concevoir). Quant au consensus régnant autour du « modèle standard », il ne faut pas qu'il fasse trop illusion : des chercheurs travaillant sur des théories alternatives (à partir de faits non expliqués par le « modèle » standard) se sont vu couper crédits et accès aux observations<sup>1</sup>...

Ensuite que dire des prétentions affichées par la cosmologie du big-bang ?

« C'est une première dans l'histoire de la physique : un formalisme capable d'expliquer chacune des caractéristiques fondamentales de la nature ! De fait, la théorie des cordes est parfois qualifiée de “théorie du tout”, de “théorie ultime” [...]. On entend par là que cette théorie serait la plus profonde des théories physiques envisageables, contenant toutes les autres, sans s'appuyer sur aucune » nous dit Brian Greene présentant la « théorie des cordes » dont il est un des spécialistes<sup>2</sup>. (« Théorie encore inachevée » nous prévient Trinh Xuan Thuan dans sa préface).

(1) Tout cela est très clairement développé par F. Lurçat dans *L'Autorité de la Science*, *op. cit.*, chap. 9.

(2) Brian Greene, *L'Univers élégant* (Laffont 2000), vulgarisation remarquable par ailleurs par ses qualités explicatives.

Des citations bien plus péremptoires encore sur la « théorie du tout » en cours d'édification pourraient être trouvées chez Weinberg, Hawking, etc... Que disent-ils tous ? Qu'il y a deux grandes théories auxquelles peut être réduite toute la physique, la mécanique quantique (qui en gros décrirait tout sauf la gravitation) et la relativité générale einsteinienne (pour la gravitation). Le problème est qu'il existe des domaines (correspondant aux « premiers instants ») où l'on a besoin simultanément des deux théories... incompatibles entre elles. Si on réussit à les unir, et c'est la tâche principale, « alors toutes les merveilles de l'univers sont issues d'un seul principe physique, d'une unique équation fondamentale<sup>1</sup> ».

Or cette réduction espérée a pour postulat implicite que les réductions antérieures ont été réussies : celle de la chimie à la mécanique quantique, celle de la physique classique à la mécanique quantique, et dans la physique classique la réduction, par exemple, de la thermodynamique à la mécanique statistique. Or aucune de ces réductions n'a été réussie à ma connaissance, ni en pratique (les concepts propres à un domaine permettent des calculs infiniment plus simples que le recours à une théorie « plus fondamentale ») ni même en principe. À chaque fois la tentative de réduction est une hypothèse de travail, souvent féconde et fructueuse, mais jamais un programme achevé ! Au mieux, et c'est déjà beaucoup, ce n'est que la compatibilité des domaines en question (thermodynamique et mécanique statistique par exemple) qui a pu être établie<sup>2</sup>...

C'est là qu'intervient l'inculture des spécialistes : chacun croit que la réduction est réussie chez le voisin, et s'autorise de cela pour annoncer par avance le succès de ce qu'il sait, dans son domaine, n'être encore qu'une hypothèse de travail. Et vice-versa...

Ce qui est erreur épistémologique à l'intérieur de la physique devient mille fois plus grave lorsque la croyance réductionniste s'étend à la vie et à l'humain.

### 3 - Cosmologie du big-bang et culture

Il est difficile de ne pas être fasciné par les théories du big-bang. Elles donnent le sentiment exaltant d'une connaissance totale, et pas sur n'importe quoi : d'où nous venons, où nous allons...

(Rappelons tout de même que l'exégèse biblique nous apprend que la prétention à une telle connaissance est Le péché pour lequel Adam

(1) Brian Greene, *op. cit.*

(2) J'espère pouvoir revenir sur ce point, notamment sur les rapports quantique / classique et thermodynamique / mécanique statistique, dans le prolongement que cet article devrait trouver sur les pages web de la revue (<http://perso.wanadoo.fr/chateaubriand/page9.htm>).

et Ève furent chassés du paradis terrestre... Point n'est besoin d'être croyant pour y voir un thème de réflexion philosophique d'actualité).

Aussi la lecture des meilleurs ouvrages de vulgarisation sur ce sujet est-il un formidable moyen d'aiguiser la curiosité, d'éveiller les interrogations sur le monde physique, d'apprendre qu'il a une histoire où s'inscrit la nôtre. Mais pour que cela soit un réel apport à la culture, il y a au moins deux conditions<sup>1</sup> : « que le caractère hypothétique de la cosmologie soit nettement mis en lumière », « [reconnaître que] la manière même dont les scientifiques règlent leurs conflits a une influence, non seulement sur l'authenticité de la science qu'ils produisent, mais encore sur la contribution de cette science à la culture ».

*Pour (ne pas) conclure : « la » science contre la culture ?*

Quand Lurçat écrit que « la manière dont les scientifiques règlent leurs conflits » influe sur leur contribution à une culture, il me semble qu'il veut dire qu'au-delà du cas des astronomes et astrophysiciens « dissidents » privés de moyens de recherche, c'est du souci de « l'Autre Homme<sup>2</sup> » qu'il s'agit, souci qui se manifestera aussi dans la conception que l'on a de la science, de ses buts et de ses limites. Ce souci est aussi celui d'une science qui ne détruit pas les conditions de sa propre intelligibilité (est intelligible ce que je peux faire comprendre à autrui, et réciproquement) en se contentant de l'efficacité pratique des formalismes, donnant par là raison à Heidegger pour qui l'horizon ultime de la science n'est pas la compréhension du réel mais son asservissement à la technique.

On voit qu'au-delà de l'enseignement des sciences physiques, certaines questions évoquées ici conduisent à des interrogations beaucoup plus fondamentales sur les rapports entre science et culture.

Ainsi de la croyance réductionniste évoquée un peu plus haut : étendue à l'homme ne conduit-elle pas jusqu'à la « négation de l'humain dans l'homme » ?

Selon une critique très radicale, de Husserl et Heidegger à Michel Henry<sup>3</sup>, « la » science n'appartient pas à la culture, pire elle lui est antagonique. Pour Husserl, la science mathématique de la nature, apparue avec Galilée, a promu le monde mathématique au rang de seule et unique réalité. Elle a occulté ce faisant le monde pré-scientifique, le monde

(1) Je les emprunte à F. Lurçat.

(2) Lurçat cite beaucoup le philosophe Lévinas, et notamment son *Humanisme de l'autre homme* (Poche. Biblio-essais).

(3) *La Barbarie* (Grasset 1987 et Biblio - essais).

de la vie, monde où se bâtit pourtant le sens. Elle exclut la sensibilité et l'affectivité, la valeur et le sens.

Cette critique met en cause à mon sens moins les sciences comme ensemble de connaissances que « la science » comme institution sociale prétendant à l'hégémonie, et la « mentalité scientifique » comme philosophie dominante (même si elle reste la plupart du temps implicite, inconsciente). C'est dans cette mentalité que règne ce que F. Lurçat appelle le « physicalisme<sup>1</sup> », c'est-à-dire la croyance en la réduction de la totalité de l'Univers à la physique, elle-même supposée réductible aux processus microscopiques élémentaires. « La » science (plutôt que des sciences dont les méthodes et la validité restent « locales ») n'existe que du point de vue de cette croyance. D'où mes guillemets.

Je voudrais me faire l'écho de cette critique, des interrogations et aussi des objections<sup>2</sup> qu'elle peut susciter. Ce sera, avec une réflexion sur « la négation de l'humain dans l'homme » où mènent les thèses réductionnistes, l'objet d'un prolongement donné à ce texte sur le site web de la revue. Ce faisant je sortirai largement de mon domaine de compétences et ne pourrai certes exprimer que des inquiétudes et, bien moins encore que dans ce texte, des certitudes.

Mais il me semble que nous avons comme physiciens une responsabilité particulière tant une fausse « autorité de la science » prétend s'appuyer sur les succès de la physique. Il nous faut distinguer dans nos propres productions les connaissances scientifiques des prises de position métaphysiques implicites ou explicites qui les accompagnent. Il nous faut, contre les réductionnismes dans les sciences de la vie et les sciences humaines, rappeler que les croyances réductionnistes au sein même de la physique sont dépourvues de bases et que la puissance même de la physique est conséquence de la restriction des domaines de l'univers qu'elle étudie, excluant ainsi de son domaine l'essentiel de ce qui fait la richesse du monde de la vie.

**Bertrand Wolff**

---

(1) Sans qu'il emploie ce terme, c'est bien aussi ce « physicalisme » — l'application illégitime des méthodes des sciences physiques à l'humain — que dénonce le philosophe et sociologue J.-P. Le Goff dans *La Barbarie douce* (Éditions La Découverte, 1999) : « sciences humaines » inhumaines à l'œuvre dans l'entreprise et à l'école...

(2) Faute d'avoir le temps et les compétences nécessaires pour un travail sur les sources philosophiques et scientifiques, beaucoup de références ne me sont connues qu'à travers la lecture des ouvrages déjà cités de F. Lurçat, qui me paraît parfois trancher de façon trop brutale et généralisatrice.