

# RAPPEL D'EVIDENCES DIVERSES SUR LA PHYSIQUE

Michel Hulin, Juin 1987

1 - La Physique est une science expérimentale, formalisée, et qui commande de multiples applications technologiques. Les deux éléments (recours à l'expérience, formalisation), sont, au niveau épistémologique comme dans la pratique, constitutifs de la discipline. Ils l'opposent d'une part aux mathématiques pures - du moins dans leur forme moderne - d'autre part aux sciences peu ou pas formalisées (biologie) et, a fortiori, aux sciences humaines.

2 - La Physique se fonde sur une rupture (épistémologique, cela va sans dire) d'avec les conceptions "spontanées" antérieures à son invention, avec émergence de nouvelles catégories sur lesquelles se centre l'attention : leur introduction ne se justifie - dialectiquement - que par l'introduction simultanée des relations auxquelles elles se prêtent (qu'on songe à l'énergie, à l'entropie, aux nombres quantiques...). Elle ne procède que rarement d'une perception immédiate.

3 - Le seul langage "naturel" - utilisant les mots de la langue, écrite ou parlée - est mal adapté à la traduction des relations entre grandeurs physiques, et, plus encore, au développement d'une argumentation sur la base de ces relations. On peut illustrer ce point par référence aux paradoxes des Eléates, ou aux problèmes de systèmes linéaires traités par des "raisonnements arithmétiques" dans l'école élémentaire de jadis. En fait, dès que plusieurs variables sont prises dans un système de plusieurs relations, l'argumentation seulement "parlée" a le plus grand mal à aller au-delà de la simple description de ces relations : pour cela, il faut entrer dans le quantitatif, qui seul peut "arbitrer", et il faut donc passer au plan formel.

Le recours au formalisme est, par là, intimement lié à la pratique de la discipline, et même à la genèse de la coupure épistémologique qui la fonde, car c'est lui qui permet le fonctionnement effectif des concepts nouveaux au sein du nouveau réseau de relations par quoi ils se définissent. Il n'y a rien d'original dans ces remarques : Galilée nous avait déjà prévenus. Simplement, le raffinement formel n'a fait que croître en même temps que le raffinement expérimental.

4 - Le recours au formalisme mathématique est non seulement un auxiliaire indispensable à la coupure constitutive, et un intermédiaire obligé dans le traitement des données expérimentales ou l'expression quantitative des prédictions de l'analyse physique, mais également un outil heuristique et une aide permanente à la conceptualisation.

Il est fréquemment arrivé que la forme, voire "l'esthétique", de certaines relations mathématiques conduisent à des développements théoriques (équations de Maxwell, transformation de Lorentz, exploitation de l'analyse tensorielle par la relativité générale naissante, recours aux algèbres matricielles non commutatives au début de la mécanique Quantique, etc.).

Il s'est également produit que des propriétés formelles suggèrent "l'invention" de certaines notions : le concept d'énergie sort essentiellement de l'observation d'une régularité (en fait une invariance).

5 - La Physique se distingue aussi des autres disciplines expérimentales par l'existence d'une hiérarchie entre les relations théoriques, elle-même intimement liée au recours spécifique qu'entretient la discipline avec sa formalisation.

On parlera ainsi de "superlois" (invariance, conservation, symétrie) au-dessus des "lois physiques" proprement dites, elles-mêmes diverses, (certaines exprimant des liens de causalité, par exemple, tandis que les "relations constitutives" n'ont de valeur qu'essentiellement phénoménologique, et décrivent les comportements particuliers de certaines classes de systèmes physiques). Les superlois sont directement reliées au processus même de formalisation mathématique : elles expriment, par exemple, l'indépendance des résultats de l'analyse ou du calcul - au niveau de leurs implications physiques profondes - vis-à-vis d'auxiliaires de ce calcul, d'éléments extrinsèques qu'il faut introduire dans le traitement mathématique (tels que les repères, ou les "jauges", ou même les unités).

Toutes ces notations, bien évidentes au demeurant, convergent vers une première constatation : dans sa genèse, sa structure intime, son fonctionnement, la Physique est indissolublement liée à la mise en oeuvre d'un formalisme mathématique.

6 - Cela dit, la Physique (même théorique) n'est pas réductible à son formalisme, car elle doit tenir compte d'un "objet" qui reste extérieur au sujet, ou à la communauté des sujets, qui traitent, en physiciens, du problème étudié, ce qui n'est peut-être pas (ou plus) le cas en mathématiques. Les symboles manipulés et les modalités de cette manipulation doivent être en correspondance avec les divers éléments de cette "réalité" externe. L'établissement de cette correspondance et son exploitation permanente sont un moment essentiel de l'activité du physicien (à travers des processus tels que la modélisation ou l'interprétation des résultats formels).

7 - Science formalisée, la Physique est aussi - bien sûr - une science expérimentale. Nous nous garderons, évidemment, de tenter de préciser vraiment quel rôle joue l'expérience dans la structure épistémologique de la discipline : dans nos sociétés, il existe, depuis un certain temps déjà, une communauté de gens qui se reconnaissent entre eux comme "physiciens" et sont également reconnus comme tels de l'extérieur. Ils se distinguent, eux-mêmes, suivant leur appartenance à deux catégories : "expérimentateurs" et "théoriciens" : les rapports entre les membres de ces deux catégories ne sont pas toujours empreints d'une estime et d'un respect extraordinaires ; néanmoins les uns et les autres ont visiblement - à un niveau global - le souci de ne pas couper les ponts entre eux, de maintenir des échanges fréquents d'informations. Ces échanges leur servent clairement à impulser des travaux nouveaux, chacun le plus souvent travaillant dans son domaine (dans certains cas, que la communauté semble considérer comme favorables et cite en modèles, ces échanges sont accélérés et facilités par le rapprochement de personnes des deux "bords", par l'institutionnalisation de leur collaboration).

Il arrive que les théoriciens se félicitent entre eux de la résolution d'un problème qui n'a pas de rapport direct avec l'activité des expérimentateurs, et réciproquement, une difficulté technique peut être résolue grâce à un progrès du savoir et du savoir-faire de l'une seulement des deux catégories concernées (expérimentateurs ou théoriciens). Mais souvent - et cela semble, d'une certaine manière, soulever plus d'enthousiasme - on applaudit à la

réponse que les uns donnent à un problème, une difficulté, soulevés par les autres, et ce, dans l'un ou l'autre sens. Ce fonctionnement semble stable ; il semble produire des effets exploitables et exploités par le reste de la société, qui d'ailleurs accorde à la communauté des physiciens une certaine considération - non sans quelque ambiguïté cependant.

On résume couramment la constatation de cette dualité en disant que la Physique est une science expérimentale, et cette qualité doit être reconnue comme également constitutive de sa structure épistémologique.

8 - L'activité expérimentale se manifeste par la mise en oeuvre de dispositifs, généralement artificiels, permettant de produire des "mesures", c'est-à-dire de donner des éléments quantitatifs de comparaison entre les caractéristiques des systèmes physiques étudiés. Les procédures de mesure peuvent être très complexes, mais certaines restent raisonnablement simples, et la "mesure" - ou "le mesurage" - est une activité qui déborde largement du cadre de la seule Physique et se retrouve à de nombreux moments de la vie pratique et de l'activité technique.

9 - De même que les autres sciences, la Physique elle-même fait d'ailleurs l'objet d'applications - sans cesse développées et variées - dans des domaines très divers de "l'art de l'ingénieur", permettant soit le développement de technologies nouvelles, soit une compréhension raffinée de phénomènes naturels (météorologie). Il y a une interaction essentielle entre le développement de la Physique "de laboratoire" et la "Physique appliquée", celle-ci fournissant à celle-là de nouveaux outils et de nouveaux problèmes, et en recevant des solutions à ses difficultés. Il y a là un phénomène socio-économique d'une ampleur considérable, qui impose de tenter de faire passer dans l'enseignement une information qui porte aussi bien sur les aspects appliqués que sur les aspects fondamentaux.

10 - En regard de cet "état des lieux", nous pouvons immédiatement faire figurer la liste des difficultés didactiques que l'on peut associer à pratiquement toutes les caractéristiques, tous les éléments constitutifs de la Physique.

La première tient à la dépendance de cette discipline vis-à-vis de l'outil mathématique : niveau par niveau d'enseignement, une maîtrise préalable de cet outil doit être acquise, et les besoins ne sont pas négligeables... La Physique n'est pas "didactiquement autonome" - au contraire des Mathématiques, des Sciences Naturelles.

11 - Le "rapport au réel" qui est au cœur de la démarche du Physicien est, par essence, générateur de multiples conflits cognitifs qui perturbent l'apprentissage. Car un autre rapport au réel préexiste nécessairement chez l'étudiant : celui-ci n'est jamais esprit vierge, mais riche de tout un stock de représentations, d'explications, d'attitudes vis-à-vis de son environnement physique. Et l'enseignement doit affronter ces modes de pensée invétérés, faire admettre leurs insuffisances, leur substituer ceux de la Physique. Et il doit convaincre que ces derniers sont plus satisfaisants, y compris sur le plan d'une "prégnance cognitive" qu'il faudrait immédiatement pouvoir révéler, alors qu'elle n'émergera, au mieux, que d'une longue familiarité progressivement mise en place.

Premier exemple - il est loin d'être le plus grave - de tels obstacles cognitifs : la reconnaissance des statuts différents des "lois" physiques.

Il existe un danger de "contamination"; la superloi est assimilée à une loi, à travers un processus de "concrétisation" qui en change le statut, et induit des images éventuellement fausses, et, en tout cas, essentiellement gênantes ; par exemple, une loi de conservation

déclenche une "substantialisation" de la quantité conservée, par retournement de la propriété de conservation notée pour les substances matérielles. Et cette dérive est d'autant plus facile qu'elle permet de conférer aux superlois une valeur causale immédiate aussi psychologiquement nécessaire que difficile à percevoir (que l'on songe aussi à l'analyse dimensionnelle, qui, semble-t-il, ne parvient pas toujours à convaincre même des physiciens de métier).

12 - Mais d'autres obstacles, beaucoup plus fondamentaux, s'opposent souvent à la réussite de la modélisation, ou à ce que la modélisation proposée paraisse convaincante et soit comprise intimement. Ces obstacles sont liés à ce que l'on appelle désormais "représentations spontanées", c'est-à-dire toutes ces structures descriptives, puis explicatives que l'enfant, l'adolescent, l'adulte met en place pour se repérer dans son approche du monde extérieur, pour justifier son comportement et les actions qu'ils entreprend sur lui.

Depuis 15 ou 20 ans maintenant - et avec un démarrage en France - les "représentations spontanées" ont été analysées dans les domaines les plus divers (mécanique, électricité, optique, pneumatique...). Leur permanence à côté même des représentations savantes a été systématiquement repérée. Leur impact essentiel et négatif sur les capacités de modéliser - suivant les normes des physiciens - et les situations physiques étudiées est désormais patent.

Or ce sont ces représentations spontanées, par l'intimité de leur association aux structures mentales des élèves, qui déterminent la pensée de ceux-ci. Toutes leurs capacités de formalisation seront donc souvent détournées d'une analyse orthodoxe par la sous-jacence de représentations, "hors-physique", contradictoires avec cette analyse.

A cela s'ajoute que la modélisation, la description même de la réalité physique, impose le recours au langage "naturel". Or ce langage est le mode d'expression unique des "représentations spontanées". Le recours au langage naturel est donc très intimement lié à des conceptions extérieures à la Physique, et invétérées par un exercice permanent durant l'enfance et l'adolescence. Le conflit sémantique est donc inévitable. A cela s'ajoutent encore les ambiguïtés du vocabulaire, liées à la reprise par le physicien de termes du langage courant. Le cours de physique, ainsi, exigera pour passer une maîtrise certaine de la langue, une capacité à prendre du recul par rapport à des habitudes linguistiques invétérées, et dans un contexte où les chausse-trappes abondent.

13 - La physique science expérimentale est, de ce fait, souvent présentée comme devant permettre, par le biais de son engagement, d'introduire les étudiants aux vertus de "la méthode expérimentale".

A un niveau naïf, immédiat, on touche là une certitude : il serait sain de clore beaucoup de vaines discussions entre étudiants en leur disant : "essayez, et vous verrez bien". Cela n'est pas souvent fait, malheureusement, à aucun niveau d'enseignement. Il serait bon d'une part de pousser à ce que cette attitude d'essai se répande, mais d'autre part - et c'est plus important pour nous - d'analyser pourquoi le physicien, qui se pose, comme enseignant, en expérimentateur par excellence, fait spontanément si peu intervenir l'expérience comme élément authentiquement probatoire dans son enseignement (et ce, qu'on nous permette d'insister, aussi bien à l'université qu'au lycée),

Ces observations peuvent d'ailleurs être corroborées par le fait qu'en Physique, les coupures épistémologiques essentielles ne se fondent pas sur des données expérimentales, qui viendraient remettre en cause un cadre de concepts et de relations précédemment admis, en

en montrant l'inadéquation au comportement réel de certains systèmes physiques. Quoi qu'on ait pu en dire, Einstein ignorait probablement l'expérience de Michelson et Morley ; quant aux discussions de Galilée, elles font largement référence à des expériences "pensées" (la chute de mobiles sur un bateau par exemple). L'origine de ces coupures, d'une manière systématique, est à rechercher au niveau d'un "besoin théorique" : par exemple réconcilier les invariances de la Mécanique et de l'Electromagnétisme. (C'est à un niveau malgré tout plus modeste que nous placerions "l'invention" du spin, de l'étrangeté, ou du charme, où la référence expérimentale, pour le coup, a joué un rôle essentiel). Il est patent, en fait, que les conditions profondes du recours à l'expérience, en Physique, sont loin d'être claires, et que ce flou se retrouve au niveau de l'enseignement.

14 - Cela nous conduit à analyser de plus près les modalités de mise en oeuvre de ladite méthode expérimentale dans la pratique des laboratoires, les conditions qui doivent être remplies pour que ces modalités puissent être respectées, et la possibilité de reproduire ces conditions dans l'enseignement.

Commentons ces points brièvement :

Le physicien réalisant une expérience le fait en fonction d'un substrat théorique préalable, et en disposant d'un bagage technique constitué et des "outils" correspondants. Les buts de l'expérience peuvent être très divers :

- Tester une théorie qui garde encore un caractère conjectural ;
- Mesurer une grandeur physique dans un contexte théorique qu'il n'est pas question de remettre en cause ;
- Très rarement, pêcher en eau trouble "à la Claude Bernard".

Suivant le but poursuivi, la nature et la complexité de l'expérience, les références théoriques et la mise en oeuvre des pratiques techniques seront diversement importantes ou développées.

Dans tous les cas cependant :

- Le physicien se fonde sur un certain nombre de certitudes théoriques qui le placent au départ dans le cadre d'une discipline constituée ;
- Grâce, éventuellement, à un raffinement progressif de sa technique expérimentale, il peut garantir une certaine précision (ou savoir qu'il ne le garantit pas, qu'il n'atteint pas la certitude nécessaire pour affirmer tel ou tel résultat);
- Il utilise l'expérience pour répondre à une question dont ni lui ni personne ne connaît la réponse.

Il est certes assuré qu'il peut se tromper, ne pas repérer quelque élément perturbateur, et faire une mesure fautive. Et il est certain que la confiance dans le résultat d'une mesure faite par un collègue est, dans la communauté physicienne, loin d'être absolue : combien de fois a-t-on repris l'expérience de Michelson, la mesure de  $c$ , la mesure de la conductivité des principaux semi-conducteurs. ! Il reste cependant que, tant l'expérimentateur que ses critiques partagent un même fonds de convictions théoriques et de savoir-faire pratiques, et une même interrogation (leurs différends éventuels portent sur les modalités de mise en oeuvre de ce bagage technique, ou sur la cohérence des déductions théoriques). Le recours expérimental se fait ainsi "de l'intérieur" de la Physique, et ses buts sont un prolongement, un élargissement des données dont elle dispose ou de ses structures explicatives, pas une "invention" complète d'un pan de la discipline. Il est réalisé par des gens qui disposent d'un acquis théorique et pratique et (au moins dans la période récente) travaillent au sein d'une communauté qui peut exercer sur eux contrôle et critique. Ils savent - pour une bonne part -

ce qu'ils veulent faire et pourquoi, savent comment s'y prendre, et sont contraints à la vigilance.

15 - Rien ne nous fournit, dans un tel tableau, la moindre indication sur la possibilité d'utiliser "la méthode expérimentale" dans l'enseignement avec des débutants, que ce soit pour les convaincre, par preuve expérimentale, de la validité d'une loi Physique, ou - au second degré en quelque sorte - pour les faire adhérer à cette méthode.

Et l'expérience montre bien que la physique devient, par essence, le domaine scientifique où "les manips ne marchent jamais".

Rien d'étonnant à cela, au vrai : que l'on songe à la maîtrise de la Physique qu'il convient de mettre en oeuvre pour mesurer correctement tensions et intensités dans un circuit ou la température dans un "bain" un peu complexe. Par essence, la mesure perturbe le système sur lequel elle porte - et ce au niveau le plus classique, complètement indépendamment des difficultés quantiques supplémentaires ; on prend toujours un peu d'énergie en prenant de l'information. On ne peut donc faire de mesure fiable qu'en sachant déjà beaucoup de Physique. Redoutable défi pour le débutant, et pour son professeur. Tout l'art est de repérer, au besoin par tâtonnement, une procédure telle que la perturbation qu'elle apporte ne soit pas excessive, d'atteindre ainsi certaines informations premières - qu'on "arrangera" un peu au besoin - de manière à ce que l'intérêt, la richesse potentielle du résultat semblent satisfaisante, puis de progresser à partir de là, par allers-retours et raffinements progressifs. Difficile pour le débutant, et pour son professeur, d'admettre cette complexité, cette progressivité, tout en respectant par ailleurs l'ensemble des contraintes institutionnelles, et alors même que c'est là que se manifestent le plus clairement sans doute, la spécificité, l'inventivité et la richesse épistémologique de la discipline.

Ainsi, au niveau même de ce qui, avec le recours au formalisme mathématique, constitue l'essentiel de sa valeur pratique et de son assise épistémologique, l'expérimentation, la Physique est par essence source de difficultés didactiques "incontournables".

16 - Passons maintenant à la présentation, par l'enseignement, de la "Physique appliquée". C'est, très naturellement, avec l'espoir qu'il assurera une ouverture convenable sur le monde foisonnant des applications qu'on décidera, au niveau politique, de développer éventuellement l'enseignement de la Physique. C'est, en tout cas, l'argument qu'avanceront physiciens et enseignants, et c'est aussi à cette aune que les parents d'élèves mesureront, pour une bonne part, le succès de l'entreprise.

Et là, de nouveau, les difficultés s'accumulent, car le développement technologique est fruit de la spécialisation des ingénieurs et techniciens qui en sont les acteurs. Et il est vain d'espérer que des professeurs - qui sont voués à rester des généralistes - puissent, dans la majorité des cas, suffisamment entrer dans les mécanismes de l'évolution et de l'invention techniques pour en donner une image qui soit fidèle et n'apparaisse pas aux élèves indûment appauvrie ; nouvel obstacle.

17 - Signalons enfin une dernière difficulté.

La Physique est une activité scientifique très complexe et très élaborée ; elle ne bénéficie pas du détachement dans le monde des idées auquel ont procédé les mathématiciens - et elle ne pourrait procéder à ce détachement sans se renier ; d'autre part, elle doit par force recourir à des traitements mathématiques, parfois sophistiqués, et qu'elle contribue, à l'occasion, à développer ; elle ne peut se cantonner dans la phénoménologie. Néanmoins,

elle profite d'un grand élément de simplicité : il est lié à l'objectivité de son domaine d'investigation, en même temps qu'à une certaine "primarité" ou "naï veté" de celui-ci.

Quelles que soient par ailleurs leurs options idéologiques, les physiciens raisonnent tous, dans leur domaine, en "matérialistes" orthodoxes, tablant sur une "réalité objective" et sur la possibilité d'en élucider la structure et les modalités d'évolution. De la complexité de ce "réel", ils ne gardent que des éléments certes très riches, et encore souvent difficiles à débrouiller, mais considérablement restreints et schématisés par rapport au donné initial ; et les conditions de cette schématisation sont, en règle très générale, très bien assurées. Enfin, s'ils s'impliquent profondément dans leur activité - au moins le plus souvent - les physiciens n'établissent guère de relations de type affectif avec l'objet de leurs recherches, ce qui, là encore, contribue de manière non négligeable à décanter la situation et à définir précisément l'objet d'étude.

Un dépouillement analogue ne se retrouve déjà plus au même degré en biologie - où les affrontements entre réductionnistes et antiréductionnistes, tenants de l'inné ou de l'acquis, évolutionnistes ou créationnistes, montrent un mode d'implication intime du scientifique intervenant avec l'ensemble entier de ses convictions, qui tranche avec le détachement du physicien. Et cet état de choses va bien sûr s'amplifiant quand on passe au psychologue, au médecin, à l'économiste, etc.

De ce fait, la Physique fonctionne comme une science "modèle" ou "limite" : elle garde - prioritairement - la référence à un monde concret complètement extérieur au sujet qui l'analyse. Son objet est particulièrement épuré, délimité de manière restrictive, dépourvu de références subjectives, et se prête au mieux à la modélisation. De plus il accepte, le plus souvent, le contrôle expérimental, dans des conditions de très bonne reproductibilité. Compte tenu en plus de son prodigieux développement récent, la Physique apparaît ainsi comme une référence épistémologique essentielle : la perception de ses modalités de fonctionnement comme ses principaux résultats prennent valeur d'éléments indispensables de culture générale.

Il est alors tentant de poser que la Physique fournit une sorte de "terrain d'entraînement" préalable pour qui veut se roder à la pratique d'autres disciplines qui, par nécessité, ne peuvent bénéficier des mêmes facilités, et n'ont pas atteint le même degré de développement. Et, en dehors même du champ des disciplines scientifiques, il peut paraître évident que la pratique de l'analyse objective de situations concrètes, telle que la mène le physicien, peut se transposer à d'autres domaines : la Physique deviendrait ainsi un élément quasiment nécessaire de formation pour le gestionnaire, l'économiste, le politique, etc.

Il est assez évident, pour le coup, que c'est attribuer à cette discipline des mérites et des possibilités que l'expérience quotidienne contredit en fait.

D'une part, les dangers sont grands d'une simple transposition à la physiologie, la médecine, l'économie, etc. des procédés de la Physique, mais sans véritable justification sous-jacente, et, par exemple, sans que formalisation et conceptualisation progressent de concert. Très vite, la facilité de mathématisation conduit alors à singer la Physique sans que soient définis les concepts et les relations essentiels, et le formalisme tourne à vide, et d'autant mieux que les possibilités de contrôle expérimental sont plus réduites. Il est illusoire de présenter la Physique comme un modèle que d'autres disciplines devraient ou même pourraient imiter.

D'autre part, les empoignades entre physiciens, dès que sont en jeu des options politiques, idéologiques, écologiques, etc., outre leur violence, se placent visiblement à un niveau où l'objectivité scientifique est sérieusement entamée, et ce même sur des points qui devraient

fonctionner comme les points de départ, "scientifiquement" assurés et clairement définis, de la discussion. Comme on doit systématiquement faire ce type de constatation, dès que l'occasion s'en présente, force est de renoncer aussi à l'idée d'une "transférabilité" des méthodes d'analyse physique des phénomènes dans des domaines extérieurs à ceux de la discipline.

Nous posons donc que l'on ne peut être - au mieux ! - physicien qu'à l'intérieur de la Physique. Ce point méritait d'être souligné, car les illusions dans ce domaine sont tenaces : tant les programmes rénovés des pays anglo-saxons (PSSC, a fortiori HPP et Nuffield Project) que les manifestes de la Commission Lagarrigue en France accordaient à la Physique une valeur exemplaire, et à son enseignement une sorte de rôle de formation civique. Plus récemment encore, on voit les physiciens américains, catastrophés par la désaffection croissante des adolescents pour leur discipline et par les mauvaises performances de ses enseignants, proclamer de nouveau les vertus de son apprentissage dans une formation "humaniste". La sagesse est de mettre une sourdine à ce type de proclamation d'inspiration scientiste, et aussi d'épargner, dès le départ, à la réflexion didactique de s'égarer dans ce chemin de traverse.

Nous venons de décrire un certain nombre de traits essentiels de l'analyse, par la Physique, des situations du monde naturel ou technique, telle qu'elle est actuellement pratiquée dans les laboratoires de recherche fondamentale ou appliquée.

Il s'agit là d'éléments spécifiques de la discipline. Ce sont eux qui lui donnent son vrai visage, et ce depuis une époque relativement récente : depuis cinquante ans tout au plus. La prise de conscience par les physiciens de ces caractéristiques de la physique contemporaine, et de leur influence sur l'extraordinaire développement récent de la discipline et de ses applications devait naturellement les induire à suggérer, de manière très pressante, que lesdites caractéristiques "passent" dans l'enseignement : c'est tout l'effort - très louable dans son principe - du PSSC, repris en France par la Commission Lagarrigue, au début des années 70.

Mais tout le problème est de savoir ce qui peut effectivement "passer" du labo à la classe, et d'abord de voir comment, dans les faits, s'est effectuée cette transposition, sachant, dès le départ, que les difficultés de la tâche sont visiblement considérables et multiples.

Extrait de la conférence *La Physique ou l'enseignement impossible*, donnée par Michel Hulin au Séminaire de Philosophie et Mathématiques de l'ENS (séance du 10 juin 1987).

Le texte intégral de cette conférence a été édité d'une part dans le numéro 49 de la collection Philosophie-Mathématiques de l'IREM de Paris Nord (1987), et d'autre part dans le recueil des textes de Michel Hulin, réunis après son décès par Nicole Hulin dans *Le Mirage et la Nécessité, Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Presses de l'ENS et du Palais de la Découverte, Paris, 1992, pages 147-176.