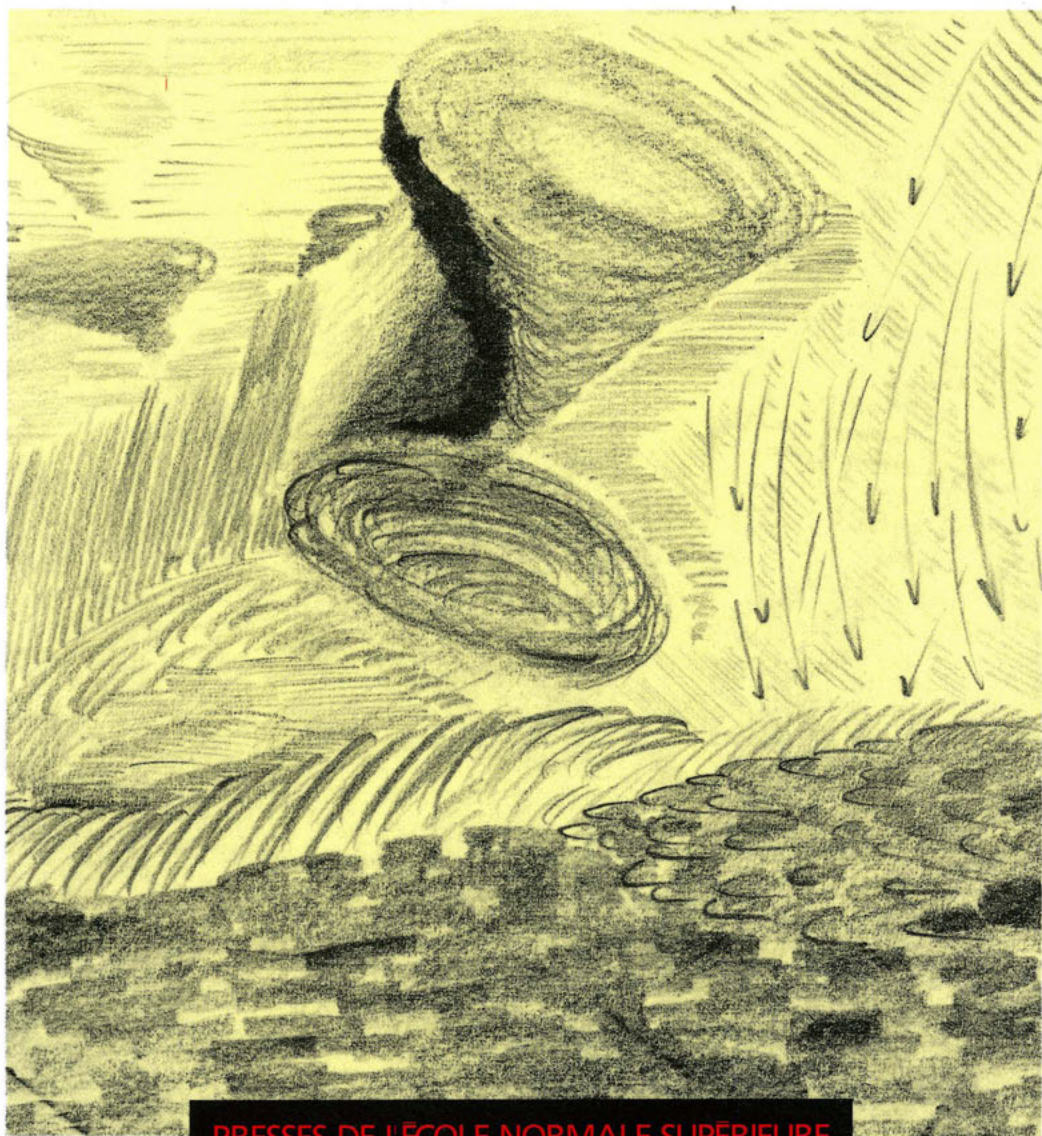


MICHEL HULIN

LE MIRAGE ET LA NÉCESSITÉ

POUR UNE REDEFINITION
DE LA FORMATION SCIENTIFIQUE
DE BASE



PRESSES DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
ET PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

LE MIRAGE ET LA NÉCESSITÉ

Pour une redéfinition de la formation scientifique de base



30 septembre 1987. Michel Hulin à l'inauguration de l'exposition
"Les Insectes mi-démons – mi-merveilles" (Phot. Palais de la Découverte).

MICHEL HULIN

LE MIRAGE ET LA NÉCESSITÉ

Pour une redéfinition de la formation scientifique de base

Textes rassemblés et présentés par
NICOLE HULIN
avec la collaboration de Michel Blay

PRESSES DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
ET PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

Les novateurs seraient ceux qui, engageant une sorte de lutte avec la société telle que le temps l'a faite, chercheraient à lui imposer un système d'instruction qui ne répondrait ni à ses besoins, ni à ses goûts, et prendraient à tâche de former, pour un monde imaginaire, des esprits chimériques.

Hyppolyte Fortoul (1854).

Préface

A la lecture de ces textes, les images de Michel HULIN se bousculent dans ma mémoire. C'est le jeune normalien qui vient à mes côtés préparer sa thèse de Doctorat — théoricien précis, rigoureux, d'une exigence intellectuelle hors du commun. C'est la passion de l'enseignant, anxieux de faire aimer la physique, de donner aux jeunes qui l'entourent les moyens de progresser. C'est le collègue toujours sur la brèche qui, au bureau de la Société Française de Physique, m'accueille d'un « Bonjour, mon bon maître » narquois et affectueux. C'est l'ami qui, un triste jour d'automne, m'annonce l'opération imminente. Une vie, un homme d'exception aux multiples talents, doutant de lui à l'extrême mais n'hésitant jamais à braver dangers et interdits. Personnalité riche et attachante, Michel est à la fois un homme de culture (il me sort à l'occasion des tirades entières de Virgile), un homme de réflexion et un homme d'action. D'une honnêteté intellectuelle sans faille, il n'hésitera pas à remettre en question ses propres convictions : l'évolution des textes rassemblés dans cet ouvrage en fait foi.

Très tôt, il se passionne pour l'enseignement. Il rédige des ouvrages pour le premier cycle universitaire, clairs, concis, qui font encore aujourd'hui autorité. Mais le problème est ailleurs, plus profond, plus grave. Au-delà des contenus, c'est toute la finalité du système éducatif qui est en cause, ses pratiques, son isolement au sein de la société. Michel est trop honnête pour laisser faire : il va s'investir entièrement dans une lutte difficile, débusquant la réalité des faux discours et s'efforçant de convaincre. C'est l'époque de la Commission Lagarrigue, avec son enthousiasme un peu idéaliste. Le bilan sera maigre et Michel n'hésitera pas à en tirer la leçon. Je suis frappé par les textes des années 80, un peu amers, mais d'une lucidité sans concession. Ces textes font réfléchir. Ils sont pour moi une référence à laquelle confronter ma propre méditation.

Je crois pour ma part que la formation des jeunes s'inscrit dans un contexte social qui évolue avec le temps : un système éducatif doit nécessairement s'adapter aux changements du monde environnant. Cette évidence se heurte au conservatisme du système ambiant, soucieux de conserver les situations acquises et des privilèges souvent illusoire. L'enseignement secondaire, par exemple, était hier un enseignement de culture destiné à une toute petite minorité. Il concerne aujourd'hui la presque totalité des enfants. Pourtant, les disciplines héritées du passé revendiquent leur pérennité : le système éducatif est sa propre justification, sécrétant ses règles, ses programmes, ses finalités sans vraiment se mettre en question.

L'usage était autrefois de distinguer l'éducation et l'instruction. L'éducation n'était pas seulement morale — elle impliquait aussi l'éveil de qualités intellectuelles fondamentales — curiosité, esprit critique, jugement, bon sens... C'était l'affaire des familles — et plus généralement d'un milieu social restreint où l'enfant, se sentant en sécurité, se formait au contact de ses aînés. L'école pouvait alors se centrer sur l'acquisition de connaissances — des langages au niveau de l'école primaire, d'une culture plus large au niveau du secondaire. De nos jours, l'évolution des mœurs a fait éclater ces cellules sociales. La fonction éducative est de ce fait transférée à l'école : c'est à elle de former l'esprit des jeunes, de détecter et de valoriser leurs possibilités. L'acquisition de savoirs n'est plus la seule finalité : donner aux jeunes confiance en eux, leur inculquer l'esprit d'initiative, la ténacité sont des objectifs autrement plus importants que la « Physique » ou la « Philosophie ».

Pour atteindre ce but, l'École doit être un lieu de formation et non de sélection. Hélas, notre système éducatif tient plus de la colonne à distiller que du bouillon de culture. Il serait d'ailleurs injuste de faire porter le chapeau à la seule Éducation nationale : c'est toute la société française qui est responsable, donnant aux diplômés un poids mythique complètement absurde. On porte son diplôme en bandoulière toute sa vie, l'avenir d'un jeune de 20 ans est déterminé par son parcours scolaire, par des conventions sociales, syndicales, administratives figées sur des « titres ». La formation devrait être une condition initiale oubliée au bout de dix ans de vie professionnelle — c'est selon les cas une sinécure ou une tare que l'on traîne la vie durant. Comment dans ces conditions éviter la hiérarchisation des filières, le découragement de ceux qui se sentent, de fait, condamnés à un avenir médiocre. L'école ne changera pas la société — mais elle devrait au moins éviter de généraliser un modèle de culture dominant. Elle devrait donner ses lettres de noblesse à l'enseignement technique. Elle devrait surtout se remettre en question, en se définissant par rapport aux besoins des enfants et non par rapport aux savoirs des enseignants. Pour rendre confiance en lui à un élève en difficulté, il faut le prendre tel qu'il est, valoriser ses points forts et non le couler dans un moule, si parfait soit-il.

Tous ces problèmes apparaissent dans la réflexion de Michel Hulin, parfois explicitement, parfois en filigrane. Il a mesuré la dimension sociale des problèmes d'enseignement, il a débusqué l'autojustification qui trop souvent est la règle. Pédagogue du bon sens, didacticien ancré sur le concret, il jette un regard lucide et décapant sur la réalité, dénonçant la langue de bois qui imprègne bien des discours. Il s'est préoccupé essentiellement d'une discipline, la physique, cet enseignement « impossible », selon ses propres termes — impossible parce qu'il est précisément à la charnière entre deux mondes. Les sciences expérimentales exigent bien sûr des connaissances, une certaine modélisation du monde qui nous entoure. Mais elles sont aussi un lieu de découverte, où la curiosité et le sens critique doivent pouvoir s'épanouir. Il n'y a pas de frontière entre sciences et technologie, entre théorie et applications, sauf celles que chaque discipline trace jalousement. Comme Michel le souligne si bien, la physique n'est pas la propriété des physiciens, et la formation d'une poignée de praticiens n'est pas la

justification de l'Enseignement secondaire. Faire sentir aux jeunes que la science n'est pas un jeu abstrait, que c'est une démarche constructive et vivante, avec ses avancées, ses erreurs, ses impasses, est autrement plus important qu'une collection de formules mal digérées et vite oubliées.

Je ne partage pas toujours les opinions de Michel, mais j'adhère entièrement à sa démarche, à son analyse critique des faiblesses de notre enseignement. Ce recueil de textes est un legs précieux, dérangeant, mais profondément original. Il doit nous faire réfléchir, honnêtement, lucidement, à la pratique de notre métier. Relire ces textes est une forme d'examen de conscience — pas toujours facile, pas toujours agréable — mais Michel voyait juste et sa pensée reste vivante. Je souhaite que ces textes soient un remède contre le dogmatisme, contre les jugements péremptaires sur ce qu'il faut ou ne faut pas faire. Malgré tout son talent, Michel restait d'une extrême modestie, ennemi de toute dérive doctrinaire. Je crois qu'il faut du bon sens et de l'humilité pour être un bon enseignant — deux traits essentiels de son caractère.

Résumer un homme et son œuvre en trois pages est une tâche illusoire. Les textes de Michel Hulin parlent mieux que je ne saurais le faire. J'ai seulement essayé de faire transparaître dans ces quelques lignes mon estime et mon affection pour un homme que j'admirais, au risque de réveiller une émotion toujours latente.

Philippe Nozières,
28-11-1991.

AVANT-PROPOS

En cette période où de nombreuses réflexions d'ordre général sont menées sur le système éducatif, nous avons souhaité publier un ensemble de textes de Michel Hulin concernant spécifiquement la formation scientifique — de l'enseignement à la vulgarisation — l'accent étant particulièrement mis sur le cas de la physique, spécialité de l'auteur. L'association enseignement-vulgarisation est très présente dans sa pensée puisqu'il insiste à plusieurs reprises, et dès 1971, sur la nécessité d'admettre une composante « vulgarisation » dans l'enseignement de la physique. Grâce aux textes présentés, qui couvrent une période allant de 1970 à 1988¹, nous pouvons suivre une réflexion sur ce problème fondamental pour notre société : la diffusion de la culture scientifique et technique, réflexion qui doit être située dans le contexte des préoccupations et des activités de Michel Hulin.

Profondément impliqué dans les travaux de la Commission Lagarrigue pour la réforme de l'enseignement des sciences physiques, il s'intéresse très tôt aux problèmes de vulgarisation, ce qui le conduira à la direction du Palais de la Découverte. Nous allons indiquer les éléments essentiels de ce parcours².

Responsable des problèmes d'enseignement au bureau de la Société Française de Physique (SFP), Michel Hulin anime une commission rassemblant des collègues de diverses universités, et des professeurs de classes préparatoires. Il est ainsi conduit à participer à la rénovation de divers programmes d'enseignement (maîtrise de « sciences physiques » destinée à la formation des futurs professeurs des lycées ; réforme de 1972 des programmes des classes préparatoires) et au lancement des « encarts pédagogiques » du bulletin de la SFP. C'est aussi l'occasion pour lui d'un premier contact avec le Palais de la Découverte, pour la réalisation en commun de l'exposition « Aspects de la physique » (février-avril 1974).

En prolongement direct de cette activité au sein de la SFP, il est associé de très près au lancement de la « Commission de rénovation de l'Enseignement des sciences physiques dans le second degré », plus connue sous le nom de « Com-

1. Très précisément novembre 1988, date de sa disparition brutale.

2. Nous ne donnons ici que quelques éléments permettant de donner l'éclairage convenable aux textes que nous présentons. Pour des compléments on pourra se reporter à : « Michel Hulin, (1936-1988) », par le P^r Jean Hamburger, *Revue du Palais de la Découverte*, vol. 17, n° 165, février 1989, p. 2-4 ; « Michel Hulin (1936-1988) », par Jacques Blanc et James Hieblot, *Encyclopaedia Universalis*, livre de l'année 1988, p. 583-584.

mission Lagarrigue ». Il participe ³ de manière suivie, très active, et pendant toute sa durée, à l'ensemble des travaux de cette Commission ; c'est dans ce cadre que sont écrits les premiers textes que nous présentons ici. Rappelons que cette Commission est créée « à une époque où tout le monde s'accorde pour reconnaître que la baisse des effectifs scientifiques, essentiellement due à l'enseignement secondaire, revêt l'ampleur d'une catastrophe nationale », en reprenant les termes de M. Soutif ⁴, alors président de la Société Française de Physique. A l'occasion du congrès de la SFP à Évian, en mai 1971, un certain nombre de journalistes scientifiques étant réunis, M. Soutif présente « un rapport sur le développement de la physique en France au cours du VI^e Plan et sur les problèmes d'enseignement que pose cette discipline ». On en trouve des échos dans la presse, par exemple sous le titre « Cri d'alarme des physiciens » dans L'Usine Nouvelle ⁵, où le journaliste prête à Michel Hulin ces propos : « La science moderne est aussi étrangère à nos contemporains que l'étaient les idées de Galilée aux hommes de son temps. »

Participant activement à cet effort de rénovation de l'enseignement de la physique au niveau du secondaire, à partir de 1970 et jusqu'à l'année 1974-1975 Michel Hulin donne un cours de formation permanente à l'intention des professeurs des lycées dans le cadre de la « réforme Lagarrigue », cet enseignement visant une remise à jour des connaissances et la mise en place d'un début de synthèse de celles-ci pour faciliter la préparation des cours qu'auraient à assurer les professeurs eux-mêmes dans leurs établissements. En quatre ans, sont abordés des domaines assez variés de la physique ⁶, en insistant sur quelques éléments de « physique moderne » (relativité, mécanique ondulatoire), dont la Commission Lagarrigue prévoyait à cette époque l'introduction dans les programmes des lycées. A la fin de l'année 1973, pour rendre service aux professeurs de physique des lycées, il lance, à l'Université Paris VI, un service de « Coopération universitaire d'information et de documentation pour les enseignants », le CUIDE.

Une dizaine d'années plus tard, dressant avec honnêteté et lucidité le bilan des résultats de la réforme Lagarrigue, Michel Hulin sait tirer les conclusions de l'échec.

« J'ai initié, écrit-il, une réflexion au fond sur les conditions de l'enseignement de la physique, en particulier au niveau secondaire, en tentant de faire un bilan des tentatives de rénovation menées depuis vingt-cinq ans environ dans les principaux pays occidentaux (PSSC et HPP aux États-Unis, projet Nuffield ⁷ en

3. Voir, à ce sujet, les témoignages de Goery Delacote et Jean-Louis Martinand dans, « Michel Hulin et l'enseignement de la Physique », *Supplément aux Bulletins de la Société Française de Physique (SFP) et de l'Union des Physiciens (UdP)*, 1989, p. XVI-XVIII, p. XI-XII.

4. *BUP*, n° 536, juillet 1971, p. 1019.

5. *L'Usine Nouvelle*, n° 26, 1^{er} juillet 1971, p. 78-79.

6. On doit ajouter, pour l'année 1973-1974, une initiation à l'informatique et au langage Fortran.

7. Pour des indications sur le cours du PSSC (Physical Science Study Committee), le HPP (Harvard Physics Project) et le projet Nuffield, on pourra se reporter à *Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique*, vol. I (1965-1966), UNESCO, 1968.

cri d'alarme des physiciens



Galilée par Daumier (Coll. Viollet). D'après *L'Usine nouvelle* du 1^{er} juillet 1971.

Grande-Bretagne, Commission Lagarrigue en France, etc.). Ce bilan est très décevant, comme le montrent en particulier divers rapports officiels américains et canadiens. Cet échec, la très faible proportion d'adolescents que l'on peut attirer vers les sciences physiques, posent un problème qui doit être considéré au fond, et c'est le type d'étude que j'ai tenté de lancer, et que, sous des formes progressivement enrichies, j'ai présenté à divers auditoires » depuis 1983.

Peu à peu ses positions s'affinent et, en 1987, il fait un exposé intitulé : « La physique ou l'enseignement impossible »⁸.

Son activité au sein de la Commission Lagarrigue le conduit à une reconversion à la didactique ; en octobre 1978, il présente un projet de création d'un laboratoire de didactique de la physique à l'Université Pierre et Marie-Curie (Paris VI). La suggestion de la création d'un groupe de didactique⁹ est favorablement accueillie par le Président de Paris VI, par son Conseil scientifique et par le Conseil Inter-UER pour la Recherche. Une partie des travaux¹⁰ du groupe est orientée vers les problèmes de vulgarisation scientifique. Et c'est au début de l'année 1984 qu'intervient sa nomination au Palais de la Découverte qu'il connaît déjà bien puisqu'il a participé, pendant plusieurs années, au Comité de physique de l'établissement dont il est président de 1982 à fin 1983.

L'idée du présent ouvrage vient d'un projet que Michel Hulin commence à mettre en œuvre, en 1988, comme le lui a suggéré Jean-Marc Lévy-Leblond avec lequel il aime discuter de ses thèses sur l'enseignement : publier ses réflexions sur le problème de la formation scientifique. Il rédige ainsi, en avril 1988, le plan et le synopsis de ce livre auquel il donne un titre provisoire : Les leçons de la déconvenue. Mais, pris par de multiples tâches à la Direction du Palais de la Découverte, s'investissant complètement dans la transformation de cet établissement¹¹, il n'a que peu de temps à consacrer à ce travail personnel. Il donne la priorité complète à la rédaction de textes consacrés au Palais de la Découverte. Pendant ses vacances, en août 1988, il écrit « Le vieux monsieur de l'avenue Roosevelt », puis il commence la rédaction d'un long texte, « Pour un grand Palais de la Découverte », qu'il remet à la mi-novembre à ses plus proches collaborateurs, et qui est destiné à une mission concernant les quatre musées de l'Éducation nationale¹², présidée par M^{me} Héritier-Augé. Sa disparition brutale, en novembre 1988, l'empêche de commencer la rédaction des Leçons de la déconvenue ; il ne reste que quelques notes manuscrites, des éléments bibliographiques qu'il a commencé à réunir, mais il y a aussi cet ensemble important de textes sur l'enseignement et la vulgarisation, ces deux pôles de la culture scientifique.

8. Voir p. 147.

9. Ce sera l'ERDEP.

10. Nous donnons quelques détails complémentaires p. 189.

11. Voir à ce sujet le témoignage de C. Taïeb dans « Michel Hulin et l'enseignement de la Physique », Supplément aux *Bulletins de la Société Française de Physique et de l'Union des Physiciens*, 1989, p. XXVII-XXIX.

12. Muséum d'Histoire naturelle, Musée de l'Homme, Musée des Sciences et Techniques du CNAM, Palais de la Découverte.

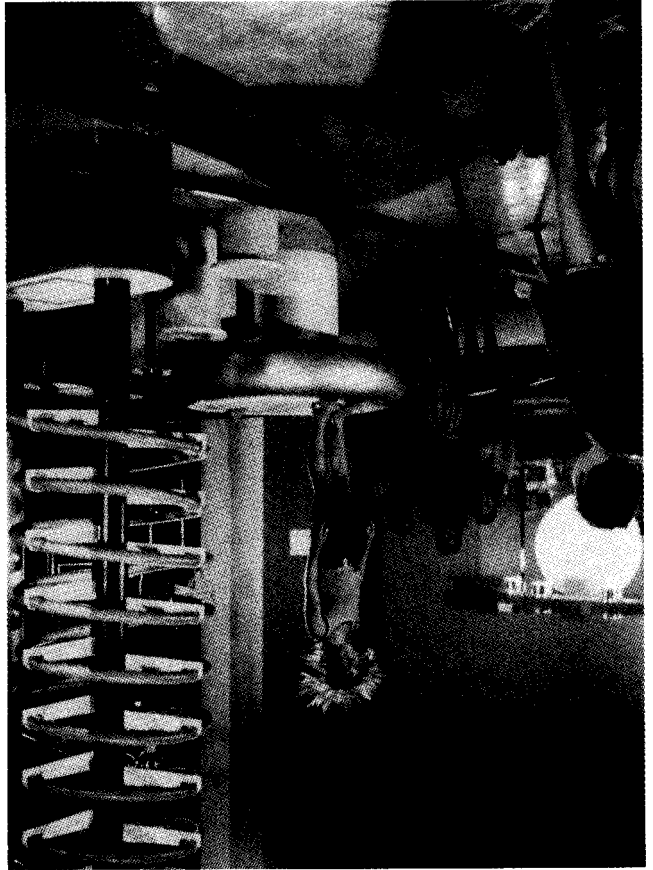
Quatre grands, vieux et beaux musées scientifiques français allient-ils «teindre dans l'ombre tandis que brillent de nouveaux feux à La Villette ? Le Muséum d'histoire naturelle et la découverte et la Conserve et la découverte de l'homme, le Palais des arts et métiers qui dépendent du ministère de l'éducation nationale viennent d'être rattachés à la mission des grands projets d'architecture et septent. Ils en attendent une aide financière pour leur rénovation et peuvent en espérer un regain de lustre et de notoriété.

Un vrai coup de jaune.

DU NEUF POUR QUATRE MUSEES

PARIS

Expérience d'électrostatique au Palais de la Découverte
(Phot. Palais de la Découverte).



Pour rendre plus aisé l'accès aux différents textes rassemblés ici, le plan détaillé adopté pour leur présentation est indiqué dans la table des matières à la fin de l'ouvrage, mention étant faite des dates de rédaction. Certains des textes ont déjà été publiés dans des revues très diverses ; les références précises sont alors données. Dans tous les cas nous reproduisons les textes originaux indiquant, éventuellement, entre crochets les parties qui ont pu être supprimées à la publication, ainsi que les annotations ultérieures de l'auteur. Enfin, nous faisons suivre de l'indication (N.H.) tous les éléments ajoutés aux écrits de Michel Hulin pour les présenter.

Les éléments des Leçons de la déconvenue constituent l'introduction à cette publication essentiellement chronologique des textes de Michel Hulin ; ils en sont, en quelque sorte, le fil conducteur. Le titre retenu pour cet ouvrage reprend celui que Michel Hulin choisit pour une communication qu'il doit faire à un colloque organisé à Marseille, en janvier 1989, sur les finalités de l'enseignement scientifique ¹³.

Je tiens à remercier Étienne Guyon, directeur de l'École Normale Supérieure, et Michel Demazure, directeur du Palais de la Découverte, d'avoir rendu possible la publication de ce livre qui rassemble l'essentiel des textes de Michel Hulin.

Frédérique Matonti, Anne Fricquegnon et Pascale Lehec ont assuré avec dynamisme et compétence la préparation de la sortie de cet ouvrage ; qu'elles trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance.

Enfin, j'ai bénéficié d'une aide qui m'a été précieuse pour la préparation de certaines illustrations et légendes, celle de Thierry Auffret Van der Kemp et de Gérard Rumèbe, respectivement responsables du département de Biologie-Médecine et du département de Physique au Palais de la Découverte ; qu'ils soient assurés de ma sincère gratitude.

Nicole Hulin.

13. Colloque organisé par le Centre de Culture scientifique, technique et industrielle Provence-Méditerranée et le Groupe de Recherches en didactique de la physique de Marseille.

En guise de prolégomènes...

A un journaliste de France Culture qui, l'interviewant en avril 1988¹, pose cette question :

« J'aimerais que Michel Hulin nous explique ce que je considère comme un paradoxe, c'est-à-dire la formule qu'il emploie qui est, en quelque sorte, de travailler à une *ignorance de qualité* »,

Michel Hulin explique :

« C'est une formule qui est apparue, quand j'ai commencé à l'utiliser il y a maintenant deux ou trois ans, comme très largement paradoxale ; elle n'a pas été sans susciter des réactions, parfois de rejet, un petit peu violentes. Je note, cela dit, qu'au plan international comme dans les milieux universitaires ou scolaires français, ce type d'idée fait son chemin. Ce que je veux dire par-là, c'est que très longtemps — et c'était visiblement à la base de l'effort de Jean Perrin et de ses collaborateurs quand ils ont créé le Palais de la Découverte — l'idée (il faut bien dire que c'était l'idée naturelle) sur quoi se fondaient leurs efforts, c'était qu'une diffusion très large de la connaissance scientifique était ce qui permettrait aux très grandes masses de la population de s'insérer de manière harmonieuse et active dans la vie de la Cité, de participer aux grands débats qui peuvent avoir un enjeu ou une composante scientifique ou technique. Et puis, il faut dire que le succès des efforts de Jean Perrin et de tous ses collègues scientifiques dans tous les pays du monde, à partir de la fin de la Deuxième Guerre mondiale, pour créer cette institution de la recherche scientifique que nous connaissons maintenant, a abouti à une croissance exponentielle de la production scientifique, et cette croissance même, l'écart de plus en plus grand entre les concepts sur quoi se fondent la recherche et la découverte scientifiques, et les perceptions *a priori* du public, font que l'idée d'une connaissance scientifique très large, diffusée dans le public, apparaît de plus en plus comme un *mirage* auquel il faut renoncer.

Alors, pour autant, il ne faut pas percevoir cette constatation comme la marque d'un pessimisme ; être pessimiste dans ce domaine ce serait avoir l'attitude d'un ingénieur ou d'un futur ingénieur qui, apprenant qu'il y a un deuxième principe de la thermodynamique qui interdit de transformer intégralement la chaleur en travail, s'en irait « planter ses choux » en renonçant à construire des

1. Émission « La Science et les hommes », du 27 avril 1988 : « Le Palais de la Découverte a cinquante ans ». Il s'agit d'une transcription de l'interview enregistrée.

moteurs. Non, il y a des moteurs, simplement ce ne sont pas les moteurs que l'on aurait pu rêver s'il n'y avait pas eu le deuxième principe de la thermodynamique ; ce sont des moteurs qui peuvent être très performants mais qui sont soumis à certaines contraintes. Et, dans le domaine de l'attitude du public, de la création d'une attitude raisonnée et active du public vis-à-vis de la connaissance scientifique et technique, je crois qu'*il faut admettre que ce n'est pas par le partage très élargi de la connaissance* qu'on résoudra le problème, mais par une sorte de travail, en quelque sorte au second degré, permettant au citoyen, au scientifique ou au technicien hors de sa spécialité de gérer la connaissance des autres, et un petit peu de s'en méfier, mais aussi et surtout — et c'est là où il faut rester optimiste — de l'utiliser pour le bien commun d'une manière efficace mais en même temps contrôlée, aussi démocratiquement que possible. »

Les leçons de la déconvenue

Tel est le titre provisoire du livre que Michel Hulin envisage d'écrire en avril 1988 ; le synopsis a été publié dans la Revue Alliage n° 1, septembre 1989, avec une présentation de Jean-Marc Lévy-Leblond. Nous y avons joint le plan que Michel Hulin avait projeté pour cet ouvrage. Notons que les deux textes sur l'enseignement qu'il avait sélectionnés comme éléments de base de son travail sont : la version annotée et complétée de « L'enseignement de la physique dans le secondaire : faire le point après 25 ans de réformes » (novembre 1985) ¹ ; « La physique ou l'enseignement impossible » (juin 1987) ².

A ces deux textes sur l'enseignement il convient d'ajouter : « La vulgarisation et l'enseignement face à un défi : la création et la diffusion d'une culture scientifique et technique » (octobre 1985) ³.

Notons de plus que, dans la présentation des Leçons de la déconvenue, une place particulière est faite au rapport du Collège de France ⁴ ainsi qu'à celui de J. Lesourne ⁵ (N.H.).

*
**

Plus que jamais, notre société ressent actuellement que les problèmes de formation sont au cœur des difficultés auxquelles elle se heurte, et, parmi ces problèmes, sont naturellement mis au premier rang ceux qui touchent aux domaines scientifique et technique. Il paraît évident qu'un effort spécifique des éducateurs doit venir répondre aux besoins nouveaux qui découlent du progrès accéléré des sciences et de la technologie, et de l'impact de ce progrès sur la vie professionnelle, économique et sociale. Au-delà c'est aussi « l'acculturation », la « mise en culture » des sciences et des techniques pour quoi plaident de multiples voix, et vers quoi tendent diverses initiatives, préparant, épaulant et prolongeant l'action éducative.

Ainsi l'homme d'aujourd'hui, et plus encore l'homme de demain, sont-ils très généralement perçus comme devant être plus « savants », de manière à intervenir

1. Voir p. 137.

2. Voir p. 147.

3. Voir p. 307.

4. Le texte intégral a été publié dans *Le Monde de l'Éducation*, n° 116, mai 1985.

5. J. Lesourne, *Éducation et Société, Les défis de l'an 2000*, Paris, La Découverte - Le Monde de l'Éducation, 1988.

plus efficacement et en meilleure place comme acteurs dans le système économique. Mais l'on souhaiterait aussi qu'ils fussent plus imprégnés des buts, des méthodes, des « esprits » scientifiques et techniques, de manière à jouer plus judicieusement leur rôle de citoyens dans une Cité sans cesse plus impliquée dans « le » scientifique et « le » technique. Et l'on aboutirait ainsi à ce que soient de plus maintenues, pour le corps social comme pour l'individu, une continuité, une cohésion indispensables entre les savoirs et les pratiques techniques, au sens large, et, d'autre part, les représentations idéologiques, les perceptions affectives, les enthousiasmes, également nécessaires au bonheur des évolutions et à l'harmonie des jeux relationnels. La rencontre ne peut se faire qu'hors du champ de la seule rationalité ; il faut donc que la connaissance scientifique s'élargisse, se prolonge et se transmute hors de ce champ pour y devenir composante des êtres plus intime et plus globale : alors sciences et techniques seront devenues objets de culture.

Au reste, le recensement de ces besoins, l'expression de ces désirs ne sont pas nouveaux, et — pour s'en tenir à la période la plus récente — on peut dire que la réclamation d'un enseignement scientifique renforcé et amélioré a immédiatement pris le relais, il y a vingt ou vingt-cinq ans, de la généralisation, la « démocratisation » de l'enseignement secondaire. De plus, les dix ou quinze dernières années ont vu se multiplier les actions de culture scientifiques : créations de revues, de clubs, de « centres de culture scientifique et technique ».

D'autre part, des synthèses récentes (rapport du Collège de France, rapport de J. Lesourne) sont venues faire le point des besoins en formation, rassemblant d'innombrables renseignements, de multiples et remarquables analyses, et insistant tout particulièrement sur la formation scientifique et technique.

Un moment favorable

Quel peut alors être le propos des « Leçons de la déconvenue » ?

Précisément, de (tenter de) tirer parti des efforts variés de ce dernier quart de siècle, et de leurs résultats, pour mettre en évidence la nécessité de s'interroger plus avant sur tout ce qui concerne tant l'enseignement que la « mise en culture » des sciences et des techniques : des difficultés nombreuses barrent la voie ; pour une bonne part, elles sont essentielles plus que circonstancielles ; il n'est que temps d'en prendre conscience.

Et le moment semble favorable. Il y a trois ou quatre ans, nos analyses et nos conclusions choquaient plus qu'elles ne donnaient à réfléchir (ne parlons pas de convaincre !). Aujourd'hui, la banquise idéologique qui recouvre le continent « enseignement-culture » commence à craquer (et le rapport Lesourne, en particulier, se fait l'écho des interrogations qui pointent et qui naguère eussent été perçues comme sacrilèges : y a-t-il nécessité de prolonger — voire de maintenir à sa durée actuelle pour tous — la scolarité obligatoire ? Y a-t-il vraiment besoin de prévoir une extension très large des formations scientifiques et techniques au sein de chaque classe d'âge ?). Enseignants, animateurs, « décideurs » s'ouvrent désormais à des interrogations plus générales, à des remises en cause plus profondes : cherchons donc à en tirer profit.

Quelle serait l'approche de l'ouvrage ? Modeste — faut-il le dire ! — essentiellement (on pourrait dire exclusivement) limitée à la spécialité de l'auteur — la physique — et fondée sur son expérience personnelle directe : celle d'enseignant, de participant à une « réforme », puis de « didacticien », celle aussi de vulgarisateur (dans un contexte particulier : celui du Palais de la Découverte).

Il s'agirait donc, partant de tentatives ou de pratiques qui ont pu être observées de près, dans le domaine de l'enseignement ou de l'animation scientifiques :

- de faire le point des représentations sous-jacentes quant à la structure épistémologique de la (des) discipline(s) scientifique(s) concernée(s) ;

- d'expliciter les objectifs visés ;

- d'établir le bilan, en gros très négatif ;

- de repérer les causes des échecs.

Le point essentiel est que ces causes touchent vraiment au fond, à la spécificité des procédures, théoriques ou expérimentales, caractéristiques de la physique. Nous le confirmons d'ailleurs en constatant l'universalité, géographique et historique, des obstacles rencontrés par l'enseignement de cette discipline. Il est donc vain d'espérer améliorer la situation par un surcroît de moyens matériels, ou un effort plus poussé de réflexion ou d'organisation pédagogique : c'est l'objectif même d'une diffusion étendue de la connaissance « technique » de la physique qui doit être remis en cause, avec tout ce que cela implique nécessairement quant à la politique de formation — initiale, mais aussi continuée — dans le domaine scientifique.

Ainsi limité dans ses ambitions, l'enseignement doit naturellement « passer la main » à la vulgarisation, ou se coupler à elle, pour une part de ses fonctions traditionnelles : prioritairement, celles qui concernent l'information du non-spécialiste et la formation du citoyen.

Or que se passe-t-il donc du côté de la vulgarisation ? De nouveau, nous proposerions de partir d'une expérience limitée, mais de première main, en procédant à l'examen d'un cas, celui du Palais de la Découverte. L'histoire, déjà riche, de l'établissement, l'examen de ses modalités récentes ou actuelles de fonctionnement, les péripéties de la tourmente dans laquelle il a été pris pendant la période de création de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, les tiraillements qu'il peut subir dans son effort pour évoluer tout en conservant son identité et ses acquis nous semblent pouvoir illustrer de manière très concrète certains des problèmes qui marquent les activités de diffusion de la connaissance et de la culture scientifiques, étant admis que toute prétention à l'exhaustivité est exclue.

Au-delà, quelles conclusions tirer de ces « coups de flash » ? Non pas bien sûr des recettes toutes faites, mais la remise en cause d'espairs fallacieux qu'on s'épuiserait à nourrir plus longtemps, et quelques recommandations pour des réflexions et recherches ultérieures.

Il doit être d'abord entendu qu'il serait vain de demander au système éducatif de résoudre par des interventions et des efforts techniques ce qui est fondamentalement problème de société : la situation ne s'améliorera en profondeur que lorsque le rôle des diplômés, par exemple, ou la fonction sociale des Grandes

écoles d'ingénieurs auront été redéfinis, que lorsque l'importance de la formation initiale de type scolaire, (qu'il ne s'agit nullement de nier), aura néanmoins été relativisée. De telles idées diffusent de nos jours plus largement que naguère : leur acceptation par le corps social pourra enfin placer le didacticien, l'enseignant, l'administrateur, le politique dans une situation de recherche *possible*, non vouée dès le départ à l'insignifiance ou à un échec nécessaires.

Mais il importe de gagner du temps et initier réflexion et recherche ; ceci implique d'anticiper sur la solution des problèmes de société qui pèsent sur tout le dispositif d'éducation. Il faut que soient ménagés, dans l'institution scolaire, des isolats où, partiellement au moins, seront évacuées les perturbations traditionnelles de la relation entre l'étudiant et son apprentissage : par non-soumission aux programmes, par aménagement des conditions d'examen... A ne pas l'exiger, les didacticiens se voueraient à travailler, pour l'essentiel, sur des artefacts sociologiques ou idéologiques.

Négocier avec l'ignorance

Deuxième « condition aux limites » désormais claire : ce n'est pas à travers un apprentissage généralisé des savoirs scientifiques que l'on avancera vers la solution des problèmes de formation ou d'acculturation. L'ignorance de la très grande majorité de la population dans le domaine scientifique (et technique) doit être considérée comme nécessaire, à quelque échéance qu'on puisse efficacement considérer en ce moment : le problème est alors de négocier avec cette ignorance.

Pour ce qui est de la formation, ceci implique un réexamen soigneux des nécessités socio-économiques *réelles* ; commence d'ailleurs à se faire jour l'idée qu'un renforcement des connaissances scientifiques n'est pas indispensable, et c'est très heureux : il serait impossible. Notons que ceci implique que, dès lors, l'enseignement scientifique n'aura plus à chercher une prétendue légitimité du côté des scientifiques professionnels, en tout cas d'eux seulement.

Par contre, sont essentielles les capacités linguistiques — et d'abord en français —, l'aptitude à une analyse rationnelle en fonction de présupposés définis (mais pas dans un texte obligatoirement scientifique : il rajoute trop souvent un élément d'étrangeté perturbateur), la manipulation des représentations symboliques (ne serait-ce que le dessin). Est également indispensable la mise au premier plan de l'acquisition de capacités techniques, permettant la réalisation d'actions diverses dans des conditions *socialement* reconnues comme pertinentes : le système éducatif doit admettre que, pour une bonne part, la validation de ses performances et de celles de ses élèves viennent de l'extérieur. C'est à ce prix que l'on sortira de cette coupure, en fait croissante, qui écarte l'enseignement scientifique de tout ce qui se passe dans les laboratoires comme dans l'industrie, coupure que tant d'élèves ressentent, plus ou moins confusément, comme l'obligation de se soumettre à une sorte de jeu initiatique, gratuit et pervers. Ceci implique bien sûr un effort d'équipement et de logistique : le tableau noir devient vite insuffisant. Ceci impose également la remise en cause des cheminements

déductifs, base des présentations scolaires et universitaires : le passage à l'acte technique vient inévitablement en rompre l'ordonnance. Des substituts sont à définir, des articulations sont à ménager entre un apprentissage conçu, niveau par niveau, comme celui d'une pratique, et les phases de « prise de recul » où l'on s'efforcera de dépasser les circonstances immédiates de chaque niveau de pratique pour passer à un niveau supérieur, et pour préparer la réaction à l'évolution possible de ces circonstances. L'invention, l'étude et l'essai de ces chemine-ments nouveaux, largement en rupture avec ceux de l'enseignement technique actuel comme de l'enseignement général, sont également des tâches de première urgence pour la recherche didactique.

Pour ce qui est de l'information, de la vulgarisation, de la « mise en culture » dans le domaine scientifique et technique, la première condition d'un progrès nous semble être, ici encore, la prise de conscience qu'un partage étendu d'un savoir organisé est inaccessible : la grande majorité des citoyens sera ignorante, comme est ignorante la grande majorité des scientifiques sortis de leur champ de compétence. La spécialisation du savoir, loin d'être la caractéristique, regrettable mais passagère, d'une crise de croissance de la recherche scientifique, en est la condition intime, et le restera à toute échéance prévisible.

Pour une épistémologie sociale

Pour autant, nous n'acceptons nullement d'en déduire l'idée d'un quelconque renoncement à impliquer l'ensemble de la Cité dans les débats où interviennent des considérations scientifiques ou techniques : il y va de l'avenir même du principe démocratique.

Mais il convient d'admettre que le contrôle et la participation démocratiques doivent se placer au-dessus du débat strictement technique : à la compétence scientifique ou technique, inaccessibles, il faut substituer la capacité – qui doit, elle, être largement partagée – à utiliser les compétences locales des spécialistes. (Nous avons proposé d'appeler « socio-épistémologie », ou « épistémologie sociale », l'ensemble des procédures définissant cette aptitude des citoyens à gérer le savoir des scientifiques et des techniciens et permettant sa mise en œuvre ; on nous a opposé qu'il s'agissait là, en propre, d'un domaine d'action de la philosophie, sinon de son domaine d'intervention constitutif ; nous laisserions effectivement, et très volontiers, le terrain aux philosophes, à charge pour eux de faire la preuve de leur aptitude à l'occuper effectivement !).

A ce déplacement des compétences doit s'ajouter un autre effort qui le complète : celui de l'organisation des structures sociales qui guideront et épauleront l'individu dans sa quête d'information, dans l'organisation des débats contradictoires indispensables, dans l'entretien d'une mémoire collective sur l'issue des actions antérieures. C'est un « consumérisme » de la connaissance scientifique et technique qu'il faut créer. Il peut d'ailleurs contribuer puissamment à revivifier le débat politique ou l'action syndicale. Il ne remplira toutefois pleinement son rôle que dans la mesure où il traitera les citoyens *aussi* comme acteurs, et pas seulement comme mandants, ne serait-

ce qu'en les associant à la collecte des informations et à l'élaboration des questions à traiter.

La réflexion sur la constitution de telles structures et les premiers efforts pour la promouvoir devraient intervenir aussi vite que possible : c'est par eux que passe, aussi, une redéfinition judicieuse des fonctions attribuées au système éducatif.

Au-delà, resterait à faire accéder le maximum de femmes et d'hommes aux joies de la connaissance, sinon de la découverte, scientifiques : elles sont réelles, même goûtées du bout des lèvres. Mesurons cependant que nombreux sont ceux qui préfèrent se maintenir à la surface des choses. Toute technique les rebute, même celle du sportif, même celle du cinéaste : ils préfèrent le geste, l'image achevés, sans que s'aperçoivent les cheminements de leur longue élaboration. Plus, ils confineront volontiers « l'humain » au seul champ de cette perception immédiate, et n'engageront leur fantaisie et leur imagination qu'à la seule chasse des illusions qui la perturbent ou la prolongent.

Est-ce là réaction essentielle et innée, ou attitude de rejet devant certaines péripéties scolaires, ou devant certains habillages socio-économiques de la connaissance scientifique ? Souhaitons que cette deuxième hypothèse soit la bonne : l'évolution serait possible. S'il n'en était malheureusement pas ainsi, ce serait dans ce rejet instinctif par certains de la patience de l'analyse et des exigences de la rationalité que résiderait le plus grand risque de voir notre société devenir irrémédiablement duale.

Annexe

« LES LEÇONS DE LA DÉCONVENUE »
PLAN PROJETÉ

INTRODUCTION

Le développement même des sciences et des techniques, leur impact sans cesse accru sur la vie économique et sociale, voire sur l'existence de chaque individu, semble commander tout naturellement un développement de l'action éducative, tant avec une visée de formation professionnelle que de préparation du futur citoyen.

Partant de pratiques directement observées (et en se limitant donc à des domaines particuliers : l'enseignement de la physique, l'activité du Palais de la Découverte), l'on entreprend de montrer qu'un tel effort conduit, en fait, à une impasse, en expliquant pourquoi. Au-delà, on tentera de cerner divers moyens permettant de dépasser cet échec.

I. L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

1. *La physique actuelle et ses caractéristiques essentielles :*

Fondée par une série de coupures d'avec les « représentations spontanées » du monde extérieur, la physique est intimement liée au formalisme mathématique comme aux applications techniques et industrielles. Au plan conceptuel comme dans ses procédures expérimentales, elle représente un système très élaboré et très complexe.

2. Pratiquement toutes les caractéristiques de la physique peuvent être associées à autant d'obstacles, de *difficultés d'apprentissage*, sur quoi vient buter l'enseignement.

3. *Constats sur l'enseignement de la discipline en France* (secondaire et premier cycle du supérieur) : ils ne peuvent être que défavorables comme le montre une analyse point par point de la situation examinée.

4. Mais la situation en France reproduit, pour l'essentiel, *ce que l'on observe dans les autres pays*, qui ont tous fait des efforts importants de développement de l'enseignement scientifique au cours du dernier quart de siècle.

5. *L'histoire de l'enseignement scientifique* montre qu'en fait la situation n'a jamais été considérée comme satisfaisante : le problème n'est pas nouveau.

Au total, il faut donc considérer que « la physique ne peut s'enseigner » (en tout cas à de larges fractions de la population scolaire). (Quelques comparaisons sont faites avec d'autres disciplines scientifiques). *Force est donc de remanier en profondeur la stratégie de formation et d'éducation dans ce domaine* essentiel de la connaissance scientifique, et, plus généralement, de s'interroger sur les buts et les moyens de tout l'enseignement scientifique non spécialisé.

II. VULGARISATION ET ANIMATION SCIENTIFIQUES

La situation de l'enseignement scientifique, on vient de le voir, n'est pas satisfaisante : elle bute en fait sur d'irréductibles obstacles. Réussit-on mieux en ne retenant qu'une visée culturelle, ou d'information superficielle, à la place d'un véritable apprentissage ?

Sur l'exemple du Palais de la Découverte, nous proposons une « étude de cas » montrant les succès — certes — qui peuvent récompenser les efforts consentis dans le domaine de la vulgarisation et de l'animation scientifiques, mais aussi les limites de ces succès, et plus encore l'ensemble des phénomènes perturbateurs qui peuvent venir compromettre de telles entreprises.

1. *Les origines* : que visaient Jean Perrin et ses collaborateurs en fondant le Palais de la Découverte ?

2. *L'histoire récente* : comment le Palais a-t-il évolué, en cinquante ans, dans les buts poursuivis, les méthodes employées, le public atteint ? Quelles critiques lui a-t-on faites lors du lancement du projet qui devait aboutir à la construction de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette ? Jusqu'où, finalement, va le renouvellement, dans le domaine de l'information, de la vulgarisation, de la formation scientifique et technique proprement dites assuré par la C.S.I. ?

3. *Le renouvellement et ses contraintes* : dans ses efforts pour se renouveler, pour répondre aux demandes ressenties, le Palais de la Découverte se retrouve coincé comme dans un mandrin à quatre mors :

— le « mors » des « scientifiques » : la communauté scientifique « conseille », « exige », le plus souvent sans perception d'aucune des contraintes à respecter : formation et centres d'intérêt du public, qualification des intervenants, coûts... la compétence scientifique est souvent l'alibi qui doit faire passer la pesée idéologique ;

— *les communicateurs* (gens de média, spécialistes en « communication » des entreprises, des services publics voire maintenant des administrations), qui s'estiment aptes à faire passer n'importe quelle information grâce à un prétendu savoir-faire technique général s'accommodant de tout contenu ; dans une grande mesure, ils fixent effectivement une sorte de norme générale, malheureusement complètement coupée des exigences spécifiques des messages scientifiques ;

— *les « professionnels du beau »* : il faut désormais qu'un centre d'animation scientifique puisse rivaliser avec les magasins, les salons, les musées d'art dans le soin apporté à la décoration, à la « scénographie ». Tout le problème est que leur inculture scientifique totale ne prédispose guère les « artistes » à intervenir opportunément dans ce contexte, en mesurant les contraintes que sa spécificité impose tant au plan technique qu'esthétique ;

— *les politiques et les décideurs* administratifs constituent le quatrième mors qui assure le verrouillage définitif de la situation. En fait, ils tentent, pour la plupart, de louvoyer au mieux entre les impulsions, aléatoires et contradictoires, des autres groupes de pression, dans un domaine d'action qu'ils dominent le plus souvent très mal, amplifiant ainsi l'absence d'une continuité dans les orientations qui serait pourtant une condition essentielle de succès.

Le monde de la muséologie et de l'animation scientifique en France et son histoire récente sont ainsi, *d'abord des révélateurs de l'inculture scientifique et technique* générale. Ils ajoutent, au ditype « culture-enseignement », le volet clinquant, « médiatique », qui renforce et complète le constat d'échec observé pour l'apprentissage scolaire. On a voulu acheter au pays, à prix d'or, une culture scientifique, en cherchant « ailleurs » (dans les agences de publicité au lieu des établissements d'enseignement, au Japon ou aux USA plutôt qu'en France) les recettes toutes faites et les modèles tout prêts. Par là, on affirmait d'ailleurs à quel point était insatisfaisante la situation scolaire et universitaire au plan scientifique. *Mais on n'a aussi toute une expérience* — celle par exemple du Palais de la Découverte — *et toute une dynamique* — celle des actions régionales, des centres de culture scientifique et technique, des associations de loisirs scientifiques. Les raisons de telles exclusions sont multiples, et il conviendra d'entamer au moins leur repérage et leur interprétation.

III. AU-DELA DE L'ÉCHEC

Il va de soi que cette dernière partie, bien sûr nécessaire, ne peut qu'indiquer quelques pistes de recherche ou de réflexion.

1. *Ne pas trop en demander au système éducatif*

Tous les systèmes sociaux s'usent, ainsi le système français fondant la sélection et le hiérarchi-

sation sociales sur l'enseignement, le concours, le diplôme. N'accablons pas ce système — il avait ses mérites — mais prenons en compte qu'il est désormais poussé hors de ses limites d'élasticité.

Ce sont les enjeux sociaux de l'enseignement qu'il faut redéfinir en priorité, la fonction sociale des diplômes qu'il faut réviser. Ceci n'est pas le problème des enseignants ou des responsables du système éducatif, en tout cas pas d'eux seulement. Ce problème sera, dans la suite, « supposé résolu » : il est, certes, énorme ; mais ce n'est plus un problème lié aux techniques d'enseignement ou de vulgarisation et il sort donc du domaine auquel nous nous cantonnons.

2. *Il faut renoncer à viser un apprentissage largement répandu au sein du corps social des grandes disciplines scientifiques telles que la physique* : la diversité des savoir-faire à réunir, l'écart qu'il convient d'admettre entre les perceptions et les pratiques quotidiennes et la vision du monde qu'imposent ces disciplines sont des obstacles irrémédiables — pour quelque temps encore au moins.

3. En fait, ceci n'est pas vraiment grave, car *on n'a finalement pas besoin de beaucoup de scientifiques professionnels*.

Il en faut certes : le problème est de les repérer progressivement dans les classes, et de les traiter à part, au cours de leur progression scolaire. L'obstacle actuellement rhédictoire à une telle procédure tient à l'association aux études scientifiques d'une « sélection-hiérarchisation » sociale. On a dit que cet obstacle devrait, de toute manière, être levé pour que tout le système éducatif puisse être remis sur ses pieds. (Au-delà, des difficultés d'organisation seront à régler ; elles ne devraient pas être insurmontables).

4. Au plan de la formation, *il convient de procéder à un réexamen soigneux des nécessités socio-économiques réelles* : où sont les emplois à échéance prévisible ; quelles compétences exigent-ils ?

La préparation à ces emplois et donc l'acquisition de ces compétences constituent les véritables enjeux de l'action éducative, et non pas une « formation générale scientifique et technique » sortant toute armée de la tête de Zeus.

Ces compétences impliqueront, sûrement, d'insister sur certaines capacités fondamentales (d'analyse, de traitement symbolique, d'expression...) seules capables d'assurer à l'agent professionnel une fiabilité et une adaptabilité convenables.

L'on pensait que l'apprentissage scientifique serait le lieu idéal où développer l'ensemble de ces qualités en plus des connaissances elles-mêmes. C'est probablement le cas quand « ça marche » (et cela ne garantit pas pour autant une parfaite adaptation à la mise en œuvre de ces aptitudes hors du contexte scientifique) ; mais tout le problème est que « ça marche » seulement avec 3 à 5 % des adolescents. Il convient donc d'apprendre méthode, rigueur, communication dans d'autres contextes :

— celui de (certaines) disciplines humaines et sociales ;

— celui d'enseignements à composante technologique.

Les uns et les autres apportant en outre des savoirs par eux-mêmes importants.

5. *Tout ceci implique que soit, pour l'essentiel, profondément remise en cause la « référence-alibi » aux spécialistes des disciplines scientifiques*, dont le système éducatif sait admirablement jouer pour assurer son autonomie tout en tenant strictement les professeurs qui auraient des velléités d'indépendance intellectuelle. C'est à un ensemble de représentants du corps social, représentatifs de besoins et de compétences diverses de définir les références imposées au système éducatif.

Les professeurs des disciplines scientifiques, quant à eux, devraient vraisemblablement renoncer à faire de l'enseignement leur activité à plein temps et pour toute leur vie professionnelle. Cela serait nécessaire pour leur assurer une vue suffisamment fidèle des besoins effectifs de leurs élèves ; cela leur permettrait de plus d'émerger d'une représentation très fautive de la compétence scientifique ou technique, et de resituer, plus exactement et avec toute leur importance, leurs qualités véritables. Signalons, au passage, l'impossibilité de recruter un corps professoral possédant l'ensemble des compétences qui le mettrait à l'aise avec les programmes auxquels conduisent les ambitions des spécialistes, non pas tant du fait d'une dévalorisation des rémunérations ou d'une perte de prestige, mais

parce que ce recrutement assècherait d'autres domaines d'activité scientifique et technique également essentiels à la société.

6. *L'enseignement, abandonnant la sûreté des cheminements déductifs linéaires* qui, partant des principes fondamentaux présentent les caractéristiques essentielles des représentations globales dans les grands domaines disciplinaires, *devra trouver à ces cheminements des substituts locaux*, permettant, sur des exemples concrets, d'organiser des niveaux successifs de pratiques et de réflexions. Qu'on ne s'y trompe pas : l'on y perdra en cohérence ; ce n'est pas par hasard que l'on voulait tant, il y a vingt ans, faire percevoir l'unité de la physique.

D'autres aménagements de la pratique enseignante sont aussi indispensables : ainsi, un meilleur respect du rythme propre de chaque élève.

7. D'une manière générale, il y a donc *besoin accru de formation* (mais pas nécessairement de formations scientifique et technique conçues suivant le mode actuellement classique), mais *pas nécessairement de scolarisation*. Non seulement la formation continuée doit prendre une importance grandissante, mais l'activité professionnelle elle-même doit être conçue, par l'agent et son employeur, comme représentant *aussi* un moment de formation.

8. La formation scientifique et technique n'a pas seulement *a priori*, une finalité professionnelle : c'est aussi celle du citoyen. Dans le fil de notre analyse antérieure, nous poserons *qu'un partage étendu d'un savoir scientifique organisé est impossible*. On doit, à la place, viser un « savoir décalé » (en reprenant une expression de Ph. Roqueplo), celui qui est nécessaire pour faire appel au savoir des autres et contrôler les conditions de ce recours. *L'accession à ce « savoir décalé » est un élément évidemment essentiel pour la survie d'une organisation démocratique de nos sociétés.*

9. Cette compétence nouvelle, celle de la gestion de la compétence et du savoir scientifique et technique des spécialistes, celle aussi de l'arbitrage entre experts, elle doit, bien sûr, être aussi largement diffusée que possible, et répartie au maximum entre les citoyens. Mais il faut en outre *en organiser socialement les modalités de mise en œuvre en créant et en animant les structures sociales qui aideront le citoyen ou le groupe de citoyens dans leur quête d'information, dans l'organisation des débats contradictoires indispensables, dans l'entretien d'une mémoire collective* sur les grands enjeux à composante scientifique et technique et la manière dont on peut les apprécier avec le seul recul de l'histoire.

Il est urgent de définir et d'animer de tels organismes : à la fois de par leur fonction et donc leur intérêt propre, mais aussi parce que leur organisation influera directement sur les objectifs fixés à l'enseignement.

10. Reste enfin que chaque science, la physique parmi les autres, est désormais porteuse d'une authentique vision du monde, en même temps que d'un ensemble organisé d'attitudes intellectuelles : tout ceci nous semblait, naguère encore, porteur d'une charge culturelle authentique, qu'il s'agissait de diffuser le plus largement.

Notre échec également sensible dans ce domaine, l'abondance des urgences majeures qui nous pressent d'autre part, reculent un tel objectif au-delà de notre horizon immédiat.

Profitons peut-être du répit qu'assure ce recul forcé pour réfléchir à cette attitude, si fréquemment observable, de refus de procéder à l'analyse des situations, de refus de percer les étapes d'une réalisation technique, finalement de refus de la rationalité : beaucoup de gens nous entourent qui opposent « humain » et « humanisme » à rationalité, analyse, technique.

Faut-il voir dans ces exclusions la marque d'une frustration, peut-être artefact malheureux de l'enseignement ? Est-ce une coupure plus profonde qui divise nos sociétés ? Nous terminerons sur cette interrogation.

L'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE LE CAS DE LA PHYSIQUE (1970-1988)

Les textes sur l'enseignement peuvent être classés en deux périodes.

De 1970 à 1976, ce sont des textes directement liés à l'histoire des travaux de la Commission Lagarrigue. Certains sont des rapports préparés dans le cadre de la Commission enseignement de la SFP ¹ et dont l'essentiel est repris dans des documents officiels (dans ce cas nous publions la version initiale en indiquant les modifications effectuées) :

« La nécessaire réforme de l'enseignement scientifique dans le second degré » (octobre 1970).

« L'insertion de la réforme de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie dans le cadre général de la réforme de l'enseignement du second degré » (février 1974).

« Est-ce maintenant que la Commission Lagarrigue doit disparaître ? (juin 1976).

C'est en mars 1969 que la Commission enseignement de la SFP propose d'aborder le problème de l'enseignement secondaire ; le principe est alors retenu d'un travail en collaboration avec l'Union des Physiciens et la Société Chimique de France. Le groupe constitué est chargé d'examiner la situation des sciences physiques dans le second degré en raison de la désaffection vis-à-vis des sections scientifiques, ce phénomène se répercutant sur le premier cycle des universités. Le rapport de Michel Hulin de 1970 sert de base à la déclaration commune des trois sociétés ², « texte important qui peut être considéré comme initiateur de la création d'une Commission de réforme de l'enseignement des sciences physiques » ³ dont nous donnons plus loin un bref historique ⁴ (d'après des notes manuscrites de Michel Hulin). En octobre 1971, Michel Hulin présente ses « Remarques préliminaires relatives à l'enseignement dit de " technologie " » . « Le rapport Hulin à la Commission Lagarrigue, écrit Samuel Joh-

1. De 1969 à 1975 Michel Hulin est au bureau de la SFP.

2. BUP, octobre 1977, « Les documents de la Commission Lagarrigue », p. 87-96.

3. *Ibid.*, p. 87, n° 1.

4. Voir p. 37.

sua, est, à plusieurs titres, considéré comme un rapport de référence par ladite commission »⁵.

Ainsi, la Commission Lagarrigue va introduire une initiation aux sciences physiques et techniques dans le premier cycle de l'enseignement secondaire et « les indications de Michel Hulin ont été un peu la charte initiale pour le groupe de travail premier cycle »⁶ constitué par la Commission. Cependant, par la suite, Michel Hulin s'est plutôt intéressé à l'enseignement de la physique au lycée et à l'université.

A partir de 1980, Michel Hulin nous livre un certain nombre de remarques et réflexions sur l'enseignement de la physique, et commence à dresser un bilan qui aboutit à « *La physique ou l'enseignement impossible* » en 1987, et au projet du livre « *Les leçons de la déconvenue* » en avril 1988.

En décembre 1987, sur la proposition des mathématiciens⁷, la création d'un groupe de réflexion sur l'enseignement scientifique⁸ est annoncée conjointement par la Société Mathématique de France (SMF), la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI) et la Société Française de Physique (SFP). Cette réflexion ne doit pas être « confinée dans des structures monodisciplinaires » car « il est essentiel d'éviter l'écueil du cloisonnement » ; il s'agit de « tracer la voie d'une éducation scientifique pour le XXI^e siècle (analogue au « *Projet 2061* » de l'American Association for the Advancement of Science) ». C'est pour ce groupe que Michel Hulin a rédigé en juin 1988 ses « *Thèses et constatations sur l'enseignement scientifique* »⁹.

Les textes présentés ici sont précédés d'une brève introduction qui les situent. Néanmoins, quelques commentaires généraux préliminaires s'imposent.

« *Le rapport Hulin* » d'octobre 1971 introduit des idées, des orientations que l'on retrouve dans des textes bien postérieurs. Tout d'abord le lien enseignement-vulgarisation est nettement affirmé : il faut admettre « qu'une des composantes de l'enseignement soit une "vulgarisation" fondée sur la description de l'environnement physique et technique, qui corrige et structure les "préconnaissances", souvent très incomplètes et fallacieuses, qu'a formées chez les élèves le contact avec cet environnement »¹⁰ ; « il y a un fossé entre la vulgarisation "commerciale" et la science des spécialistes ou la pratique des techniciens : c'est ce fossé que, pour une part, l'enseignement secondaire peut et doit combler »¹¹. Ensuite est souligné le fait « que l'enseignement des sciences phy-

5. Samuel Johsua, Thèse (mars 1985), B. 5, p. 35.

6. J.-L. Martinand, « Pour l'initiation aux sciences et techniques », *Supplément au Bulletin de la SFP*, 1989, p. XI.

7. J.-F. Mela, « Discours au colloque "Mathématiques à venir" », *Gazette des Mathématiciens*, n° 35, janvier 1988, p. 3-6.

8. B. Julia, « Un groupe de réflexion sur l'enseignement scientifique : Pourquoi ? Avec qui ? Dans quels buts ? », *Bulletin de la SFP*, septembre 1988.

9. Voir p. 327.

10. Voir p. 54. Comparer au texte de juin 1987, « *La physique ou l'enseignement impossible* », p. 169.

11. Voir p. 56.

siques doit viser non pas à former des physiciens ou des chimistes mais à apporter un élément de culture générale à des élèves très divers »¹². Enfin nous noterons ce souci, pour éviter l'enfermement dans un carcan, de choisir un nom nouveau pour marquer l'originalité du nouvel enseignement d'Initiation aux Sciences et Techniques (IST) des classes de 4^e et 3^e et de renoncer au terme de « technologie ». La même attitude se retrouve dans le texte de novembre 1983¹³ avec la proposition du terme de « protophysique » pour bien marquer que l'on n'impose pas « des ambitions inaccessibles par référence à un savoir savant hors de portée »¹⁴.

A partir de 1983, Michel Hulin fait référence à l'histoire de l'enseignement scientifique pour étayer son diagnostic que « la physique est une discipline qui ne s'enseigne pas »¹⁵. Dans les textes de 1983, 1984 et 1987, en filiation directe¹⁶, il fait plus particulièrement référence à Henry Le Châtelier¹⁷ ; dans celui de novembre 1985¹⁸, il développe ce thème en analysant le contexte dans lequel s'est développé, au XIX^e siècle, l'enseignement de la physique, considérant que l'histoire de l'enseignement scientifique permet de commencer à comprendre les obstacles sur lesquels bute l'enseignement de la physique¹⁹. Nous ajouterons, pour notre part²⁰, qu'au milieu du XIX^e siècle A. Cournot note les écueils à éviter lorsqu'on enseigne la physique et V. Duruy, aménageant le plan d'études, affirme : « Sans mathématiques on ne peut faire qu'une physique de mauvais aloi. » Maturité des élèves, maîtrise de l'outil mathématique apparaissent dès le XIX^e siècle comme des conditions nécessaires à un bon enseignement de la physique.

Nous venons de faire référence aux trois textes de novembre 1983, septembre 1984 et juin 1987 qui sont en filiation directe et correspondent à un mûrissement progressif des thèses de Michel Hulin. Dès le premier texte apparaît le terme de « mission impossible »²¹ pour l'enseignement de la physique dans le secondaire, annonçant ainsi le titre de la version finale de juin 1987. Ces trois textes diffèrent essentiellement par leur troisième et dernière partie dont le titre va évoluer alors que celui des deux premières reste inchangé : « Rappels préalables d'évidences diverses », « Constats sur la situation

12. Voir p. 57. Comparer au texte de juin 1987, « La physique ou l'enseignement impossible », p. 172-173.

13. « Quelques " thèses " pour la didactique de la physique ».

14. Voir p. 213.

15. « Quelques " thèses " pour la didactique de la physique », p. 210-211.

16. Novembre 1983, « Quelques " thèses " pour la didactique de la physique » ; septembre 1984, « De la physique et de son enseignement » ; juin 1987, « La physique ou l'enseignement impossible ».

17. Dans le texte de juin 1987, p. 165.

18. « L'enseignement de la physique dans le secondaire : faire le point après 25 ans de réforme ».

19. Voir p. 138.

20. Nicole Hulin-Jung, *L'organisation de l'enseignement des sciences*, Paris, CTHS, 1989, p. 282 et 311.

21. P. 213.

actuelle ». Pour la troisième partie, on passe de « Thèses pour la didactique de la physique » à « Propositions pour l'enseignement de la physique » et, enfin à « Au-delà de l'échec ». Entre 1983 et 1984 il y a un remaniement profond de la dernière partie avec suppression de la référence aux didacticiens et à la tâche prioritaire qui leur incombe d'inventer une « protophysique » ; en 1987, cette troisième partie est complètement revue et refondue, tout en reprenant des éléments importants des précédents textes. C'est donc le texte de 1987 que nous présentons ici dans son intégralité²².

« Un enseignement scientifique, même dans le domaine des sciences de la nature, est nécessairement l'enseignement d'un certain processus d'abstraction. » L'hypervalorisation du recours expérimental permet de se situer par rapport aux mathématiques. Si la composante expérimentale de l'enseignement des sciences physiques fait son originalité, en particulier par rapport aux mathématiques, il faut cependant approfondir les modalités de son intervention. L'expérience assure avant tout la possibilité de choix entre deux ou plusieurs schémas explicatifs (parallèlement il faut assurer une pratique manipulative, une habileté expérimentale aux élèves). « Le physicien mène son expérimentation dans le cadre d'une théorie au moins ébauchée et les enseignements qu'il en tire sont largement déterminés par ses présupposés théoriques. » Il y a « interaction dialectique entre la réflexion théorique et la pratique expérimentale ». Or, l'enseignement de la physique dans le secondaire ne peut qu'ignorer des moments essentiels de la formalisation. La complexité des phénomènes entraîne une démarche par approximations successives oscillant entre des représentations théoriques (qualifiées souvent de « modèles ») et l'interrogation expérimentale. C'est cette nécessité du renoncement à une progression linéaire qui rend « impossible » l'enseignement de la physique au niveau du secondaire, une physique considérée dans son authenticité et son originalité méthodologique.

Ajoutons que, compte tenu de l'importance de la « réforme Lagarrigue », nous avons jugé opportun de montrer le passage de la théorie à la pratique, sans bien sûr entrer dans des détails techniques hors de propos dans cet ouvrage ; ainsi nous donnons les introductions de trois articles, publiés par Michel Hulin dans le Bulletin de l'Union des Physiciens, qui permettent de préciser les objectifs poursuivis et les difficultés présentées avec l'introduction de certaines notions dans les programmes.

Enfin, en introduction à l'ensemble des documents que nous présentons, est proposé un court texte (datant de 1983) concernant les travaux de la Commission Lagarrigue²³ et qui montre très bien le cheminement de la pensée de Michel Hulin (N.H.).

22. Voir la troisième partie du texte primitif, p. 209.

23. Voir aussi Nicole Hulin, « La constitution et les débuts de la Commission Lagarrigue ou Du rôle moteur des sociétés savantes », *BUP*, n° 730, janvier 1991, p. 11-28. Cette Commission ministérielle de rénovation de l'enseignement des sciences physiques reçut rapidement le nom de son premier président André Lagarrigue (1924-1975). Voir par exemple *BUP*, n° 537 (été 1971), p. 1109.

PREMIÈRE PÉRIODE 1970-1976

Cette période correspond à celle des travaux de la Commission Lagarrigue. Quelques dates importantes jalonnent son histoire.

Créée en octobre 1970, ses travaux sont ouverts par le ministre de l'Éducation nationale, Olivier Guichard²⁴, le 27 mai 1971. Avec le changement de gouvernement en juillet 1972, Joseph Fontanet²⁵ le remplace à ce poste et prépare une réforme de l'enseignement du second degré ; ses propositions sont approuvées par le Conseil des ministres du 16 janvier 1974 et le projet de loi est rendu public en février 1974. Mais, après les élections présidentielles de mai 1974, René Haby²⁶ est nommé ministre de l'Éducation²⁷. Après la disparition brutale d'André Lagarrigue, président de la Commission, en janvier 1975, et bien des hésitations, René Haby renouvelle la Commission en juillet 1975²⁸ en confiant sa présidence à Roland Omnès. Dans son allocution²⁹ du 17 octobre 1975 devant la Commission Lagarrigue, René Haby pose d'abord en principe que la Commission « pour ministérielle qu'elle soit, ne se substitue pas aux Directions qui ont la responsabilité de l'élaboration de la politique de l'éducation » ; la Commission est « un groupe de concertation et de réflexion sur de nouvelles lignes directrices du système éducatif, et, éventuellement, un groupe de travail sur tel ou tel point particulier proposé » à sa réflexion. René Haby insiste sur le fait que la Commission va être appelée « à travailler dans un contexte nouveau ». En fait, la Commission va devoir « sortir » rapidement des programmes³⁰ pour mettre en route la réforme Haby. En septembre 1976, la Commission est supprimée.

Quelques échos de presse³¹ pourront compléter ce rapide tableau :

24. Voir J. Minot, *L'éducation nationale*, Berger-Levrault, 1979, p. 100-107. On trouvera l'allocution prononcée par Olivier Guichard dans *BUP*, octobre 1977, p. 9-12.

25. *Ibid.*, p. 107-112. Voir p. 80.

26. *Ibid.*, p. 112-122.

27. Pour la première fois depuis 1932 l'appellation du Ministère est changée.

28. La loi relative à l'enseignement, préparée par René Haby, est promulguée le 11 juillet 1975. On pourra consulter à ce sujet le texte de René Haby, « Propositions pour une modernisation du système éducatif », *La Documentation française*, février 1975 et l'interview du Ministre dans *Le Monde de l'Éducation*, mars 1975, p. 6-8.

29. *BUP*, octobre 1977, p. 19-26.

30. Voir p. 111 et p. 119.

31. Coupures de presse rassemblées par Michel Hulin.

Un manifeste pour l'enseignement expérimental

Un groupe de responsables d'activités économiques et de directeurs de grandes écoles viennent de signer un « manifeste » en faveur du développement des disciplines expérimentales dans l'enseignement secondaire. Ils protestent contre une trop grande tendance à l'abstraction de l'enseignement français, que l'on constate, notamment, selon eux, dans l'utilisation des mathématiques modernes et de la linguistique. Rappelons qu'une commission de réforme des enseignements de physique, chimie et technologie, présidée par M. André Lagarrigue, a été constituée en 1971 et qu'elle a remis depuis plusieurs mois un rapport à M. Fontanet, ministre de l'éducation nationale, qui n'a pas eu de suite jusqu'à présent. D'autre part, la création d'une commission ana-

logue pour la biologie et les sciences naturelles est annoncée depuis longtemps.

Les signataires de ce texte sont MM. Jean-Jacques Baron, directeur de l'École centrale de Paris, Philippe Clément, président de la Fédération des travaux publics, Pierre Delaporte, directeur général adjoint du Gaz de France, Pierre Fourt, directeur général adjoint de la société Creusot-Loire, Michel Gallof, directeur général adjoint du Crédit lyonnais, Michel Hug, directeur de l'équipement de l'E.D.F., Pierre Laffitte, directeur de l'École des mines de Paris, Georges Pébèreau, directeur général de la Compagnie générale d'électricité, Marc Pélegrin, directeur de l'École nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace de Toulouse, et André Turcat, directeur des essais en vol de la SNIAS, à Toulouse.

Voici le texte intégral du manifeste.

On constate à l'heure actuelle dans l'enseignement français, et en particulier au niveau du secondaire, une nette tendance vers l'abstraction. Cette caractéristique n'est pas nouvelle, mais il semble que dans de plus en plus de matières on mette maintenant l'accent sur l'étude des structures logiques. Quelles sont les raisons de cette généralisation de l'enseignement théorique ? L'aspect axiomatique des cours ainsi obtenus se prête bien à l'enseignement. L'ensemble a un aspect unitaire rationnel dont l'élégance séduit. Le contrôle des connaissances est facile. De tels cours donnent l'impression confortable de pouvoir accéder, par le seul raisonnement individuel, à l'aspect profond des connaissances.

Mais la vie ne se présente que rarement sous les apparences d'une belle construction logique. Dans un problème réel, il faut d'abord rechercher les données, dégager les faits importants des autres, et les accepter. Quelquefois certains d'entre eux peuvent rester inconnus... Chacun, dans la vie courante, est amené un jour ou l'autre à faire des choix en prenant des risques. Un enseignement trop abstrait ne prépare pas à

cette recherche cruciale des données, qui est un aspect essentiel de la formation du futur responsable.

Deux mille ans d'expérience scientifique ont appris aux hommes qu'une théorie n'est qu'un cadre, une schématisation adaptée à nos capacités intellectuelles du moment pour tenter de décrire une réalité complexe et fuyante. Une théorie abstraite vérifiée représente la forme la plus élaborée de notre connaissance du monde qui nous entoure ; mais il s'agit de notre connaissance actuelle qu'il serait dangereux de figer. La remise en cause des théories, qui provoque souvent de véritables crises, est l'aspect caractéristique de la progression des connaissances humaines.

L'aptitude à remettre en cause des schémas intellectuels en les confrontant avec l'observation est une condition essentielle pour appréhender la réalité. Dans le cas particulier de l'enseignement professionnel, on a pu montrer que, cette

capacité une fois acquise, il n'existe plus de difficultés majeures à maîtriser rapidement une technique professionnelle, ou plusieurs si nécessaire, puis à suivre leur évolution. Cette loi de la pédagogie est fondamentale pour définir les programmes de formation des esprits et leur progression.

D'une façon plus générale, un enseignement trop abstrait prédispose à l'acceptation, dans la vie d'adulte, de schémas simplistes considérés comme définitifs au mépris des contraintes de la réalité. Cela est vrai dans tous les domaines. Dans les domaines sociaux et politiques, cela peut faire courir à l'ensemble de la société des dangers extrêmement graves.

Le but de l'enseignement est de préparer à la vie, et ce but est assez noble pour englober tous les autres. A ce niveau, il n'y a pas de différence entre la formation nécessaire à tous et la formation préparant à une profession, par exemple celle d'ingénieur.

Quatre principes

Le développement d'enseignements abstraits, tels que la grammaire, la structuralisation littéraire ou les mathématiques modernes, risque de devenir néfaste s'il n'est pas complété par le développement d'enseignements de type expérimental, dont les principes devraient être les suivants :

1) Montrer comment on observe, ce qui nécessite une méthodologie, une volonté, du temps et du dévouement pédagogique. On pourrait par exemple décrire, en tentant de les expliquer, les phénomènes les plus prosaïques, les plus courants, ceux que chacun a pu rencontrer.

2) Pour chaque phénomène étudié, faire la part du connu et de l'inconnu. La frontière de l'inconnu est beaucoup plus proche qu'on ne le croit généralement. Pour montrer les limites d'appréhension de la réalité, on peut traiter le problème de la mesure et de l'erreur ; on peut aussi développer les calculs pratiques littéraux et numériques poussés jusqu'à leur terme, afin de montrer comment se place un « schéma » théorique dans le temps et l'espace réels.

3) Placer sur un même plan, du point de vue de l'éthique de la connaissance, les résultats expéri-

mentaux et la représentation théorique en expliquant leur position respective dans la compréhension de la réalité.

4) Un problème réel est toujours pluridisciplinaire. Un projet de travaux publics, par exemple, a des aspects géographiques, financiers, juridiques, techniques, sociaux... C'est pourquoi un enseignement expérimental ne peut être un enseignement cloisonné, mais doit comporter une étude globale des phénomènes montrant comment les diverses disciplines interviennent.

Ces principes se retrouvent dans l'étude des sciences modernes.

Pour de jeunes enfants, l'enseignement expérimental de la physique et des sciences encore désignées sous le nom de sciences naturelles peut apparaître comme particulièrement apte à permettre l'acquisition de la démarche consistant à confronter continuellement l'observation aux schémas abstraits que crée l'imagination.

Encore faut-il que la pédagogie de cet enseignement soit profondément revue, et cela dès les classes primaires, afin de privilégier la part d'examen critique des processus observés au détriment de l'acquisition de nomenclatures.

Le Monde, 29 mai 1971, p. 14, « *La réforme de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie. Les nouveaux programmes de seconde devraient être appliqués à la rentrée 1972* ».

Le Monde, 25 novembre 1971, p. 10, « *Des personnalités scientifiques réclament une réforme " harmonieuse " de l'étude des mathématiques et des sciences expérimentales* ».

Le Monde, 27 octobre 1973, p. 18, « *Contre une formation secondaire trop abstraite — Un manifeste pour l'enseignement expérimental* ».

Le Monde, 25 septembre 1974, p. 17 : « *Un enseignement de sciences physiques dès la sixième ? Répondre à la curiosité des enfants* ».

Le Monde, 15 décembre 1976, p. 8, « *Le contenu pédagogique, programmes et horaires* ».

Le Monde, 8 septembre 1977, p. 11, « *Les sciences physiques au collège : une improvisation* », par Roland Omnès.

Les textes présentés dans cette section sont directement liés aux travaux de la Commission Lagarrigue sur l'enseignement secondaire, à l'exception d'un seul concernant l'enseignement à l'Université. Il nous a semblé utile de le produire pour montrer le bilan fait en aval de l'enseignement secondaire après la réforme Fouchet-Aigrain de 1967, puis la création du DEUG (N.H.).

Les travaux de la Commission Lagarrigue

Bref aperçu

Ce texte a été établi d'après des notes manuscrites de Michel Hulin de 1983 (N.H.)

*

**

Les débuts des travaux de la Commission ont lieu en mai 1971 et la Commission disparaît en septembre 1976. La naissance de la Commission suppose l'action conjointe des sociétés savantes, de l'Union des Physiciens, des professeurs des classes préparatoires et de l'Inspection générale.

Quelle est alors l'ambiance générale ? C'est celle des réformes Lichnérowicz³², Fouchet-Aigrain³³, réforme de 1972 des classes préparatoires. De plus, la création de la Commission est inspirée par les « modèles » étrangers (PSSC, HPP, Nuffield...).

L'insistance est mise

(i) sur le recours expérimental (avec des relents positivistes) impliquant en parallèle une critique de l'aspect « mathématiques appliquées » ;

(ii) sur les concepts fondamentaux ainsi que les lois d'invariance, de symétrie... ;

(iii) sur les discussions qualitatives, la modélisation... antérieures au traitement formalisé et sur la discussion des ordres de grandeur.

Deux *innovations* importantes doivent être soulignées : l'expérimentation des programmes et l'introduction de la physique à partir de la 6^e.

Quel bilan peut-on faire ?

Des difficultés sont survenues, dues à la coïncidence dans le temps avec des réformes politiques. En fait, essentiellement, de nouveaux programmes ont été préparés, sans qu'il y ait modification des méthodes d'enseignement. D'ailleurs,

32. Réforme des « mathématiques modernes » (N.H.).

33. On peut se reporter à l'ouvrage de J. Minot, *L'éducation nationale*, Paris, Berger-Levrault, 1979, p. 89-90 (N.H.).

peu de réflexions — et encore moins de recherche — ont été menées sur les buts et les moyens de l'enseignement. D'autre part, sont apparus des problèmes liés à la nécessité du recyclage des enseignants et à l'impact du baccalauréat. Il en est résulté une érosion rapide sur de nombreux points, en quelques années, et un retour, non moins rapide, à la ritualisation avec, parfois, un simple changement des points d'application (clichés de chambre à bulles, tables à coussin d'air). Enfin, il faut souligner un découplage poussé d'avec les applications (résistance de l'air, optique et acoustique physiologiques, machines thermiques...).

En conclusion

Les progrès ont été limités mais il y a ailleurs d'autres semi-échecs (PSSC, Nuffield) ³⁴. Il devient nécessaire de distinguer : les disciplines qui « s'enseignent » et celles « qui ne s'enseignent pas ». Pour ces dernières, et c'est le cas de la physique, il faut modifier profondément les méthodes, l'examen et la formation des professeurs ; de plus, il ne faut pas mêler les problèmes didactiques et sociologiques.

34. Voir p. 12, 42, 162-163.

La nécessaire réforme de l'enseignement des sciences physiques dans le second degré

(avril 1970)

Ce texte a servi de document de base pour la publication d'un communiqué commun de la Société Française de Physique, de la Société Chimique de France, de l'Union des Physiciens en 1970 (inséré dans le Bulletin de la SFP de mai-juin 1970). Ce communiqué est publié dans BUP, octobre 1977, p. 87-96. Nous indiquons entre crochets les parties supprimées ou modifiées pour en atténuer les termes ; essentiellement deux parties ont été supprimées : l'une est un développement sur l'histoire des sciences, dans l'autre Michel Hulin dénonce le danger de cloisonnement de notre société (N.H.).

*
**

Une vive inquiétude se manifeste actuellement chez de nombreux enseignants de physique et de chimie ³⁵ qu'ils appartiennent au second degré ou au supérieur, devant l'évolution, à leur sens désastreux, de l'enseignement scientifique donné dans les établissements secondaires de ce pays. L'Union des Physiciens, la Société Française de Physique et la Société Chimique de France ont réuni des groupes de travail pour examiner les problèmes posés et suggérer quelques directions de réforme : on trouvera ci-dessous un résumé de leurs conclusions.

I. SITUATION ACTUELLE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES DANS LE SECOND DEGRÉ

Une désaffection sensible vis-à-vis des sections scientifiques se manifeste depuis plusieurs années : réductions d'effectifs, puis disparitions systématiques des terminales C (anciennes « mathématiques élémentaires ») se multiplient. Le phénomène atteint le premier cycle des Facultés ³⁶.

35. Il est vraisemblable que les « sciences naturelles » ne sont pas mieux partagées que les « sciences physiques » et que les remarques qui suivent pourraient s'étendre à l'ensemble des sciences expérimentales. De ce point de vue, comme de bien d'autres, on voudra bien considérer que ce bref rapport ne se prétend aucun caractère définitif : il n'est que le premier pas d'une longue marche.

[36. A Clermont-Ferrand, par exemple, les effectifs des Sections Math-Physique et Physique-Chimie passés de 244 à 481 de 1958 à 1965 sont retombés à 139 en 1969.]

Enseignement

$$6+8 \\ = 2$$

** Faut-il choisir les oiseaux blancs et les sacs de billes des modernes ou s'en tenir à la bonne vieille table de multiplication ?*



Un jour que vous étiez affalé dans votre fauteuil, votre fils est entré. Avec à la main un livre plein d'oiseaux blancs, de chapeaux melons et de dessins étranges : un manuel de maths modernes. En bon père de famille, vous avez essayé de résoudre le problème qu'il n'arrivait pas à faire. En vain. A la fin, il vous a regardé froidement et vous a demandé : « Dis, de ton temps, trois fois quatre, ça faisait combien ? »

Ce lundi, dans l'émission télévisée de Jean Lallier et de Monique Tosello consacrée aux maths modernes (1), les parents verront des enfants « s'amuser » à faire des mathématiques. Beaucoup en seront surpris, voire irrités. Ce n'était pas comme ça de leur temps. Mais, aujourd'hui, les maths modernes ne se contentent plus de creuser le fossé entre les générations, elles jettent le trouble dans les lycées. Dans le secondaire, les conseils de classe dressaient le mois dernier le bilan du premier trimestre. Partout ou presque, ils ont mis en lumière les difficultés rencontrées par le nouvel enseignement des mathématiques. Beaucoup d'élèves — pour qui les maths modernes ont été, en sixième puis en cinquième, un jeu aussi drôle qu'un autre —, perdent

pied en quatrième. La plupart arrivent désarmés devant les programmes de physique des classes supérieures qui exigent une bonne connaissance des maths classiques.

Physiciens et mathématiciens en ont profité pour reprendre la querelle qui les oppose depuis toujours. « Les physiciens sont inquiets, dit Alfred Kastler, prix Nobel de physique 1966, parce qu'ils craignent que les maths modernes limitent l'importance des sciences expérimentales. » Plus crûment : qu'elles écrasent la physique, la chimie et la biologie. Il y a deux ans, on supprimait aux physiciens une heure en classe de seconde pour la donner aux maths modernes. On leur dit qu'on la leur rendrait en terminale. La promesse n'a pas été tenue.

Des cobayes

« Ce qu'il faut, dit Michel Hulin, professeur de physique à Paris-VI, ce n'est pas supprimer les maths modernes mais réintégrer la géométrie dans l'enseignement des mathématiques. La réforme risque, en effet, d'éliminer un certain nombre de disciplines. L'habitude du calcul, par exemple, est en train de disparaître. »

« C'est vrai, en calcul, on est complètement perdu. Alors, on en fait

(1) « Portrait de l'univers », à 22 h 10, sur la 2^e chaîne.

Un tel déséquilibre entre « Scientifiques » et « Littéraires » constitue une réelle menace pour l'avenir de notre Université, et pour l'avenir du pays. Nous sommes persuadés que les causes en sont multiples ; néanmoins, nous ne pouvons que constater qu'il se produit au moment où les effets de la « rénovation pédagogique » commencent à se faire sentir, et où notre enseignement scientifique montre son nouveau visage : reconversion aux mathématiques modernes, et réduction accrue de la place accordée aux sciences expérimentales ³⁷.

Car il est assuré que depuis quelques années, la situation des sciences physiques dans l'enseignement secondaire et dans un de ses prolongements immédiats, les classes préparatoires, s'est sensiblement dégradée. Les preuves abondent : diminution de l'horaire dans toutes les terminales scientifiques, disparition de la physique en terminale A, réduction considérable du coefficient des sciences physiques au baccalauréat 1969 de la série E, suppression de la physique au concours d'entrée de HEC. Tout récemment, la perte d'une heure de physique-chimie en seconde (C et T) menaçait de n'être plus compensée par l'augmentation, initialement prévue, de l'horaire des Terminales ³⁸.

En regard, c'est l'envahissement par les mathématiques délibérément les plus abstraites. Négligeant toute la réalité historique du développement de sa propre science (le va-et-vient de la réflexion mathématique entre problèmes et solutions ; la naissance, au passage, de nouveaux concepts, de nouvelles méthodes, l'apparition de nouvelles interrogations), la pédagogie mathématicienne entend couler l'ensemble des élèves dans le moule unique d'une discussion linéaire à travers une succession figée d'axiomes et de théorèmes.

Épistémologiquement contestable, un tel enseignement prend rapidement pour fonction essentielle de détourner des sciences (quand ce n'est pas d'éliminer de l'enseignement secondaire) les élèves qui à 16, 13, et bientôt 10 ou 11 ans, manifesteront trop de réticences à jongler avec [les surjections canoniques (ou avec ce que leurs maîtres parfois tout aussi mal à l'aise, en auront compris)].

Faut-il ajouter que cette école de dogmatisme a pour dernier souci, et de motiver ses abstractions par référence initiale à quelque problème concret ³⁹, et de veiller à fournir aux autres disciplines les outils mathématiques (ou si l'on préfère, de « calcul ») qui leur sont nécessaires ⁴⁰.

Il va de soi qu'une telle situation accentue le caractère subalterne de la place accordée à l'enseignement de sciences physiques. Celui-ci commence tard. Il

37. La presse se fera l'écho de ces problèmes, en indiquant les positions de Michel Hulin. Citons « $6 + 8 = 2$ », *Le Nouvel Observateur*, 10 janvier 1972 ou « La rénovation de l'enseignement des sciences physiques », *Le Monde*, 12 avril 1972 (N.H.).

38. Cette remise en cause a d'ailleurs motivé une démarche conjointe de l'Union des Physiciens, de la Société Française de Physique et de la Société Chimique de France auprès de la Direction de la pédagogie.

[39. Tout au plus fera-t-on appel à un concret de façade, en désespoir de cause, quand l'impasse devient évidente : « Il y a bijection parce qu'il y a deux flèches », etc.]

40. A l'abus de géométrie (et d'une géométrie effectivement bien prétentieuse dans ses aspirations à la rigueur) succède une méconnaissance totale de la géométrie : comme il devient facile, dans ces conditions, pour le physicien, de s'appuyer sur des considérations de symétrie... Inutile de souligner l'absence traditionnelle de calcul numérique.

traite des élèves (ceux qui n'ont pas été réorientés, à l'issue du premier cycle, et au vu de leurs *aptitudes aux seules Mathématiques*, vers les sections non scientifiques) qui ont accepté le jeu de l'abstraction et de la logique, sont doués pour lui, séduits par lui, et par là même prévenus, en quelque sorte, contre la réadaptation nécessaire qu'imposerait une reprise de contact avec le concret. On ne peut s'étonner que, dans ces conditions, physiciens et chimistes rencontrent les plus grandes difficultés pour éveiller des vocations, que les efforts qu'ils ont tentés pour valoriser les classes préparatoires de la série B aient abouti à un échec, que certaines Grandes écoles d'ingénieurs ne puissent plus « faire le plein » de leurs promotions, qu'élèves et étudiants communient dans un même dédain du travail manuel ou de la description technologique.

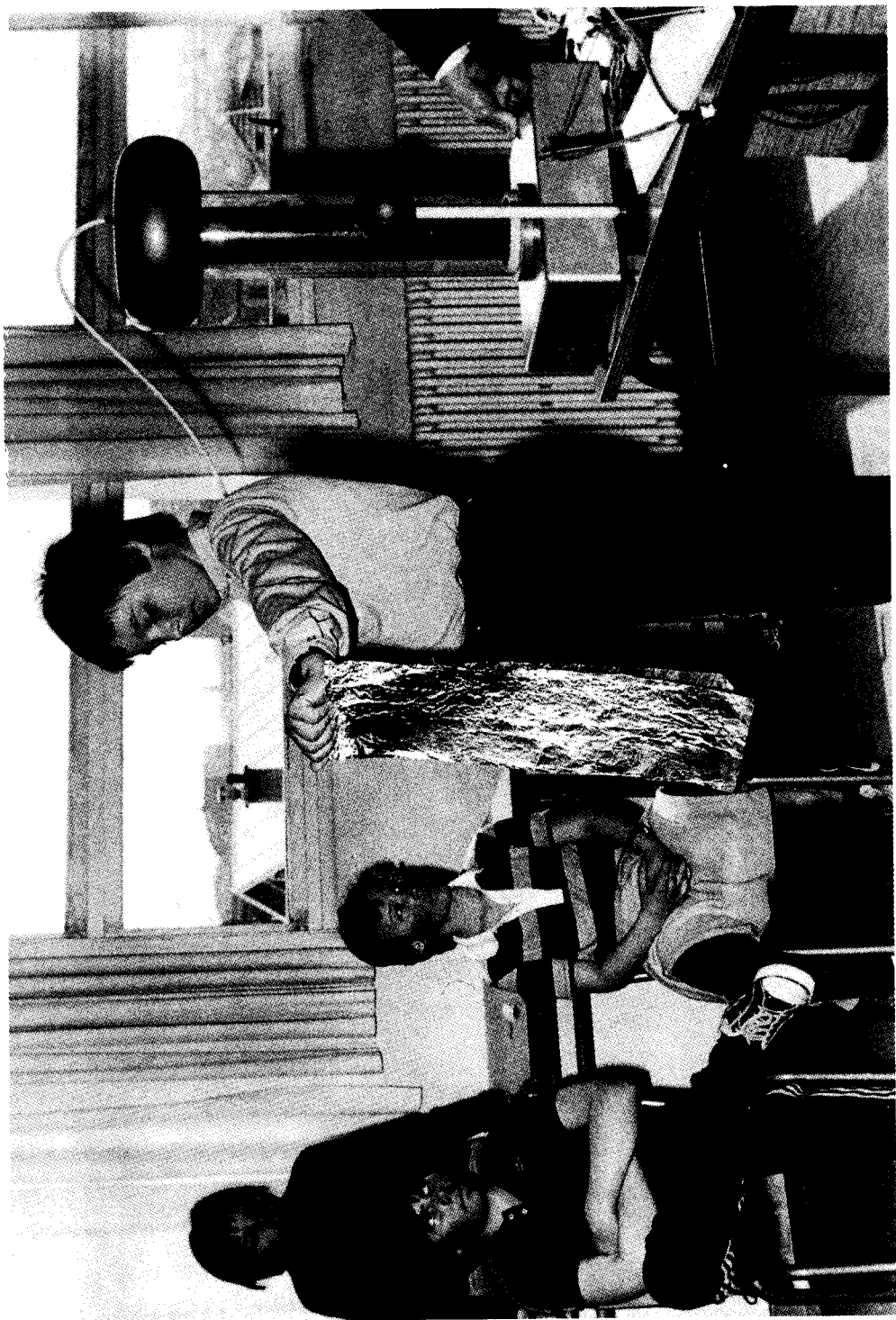
Il est juste néanmoins d'admettre que ces difficultés créées par l'extérieur ne sont pas les seules responsables de la situation très grave que connaît l'enseignement des sciences physiques. Depuis trop longtemps « à la remorque » des mathématiciens, des enseignants physiciens et chimistes ont certes pu glisser vers une position de mathématiciens « appliqués » se contentant de formaliser des lois et des concepts dont l'origine expérimentale d'un côté, la validité parfois restreinte à un domaine bien précis d'approximation de l'autre sont plus ou moins complètement ignorées⁴¹. L'enseignement des sciences physiques pour échapper à l'abstraction et à cette subordination à son outil mathématique, doit être largement expérimental : si la situation évolue ici sensiblement depuis quelque temps (organisation de travaux pratiques « intégrés »), il n'en reste que trop souvent l'expérience (surtout celle que font eux-mêmes les élèves sert à « vérifier une loi » trouvée « abstraitement » ; on ne constate que trop rarement la pratique inverse : observation au départ, tentatives théoriques et expérimentales, « loi physique ». (Serait-ce d'ailleurs le meilleur schéma ?). Il est vrai que le problème pédagogique, déjà considérable en lui-même⁴², est souvent rendu insoluble par l'absence de moyens ; par la difficulté aussi qu'il y aurait à concilier un enseignement expérimental avec des programmes passablement désuets. Et nous arrivons là à un dernier point essentiel.

Les programmes (au moins en physique) n'ont pas évolué depuis des décennies (à quelques permutations près) : statique en seconde ; loi d'Ohm et lentilles minces en première, etc. Première conséquence : un décalage croissant vis-à-vis des mathématiques, déjà élaborées (trop peut-être) enseignées au même moment aux mêmes élèves⁴³.

41. On sait de reste qu'un « problème de physique » devient bien facilement un problème de sous-mathématiques. Dans une large mesure, la docimologie des sciences expérimentales reste à bâtir.

42. Notons que la France n'est pas le seul pays où soit ressentie l'inadéquation de l'enseignement des sciences expérimentales : les USA (avec la tentative du Physical Science Study Committee), l'Angleterre (où la Fondation Nuffield a lancé, depuis quelques années déjà, un vaste programme de réforme et d'essai de nouvelles méthodes) ont connu des difficultés semblables. A nous de ne pas ignorer le problème, et, profitant de l'expérience des autres, de progresser vers sa solution.

43. Un physicien séduira difficilement, avec les « vecteurs-forces » de la vénérable statique, des sujets qui, en principe au moins, se meuvent à l'aise dans des espaces vectoriels définis de manière générale.



L'électrostatique à l'école primaire en classe de CM2 (Phot. Palais de la Découverte).



L'électrostatique à l'école primaire en classe de CM2 (Phot. Palais de la Découverte).

Deuxième conséquence : probablement plus grave encore, un décalage croissant entre la physique enseignée et la physique pratiquée quotidiennement et telle qu'elle se manifeste en permanence, via ses applications technologiques (radio, télévision, automobiles, satellites, fusées, etc.). Il est sûr que, tel qu'il est actuellement organisé, notre enseignement ne peut que décevoir, dans la mesure où elle subsisterait au moment de la première prise de contact, l'attente d'élèves avides d'apprendre les principes de fonctionnement des machines qui les entourent, et de comprendre tel ou tel aspect des expériences spatiales. Et petit à petit se creuse ainsi un fossé entre le monde extérieur, le concret, le quotidien, marqué du sceau d'une technique omniprésente, parfois envahissante, et le lycéen, le futur « cadre » par conséquent, chez lequel l'ignorance, la méfiance, voire quelque mépris de cette technique et de ce concret s'enracinent progressivement.

Il y a là, à notre sens un danger réel, et un danger grave pour le pays. Ce n'est pas le lieu de proposer des solutions ; tout au plus pensons-nous pouvoir tirer, de ce qui précède, les conclusions suivantes :

1) On assiste actuellement à une désaffection sensible des élèves vis-à-vis des sciences, et plus particulièrement des sciences physiques.

2) Les programmes, et les principes mêmes de l'enseignement de ces sciences doivent être réadaptés à une situation qui a évolué de toutes parts.

3) Les sciences physiques, si elles doivent représenter une véritable option, et susciter des vocations d'ailleurs nécessaires, doivent être offertes suffisamment tôt, et l'être à l'ensemble des élèves entrant au lycée, et non pas à des élèves présélectionnés sur des critères extérieurs, sinon contraires aux dites sciences physiques.

4) L'enseignement des sciences physiques doit donc commencer beaucoup plus tôt : au minimum en 4^e, mais peut-être en 6^e voire dans l'enseignement primaire. Il va de soi que ce ne peut être, alors et au moins dans une première phase, un enseignement formalisé, mais essentiellement descriptif et expérimental.

5) Il importe à ce moment d'admettre qu'on puisse, et même qu'on doive, renoncer à des exigences uniquement logiques et formelles dans la conception d'un enseignement authentiquement rénové ; l'essentiel est ici de retenir l'attention des élèves sur des problèmes, des phénomènes, des notions, qui leur soient accessibles et qui permettent un progrès de leur connaissance et de leur réflexion.

Mais un présupposé subsiste à ces conclusions : que les sciences physiques doivent non seulement garder, mais augmenter substantiellement leur place dans notre enseignement secondaire. Nous tenterons maintenant de montrer pourquoi.

II. L'APPORT A LA FORMATION GÉNÉRALE DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES

L'émoi des physiciens et chimistes devant la situation, qu'ils prétendent mauvaise, de l'enseignement de leurs disciplines aura pour beaucoup un relent de simple revendication catégorielle. Saurons-nous les convaincre que le pro-

blème dépasse en fait la satisfaction, au demeurant légitime, d'intérêts restreints ?

Notre premier point sera d'affirmer la spécificité de la méthodologie et de la problématique des sciences expérimentales, et en particulier des sciences physiques. Il serait vain de prétendre apporter ici le moindre élément nouveau à une analyse vieille maintenant de plus d'un siècle, et que les épistémologues de profession ont enrichie, à la faveur des accidents du développement de la physique contemporaine. Disons en un mot que les sciences physiques reposent sur l'interaction entre un réel (brut puis modifié par l'expérimentation), des concepts, des lois, un formalisme, des applications ; que tous ces éléments sont essentiels ; qu'on ne saurait, sans défigurer la réalité, établir entre eux de hiérarchie, que l'ensemble est en permanence ouvert et évolutif.

L'histoire des progrès, en 150 ans à peine, de nos connaissances sur l'électricité et le magnétisme est sur ce point exemplaire : l'électrostatique apparaît dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle ; les débuts de l'électromagnétisme occupent la première moitié du XIX^e siècle ; [la liaison est mise en évidence entre les phénomènes magnétiques et électriques, jusque-là complètement distincts ; première unification donc, accompagnée d'une première formalisation.

La théorie de Maxwell marque la deuxième moitié du XIX^e siècle. Tentative théorique, formalisatrice et unifiante, très « esthétique » mais qui n'emporte pas l'adhésion immédiate : elle n'est pas une conséquence nécessaire de l'électrostatique ni de la magnétostatique ; une vérification expérimentale est indispensable ; Hertz la réalise en mettant en évidence les ondes électromagnétiques. Ce grand succès théorique, qui ouvre un immense domaine d'applications pratiques, est immédiatement suivi d'une « catastrophe » : l'incompatibilité entre l'électromagnétisme de Maxwell et la mécanique newtonienne est reconnue. Tentatives théoriques (Lorentz, Poincaré) et expérimentales (Michelson) se succèdent pour percer le mystère. Einstein au début du siècle apporte la solution avec la relativité restreinte, fondant à l'occasion une nouvelle mécanique. Qu'on songe aussi aux progrès simultanés de la chimie, construisant la théorie atomique, le système des équivalents chimiques, le tableau périodique, au bout d'un siècle de patients recouplements.]

Ici et là, la « logique » s'exerce en permanence, mais à travers une critique continue des tentatives théoriques suscitant, et définissant les contrôles expérimentaux. Soumises à l'exigeante confrontation avec les phénomènes naturels, physique et chimie réalisent une construction progressive, sans cesse remise en cause. Elles tirent leur dynamisme de la précarité même de cette construction : leurs crises les plus profondes se résolvent en un progrès décisif. Outre l'incertitude nécessaire à toute recherche, physiciens et chimistes doivent admettre la limitation, à un instant donné, non seulement de leur savoir, mais même de leurs possibilités matérielles ou techniques d'investigation : ils sont, en quelque sorte, forcés au réalisme.

Dernier trait : la physique moderne s'imprègne de plus en plus du principe que plusieurs langages, peuvent rendre compte du même phénomène, chaque point de vue éclairant préférentiellement tel ou tel aspect ; que cette diversité de

descriptions, « duales », « complémentaires », est même indispensable à une compréhension définitive ; que leur confrontation est un facteur déterminant du progrès de la connaissance. C'est l'occasion d'une irremplaçable gymnastique intellectuelle qui devrait s'intégrer à une pédagogie authentiquement rénovée.

Vu ces caractéristiques de leur pratique, la physique et la chimie doivent apporter, au sein d'une formation équilibrée, un contrepoids nécessaire à un enseignement purement théorique, et exclusivement abstrait. Il nous semble que, depuis trop longtemps, notre enseignement secondaire ait pour résultat, si ce n'est pour but, d'écarter les élèves du contact avec le monde extérieur (naturel, ou social d'ailleurs), de les prédisposer ainsi, nécessairement, à lui substituer, dans leurs activités ou leurs réflexions ultérieures, des « modèles » d'une simplicité fallacieuse, et dont on est d'autant plus facilement le maître qu'ils restent création de l'esprit ; de leur laisser ignorer que, à toute activité humaine autre que spéculative, les faits apportent nécessairement une sanction, et qu'une démarcation inévitable subsiste entre le possible et l'impossible, le réalisable et l'irréalisable, notre effort tendant à convertir, lentement et précautionneusement, l'un dans l'autre.

Et nous pensons aussi que les sciences physiques, vu le stade avancé de leur élaboration en tant que disciplines authentiquement scientifiques, sont particulièrement bien placées, si on leur en donne les moyens, pour assurer chez les adolescents la prise de conscience de la valeur, de la qualité, de la nécessité de cette démarche que nous avons brièvement dépeinte, théorisante et unifiante d'un côté, réaliste et soumise au contrôle des faits de l'autre.

[(Ajouterons-nous qu'il importerait d'intégrer au plus tôt au savoir de base du public, et principalement du public jeune ⁴⁴, les connaissances fondamentales qui puissent lui assurer une certaine maîtrise intellectuelle des phénomènes techniques. Comment éviter autrement cette méfiance qu'on voit apparaître, depuis quelques années déjà, vis-à-vis des progrès et des réalisations scientifiques et techniques ? Comment éviter qu'à brève échéance, notre société ne se cloisonne irrémédiablement : d'un côté ceux qui participent au progrès technique, enfermés au besoin dans leur spécialisation, et parfois suspects, d'un autre, ceux qui subissent ce progrès ?

Faut-il rappeler également que notre enseignement secondaire connaît actuellement, et pour longtemps encore selon toute vraisemblance, un considérable déchet. Et que cette masse d'adolescents qui ne mènent pas à leur terme leurs études secondaires (ou même ne les prolongent pas au-delà de l'examen terminal) trouveraient d'autant mieux à se reconverter dans quelque activité productrice que leur formation aurait inclus une proportion raisonnable d'éléments concrets, et se serait assuré davantage de points de contact avec le monde extérieur ?]

Les sciences physiques ont potentiellement un rôle de premier plan à jouer dans la formation générale d'un individu. Mais, si nous avons dû développer si

[44. Compte tenu qu'un effort de « recyclage », ou mieux, de rattrapage, devrait être mené pour combler les lacunes dont souffre, de ce point de vue, la culture générale de la plupart des anciens élèves de nos établissements secondaires.]

fastidieusement des arguments d'évidence, c'est que ce rôle est actuellement profondément méconnu, sinon dénigré tant par les élèves, les plus excusables, que par certains collègues des autres disciplines, par l'opinion publique, et par les responsables. Si, de temps à autre, quelques voix se sont élevées pour dénoncer cette tendance, chez nous traditionnelle, à n'accorder de valeurs qu'aux disciplines où l'abstraction est reine, elles ont prêché dans le désert. On en arrive au paradoxe suivant : à une époque d'évolution accélérée des techniques, on écarte des programmes, leur déniaient toute valeur formatrice, les sciences dont la vocation est de les maîtriser. Dans ce domaine, la situation n'évoluera que par une réforme complète de nos conceptions et de nos habitudes de pensée en matière d'éducation, d'action, et de culture.

Mais d'ores et déjà, il serait temps d'entreprendre un effort considérable de restructuration de notre enseignement secondaire des sciences physiques. On trouvera maintenant quelques indications, « théoriques » et pratiques, sur les modalités que devrait respecter une telle tentative.

III. ORGANISATION D'UNE RÉFORME DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

La disparité est certaine entre la physionomie souhaitable d'un enseignement des sciences physiques dans le second degré, et l'état actuel de cet enseignement, au terme d'une lente dégradation qui ne met en cause ni la compétence ni le dévouement des maîtres. Aussi est-il assuré qu'il n'est plus de mise de procéder à un replâtrage supplémentaire, et qu'il faut en venir à un renouvellement très profond.

Il en découle que c'est à une œuvre de longue haleine qu'il faut se préparer, qu'un bouleversement insuffisamment mûri est à rejeter, que toute une expérimentation, dans notre pays comme dans les autres, doit être prévue.

Une réforme de cette envergure ne peut être convenablement menée à bien que par des personnes qui puissent lui consacrer l'essentiel de leur activité. Aussi suggérons-nous la création d'un *groupe de travail* comprenant un nombre réduit de membres, appartenant à l'enseignement secondaire et à l'enseignement supérieur et travaillant à mi-temps sinon à plein temps.

Ce groupe aura pour tâche :

— de rassembler une documentation critique sur les essais tentés dans les pays étrangers, et d'assurer la diffusion de cette documentation ;

— de préparer des essais menés dans des classes, puis des établissements pilotes ; d'en faire la critique ; de diffuser par des publications, des réunions de travail, et par le truchement de la Radio-Télévision scolaire, les comptes rendus de cette activité auprès des collègues des enseignements secondaire et supérieur ; de recueillir leurs remarques et leurs suggestions ;

— de rédiger des manuels de base à l'usage des enseignants, de préparer des prototypes d'appareils d'expérience et de travaux pratiques ;

— d'assurer la rédaction des programmes définitifs.

Un tel programme devrait normalement pouvoir s'étaler sur 4 à 6 ans. *On suggèrera le calendrier suivant :*

— 1 an à 18 mois : enquête sur les réalisations étrangères ; prises de contact et enquête sur les problèmes actuellement ressentis ⁴⁵ par les enseignants ; enquête sur les connaissances actuelles sur l'acquisition des mécanismes logiques, des connaissances scientifiques, etc., chez les enfants et les adolescents.

— 2 à 3 ans : expérimentation pédagogique et docimologique progressivement étendue.

— 1 à 2 ans : rédaction des manuels et des programmes, réalisation du matériel de travaux pratiques.

Il serait souhaitable qu'au groupe de travail succède une commission de réajustement permanent des programmes qui suive l'application générale de la réforme.

La composition du groupe de travail devrait être du type suivant :

— un président, membre de l'enseignement secondaire, totalement déchargé d'enseignement pour la durée de l'entreprise ;

— deux membres de l'enseignement secondaire, déchargés d'au moins la moitié de leur enseignement ;

— deux membres de l'enseignement supérieur (maître de conférences ou maître-assistant) totalement déchargés soit de leur service d'enseignement, soit de leurs obligations de recherche ;

— un secrétaire (par exemple maître-assistant, docteur, détaché à temps plein) ;

— un documentaliste et une secrétaire.

Le groupe de travail devrait trouver au sein d'une Faculté, d'une École normale supérieure, à l'IPN, des locaux, des possibilités de classement et reproduc-

45. Les enquêtes de l'Union des Physiciens indiquent que chez de nombreux enseignants, apparaissent un certain nombre d'interrogations sur les buts, les méthodes, le devenir de leur enseignement, qui tournent finalement autour de quelques grands thèmes.

En voici quelques-uns :

— Comment faire naître et développer chez l'élève l'aptitude à l'analyse des faits, et le désir de soumettre un résultat théorique au contrôle de ces faits ?

— Comment concilier la nécessité de poursuivre une méthode progressive et logique d'acquisition des connaissances, et celle de satisfaire immédiatement la curiosité de l'élève sur le monde qui l'entoure ? Comment ne pas décevoir cette curiosité au fur et à mesure qu'on l'habitue, inévitablement, à une « physique de laboratoire » ?

— Quelles sont les bases communes dont l'acquisition par tous les bacheliers doit être considérée comme nécessaire ? (tant dans le domaine des résultats des sciences expérimentales, que de leur histoire et de leur méthodologie).

— Quelles sont, de plus, les notions indispensables à ceux qui se destinent à poursuivre des études scientifiques supérieures ?

— Doit-on concevoir un enseignement différent pour les littéraires et les scientifiques ?

— Existe-t-il deux types d'esprits scientifiques, les uns aptes à l'abstraction pure, les autres devant s'aider de représentations concrètes ? Si oui, doit-on concevoir, et entre quelles limites d'âge, des formations distinctes ?

— Quel lien doit exister entre l'enseignement des mathématiques, celui de la technologie d'autre part, et celui des sciences physiques ? Le développement de l'enseignement de la technologie serait-il bénéfique pour la formation en sciences physiques ?

tion de documents. Son budget devrait assurer, outre la rémunération du personnel, des possibilités de réunir et diffuser la documentation, de consulter, sur vacations, des spécialistes de disciplines extérieures à la physique et la chimie (psychopédagogues par exemple), d'organiser des séances de travail et d'information et des missions d'étude, de publier les comptes rendus d'activité du groupe.

Nous suggérons d'autre part que l'activité du groupe soit placée sous le *contrôle d'une Commission ministérielle*, qui pourrait être composée pour moitié de membres de l'enseignement secondaire, et pour moitié de membres de l'enseignement supérieur, nommés sur proposition des directeurs de la pédagogie et de l'enseignement supérieur. Il serait très souhaitable que la Société Française de Physique, la Société Chimique de France, l'Union des Physiciens soient représentées au sein de la Commission.

La Commission proposerait au ministre, pour nomination les membres du groupe de travail. Elle lui donnerait ses directives générales, et ferait les propositions de budget annuel.

Le groupe de travail présenterait à la Commission un compte rendu trimestriel de ses activités. [La Commission adresserait un rapport annuel à la Direction de la pédagogie, et à la Direction des enseignements supérieurs.]

*
**

Puisse être entendu à temps cet appel en faveur d'une réforme qui engagerait notre enseignement secondaire dans la voie d'un renouveau nécessaire [et l'arracherait à l'échouement vers lequel l'ont mené, peu à peu, tant de contestables pilotes].

Remarques préliminaires relatives à l'enseignement
dit de « technologie »
(14 octobre 1971)

Ce « rapport Hulin » auquel nous avons déjà fait référence, a été publié dans BUP, octobre 1977, p. 27-38. Le texte que nous présentons ici est celui sur lequel l'auteur a apporté quelques corrections de rédaction. En outre, Michel Hulin a mis un certain nombre d'annotations qui précisent sa pensée et soulignent l'importance de certains points. Ces compléments sont indiqués dans des notes en bas de page du texte initial.

Un élément important de ce rapport est souligné et discuté dans un article, publié dans le BUP, n° 585, juin 1976, intitulé : « Enseigner les sciences » ; il s'agit de l'affirmation de la nécessité « d'admettre qu'une des composantes de l'enseignement des sciences physiques soit une certaine « vulgarisation ». « L'emploi de ce terme, écrit l'auteur de l'article, qui semble impliquer une remise en cause de notre " philosophie " de l'enseignement de cette discipline sera sans doute quelque inquiétude ». Mais ajoute-t-il, « il y a peut-être intérêt à modifier dans ce sens une conception pédagogique qui, si on considère les adultes qu'elle a produits, n'a pas donné les résultats qu'on était en droit d'espérer ».

Le Monde du 12 avril 1972, dans son article sur « La rénovation de l'enseignement des sciences physiques », cite aussi ce rapport en insistant sur une autre affirmation de Michel Hulin que celui-ci approfondira dans des textes ultérieurs, en particulier dans « La physique ou l'enseignement impossible » (juin 1987). « Un enseignement des sciences physiques dans le second degré, explique le journaliste, doit viser, ainsi que le notait Michel Hulin, membre influent de la « Commission Lagarrigue », dans un rapport qui fixait les missions du groupe de travail, « non pas à former des physiciens ou des chimistes, mais à apporter un élément de culture générale à des élèves très divers » (N.H).

I. DÉSIGNATION DE L'ENSEIGNEMENT D'INITIATION DONNÉ EN 4^e ET 3^e

Il apparaît souhaitable de renoncer au terme de « technologie »⁴⁶ pour désigner l'enseignement d'initiation introduit en 4^e et 3^e.

Ce vocable est tout chargé de la tradition issue de son emploi dans l'enseignement technique. Et sa reprise suggère l'emprunt pur et simple, par l'enseignement secondaire, d'une discipline définie pour répondre aux besoins d'un autre ordre d'enseignement ; elle tend à masquer la nécessité de construire une discipline nouvelle, adaptée aux buts spécifiques de l'enseignement secondaire, aux caractéristiques de ses élèves et à celles de ses professeurs, et qui d'ailleurs ne doit pas non plus consister en un décalage vers les classes de 4^e et 3^e d'une partie de l'enseignement traditionnel de sciences physiques en second cycle.

Pour marquer cette obligation de fonder un enseignement original, nous demanderons que l'enseignement des classes de 4^e et 3^e soit désormais appelé *Initiation aux Sciences et Techniques (IST)*⁴⁷.

Il reste assuré cependant qu'une part non négligeable de l'enseignement actuel de technologie pourra être conservée, et que certaines des tendances qui se sont dégagées progressivement, à la faveur de la mise en pratique et de la décantation des programmes initiaux, devront inspirer les recommandations finales de la Commission.

II. BUTS DE L'ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES ET TECHNIQUES

Cet IST de 4^e et 3^e doit faire partie d'un tout allant de la 6^e aux terminales et que nous désignerons ci-dessous par : Enseignement Général des Sciences Expérimentales et des Techniques (EGSET). (Par cette désignation, nous souhaitons indiquer notre vœu de voir s'établir une relation plus étroite entre physique et chimie d'une part, sciences naturelles d'autre part, au moins dans une phase ultérieure de l'organisation de l'enseignement scientifique)⁴⁸.

Les discussions actuelles de la Commission sur l'IST, en particulier quand il s'agit de définir ses buts, impliquent donc que se dégage une « philosophie » générale de l'Enseignement Général des Sciences Expérimentales et des Techniques qui marquera tout autant les méthodes et les programmes de 2^{nde}, 1^{re} et terminales que ceux de 4^e et 3^e. Ces discussions pour une part, sont ainsi l'occasion de prendre des options très fondamentales : il est justifié de leur consacrer un

46. (Le garder éventuellement dans nos rapports avec l'extérieur, mais on débloquerait la discussion et on marquerait un effort pour mettre sur pied un enseignement original). Cette option me semble essentielle ; ce sera la première sur laquelle devrait se prononcer la Commission.

47. Ce n'est qu'une suggestion !

48. Resituer le problème de l'enseignement en 4^e et en 3^e dans un contexte plus vaste : définir cet enseignement des sciences expérimentales et des techniques qui fasse contrepoids et complète l'enseignement des mathématiques.

certain temps, même si d'autres problèmes surgissent à d'autres niveaux. (On pourrait d'ailleurs songer à ce que cette évolution de la physique et de la chimie enseignés intéresse non seulement l'enseignement général, mais aussi l'enseignement technique).

Les buts généraux de l'enseignement une fois fixés, fût-ce très globalement, la mise au point de l'IST reposera pour l'essentiel sur une évaluation :

— des possibilités moyennes (intellectuelles, manuelles...) des élèves de 4^e et 3^e,

— de leurs intérêts,

— des connaissances et méthodes de travail nécessaires à leur avenir scolaire ou extrascolaire,

— des possibilités de formation et de recyclage des professeurs et des moyens matériels mis à leur disposition.

Cette évaluation sera guidée par l'expérience tirée de l'actuel enseignement de technologie, et par les expérimentations menées ou suivies par le groupe de travail ; elle pourra s'aider des indications données par la psychopédagogie. Elle s'appuiera sur l'acquis actuel des élèves (via les leçons de choses du primaire, l'enseignement des mathématiques...), mais en même temps, elle impliquera que soit dressé le catalogue des connaissances préliminaires souhaitables à l'entrée en 4^e, et que soit ainsi ébauché ce qui pourra devenir la matière d'un enseignement d'observation en 6^e et 5^e.

Soulignons enfin que les succès, parfois remarquables, rencontrés par certaines leçons de l'actuel programme de technologie ne constituent pas un argument pour conserver celui-ci tel quel. Ils marquent l'existence, dans ce programme, d'éléments susceptibles de retenir l'attention des élèves — ce dont personne ne doute — et ils révèlent une fois de plus le savoir-faire des professeurs. Mais il s'agit ici, parmi l'ensemble des connaissances qu'on aimerait assurer aux adolescents, et parmi les habitudes d'esprit auxquelles on souhaiterait les former, d'opérer un choix qui ne néglige aucune composante majeure. Si ce choix est raisonnable et cohérent, on peut être assuré de connaître les réussites les plus encourageantes.

Nous ne pouvons désormais traiter plus avant de l'IST sans indiquer préalablement — de manière très schématique — *les buts que nous souhaiterions voir assigner à l'EGSET dans son ensemble*,⁴⁹ et qui seront décrits dans la suite de ce paragraphe II. Nous les classerons sous trois rubriques.

Première composante de l'EGSET : acquisition de connaissances de base scientifiques et techniques

On a souvent déploré le manque de relations entre l'enseignement des sciences physiques et les phénomènes naturels ou techniques intervenant dans la réalité quotidienne. Il convient que notre effort de renouvellement vise, pour une

49. Trois composantes fondamentales définiront cet enseignement.

part, à combler cette lacune et à restituer aux élèves un « bon sens » dont le manque actuel est aussi frappant que regrettable.

La solution nous paraît être d'admettre qu'une des composantes de l'enseignement soit une « vulgarisation »⁵⁰ fondée sur la description de l'environnement physique et technique, qui corrige et structure les « pré-connaissances » souvent très incomplètes et fallacieuses, qu'a formées chez les élèves le contact avec cet environnement.

Il serait ici essentiel de fixer et de classer les *ordres de grandeur*, d'introduire d'abord quelques *schémas d'explication qualitative*, fondés pour une part sur l'analyse de *modèles, en particulier microscopiques*. A tous les niveaux, cette description doit rester ouverte sur des *développements ultérieurs*, qui établiront peu à peu des *relations quantitatives* et mettront progressivement en œuvre un formalisme plus élaboré ; elle fournira à ces développements une série de références et de modèles, et les bases d'un vocabulaire. Un objectif essentiel : donner aux élèves l'envie d'en savoir davantage !

Ces connaissances souhaitables sont de deux ordres :

1. a. — Connaissances sur le monde technique

Outre l'étude d'objets techniques simples⁵¹, suffisamment illustrée par les actuels programmes pour que nous ne la décrivions pas, nous souhaiterions voir apparaître l'étude (description, principes de fonctionnement) d'un certain nombre d'appareillages remarquables par la généralité de leur emploi, leur importance économique, et la qualité de leurs performances. A titre indicatif, nous suggérons la liste suivante :

— Production des matériaux : extraction des minerais, élaboration des métaux industriels, synthèse des matières plastiques.

— Sources d'énergie : générateurs électriques, transport de l'énergie électrique, moteurs électriques. Production, distribution et transformations des carburants. Combustions et moteurs thermiques de divers types (éventuellement : réacteurs nucléaires, photopiles).

— Moyens de locomotion : automobile, avion. Description d'ensemble. Examen des diverses « fonctions » : liaisons avec le sol ou l'air, propulsion guidage, etc.

— Moyens de télécommunication : téléphone, transmission par ondes radio-électriques (radio, télévision). Description de la chaîne entre les deux correspondants. Examen des diverses « fonctions » : codage, amplification, propagation, détection et sélection du signal, décodage, etc. Intervention des parasites et lutte contre la perte d'information.

— Photographie, cinématographie sonore.

50. Le mot clé : « vulgarisation », ce qui risque de choquer beaucoup de professeurs. Mais je crois qu'un gros effort pour réadapter l'enseignement doit être tenté à ce niveau.

51. Ne pas hésiter à voir des appareils complexes.

— Les ordinateurs : structure physique de l'unité centrale et des équipements périphériques. Principe de fonctionnement de la mémoire et de l'unité arithmétique. Commande de programmation.

Ces descriptions supposent un recours systématique aux « boîtes noires », idéalisant la réalisation de telle ou telle fonction. Au fur et à mesure de la progression de cet enseignement, certaines boîtes noires seront à leur tour décortiquées en éléments plus simples. Cette analyse se fondera en partie sur l'étude parallèle des objets techniques simples illustrant les diverses fonctions. Mais il importe de renoncer au dogme pédagogique suivant lequel l'exposé doit nécessairement aller du simple au complexe : à l'issue de la 3^e, tous les élèves, à l'école, devraient avoir entendu parler de la télévision, qu'ils regardent chaque soir une fois rentrés à la maison.

1. b — Connaissances sur le monde physique

Description, au début qualitative puis progressivement élaborée et formalisée, de la matière, de l'échelle microscopique⁵² à l'échelle cosmique. (La liste ci-dessous n'indique pas un ordre préférentiel d'exposition) :

— Structures atomiques, nucléaires, moléculaires ; dimensions ; grands types d'interactions fondamentales et leurs manifestations, microscopiques et macroscopiques.

— Atomes et assemblages atomiques, moléculaires ou ioniques dans les gaz, les liquides et les solides.

— Agitation thermique, température, chaleur.

— Modèle du courant électrique (particules chargées dans les conducteurs).

— Modèles des liaisons chimiques et des réactions chimiques.

— Ondes, mouvements vibratoires et propagation : longueur d'onde, fréquences. Ondes sonores. Spectre des ondes électromagnétiques. Relation entre la fréquence, la couleur et l'énergie. Phénomènes de résonance.

— Masse et énergie : la relation d'Einstein et ses conséquences, l'énergie nucléaire sur terre et dans les étoiles. Éléments d'astronomie et d'astrophysique, de géophysique et de météorologie.

A toutes les étapes, on s'attachera soigneusement à donner les *ordres de grandeur* des différentes quantités et à les comparer, à mettre en évidence un certain nombre de *concepts fondamentaux* qui seront peu à peu intégrés au formalisme mathématique, précisés et enrichis, et à *souligner les limites des modèles* proposés.

Trois remarques :

1° Il est très clair que, pour une part, nous ne faisons que reprendre ici des éléments déjà présents dans les actuels programmes.

52. A dessein, l'accent a été mis sur les aspects microscopiques, en partie par réaction contre la tendance fréquente à traiter des chapitres disjoints de la physique : optique, électricité, etc. La description du monde microscopique est un des moyens de revaloriser l'idée d'une unité de la physique et de la chimie. Elle présente en plus un intérêt intrinsèque.

2° Un effort de documentation des professeurs doit être entrepris au plus tôt. On pourrait par exemple songer à préparer un « livre du maître » fournissant les données nécessaires, indiquant des références accessibles, signalant les pièges à éviter et donnant au besoin quelques compléments théoriques.

3° Aucune fausse honte ne doit nous retenir d'imaginer un enseignement en grande partie descriptif, une « géographie » du monde physique et technique, d'où les éléments formels seraient, au début du moins largement exclus. Il y a un fossé entre la vulgarisation « commerciale » et la science des spécialistes ou la pratique des techniciens : c'est ce fossé que, pour une part, l'enseignement secondaire peut et doit combler.

Deuxième composante de l'EGSET : entraînement à la manipulation, à l'observation, à la réalisation et à la représentation d'objets ou de phénomènes

Un autre manque traditionnellement relevé de notre enseignement scientifique est son caractère formel et l'opposition qu'il tend à renforcer entre l'activité intellectuelle et l'activité manuelle ou, plus généralement pratique. Ici encore, les physiciens sont bien placés pour remédier à cette situation.

Il conviendrait pour cela que l'EGSET, à tous les niveaux, systématisé la *confrontation avec l'appareillage* des ateliers et des laboratoires : mise en œuvre, montage, démontage, modification, à la limite conception d'objets nouveaux (l'étude et la réalisation de *projets* pourraient être systématisées).

Un début de *pratique expérimentale* doit être assuré, ainsi qu'un *entraînement à la mesure*⁵³. Celui-ci sera l'occasion d'introduire les notions d'incertitudes, de dispersion des résultats, et des éléments de statistique.

Enfin, une importance particulière doit être donnée à la *représentation graphique* des objets et des phénomènes sous des aspects très divers :

— Croquis cotés simples de pièces mécaniques ou de bâtiments..., où l'accent serait mis sur la représentation spatiale.

— Schémas, par exemple de circuits électriques : relevés d'un schéma ou réalisation d'un montage d'après schéma ; repérage de l'équivalence entre des schémas différents d'un même système.

— Représentation graphique de la relation entre deux ou plusieurs quantités : histogrammes, courbes représentatives, abaques, etc.

— Blocs diagrammes : organisation fonctionnelle de grands ensembles techniques, fondée, comme il a été dit plus haut, sur le recours systématique aux « boîtes noires ».

Il s'agit d'éduquer la représentation et de mettre en place l'aide au raisonnement que constitue le dessin.

53. Distinguer l'expérimentation (la conception et la réalisation d'objets) de la mesure. Si on a pu craindre un poids trop grand donné aux aspects théoriques, il n'est pas question de renoncer aux aspects expérimentaux. Mais il faut les restituer dans leur authenticité : à ce niveau, la mesure est nécessaire mais pas suffisante.

Troisième composante de l'EGSET : Entraînement aux modes de raisonnement des sciences physiques

Les sciences physiques sont à la charnière entre le concret, que modifient l'expérimentation et les procédures techniques, et des structures abstraites qu'utilise et qu'enrichit l'activité théorique. Cette dualité caractéristique doit « passer » dans l'enseignement avec le maximum d'authenticité.

Les analyses modernes de la formation des théories scientifiques font ressortir le rôle particulier de l'imagination, dans la genèse des hypothèses, en regard de l'observation et de la vérification expérimentale. Il n'est pas interdit d'expliquer ces mécanismes aux élèves, sur des exemples suffisamment typiques, et de susciter ainsi leur créativité. Ce pourrait être l'amorce d'une collaboration avec les autres disciplines (histoire, philosophie), particulièrement fructueuse peut-être dans les sections littéraires. (Ici encore, il serait utile de préparer, à l'intention des professeurs, un ouvrage de références traitant de l'histoire des sciences physiques et des techniques).

Plus près des préoccupations spécifiques des physiciens et chimistes, signalons dans le même ordre d'idées la nécessité de dégager les grands « points d'ancrage » de leurs disciplines. Nous les situons à deux niveaux :

— Insister sur les concepts : les notions de masse, énergie, etc., interviennent au niveau microscopique et macroscopique. Mais les élèves font parfois très mal le lien entre les idées qui leur sont présentées dans des cadres différents. *Un effort vers une revue synthétique, soulignant l'unité de l'ossature conceptuelle des sciences physiques, peut être suggéré.*

— Insister également sur les principes fondamentaux reliés à ces concepts. Un certain nombre de conditions générales sont exprimées par des principes (de conservation, d'invariance, d'incertitude, de symétrie, etc.). Serait-il possible de ménager une certaine ouverture sur cet aspect moderne et fondamental ?

Concepts et principes sont souvent mis en œuvre dans des « modèles » dont ils assurent la cohérence. Mais ces modèles, pour utiles qu'ils soient, n'ont qu'une validité limitée : il conviendrait de souligner ces *limitations*.

Revenons un instant sur les questions de symétrie : elles interviennent aux deux niveaux suivants :

— symétrie liée à l'ordre ou au désordre, en particulier à l'échelle microscopique (plus ou moins grande régularité des arrangements atomiques) ;

— symétrie déjà sensible au niveau macroscopique : le champ électrique d'une distribution de charge à symétrie sphérique ne peut être que radial. Mais — est-ce dû à la diminution de l'enseignement de la géométrie ? — l'on constate une incompréhension croissante des étudiants vis-à-vis de ce type de raisonnements. Peut-être l'enseignement secondaire peut-il préparer le terrain ? (la liaison avec les mathématiques s'imposerait).

Il n'y a pas lieu ici de justifier plus avant le choix de ces trois thèmes. Rappelons seulement que l'enseignement des sciences physiques doit viser non pas à former des physiciens ou des chimistes mais à apporter un élément de culture générale à des élèves très divers. Certains se tourneront vers des carrières médi-

cales, économiques, littéraires ; d'autres même abandonneront le lycée en fin de 3^e : il faut d'abord les armer pour leurs études ou leurs activités professionnelles futures. L'on ne portera d'ailleurs aucun tort aux futurs physiciens, ingénieurs ou techniciens en considérant les finalités de notre enseignement d'un point de vue général, et sans viser à leur fournir très tôt des connaissances spécifiquement adaptées à leurs seuls besoins. Nous devons certes tenter de susciter quelques vocations pour nos disciplines, mais surtout informer les adolescents de réalités (techniques, conceptuelles, méthodologiques) qui leur sont, jusqu'ici, restées insuffisamment familières alors qu'elles sont une des caractéristiques fondamentales de notre temps.

A cette *information* doit s'ajouter une *formation* (par l'observation, l'activité pratique et l'exercice de la réflexion théorique) qui trouvera à s'employer dans les domaines les plus divers, et dont les sciences physiques offrent l'occasion exemplaire.

Les sciences physiques tirent un profit évident de l'outillage que les mathématiques mettent à leur disposition. Mais elles introduisent un élément spécifique : la confrontation, passive puis active, par l'observation puis l'expérimentation, avec le concret, (aspect présent, certes, dans la genèse des mathématiques, mais que leur présentation axiomatisée tend à masquer). Il faut convenir que cet élément n'est pas suffisamment présent dans l'enseignement actuel des sciences physiques, alors que c'est celui sur lequel il conviendrait d'insister si on veut leur faire jouer leur rôle de discipline fondamentale, et assurer l'équilibre de tout l'enseignement scientifique français entre les aspects théoriques et expérimentaux⁵⁴.

A l'effort de renouvellement de nos collègues mathématiciens doit répondre un effort complémentaire des physiciens et des chimistes, faute de quoi, les partis pris aidant, s'accroîtra le déséquilibre de l'enseignement scientifique dans ce pays.

III. ARTICULATION GÉNÉRALE DE L'IST

Admettons que ces principes soient retenus (dont nous rappelons qu'ils ont trait à *tout* l'enseignement des sciences expérimentales) et voyons maintenant quelle orientation pourra prendre l'IST de 4^e et 3^e.

Insistons encore sur le fait que cet enseignement doit être véritablement fondé, créé, et non importé à partir d'enseignements existants (du technique comme du second cycle).

Dans le cadre général défini au II^o, l'IST devrait accorder la priorité :

— d'une part, au point II - 2^o :

- observation des phénomènes physiques, des objets ou ensembles techniques ;
- manipulation et création d'objets techniques ;
- initiation à l'expérimentation et à la mesure ;

54. Le problème fondamental est d'équilibrer l'enseignement scientifique entre les mathématiques et les sciences expérimentales.

- initiation à la représentation graphique sous ses différents aspects.

— d'autre part, au point II - 1° :

- « vulgarisation » touchant aux domaines techniques et scientifiques (il est fondamental à ce niveau que les élèves puissent trouver au lycée ou au CES une réponse, même partielle et qualitative, aux nombreuses questions qu'ils se posent, réponse qu'ils doivent actuellement chercher ailleurs, et en puisant à des sources parfois contestables) ;

- acquisition de certains concepts fondamentaux ;

- analyse de phénomènes physiques et d'objets techniques sur des modèles.

(La composante II-3°, par contre, ne peut être incluse à ce niveau qu'avec une extrême prudence).

L'enseignement d'initiation pourrait alors comporter trois « volets » (dont il faudrait définir les importances relatives, mais sans que l'un ou l'autre ne soit ni sacrifié, ni hypertrophié) :

1) *L'étude d'appareils techniques simples*, mais cependant susceptibles de retenir l'attention des élèves, et qu'on puisse leur fournir aisément en nombre suffisant. (Par exemple : pieds à coulisse, compte-tours ou tachymètres, systèmes mettant en œuvre des engrenages ; loupes ou microscopes simples ; lampe électrique, circuiterie, etc.)

L'accent est mis sur la manipulation — démontage, observation du fonctionnement, modifications éventuelles — la conception et la réalisation de projets.

Cet enseignement est aussi peu formalisé que possible : ce sont des organes concrets qu'on s'attache à décrire, en justifiant leur présence et leurs caractéristiques. Cette description s'appuie sur l'exécution systématique de croquis et de dessins cotés, et peut être assortie de mesures (mêmes remarques qu'en 2) ci-dessous).

Une large part d'initiative doit être laissée aux professeurs dans le choix du matériel étudié, et dans la présentation et l'organisation de l'enseignement.

2) *Une initiation à la physique et à la chimie*, faisant largement appel à une description microscopique des structures et phénomènes élémentaires, en insistant sur les ordres de grandeur, en dégageant, à un niveau qualitatif, quelques concepts fondamentaux, et en établissant un jeu élémentaire de corrélations entre les grandeurs correspondantes (ex. : température et pression). C'est aussi l'occasion d'un début de pratique expérimentale, d'une initiation à la mesure, d'une mise en évidence des incertitudes et de leur aspect statistique, d'un entraînement à la représentation graphique des schémas expérimentaux et des relations entre plusieurs variables. (L'actuel enseignement de l'électricité en 3° constitue un point de départ à reprendre et à généraliser).

3) *Une description analytique d'ensembles techniques complexes*, s'appuyant sur la référence systématique à des « boîtes noires » exprimant les principales « fonctions » techniques mises en œuvre, et symbolisant leurs relations logiques par des schémas et des blocs diagrammes. Au fur et à mesure de l'avan-

cement des éléments 1) et 2), certaines boîtes noires peuvent être elles-mêmes progressivement analysées et résolues en éléments plus fins (par exemple moteurs à 2 et 4 temps ; cf. aussi les suggestions du IV°).

Ce schéma nous semble devoir répondre aux deux buts de l'enseignement : formation et information, et correspondre aux possibilités des élèves d'une part, des établissements de l'autre. *Il se distingue des actuels programmes de technologie par :*

- l'importance accrue accordée à la partie 2) (physique et chimie) ;
- l'introduction d'une partie 3) (ensembles techniques complexes) ;
- la suppression du dessin en tant que composante « à part » : il subsiste, mais spécialisé sous différentes formes à différents niveaux ;
- la restriction des aspects formels, en association aux « boîtes noires », (logique des assemblages techniques) en 2) où ils nous semblent s'introduire plus naturellement ;
- le souci de présenter un panorama aussi complet que possible (mécanique, électrotechnique, mais aussi électronique, radio-électricité...).

IV. ACTIVITÉ IMMÉDIATE DU GROUPE DE TRAVAIL

Terminons sur un aspect plus technique de l'organisation du travail de la Commission.

Nous avons signalé plus haut la nécessité d'un début d'intervention du groupe de travail par des essais qui devraient nourrir les discussions de la Commission, et par la suite les précéder en partie : il faudrait, au plus tôt, « tâter le terrain ».

Pour notre part, nous suggérerions, compte tenu de l'orientation que nous souhaiterions voir prendre à l'IST, que l'on réfléchisse dès maintenant à la possibilité de présenter, en 4^e ou 3^e, des leçons telles que :

— Agitation thermique (la structure atomique de la matière est supposée antérieurement décrite) : atomes dans un cristal, un liquide, un gaz ; notion qualitative de température et relation avec la notion sensible de température ; zéro absolu ; ordre de grandeur des vitesses d'agitation thermique ; distribution des vitesses (?) ; interaction entre les molécules d'un gaz et les atomes de la paroi du récipient ; notion de chaleur ; description microscopique des changements d'état (fusion).

— La relation d'Einstein ($E = mc^2$) ; réactions de fusion et fission ; mise en évidence d'un défaut de masse ; évacuation de l'énergie libérée ; initiation et modération de la réaction ; mises en œuvre pratiques : bombes A et H, centrales nucléaires ; problèmes techniques (les différentes « filières ») et importance économique.

— Étude d'une chaîne de télécommunication (téléphone transatlantique par câbles ou satellites) ; limites à l'information transmise par un canal et les moyens de l'augmenter ; amplification ; schéma d'ensemble de la liaison ; ordre de grandeur des performances obtenues (sur le même modèle, on imaginerait les leçons : radio, télévision, etc.).

— Description d'un avion de transport ou d'un avion de combat : ordre de grandeur des dimensions, des masses, des vitesses, des accélérations horizontales et verticales, des plafonds ; action de l'air sur les différentes parties de l'appareil : traînée, portance, variation avec la vitesse ; propulsion : les différents types de moteurs ; leurs conditions de fonctionnement (vitesses de rotation, températures et, efforts subis) ; débit, vitesse, température des gaz émis ; gouvernes : fonction et réalisation ; efforts subis ; servomécanismes de commande ; le mur du son : origine, effets sonores au sol ; effets thermiques ; équipement de navigation.

— Astronomie : la Terre (dimensions, masse, structure interne, champ magnétique, atmosphère, ionosphère, magnétosphère) ; la Lune (dimensions, masse, distance à la Terre, différents mouvements, phases, éclipses) ; le Soleil (masse, dimensions, distance à la Terre, composition chimique et structure ; l'activité solaire ; l'énergie solaire : origine, constante solaire ; « vent solaire ») ; les planètes. Observation nocturne du mouvement des étoiles, de la lune et des planètes et interprétation ; la Galaxie : dimensions, forme, nombre et répartition des étoiles ; l'environnement de la Galaxie. Les autres galaxies (types, éloignement ; expansion de l'Univers). Les événements astrophysiques : novae, supernovae, céphéides, quasars, pulsars, etc. L'observation astronomique : les grands instruments d'observation visuelle ou photographique ; les radiotélescopes.

Plus encore que le reste de cette note, cette liste n'a qu'une valeur toute indicative ; elle va, pour une bonne part, à l'extrême limite de ce qu'on peut même suggérer. Il conviendrait bien évidemment de la remanier sérieusement avant tout essai de mise en œuvre.

Souhaitons, pour conclure, que le groupe de travail informe la Commission sur les éléments de vulgarisation mis actuellement à la disposition des élèves (revues, livres, émissions de radio ou télévision, jeux scientifiques)⁵⁵.

55. Deux problèmes méritent d'être évoqués : celui des niveaux (ex. des CES) — nécessité de prévoir des classes de niveaux ; celui des moyens (importance des moyens audiovisuels pour la vulgarisation). Au moins, dans un premier temps il est sage d'être ambitieux !

Teaching Physics in French Secondary Schools (juillet 1973)

Cet article a été publié dans Europhysics News, juillet 1973, p. 4-6 (N.H.).

*
**

The Secretary of the French Physical Society (Société Française de Physique) indicates the present status, the obvious shortcomings and the potential improvements in teaching physics in French secondary schools. He hopes that colleagues in other European countries will be encouraged to share their experience which could benefit French physics teaching.

Secondary education in France

Table 1 (p. 64) is a simplified picture of the French secondary education system as a whole. The following remarks may help :

1) Attendance at school is compulsory up to 16 years. The 10 million pupils in the education system are accommodated as in Table 2 (p. 65) and comprise 20 % of the total population.

2) Some 7 % of the children are so handicapped that they need special medical care and a further 18 % in section III of the First Cycle are of low level and are oriented to « professional education ».

3) In the Second Cycle, pupils opt for different courses (Table 3, p. 65).

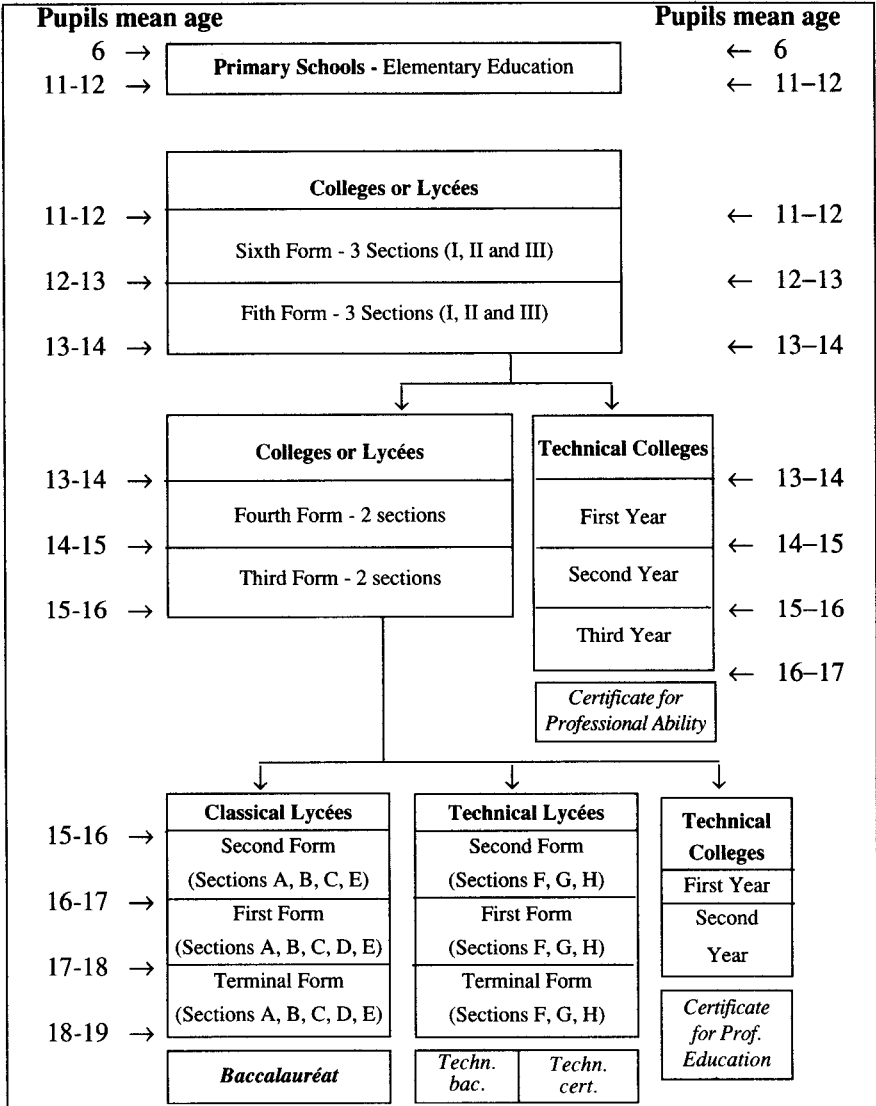
The small proportion attracted to science and technology greatly concerns French scientists. However, since the official estimates for the required number of new scientists and engineers is 15 000 per year, another serious problem is that only half the scientific pupils can expect to find a position corresponding to their proper qualifications.

4) Two results of the educational system have led to conflicts between political and administrative authorities, parents and teachers : about 10 % of pupils have to repeat from each form, and only two-thirds of candidates obtain their « baccalauréat ».

5) There have also been internal conflicts within the teaching profession arising from the privileged salaries and workloads of « professeurs agrégés » and the extensive use of underqualified auxiliaries. For physical sciences, about 190 « professeurs agrégés » and about 50 « professeurs certifiés » are selected

annually by competition. Because of the urgent need for teachers of « new maths », the underqualified auxiliaries include some who have just taken a « baccalauréat » in ...literature !

Table 1 French secondary education system



Psycho-sociological background

The parents of most secondary school pupils have had no direct contact with secondary teaching, since they themselves left school at 13 or 14. They find it difficult to appreciate the demands of secondary education for homework, reading...

sleep, however fascinating the television programmes may be ! Other rapid social changes (urbanization, erosion of family life, growing influence of mass media) have increased the gap between the educational system and the public.

The compulsion to attend school until 16 is not well understood and is rejected by a significant proportion of the population. The consequence of the decline in relative value of the « baccalauréat » is also not appreciated, since many parents expect their offspring to become doctors, civil servants, teachers, etc., after obtaining it.

Problems also arise from the demands by universities for better-prepared students and the inability of low-level teachers to raise the standard of unmotivated pupils. Finally, the ideological acceptance of secondary education is now in doubt, in contrast with the attitude to universal elementary education in the 1880s.

This psycho-sociological background restricts the potential to modify even very technical components in the teaching of physical sciences, though it may not seem to be directly relevant.

Teaching physical sciences

There are two points to stress : Firstly, physics and chemistry are taught by the same teacher as « Physical Sciences », with the disadvantage of neglecting some chemistry with biological emphasis and a tendency to reduce chemistry problems to physics.

Secondly, physical sciences are not introduced sufficiently early or emphatically in the First Cycle to enable pupils to sensibly choose this option for their Second Cycle studies. And even when they appear in the Second Cycle physical sciences are still second rank in comparison with mathematics.

Table 2

Elementary schools	5,000,000
Secondary schools	
First Cycle : sections I and II	2,000,000
section III (lower level)	400,000
Short Second Cycle (technical college)	600,000
Long Second Cycle (classical and technical lycées)	800,000
Universities and similar establishments	800,000

Table 3

	<i>Number</i>	<i>Percentage</i>
(A) literature and philosophy	88 000	34
(B) socio-economic sciences	15 000	5.5
(C) mathematics and physics	32 000	13
(D) biological sciences	55 000	21
(E) mathematics and technology	9 000	3.5
(F, G, H) technical sections	60 000	23

This situation probably originates in the literary background of the most influential personalities in France : essentially, they themselves failed to understand any mathematics which they consider a major personal problem and, as for physics, « beyond » mathematics, that could simply be ignored ! They are preoccupied with organization, administration or finance, and leave the technical aspects of physical sciences to low-class helots. Finally, there remains the feeling of « cartesianism » (deriving little from Descartes), that a methodical intellect can solve all problems and unveil all the mysterious laws of nature. Experiments are simply not understood : just sit down with paper and pencil, and think ! Clearly, physical sciences do not have a fertile soil from which to grow and prosper.

Physics and chemistry have been reluctant to up-date terminology, concepts and theories : only 20 years ago, courses still presented the atomic *hypothesis*. The courses appear as fossilized layers, almost as abruptly disconnected as geological strata. There is little attempt to relate physics and chemistry to the technological developments in daily life. There has been no effective presentation of the unity of physics, nor stress of its essential characteristic as an experimental science based on a permanent dialectic between theory and experimentation. « Laws » are emphasized to the neglect of general principles and methods. Consequently, physics appears as a catalogue of disconnected recipes.

Another distortion arises from the excessive emphasis on examinations. Because examiners find it difficult to prepare a « true » physics problem without danger of contestation, questions are reduced to low-level mathematics adorned with elementary numerical applications. Some dubious theories, such as the *rediscovery* dogma, now underly the whole system. The promoters do not realize the difficulties of « rediscovering » in a few weeks the final solution of a major riddle in the history of physics.

It must be said, however, that in the past 20 years the teaching of physics and chemistry has evolved somewhat for example, pupils may themselves carry out manipulations more frequently.

The « new mathematics » tsunami which reached France about 12 years ago considerably influenced the teaching of physics here. Two major criticisms are : first, the logical progression in teaching of the new mathematics does not equip the pupils for physics ; and, second, that the benefits of increased proficiency claimed for the new mathematics have not been achieved. In most cases, the practical application of the new mathematics is almost catastrophic. Moreover, whilst the new mathematics does provide some powerful tools (for example, in linear algebra), the physics teachers have not been trained to use them.

Present Initiatives

After this rather critical and pessimistic picture, it would be gratifying to present spectacular countermeasures and to describe their first results. Unfortunately, we are still far from being able to present even a fine balance.

In May 1969, the French Physics Society organized meetings with members of the « Union des Physiciens » (Physics Teachers' Association) and of the

French Chemical Society to examine the main problems. From this initiative, a Ministerial Commission for the Renewal of Education in Physics, Chemistry and Technology was created in May 1971. The president of the Commission, A. Lagarrigue, also Head of Orsay Linear Accelerator Laboratory, persuaded renowned scientists to approve a statement that « *experimental sciences, including physics, chemistry, biology and technology, should appear as a fundamental discipline, with a sufficient timetable, at all teaching levels* », and that « *this teaching should properly complement mathematics education in order to show clearly the connections between the theoretical and experimental approaches* ».

Our main concern was to promote the introduction of physical sciences in the First Cycle. Because of the lack of tradition and of the need to consider « technology » courses, pedagogical research of a fundamental character was needed.

Unfortunately, later in 1971, the Ministry decided to reform the Second Cycle within two or three years, and urged the Commission to give priority to the corresponding teaching of physical sciences. Several sub-commissions prepared new programmes for the Second Cycle, whilst a working group was charged with fundamental research into teaching of beginners :

1) The new programmes for the Second Cycle were rapidly proposed on the basis of work carried out previously by members of the « Union des Physiciens ». For the Second Form, about one-third chemistry, one-third d.c. current phenomena and electronics initiation, and one-third kinematics and dynamics ; for the First Form, the physics was about one-half on vibrations and waves phenomena and one-half on the notion of energy, the concept of field and d.c. current with more mathematics ; for the Terminal Form, vibrations and waves involved trigonometric functions, mechanics extended to rotation and angular momentum, atomic physics...

We deeply feel that we lacked preliminary studies for this project, although we hope to have minimized the risks by voluntarily restricting our ambitions. The only « general » principle is invariance which introduces a limited number of concepts. These programmes are now being tested in about 30 classes. Certainly, we shall not be revolutionary. We shall not even make up for lost time. We hope that we have not started a catastrophe, but have induced progress in the right direction.

2) The « working group » is headed by G. Delacote, a member of the IUPAP Commission on Physics Education. Its task is the building up of the elements of initiatory teaching of the First Cycle. Several « units » have been prepared to correspond to three months' teaching in a « real » class.

Obviously, these first efforts are limited compared with the problems, and they are on a completely different scale from the PSSC or the Nuffield Foundation Project. Moreover, we are disquieted by several serious obstacles. First, the administrative authorities are extremely reluctant to admit the very principle of the introduction of physical sciences into the Sixth and Fifth Forms. Yet, we believe that would be absolutely essential to begin to put France on an equal footing with other European countries.

Second, one of the main ideas of our Commission is that teachers must have free time to simply talk with pupils, to answer their questions about, for example, the last Apollo flight, and to introduce some history, etc. This is completely against French tradition in schools : many colleagues seem to fear that less formalized teaching could not be « serious ».

Third, traditionally, teachers, have been accustomed to « not being able to complete the programme » ; they are initially hostile to concentration on a few principles and concepts, and consider this will automatically result in a low-level education.

Finally, there remains an enormous financial problem : increasing the part of experimental teaching and manipulations in comparison with conventional courses means that the laboratory equipments of the lycées must be considerably enlarged ; in addition, it is necessary to « teach the teachers », and this also implies a considerable effort. A provisional budget has just been established ; it amounts to some FF 400,000,000 for the whole operation, extending over 10 years. It is not yet known what answer will be given.

It will probably appear to the reader that our problems are often more original than the solutions we present. May we end this short account with an anecdote which perhaps will convince him that the task we are faced with is formidable enough to excuse the shyness of our first reactions ? At the beginning of this year, one colleague, teaching in the Second Form of a Paris lycée, held a brief inquiry on the initial ideas his pupils had about physics ; to the question « What do you think that an atom is ? », he got the answer : « I think it is a very nasty liquid ». To the question « How does one know that the earth is revolving around the sun, and not the contrary ? », he received this peremptory reply : « It is just a theory of scientists but nobody can prove anything about it » ; (in both cases, the pupils belonged to well established families). Should we consider it characteristic of French society that it is both preatomistic and precopernician ?

Quelques suggestions relatives aux programmes de physique
des terminales scientifiques
(octobre 1973)
Extraits

Ce rapport (dactylographié inédit) a été présenté à la réunion du 26 octobre 1973 de la Commission Lagarrigue. Nous en donnons ici des extraits, l'ensemble du texte étant relativement technique (N.H.).

*
**

[...] La Commission [...] faillirait très vraisemblablement à ses devoirs si elle oubliait maintenant qu'une de ses tâches principales reste malgré tout de rendre accessibles aux élèves, à ce niveau ultime de leurs études secondaires, quelques-uns des prodigieux bouleversements que, depuis un siècle, la physique a apportés à notre vision du monde, particulièrement dans le domaine microscopique. Il serait d'ailleurs très étonnant que l'unanimité ne se fit pas rapidement sur ce point ; il sera plus difficile de savoir jusqu'où aller et comment, et les indications qui suivront n'ont, bien évidemment, qu'un caractère très préliminaire et « prospectif » : leur seul but ne peut être que de contribuer, très modestement, à ouvrir un long débat.

Avant d'aborder des détails plus techniques, rappelons peut-être encore que cette année sera marquée par l'instauration du système des 10 % de « temps libre ». Il ne faudrait pas que cette innovation soit uniquement ressentie comme une restriction d'horaire supplémentaire : en fait, les physiciens n'ont que l'embaras du choix pour mettre à profit, en acceptant de « jouer le jeu », la petite souplesse ainsi accordée ; ceci à condition, naturellement, que le volume des programmes ne soit pas trop contraignant par ailleurs, ce qui est l'affaire de la Commission. Ajoutons seulement qu'un des buts — parmi de très nombreux autres — qu'on pourrait assigner aux quelques trois semaines de « liberté pédagogique » serait de confronter les élèves avec un ouvrage simple de « vulgarisation », ou, si l'on préfère, « d'ouverture » sur la physique : un excellent exemple serait « la nature des lois physiques » de Feynman ; les élèves pourraient y retrouver un certain nombre des grandes idées que notre enseignement, désormais, tente de leur transmettre, avec des exemples diversifiés ; avec parfois, des simplifications qu'il leur serait déjà possible de dépasser, ce qui, psychologiquement, devrait être assez encourageant. De plus, ce serait l'occasion, dans la

période transitoire d'expérimentation où nous nous trouvons actuellement, de soumettre notre enseignement de la physique à un test très révélateur : ce type d'informations, complétant celles qui nous viennent par ailleurs, serait très précieux. [...]

L'introduction à des éléments de « physique moderne »

Cette partie du programme a, évidemment, un but d'information : elle doit, succinctement, indiquer aux élèves comment on se représente, en ce moment l'atome, (la molécule), le noyau, peut-être les particules élémentaires, et comment on les étudie. Mais il faut, en plus, viser bien entendu à une structuration de l'information ainsi apportée : ce ne devrait pas être une difficulté, mais bien au contraire un excellent moyen de valoriser la présentation, qui aura précédé, de la physique classique et macroscopique ; les élèves devraient parvenir à ce niveau conscients de l'intérêt qui s'attache à rechercher des invariants, des lois de conservation, à préciser des lois de transformation dans certaines opérations de symétrie, etc. ; or ce sont là précisément les « réflexes » qui ont permis aux physiciens de « s'en sortir » dans l'exploration du domaine microscopique. Ainsi cette partie finale du cours de physique sur l'ensemble des trois ans du second cycle en apparaî-t-elle à la fois comme la justification ultime et le couronnement. [...]

L'insertion de la réforme de l'enseignement
des sciences physiques et de la technologie
dans le cadre général de la réforme de l'enseignement
(février 1974)

Ce rapport manuscrit, rédigé au nom de la SFP pour l'élaboration d'un texte commun émanant de la SFP, de la Société Chimique de France et de l'Union des Physiciens, sera publié en mars 1974. On le trouve dans BUP, octobre 1977, p. 101-110. Nous restituons ici le document d'origine en indiquant entre crochets les parties supprimées dans la version publiée : il s'agit, outre quelques remarques incidentes, d'un développement sur le projet de réforme Fontanet ainsi que des indications relatives à la formation des professeurs pour lesquels Michel Hulin préconise « une ouverture sur le monde extérieur » et dont certains éléments figurent dans la note de février 1974⁵⁶ du président de la Commission, André Lagarrigue (ces passages sont indiqués entre astérisques (N.H.).

*
**

Depuis près de trois ans, la Commission ministérielle pour la rénovation de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie, la « Commission Lagarrigue », a largement avancé dans ses travaux. En janvier 1973, elle déposait un premier rapport décrivant les grandes lignes suivant lesquelles elle orientait son action, en même temps qu'elle fournissait une première évaluation du coût prévisible de la réforme qu'elle préconisait.

Depuis quelques semaines, un élément nouveau est intervenu : la publication, par le Ministère de l'Éducation nationale, du projet général de réforme de l'enseignement du second degré. (Sa longue préparation avait d'ailleurs servi aux autorités d'argument pour différer, pendant plus d'un an, l'expression de leurs réactions vis-à-vis du rapport Lagarrigue, qu'elles avaient pourtant elles-mêmes réclamé.)

Notre Société se doit désormais de rappeler les points essentiels sur lesquels il convient, selon elle, de faire porter l'effort de rénovation de l'enseignement des sciences physiques auquel s'est attachée la Commission Lagarrigue, et d'examiner comment la réforme qu'elle a proposée peut s'insérer dans le cadre du « projet Fontanet ».

⁵⁶. BUP, octobre 1977, p. 61-68. Voir les passages p. 63 et 67-68.

I. LES MISSIONS DE LA COMMISSION LAGARRIGUE

C'est au printemps 1971 que le ministre Olivier Guichard, à la suite des démarches conjointes de la Société Française de Physique, de l'Union des Physiciens, et de la Société Chimique de France, installait la Commission Lagarrigue.

Il n'est pas inutile de rappeler la mission qui était confiée à celle-ci « *La Commission... a compétence pour toute question relative à l'enseignement de la physique, la chimie, et la technologie, dans les premier et deuxième cycles de l'enseignement du second degré, général et technique.* »

En ce qui concerne la technologie (dont l'apparition était alors limitée au seul premier cycle), il était indiqué :

« La Commission s'attachera, en particulier, à mettre en évidence que *la technologie ne doit pas être l'occasion d'introduire une nouvelle discipline abstraite* dans le cours des études, mais au contraire de développer, chez les enfants, le sens du concret et du raisonnement par intuition. Il convient aussi de donner aux élèves le goût de l'expérimentation, et de satisfaire leur curiosité vis-à-vis du monde scientifique et technique qui les entoure, et qu'ils découvrent à cet âge. »

Mentionnons de plus l'intérêt manifesté pour une permanence des sciences physiques dans les cursus littéraires : « *Un soin spécial doit être apporté à l'établissement des programmes des classes de première et de terminale " littéraires "*, qui doivent recevoir, dans cette réforme, un enseignement de sciences physiques important, et adapté à leurs caractéristiques. »

Enfin, il était demandé à la Commission d'exprimer ses vœux relatifs à la formation initiale, scientifique et pédagogique, des futurs professeurs, et à leur formation permanente.

Ne serait-ce que par le jeu de contraintes extérieures, la Commission a dû disperser ses efforts, et, par exemple, élaborer de nouveaux programmes pour le second cycle, tout en menant d'ailleurs une recherche plus fondamentale qui trouverait son point normal d'application au niveau du premier cycle.

Mais préalablement à cette activité en quelque sorte technique, elle a néanmoins pu dégager quelques principes fondamentaux : leur respect, à travers les différentes actions, plus spécialisées, menées par la suite, est nécessaire à la cohérence de son intervention.

Il est sans doute utile de donner sur cette « doctrine », qui reçoit notre entière approbation, quelques indications préalables. Nous nous bornerons à trois points fondamentaux, en insistant sur les aspects qui, pour nous physiciens, revêtent une importance primordiale :

— l'extension nécessaire à l'ensemble du premier cycle de l'enseignement de physique, chimie, technologie ;

— le respect par l'enseignement des caractéristiques des sciences physiques comme exemple type de sciences expérimentales, et l'accent qu'il convient de mettre sur leur valeur culturelle ;

— l'ouverture nécessaire de l'enseignement des sciences physiques sur le monde technique, par l'intermédiaire de l'enseignement technologique.

II. LES SCIENCES PHYSIQUES DANS LE PREMIER CYCLE

La première nécessité qu'a reconnue la Commission Lagarrigue est celle de *créer un enseignement d'initiation à la physique, la chimie et la technologie, allant de la 6^e à la 3^e* (et qu'il serait d'ailleurs souhaitable d'amorcer dès l'école élémentaire).

Jusqu'à l'introduction, récente et partiellement inachevée, de l'enseignement dit « de technologie » de 4^e et 3^e, notre pays a offert l'exemple, quasi unique au monde, d'une formation secondaire qui ne s'ouvre sur les sciences physiques et la technique que pour les élèves qui, à 15 ou 16 ans, parviennent dans le second cycle : il semble pourtant évident que ces disciplines combleraient les désirs de plus jeunes adolescents, avides de comprendre le monde qui les entoure, et que rebute trop souvent, dans la situation actuelle, l'aspect presque exclusivement théorique de l'enseignement qui leur est dispensé.

Depuis peu, nous disposons d'ailleurs d'une référence expérimentale qui confirme entièrement ces vues.

A l'initiative des sections locales de la Société Française de Physique et de l'Union des Physiciens, avec le soutien de plusieurs chefs d'établissements et la participation de nombreux professeurs de diverses disciplines, et sous le patronage de la Commission Lagarrigue, se déroule en effet, *dans l'agglomération grenobloise, une expérience d'enseignement scientifique intégré en 6^e et 5^e*, animée principalement par notre collègue A. Kahane. La presse lui a d'ailleurs réservé un accueil très favorable (tel *Le Monde*, dans son article « Des physiciens en culotte courte »).

Il apparaît nettement, comme on pouvait d'ailleurs le prévoir, que la concertation entre professeurs valorise en fait l'action de chacun d'eux.

Pour ce qui est, plus particulièrement, des sciences physiques, il ressort que, loin d'être paralysés par le développement insuffisant de leurs connaissances mathématiques, les jeunes élèves trouvent, dans les différentes facettes de l'activité expérimentale, de multiples occasions de manifester une joie d'apprendre, un esprit d'initiative, une créativité qui retentissent profondément sur l'ensemble de leur comportement scolaire. S'il est trop tôt pour établir des corrélations vraiment quantitatives, il est déjà sûr que cet enseignement ouvert permet de faire disparaître un certain nombre de « blocages » apparus en mathématiques.

C'est là un point fondamental. Notre but n'est pas d'opposer mathématiques et physique : ce qui est en cause, c'est qu'à une période cruciale de leur vie scolaire, au cours de laquelle de nombreux élèves voient leurs « chances » irrémédiablement compromises, une importance essentielle s'attache à ce que leur soient offertes les occasions les plus nombreuses et les plus variées possibles de trouver au moins *un point d'ancrage* dans l'activité scolaire, au niveau duquel ils puissent garder prise, et ne pas perdre confiance en eux. « *L'égalité des chances* » *passé avant tout par une diversification des matières offertes à la curiosité des enfants*. [(Ajouterons-nous que leur implantation très modeste — que nous regrettons bien sûr — dans la « culture » au sens traditionnel permet aux sciences physiques et techniques de jouer, dans cette affaire, un rôle privilé-

gié. En ce qui les concerne, et par opposition à ce qui se passe pour les disciplines littéraires ou les mathématiques, l'impact du milieu familial sur le comportement des enfants est sensiblement réduit, avec deux avantages évidents : une possibilité accrue, pour les maîtres, de porter sur leurs élèves des jugements intrinsèques, et, surtout, une occasion non négligeable, pour les enfants issus de milieux défavorisés, de surmonter ce type de handicap.])

Une introduction suffisamment précoce de la physique, la chimie et la technologie offrirait en outre une solution à deux ordres de difficultés supplémentaires actuellement ressenties.

En repoussant en 2nde l'apparition de ces disciplines, on oblige les professeurs, qui malgré tout, doivent bien « commencer par le commencement », à présenter des « rudiments » qui, tant au niveau conceptuel qu'au niveau expérimental, ne correspondent plus au développement intellectuel, aux centres d'intérêt des élèves auxquels ils s'adressent. L'expérience grenobloise a prouvé l'enthousiasme d'élèves de 6^e et 5^e pour la réalisation de circuits électriques élémentaires ou d'associations de lentilles : c'est précisément ce qui rebutait, et continue à rebuter, des adolescents de 1^{re}.

D'autre part, en différant indûment la prise de contact des jeunes esprits avec les modes de raisonnement, les concepts, les méthodes des sciences physiques, on laisse se figer en eux des structures mentales précognitives, tout un système d'interprétations erronées et antiscientifiques, qu'il devient vite très difficile d'éradiquer. Des travaux récents, dont certains sont menés par des membres de la Commission Lagarrigue, ont prouvé la permanence de ces schémas interprétatifs à travers et malgré l'enseignement du second cycle. Ainsi se perpétue une situation étonnante : *dans son ensemble, notre pays reste fondamentalement « pré-newtonien » et même « prégaliléen », en même temps d'ailleurs que s'élargit le fossé entre « techniciens » et « honnêtes gens ».*

C'est pour nous une raison supplémentaire de soutenir à fond la Commission Lagarrigue dans sa première revendication :

« De la physique, de la chimie, de la technologie, en même temps que les autres disciplines scientifiques, et, si possible, en liaison avec elles, dès le début du second degré. »

III. RESPECTER L'AUTHENTICITÉ DES SCIENCES PHYSIQUES ET LEUR VALEUR CULTURELLE

Le but des membres de la Commission Lagarrigue n'est pas de former des physiciens ou des chimistes.

Il est de *profiter de la démarche spécifique des sciences expérimentales pour inculquer aux élèves l'idée fondamentale que le progrès scientifique, dans son ensemble, correspond à une interaction dialectique entre observation, manipulation, élaboration de modèles progressivement mathématisés, pour finalement revenir à l'expérimentation.*

Des personnalités scientifiques réclament une réforme « harmonieuse » de l'étude des mathématiques et des sciences expérimentales

Trente-six personnalités scientifiques — dont MM. Louis de Broglie, François Jacob, Alfred Kastler, André Lwoff, Louis Néel, prix Nobel ; M. André Lichnerowicz, professeur au Collège de France, président de la commission de réforme de l'enseignement des mathématiques, et M. André Lagarrigue, professeur à l'université de Paris-Sud, président de la commission de réforme de l'enseignement de la physique, de la chimie et de la technologie — ont signé une déclaration où elles réaffirment « les principes fondamentaux qui devraient guider une réforme de l'enseignement scientifique du second degré ».

« L'enseignement scientifique dans les lycées et collèges, écrivent-elles, a pour but d'initier les élèves, de manière progressive et raisonnable, au savoir scientifique et aux réalisations techniques, et de leur assurer ainsi une formation générale harmonieuse et ouverte sur une composante essentielle du monde moderne. Cette harmonie suppose que soit réalisé l'équilibre entre les disciplines abstraites et les sciences d'observation et d'expérimentation. L'ensemble, comprenant la physique, la chimie, la biologie et des disciplines techniques, doit apparaître comme une discipline fondamentale au même titre que les mathématiques. Cette discipline doit, en particulier, figurer avec un horaire suffisant au sein des « tronc communs » des différentes sections.

» En outre, le plus grand soin doit être apporté à ce que l'enseignement des mathématiques et celui des sciences expérimentales ne s'opposent pas mais se complètent au contraire, et traduisent, au niveau de l'école ou du lycée, la symbiose et les échanges réciproques, qui sont, depuis toujours, une condition nécessaire du progrès des unes et des autres. Au-delà des objectifs et mé-

thodes propres à chaque discipline, doivent être saisis par les élèves la profonde unité de la science, sa continuité et le caractère complémentaire et indissociable de l'approche théorique et de l'approche expérimentale. »

L'Académie des sciences a déjà pris position pour un « changement profond dans l'organisation et la conception » de cet enseignement scientifique. D'autre part, l'Union des physiciens, association des professeurs de sciences physiques (qui regroupe sept mille membres), a protesté contre l'amputation d'une heure de cours en seconde scientifique, à la rentrée 1969, mesure qui n'a pas été compensée, à la rentrée 1971, par une augmentation d'une heure en classes terminales C, D ou E, comme le ministère s'y était engagé. Selon l'Union des physiciens, cette suppression « s'intègre dans un contexte général de dégradation de l'enseignement scientifique expérimental ».

Il faut réhabiliter, en le prolongeant, l'aphorisme pythagoricien : « l'homme est intelligent parce qu'il a une main ».

Ce faisant, on heurte nécessairement des conceptions profondément enracinées dans le substrat idéologique de ce pays : tout ce vieux fonds aristotélicien-scolastique, rebadigeonné de cartésianisme, qui a progressivement fait dévier notre enseignement de sciences physiques vers cette mathématique du pauvre, étroitement formelle, faussement déductive, qui les défigure complètement. Nous devons faire admettre notre propre critique de la « raison pure », jouer Bacon contre Descartes, et faire accepter l'idée que, *pour une part essentielle de son activité cognitive, l'homme doit mettre en œuvre tout le faisceau de ses capacités — manuelles, sensorielles, intellectuelles —*, qu'il ne peut rester « enfermé dans son poêle », mais doit se résoudre à interroger la nature, en la pliant à ses exigences.

La tâche est formidable : il s'agit d'effectuer une « remise sur ses pieds » du concept même de culture scientifique, en battant en brèche ce qui reste, pour l'honnête homme de France, l'archétype même de la « culture générale ».

De plus, c'est aller contre l'idée qui tend à se répandre — heureusement plutôt chez les non-mathématiciens — que « la » mathématique est désormais une opération essentiellement introspective du mathématicien sur lui-même, conception qui, conjuguée avec la reconnaissance, diffuse dans le public, des mathématiques comme modèle de science « noble », ne prépare pas un terrain très favorable au progrès des sciences expérimentales.

Comment, ici, éviter de paraître relancer la « querelle de moines » : physiciens contre mathématiciens ?

Heureusement, nous avons nos garants.

A l'instigation de l'Académie des sciences, plusieurs dizaines de savants ont publié, en novembre 1971, une déclaration préconisant « un enseignement scientifique initiant les élèves au savoir scientifique et aux réalisations techniques, et leur assurant une formation générale harmonieuse et ouverte sur une composante essentielle du monde moderne ». Il était ajouté : « Cette harmonie suppose que soit réalisé *l'équilibre entre les disciplines abstraites et les sciences d'observation et d'expérimentation...* En outre, le plus grand soin doit être apporté à ce que *l'enseignement des mathématiques et celui des sciences expérimentales ne s'opposent pas, mais se complètent au contraire, et traduisent, au niveau de l'École, la symbiose et les échanges réciproques qui sont, depuis toujours, une condition au progrès des unes et des autres...* » Parmi les signataires : plusieurs mathématiciens éminents, dont trois médailles Fields.

Si l'on ajoute que, depuis trois ans, les exemples de collaboration entre mathématiciens et physiciens se multiplient, en particulier au sein ou autour des IREM, on voudra bien admettre que nous n'avancions ici que des arguments de simple bon sens, sur lesquels existe un accord général entre spécialistes, et que nous ne faisons que réclamer le droit à *l'authenticité de nos propres disciplines !*

Il faut dire aussi qu'en se refusant à mettre au premier rang de ses arguments les nécessités de la formation des futurs spécialistes des disciplines qu'elle représente, en insistant sur l'aspect culturel de l'enseignement qu'elle a pour mission

de promouvoir, la Commission Lagarrigue se prive volontairement d'une partie de son audience potentielle.

[Nous l'approuvons pleinement dans ce choix, mais non sans regretter que les tenants d'autres sciences « concurrentes » n'aient pas cru devoir adopter la même attitude.]

Bâtir l'enseignement scientifique *secondaire* en suivant à rebours la cascade terminales, classes préparatoires, Grandes écoles ou universités, c'est ériger en impératifs des « besoins », des « niveaux nécessaires de connaissances » qui ne sont en fait, bien souvent, que le reflet des habitudes de pensée [de certains professeurs ou de certains inspecteurs généraux]. Les exemples abondent de pays étrangers où *une formation secondaire moins ambitieuse quant au volume total des connaissances acquises par quelques champions, plus soucieuse de susciter l'intérêt, d'éveiller la curiosité du maximum d'élèves, plus exigeante aussi, peut-être, quant à la solidité des connaissances de base inculquées à l'élève moyen, ne semble pas compromettre irrémédiablement la compétence des cadres : techniques ou scientifiques !*

S'il reste très naturel de garder des traditions universitaires ou scolaires propres à notre pays, certains traits originaux, encore conviendrait-il de ne pas s'entêter, au moment de lancer une réforme d'ensemble, à maintenir des rites pédagogiques qui sont surtout révélateurs de l'attachement d'une certaine caste à un folklore dont les seules considérations techniques ne suffisent pas à justifier la pérennité.

IV. OUVRIR SUR L'UNIVERS TECHNIQUE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES, INDISSOCIABLE D'UN ENSEIGNEMENT DE TECHNOLOGIE QUI DOIT ÊTRE CONÇU POUR PERMETTRE CETTE OUVERTURE

Le dernier reproche majeur que l'on peut faire à l'enseignement des sciences physiques, tel qu'il est actuellement dispensé au niveau du second cycle, réside dans le fossé qui le sépare du monde des réalisations techniques que les élèves côtoient quotidiennement.

Autant nous sommes attachés à ce que soit pleinement restituée la richesse épistémologique des sciences expérimentales, autant *nous souhaitons que soit également mise en valeur l'étroite connexion entre les progrès de la connaissance fondamentale et les applications techniques* auxquelles ils ont conduit.

Or notre enseignement subit depuis longtemps deux pressions convergentes. D'un côté, l'explosion des acquisitions nouvelles, qui caractérise les sciences physiques depuis plus d'un siècle, conduit à l'inflation de la composante théorique des programmes successifs, soucieux de suivre, tant soit peu, ce prodigieux développement ; d'un autre côté, les horaires en peau de chagrin se rétrécissent progressivement. Par voie de conséquence, la part de leurs cours que les professeurs peuvent mettre à profit pour montrer les prolongements techniques des découvertes fondamentales, et pour réconcilier leurs élèves avec un monde

de « boîtes noires » au sein duquel ils se sentent de plus en plus étrangers s'est vue progressivement réduite.

Il importe de revenir à une situation plus saine.

Une occasion s'offre, semble-t-il, avec l'apparition de la « technologie » dans l'enseignement général du 1^{er} et du 2^e cycle, et à condition qu'il y soit confié, pour l'essentiel, aux maîtres chargés de celui des sciences physiques, auxquels il conviendrait d'assurer les compléments de formation, et surtout d'information, qui leur permettraient de mettre en valeur les considérations économiques ou sociologiques qui prolongent les aspects plus purement techniques. Il n'en reste pas moins que ces derniers gardent une importance primordiale, et que les physiciens et les chimistes sont, au sein du corps enseignant, les seuls à même de les intégrer à un corpus cohérent.

Pendant, notre inquiétude est grande quant à la réalité qui peut se dissimuler derrière le vocable de « technologie ».

Avec l'introduction de cette discipline en 4^e et 3^e, et malgré les efforts de collègues physiciens et chimistes (en particulier au sein de l'Inspection générale), qui ont permis de « limiter les dégâts », n'a-t-on pas vu apparaître, en effet, un surprenant mélange de quincaille et de formalisme pseudomathématique très peu révélateur, somme toute, des grands traits de la réalité technique.

On hésite à juger si sévèrement ce nouveau venu dans l'enseignement français, à condamner si abruptement les efforts de ses promoteurs. Mais comment, partant de réflexions fort raisonnables (respect des besoins d'expression orale, graphique, etc., des élèves ; liaison entre activités manuelle et intellectuelle ; apprentissage d'une méthode de travail...), ont-ils pu en arriver à imposer à des centaines de milliers de petits Français innocents de disserter pendant des semaines sur la « targette à pène plat », à grand renfort de « schémas sagittaux » et de « matrices logiques » ? [(Qu'on ne nous oppose pas que c'est la médiocrité des moyens matériels disponibles qui limite l'étude technologique à la dissection de quelques articles de Monoprix : on a dépensé des fortunes pour équiper des centaines de CES en établis luxueux et... inutilisables. Et personne ne peut soutenir qu'ouvrir l'enseignement sur le monde extérieur doit consister en la transformation d'un enseignement mité en un enseignement miteux !)]

Il y a des indices qui ne trompent pas : ils nous confirment dans notre opposition totale à cette conception de l'enseignement technologique que certains mettent en avant. Pour résumer, disons qu'ils se situent à trois niveaux :

1) Au niveau de l'équilibre entre les différentes activités techniques ou industrielles

Spécialistes des « constructions mécaniques », les adeptes de la « technologie de targette », apparue en 4^e et 3^e et, à titre expérimental, dans quelques classes de 2^{nde}, manifestent une inévitable propension à exagérer l'importance de cette composante traditionnelle de l'activité technique. Or, à moins de se résoudre à « faire du Jules Verne », il convient actuellement d'accorder une place essentielle à l'électrotechnique, l'électronique, la chimie. C'est ce qui nous

permet d'avancer que les *professeurs de sciences physiques sont actuellement les mieux placés pour offrir aux élèves, dans le prolongement de leurs cours de physique et chimie, un panorama suffisamment vaste et convenablement équilibré sur les activités techniques les plus représentatives d'une économie moderne.* [(Nous aurons la charité de ne pas insister sur les surprenantes références qu'on trouve parfois, dans certains projets de programme qui s'aventurent hors de la mécanique : le « corsage de femme » conçu comme « objet technologique à performances ambiguës », par exemple...)]

2) Au niveau du langage

Les programmes de « technologie-targette », les commentaires qui les accompagnent, font un grand usage d'une kyrielle de termes forgés pour les besoins de la cause, (« objet technologique », « fonction technologique », « matière d'œuvre », « effecteurs », etc.), et qu'on chercherait en vain dans le langage réellement en usage dans les bureaux d'études. Il est très normal qu'une pratique scientifique ou technique introduise une nouvelle terminologie pour désigner des concepts, des effets, des appareillages récemment apparus. *Il est anormal qu'une pédagogie ait besoin d'un vocabulaire propre : c'est signe qu'elle évolue en vase clos*, qu'elle est en fait incapable de coller à la réalité qu'elle prétend décrire, et qu'elle dissimule — peut-être inconsciemment — cette inadéquation fondamentale derrière le rideau de fumée d'une phraséologie ésotérique. [(Parmi les avatars de la réforme de l'enseignement des mathématiques, tout le monde s'accorde à reconnaître désormais le caractère néfaste d'une inflation terminologique qui allait bien au-delà du langage effectivement utilisé par les mathématiciens ; et un sérieux effort de décantation apparaît maintenant nécessaire. Ne risquons pas, en technologie, de semblables « bavures »).]

3) A un niveau « philosophique ». L'argumentation des tenants de la « technologie-targette » se fonde sur l'idée qu'elle assure une pédagogie de la « créativité »

Par une démarche logique, on amènerait les élèves à se poser le problème technologique dans sa généralité, on libèrerait leur imagination créatrice des entraves de la routine, on les rendrait aptes à concevoir les solutions les plus audacieuses. Il faut cependant bien se dire que, *si nos excellents collègues avaient résolu le problème de la créativité « cela se saurait »*. Dans le domaine technique comme dans celui des sciences, le progrès suppose évidemment la remise en cause de données qui pouvaient paraître intangibles : il convient parfois d'outrepasser les limites du simple « bon sens ». Mais le bon sens reste un garde-fou très précieux : c'est lui qui permet d'éliminer, *a priori*, toutes sortes de fantaisies pures, et qui évite à l'effort créateur de se disperser dans une multitude de voies sans issue, pour se concentrer là où il est possible d'aller de l'avant. Imposer à la recherche technique la description préalable de toutes les implications possibles entre les données initiales d'un problème et l'ensemble des solutions imaginables, c'est se vouer à répéter, au prix d'une énorme perte de temps,

un exercice, lassant et stéréotypé, d'analyse combinatoire : *que gagnera-t-on à examiner si, pour préparer un plombage, le dentiste, au lieu de faire tourner sa fraise dans la dent du patient, peut faire tourner la dent autour d'une fraise fixe ?*

Avec cette conception de l'enseignement technologique, on se trouve visiblement en face de ce qu'on peut décrire comme une retombée pédagogique du structuralisme vulgaire : il faut montrer que la technologie est « noble », qu'elle « pense », et qu'elle pense noblement ; alors, on la travestit d'oripeaux pseudo-mathématiques ; on renonce à traduire la richesse, la diversité, l'élan créateur propre des sciences et des techniques, et on leur substitue un « règlement intérieur de la créativité ». Avant même que de s'être généralisée, cette technologie exagère déjà tous les défauts qui nous inquiètent tant dans l'enseignement des sciences physiques. Notre désaccord ne peut être que total.

[Il nous reste à examiner comment les conditions, précédemment décrites, que nous souhaitons voir respecter par toute réforme de l'enseignement des sciences physiques, peuvent s'adapter aux principes généraux de la réforme de l'enseignement du second degré proposée par M. le ministre Fontanet.]

V. « RÉFORME LAGARRIGUE » ET « PROJET FONTANET »

Le projet ministériel prévoit la généralisation de l'enseignement de technologie dans le premier comme dans le second cycle. [Nous nous sommes, tantôt, suffisamment étendus sur le problème de la technologie pour ne pas nous attarder ici sur ce point pourtant fondamental.] Cette généralisation proposée comble nos vœux, mais il convient que soient dûment corrigées certaines conceptions insoutenables qui ont cours dans certains milieux. Nous estimons que le rassemblement, au sein d'une Société telle que la nôtre, de scientifiques dont certains travaillent, dans l'industrie ou les grandes entreprises d'État, au niveau des applications les plus variées de la physique, et dont tous ont un contact quotidien avec des ateliers ou des bureaux d'étude, nous donne quelque autorité pour discerner ce qu'est la technique et ce que peut être la technologie enseignée. Nous n'imaginons pas qu'elle puisse être judicieusement enseignée autrement que comme un prolongement des cours de sciences physiques, et, en partie au moins, par les mêmes professeurs. [L'enseignement de la technologie offert à tous constitue un des éléments les plus novateurs du « projet Fontanet » : il ne peut être abandonné à n'importe qui. Devons-nous rappeler l'avertissement d'Alain : « Si des cochons, par une négligence de sa nourrice, avaient mangé Descartes enfant, ils en auraient fait de la chair à saucisse » ?]

[Au niveau du premier cycle, la réforme prévoit la suppression des différentes filières. Nous approuvons cette disposition. A la lumière, en particulier, de l'expérience grenobloise de A. Kahane et de ses collègues, nous sentons qu'une initiation aux modes de raisonnement des sciences expérimentales et aux données de la technologie conviendra, à ce niveau, à tous les enfants. L'introduction et la généralisation d'un tel enseignement ne peuvent être que facilitées

par la disparition de sections cloisonnées. Nous y voyons *un réel facteur d'égalisation des chances, qui s'inscrit*, comme nous l'avons souligné plus haut, *dans un principe général de diversification des matières proposées aux élèves*. D'autre part, l'introduction, dans toutes les classes du premier cycle, de cette initiation, assurera un réel progrès dans la voie d'une formation équilibrée entre les disciplines à caractère essentiellement conceptuel et logique et celles qui tirent leur essence de l'expérimentation et de la pratique : elle constituera un élément très favorable à l'épanouissement, chez les élèves, d'aptitudes variées et largement indépendantes des acquis préalables trop étroitement déterminés par leur origine sociale.]

[Le projet ministériel prévoit la « bivalence » des enseignants du premier cycle : nous sommes ici, plus réticents. Dans les disciplines qui nous concernent, un enseignement d'initiation, essentiellement qualitatif, peu ou pas mathématisé, suppose, de la part des enseignants, une très solide formation de base, qui peut difficilement s'étendre à des matières très dispersées. On doit d'autre part remarquer que * les professeurs certifiés enseignant actuellement la « technologie » en 4^e et 3^e font déjà montre d'une « plurivalence » étendue, puisque leur enseignement touche à la physique, la chimie et la technologie proprement dite. (Il serait d'ailleurs souhaitable qu'une formation d'un type nouveau, adapté à cette pluralité, soit rapidement mise sur pied). Mais on voit mal comment cette préparation pourrait être étendue pour les qualifier en vue de l'enseignement des mathématiques ou des sciences naturelles, fût-ce en 6^e et 5^e. De plus, il semble très difficile que les professeurs de mathématiques soient « bivalents » : cela signifierait en fait qu'ils *interviendraient dans l'enseignement des sciences physiques et de la technologie*, mais leur formation ne les prédispose nullement à donner à cet enseignement le caractère très expérimental qui lui est indispensable.] *

[Ceci dit, il reste entendu que les professeurs responsables de cette initiation aux sciences expérimentales et à la technologie, proposée par la Commission Lagarrigue, devront avoir été préparés à coordonner leur enseignement avec celui de sciences naturelles, de mathématiques, voire de travaux manuels éducatifs, comme cela s'est fait, avec beaucoup de succès, dans l'expérience grenobloise.]

[Le projet de réforme insiste beaucoup sur *l'allègement des programmes et la réduction des horaires de cours* imposés aux enfants. Nous doutons en fait que la réduction du temps de présence en classe soit la panacée aux maux dont souffre la jeunesse scolaire (au moins si l'on se fie aux réactions de certains membres de l'actuelle « clientèle » des lycées, qui ne constitue peut-être pas, après tout, un échantillon parfaitement représentatif de l'ensemble de la jeunesse). Que feront les élèves une fois hors de leur classe, surtout ceux qui ne trouveront pas chez eux les conditions, matérielles ou culturelles, favorables au travail personnel ?]

[Comme nous l'avons indiqué plus haut en examinant l'avenir du 1^{er} cycle, *nous serions plus séduits par une diversification de l'activité scolaire et par l'aménagement de fréquentes ruptures du rythme de travail*, qui nous semblent propres à réduire la tension nerveuse imposée aux enfants : *c'est ce que permet-*

tent, en physique et en chimie, les séances de Travaux Pratiques, voire les activités de « clubs scientifiques ».]

[La Commission Lagarrigue a fait un effort considérable pour renforcer l'aspect expérimental de l'enseignement des sciences physiques : cette transformation ne sera possible que si des horaires substantiels sont accordés à nos disciplines ; en les leur refusant, sur la base d'arguments physiologiques ou sociologiques contestables, c'est l'ensemble de la réforme Lagarrigue qu'on vouerait à l'échec.]

[Mais il convient ici d'élargir le débat : ce refus serait en fait révélateur de ce que le projet Fontanet ne vise pas en fait à cette refonte fondamentale qu'il prétend introduire, ou de ce que, faute d'une détermination suffisante, il ne s'en donne pas les moyens.]

[Nous touchons ici à la partie sans doute la plus délicate de notre plaidoyer. En ce moment-même, tous les spécialistes craignent, sans aucun doute, une réduction de leurs dotations horaires, et nous ne sommes que les représentants d'une spécialité parmi d'autres : il nous faut donc, au risque de nous répéter, insister sur les problèmes spécifiques qui se posent à nous.]

[Le projet Fontanet se propose une modification fondamentale d'un enseignement secondaire qu'il s'agit de transformer d'enseignement d'élite en enseignement de masse.]

[Dans sa forme initiale, l'enseignement du second degré était un enseignement de culture générale, essentiellement littéraire et tirant son essence des humanités. Progressivement, les mathématiques s'y sont introduites, et cette apparition se fondait en fait sur deux raisons essentielles.]

[D'abord, une similitude manifeste entre la culture littéraire et la culture mathématique : un aspect « jeu de l'esprit », un détachement évident vis-à-vis des préoccupations immédiates du vulgaire, un élitisme certain qui permettait d'admettre des « forts en maths » à côté des « forts en thème ». Cette similitude permettait d'élargir le cadre traditionnel de l'enseignement secondaire sans renoncer à ses présupposés idéologiques fondamentaux.]

[Ensuite, le poids des Grandes écoles scientifiques qui, par l'intermédiaire des classes préparatoires, poussaient leurs racines jusque dans les cursus des lycées. Parce que, très longtemps, elles avaient leur propre enseignement sur les mathématiques, par ce que cette science se prête, plus facilement que les sciences expérimentales, à l'organisation d'épreuves de concours (toutes choses que les Grandes écoles elles-mêmes remettent depuis quelque temps en question), cette pesée s'est exercée presque exclusivement en faveur des mathématiques ; elle a installé dans la toute puissance un corps de professeurs, une inspection générale, particulièrement rebelles à la remise en cause de leur suprématie ; elle a ancré, dans l'esprit des autorités administratives, l'idée que toute restriction apportée à l'enseignement des mathématiques dans les sections scientifiques vouerait à court terme le pays à la décadence technique et économique.]

[Nous avons déjà dit qu'un coup d'œil jeté à la situation scolaire ou universitaire des pays étrangers les plus avancés suffit à réduire à néant une telle argumentation.]

[Nous devons de plus rappeler qu'en ce moment même vient de prendre effet une réforme des classes préparatoires et des concours d'entrée aux Grandes écoles qui, à l'instigation même de celles-ci, inquiètes de la fuite de leurs meilleurs élèves dans une abstraction de plus en plus éthérée, a largement ouvert cette filière de l'enseignement supérieur vers les sciences expérimentales.]

[Aucune considération technique ne justifie donc le maintien de la prééminence des mathématiques dans la formation scientifique du second degré, et ne doit retenir les autorités responsables de jouer à fond le jeu de la réforme dans laquelle elles se sont engagées.]

[Or qu'implique au fond cette réforme ? C'est d'assurer à la majorité des adolescents de chaque classe d'âge une ouverture aussi large que possible sur l'ensemble des réalités de la société dans laquelle ils vivent : réalités artistiques, littéraires, philosophiques, réalités économiques et sociales, réalités scientifiques et techniques. Cet élargissement nécessaire a *une conséquence évidente* : les disciplines traditionnellement implantées dans les cursus doivent abandonner une large part de leurs prérogatives : elles doivent se serrer pour faire face à de nouvelles venues. Le maintien de leur prééminence est inconciliable avec l'esprit même — l'esprit proclamé — de la réforme.]

Et s'il y a une Commission Lagarrigue, si la Société Française de Physique, la Société Chimique de France, de nombreux académiciens et des professeurs au collège de France de toutes disciplines ont réclamé et obtenu sa création et ont plaidé en faveur de l'accroissement des moyens de tous ordres accordés à l'enseignement des sciences physiques et de la technologie, c'est qu'il était manifeste que la situation étriquée qui était faite à celui-ci le mettait dans l'impossibilité de remplir sa double tâche : *faire valoir l'originalité méthodologique et la richesse culturelle des sciences expérimentales, faciliter aux élèves la compréhension des grands phénomènes naturels et des grandes réalisations techniques.*

Dans la France de 1880, le jeune Français moyen visait le certificat d'études ; il devait connaître l'orthographe, La Fontaine et Victor Hugo, Vercingétorix, Jeanne d'Arc et Napoléon, « ses » départements, l'arithmétique élémentaire. Dans la France de 1980, son arrière-petit-fils devra être bachelier et connaître l'orthographe [(pourquoi pas ?)], une littérature et une histoire mondiales enrichies des acquis d'un nouveau siècle écoulé, les grands courants économiques mondiaux, l'algèbre et un peu d'analyse, l'architecture de l'Univers et celle de l'atome, et avoir quelques notions un peu précises sur l'automobile, la télévision, la pétrochimie et les ordinateurs.

Il devra être entré en contact avec les hommes, morts et vivants, par ses yeux, ses oreilles et sa pensée, et en contact avec la matière par ses mains, ses sens et sa pensée, car, alors seulement, il sera près de tous ceux qui, quotidiennement, pétrissent et façonnent la matière. *Et tout ceci, qui prend beaucoup de temps et demande beaucoup d'efforts n'a jamais pu être réellement tenté. Aura-t-on enfin la volonté politique, le courage, de respecter cette nouvelle exigence de l'humanisme ?*

[La réforme générale de l'enseignement du second degré ne prévoit qu'une section scientifique en 1^{re} et terminale. Tout en étant conscients de la situation

très fausse de l'ancienne section D, nous estimons qu'une *différenciation assez nette devrait intervenir, au niveau des terminales scientifiques, entre deux types de formation.*]

[L'une concernerait *les futurs ingénieurs*, mathématiciens, physiciens, et comporterait une forte option mathématique, éventuellement associée à une éventuelle option légère de biologie. L'autre intéresserait la majorité des *futurs médecins*, pharmaciens, biologistes, et associerait une option de mathématiques, orientée vers les applications, à un important enseignement de sciences naturelles.]

[*L'enseignement de sciences physiques devrait être le même dans les deux cas*, et constituerait en quelque sorte le pivot de l'ensemble de cette terminale scientifique.]

[Il nous semble illusoire, en effet, d'imposer les actuelles exigences de nos collègues mathématiciens à l'ensemble des élèves non « littéraires » ou non « économistes ». Il est d'autre part évident que les développements récents de la biologie, de la génétique, de la physiologie, de l'écologie ne laissent aux naturalistes que l'embarras du choix pour trouver matière à un enseignement de haut niveau, ce qui suffirait à éviter tout risque de voir réapparaître une section scientifique « au rabais ».]

[*En ce qui concerne les deux sections non scientifiques*, et conformément à la « mission » confiée à la Commission, et que nous avons rappelée plus haut, *il nous semble indispensable de maintenir un enseignement léger de sciences physiques*. Pour les « économistes », en particulier, il conviendrait d'insister sur certains thèmes en relation directe avec l'économie : énergie, carburants, sidérurgie, télécommunications, industrie chimique, ect.]

[Un mot sur *le baccalauréat* : les contingences docimologiques ont un impact considérable sur l'enseignement, en particulier dans les classes terminales. Une rénovation véritable de l'enseignement des sciences physiques suppose un bouleversement radical des habitudes acquises en matière de contrôle des connaissances. *Il est essentiel que soit abandonné, en particulier, le traditionnel « problème de physique »*⁵⁷, où toute l'analyse proprement physique est à la charge de l'auteur de l'énoncé, les candidats se voyant réserver des manipulations mathématiques ou des applications numériques sans grandeur, et sans véritable valeur comme test de leurs aptitudes réelles. Il sera nécessaire d'accroître grandement la souplesse de nos modalités d'examen et de s'inspirer des nombreux exemples étrangers qui, dans ce domaine, ont souvent pour nous valeur de modèle.]

[Terminons par quelques indications relatives à la formation *des professeurs*. Les principes de base sur lesquels elle doit se fonder sont, à notre sens, les suivants :]

* [1] *Une étroite collaboration entre membres de l'enseignement supérieur, de l'Inspection générale, et du second degré* — qui prolongerait celle dont la

57. A ce sujet voir Michel Hulin, « Faire évoluer le problème de physique », *BUP*, n° 728, novembre 1990, p. 1301-1308.

Commission Lagarrigue a donné l'exemple —, sans que soit introduite de séparation entre formation scientifique et formation pédagogique. Seule cette collaboration assurera une préparation harmonieuse, adaptée aux exigences du second degré et rendra possible une rénovation continue à la fois du contenu des enseignements et des méthodes pédagogiques.] *

* [2] *Une sortie au niveau « baccalauréat + 5 ans »*, tant pour les enseignants du premier que du second cycle. On doit admettre en effet, pour ceux-là, que si leur formation scientifique peut être un peu plus légère que pour ceux-ci, ils devront consacrer beaucoup plus de temps à leur formation pédagogique et à leur préparation au travail interdisciplinaire. D'une manière générale, il serait essentiel de s'assurer que l'orientation des élèves-maîtres vers le premier cycle ou le second soit dictée par leurs goûts et leurs vocations, et ne résulte pas d'un simple processus de rejet de l'un vers l'autre. Nous retrouvons ici un point déjà abordé dans cette note : * la bonne volonté et le dévouement ne suffisent pas à assurer la réussite d'un enseignement même élémentaire ; * les classes du premier cycle sont celles où l'on donne leurs chances aux enfants : ce n'est pas l'affaire d'un corps d'enseignants moins qualifiés.] *

* [3] *Une ouverture sur le monde extérieur* à l'Éducation nationale, en particulier sur l'industrie, aussi bien pendant la période de formation initiale que pendant les stages de formation permanente. Ce point revêt de toute évidence, pour nos disciplines, une importance toute particulière.] *

Nous venons de tenter un survol rapide des principaux problèmes qui se posent aux physiciens, à la veille de la mise sur pied d'une réforme de l'enseignement secondaire qui peut avoir une portée véritablement historique.

Nous avons exprimé nos inquiétudes, nos désirs, nos exigences essentiels.

Nous souhaitons être entendus, et pouvoir continuer à espérer que cette réforme générale de l'enseignement du second degré soit enfin l'occasion de cette rénovation de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie que nous appelons de nos vœux depuis si longtemps, et pour laquelle tant de collègues se dépensent sans compter depuis plusieurs années.

Préliminaires à une esquisse d'une évolution possible
de la maîtrise de physique
(décembre 1974)

Du très long manuscrit inédit (32 pages) qui aboutit à l'esquisse d'un nouveau cursus « Physique-2nd cycle » nous avons extrait quelques passages (N.H.).

*
**

En juin dernier, le bureau de la Commission de spécialistes de physique m'a demandé de préparer un rapport sur la maîtrise de physique dans notre Université, et d'esquisser, à titre de propositions, les grandes lignes de son évolution possible pour les années à venir.

Je dois dire que, si l'on excepte ma participation, au sein de la « Commission enseignement » de la Société Française de Physique, à diverses discussions sur l'avenir des maîtrises, je n'avais, et n'ai toujours, aucune compétence particulière me qualifiant pour cette tâche : mais c'était précisément le souci du Bureau que de confier cette mission d'information à une personne qui n'ait jamais été directement impliquée dans ce niveau d'enseignement. Si donc j'ai montré beaucoup de présomption en acceptant la proposition du Bureau, du moins puis-je plaider que les responsabilités sont partagées : j'espère que les collègues, que heurteront peut-être certaines de mes remarques ou des mes suggestions, voudront bien en tenir compte :

*Let my disclaiming from a purposed evil
Free me so far, in your most generous thoughts,
That I have shot my arrow over the house
And hurt my Brother...⁵⁸*

Pourquoi changer l'actuelle maîtrise ?

On se souvient que les maîtrises ont remplacé les anciennes licences dans le cadre de la réforme Fouchet-Aigrain de 1967. Cette réforme intervenait dans une ambiance, économique et idéologique, très favorable au développement de la science en général, et de la recherche en particulier. Son but principal, au moins

⁵⁸. *Hamlet*, Acte V, Scène II, vers 222-225 (N.H.).

pour les disciplines scientifiques, était de prolonger vers l'amont un enseignement de DEA (qui, à l'époque, n'avait guère que quelque dix ans d'âge), essentiellement axé sur des débouchés dans le cadre de l'Université ou des grands organismes de recherche publics ou privés. Les mêmes objectifs déterminaient d'ailleurs les caractéristiques du premier cycle, conçu avant tout comme une antichambre des maîtrises.

L'ensemble du système présentait une incontestable cohérence, et devait assurer un renouvellement en profondeur de l'enseignement universitaire, en particulier dans notre discipline.

Reste cependant, après sept ans d'application, à faire un bilan : sans même remettre en cause la logique même du système, ni les objectifs sur lesquels elle se fondait, nous devons, très naturellement, nous attendre à déceler quelques déséquilibres, à constater l'impossibilité de satisfaire à certaines de nos ambitions initiales. D'où un premier niveau, en quelque sorte strictement technique, d'interrogations.

Interrogations utiles, mais bien insuffisantes désormais, car ce sont les principes et l'ossature mêmes de l'organisation bâtie en 1967 qui sont remis en cause (et cette remise en cause, à laquelle nous ne pouvons échapper, nous donne l'occasion d'un réexamen « technique » de l'enseignement en maîtrise, qu'il eût été, en d'autres circonstances, possible d'éviter).

D'un côté, en effet, l'enthousiasme néoscientiste des années 60 a fait place, comme on sait, tant dans le public que dans les hautes sphères politiques ou économiques, à l'inquiétude, au doute, au désenchantement. S'il est vrai que l'on a eu trop tendance à passer d'un extrême à l'autre, s'il apparaît dès maintenant, très heureusement, un contre-courant qui ranime les DEA fondamentaux et assure de ce côté, à nos étudiants, un flux de sortie renouvelé et non négligeable, il n'en reste que l'hypothèse, implicite dans la réforme de 1967, d'une croissance quasi-exponentielle de l'activité purement scientifique est désormais intenable. Force nous est donc d'adapter notre enseignement de second cycle aux changements qui marquent ainsi la situation en aval.

D'un autre côté, nous devons aussi tenir compte de l'évolution apparue en amont : le DEUG (quoi qu'il vaille !) n'est plus le DUES. Ne serait-ce que du fait des restrictions apportées aux programmes des disciplines scientifiques⁵⁹, nous ne pouvons plus espérer, chez les futurs étudiants entrant en maîtrise, le même acquis initial de connaissances que par le passé. De plus, le style même de l'enseignement de premier cycle sera sensiblement modifié : il vise à donner un bagage de culture scientifique générale formant un petit bloc autonome, d'où une présentation par force plus cursive des matières qui restent traitées. Cette évolution présente, quoi qu'on dise, d'évidents avantages : elle répond à une nette évolution du public étudiant du premier cycle, dont une fraction croissante abandonne ses études au « niveau Bac + 2 » (et aussi bien avec que sans le diplôme), ce qui a progressivement périmé un cursus d'études supérieures dont il était en fait sous-entendu qu'il s'étendait sur quatre ou cinq ans.

59. Abandon de l'initiation à la mécanique quantique par exemple.

(Il reste, mais ce n'est pas le lieu de discuter ce point, qu'on réservera aux 20 ou 25 % d'étudiants qui poursuivront effectivement des études longues un traitement vraisemblablement moins bien adapté à leurs besoins que par le passé. Il conviendrait peut-être, après deux ou trois ans de rodage du DEUG, d'élargir l'éventail de ses options pour y recréer une filière plus proche du DUES initial ⁶⁰, qui, lui aussi, avait ses mérites.

Reste également, mais je sais que c'est là une réaction très personnelle, que nos DEUG restent en concurrence avec le système parallèle des classes préparatoires ; qu'ils sont loin, il faut l'admettre, de jouir des mêmes faveurs, de la part tant du public que des autorités ; et qu'il conviendrait peut-être, sans entrer pour autant dans tout le rituel des « Taupes », de faire effort pour améliorer notre classement dans une compétition qui nous est, de fait, imposée).

Ainsi donc les maîtrises, prises en tenaille, pour ainsi dire, entre les deux évolutions de leur amont et de leur aval, ne peuvent éluder leur propre transformation ; et c'est pour elles l'occasion de décanter l'expérience d'un bon lustre de fonctionnement.

Cette transformation interviendra vraisemblablement dans le cadre d'une « réforme des structures » imposée d'en haut. L'an dernier, on s'en souvient, les réflexions préliminaires à une telle réforme étaient déjà lancées, dans un autre contexte politique, et firent l'objet, au sein du « Club de la Maîtrise », de longues discussions (dont je tenterai plus loin, naturellement, de retenir les conclusions essentielles).

Si Dieu lui prête vie, l'actuel Secrétariat aux universités ne manquera pas, à plus ou moins brève échéance, de mener une opération de même type ⁶¹. Ne devons-nous pas attendre que soient connues les « conditions aux limites » qu'il fixera alors avant d'entreprendre de nouveau la longue série de réunions, consultations, et arbitrages que suppose toute modification d'un cycle d'enseignement ?

Je pense que toute l'histoire de la transition du DUES au DEUG nous conduit à répondre par la négative.

Si l'on excepte des modifications terminologiques (dénomination « licence » pour le DEUG, par exemple), tout porte à croire que l'arrêté qui, en fin de compte, définira le nouveau deuxième cycle sera aussi vague que possible, et se bornera à insister sur l'existence de débouchés, et la diversification de l'enseignement par un jeu étendu d'options. Tous les problèmes techniques, qui sont notre pain quotidien, seront laissés dans l'ombre. Il convient donc, le plus tôt possible, que nous nous attachions à résoudre ces problèmes, en postulant que la mise en forme finale des solutions que nous serons amenés à retenir, mettant en évidence leur cohérence avec les directives générales de l'autorité tutélaire, ne sera qu'une question de présentation.

Nous pouvons donc aborder, dès maintenant, le problème de la maîtrise de physique, et l'aborder en physiciens.

60. Faut-il rappeler que, depuis deux ans, les classes de spéciales ont un programme de physique frère jumeau de celui du DUES ?

61. Des ballons d'essai ont déjà été lancés.

Le cas particulier de la section « Applications de la physique »

Abordons tout d'abord un problème particulier à notre Université : nous nous souvenons qu'il y est déjà apparu, au sein de la maîtrise de physique, une diversification non négligeable, marquée par l'existence, à côté des sections « normales » (A et B) d'une section « Applications de la physique » (section C). La création de cette section est intervenue en 1969-1970 dans l'ambiance très particulière de la mise en place des différentes UER de physique.

Après quatre ans de fonctionnement, il faut convenir que l'opération a connu un indubitable succès. La section C peut se prévaloir d'assurer un débouché vers l'Industrie ou les Grandes écoles (par le biais des admissions sur titres) à un flux non négligeable d'étudiants — étant entendu que ce flux, par force, reste malgré tout limité à quelques dizaines de personnes par an, qu'on imagine mal qu'il puisse très notablement augmenter, et que, même dans l'actuelle période de « déflation » de la recherche, les sections « classiques » de la maîtrise continuent elles aussi à « caser » un nombre somme toute comparable d'étudiants [...].

Ainsi l'essentiel de la diversification est d'ores et déjà réalisé, grâce à la dualité entre les sections A et B d'une part, et la section C d'autre part [...]. Le « style » général de la pédagogie dans la section C tranche sur celui qui est de tradition dans nos Universités, pour tendre vers celui qui est familier aux Grandes écoles : d'où une spécialisation relativement poussée des différents cours, un accroissement non négligeable du nombre des enseignants (une douzaine de professeurs pour la 1^{re} année), etc. Ainsi, le problème de notre concurrence avec la filière Classes préparatoires-Grandes écoles, qui a été évoqué plus haut, trouve ici, dans les faits, l'ébauche d'un premier type de solution...

La maîtrise « normale »

[...] Si on tente d'apprécier la « qualité » des étudiants elle est, naturellement, décrite de manière très diverse suivant l'optimisme naturel des uns ou des autres, suivant aussi les ambitions que chacun assigne à ce type d'enseignement. Si cependant l'on essaie de dégager une valeur moyenne, on pourrait dire qu'un petit tiers des étudiants de 1^{re} année est « noyé » (et tant bien que mal éliminé à l'examen de C_1 et/ou C_2), qu'un tiers est bien à sa place, et qu'un gros tiers surnage à peu près, mais en restant loin d'apprécier à leur juste valeur les beautés à la découverte desquelles nous le menons.

Au total, il est difficile de ne pas admettre qu'une bonne moitié des étudiants entrant en maîtrise n'est pas faite pour celle-ci, telle qu'elle a été conçue en 1967, à la fois sans doute par manque de capacités intellectuelles pures et simples, et par manque de « motivations » suffisantes pour un enseignement qui, en fait, garde les yeux fixés sur une carrière de physicien professionnel, ce qui n'est pas leur fait. Et il s'impose, évidemment, de tenter de remédier à cette situation, sans pour autant négliger, faut-il le préciser, ceux de nos étudiants qui se trouvent à l'aise dans l'organisation actuelle, et y reçoivent un traitement qui, en gros, est propre à les satisfaire.

Ajoutons que notre flux de sortie de « Maîtres » en physique présente inévitablement une hétérogénéité considérable, puisque s'y côtoient des étudiants qui vont, à juste titre, tenter de poursuivre vers le 3^e cycle, et ceux de leurs camarades que l'on n'a pas osé « coller », 3 ou 4 ans après leur baccalauréat. Certains collègues se résignent mal à cet état de choses, où ils voient une cause supplémentaire d'infériorité des Universités vis-à-vis des Grandes écoles — toujours le même problème ! — celles-ci garantissant une homogénéité de leurs « produits », de par la logique même du système dont elles sont partie, à laquelle nous sommes loin de pouvoir prétendre. Retenons de ces remarques : d'un côté, une raison supplémentaire de reprendre dans son ensemble le problème de la confrontation avec la filière « Classes préparatoires-Grandes écoles » ; d'un autre côté une nouvelle incitation à ne pas tenter d'imposer la même formation à des esprits différents et à ménager une certaine souplesse de fonctionnement, une certaine diversité d'orientations aussi propres à servir les intérêts des étudiants que ceux de notre discipline [...].

Autant il est normal, souhaitable, de prendre son temps quand on sait que les étudiants disposeront encore de deux ans de formation fondamentale avant de devenir des physiciens actifs, autant il s'impose d'être plus superficiel sans doute, mais aussi plus « ouvert » dès qu'on admet devoir s'intéresser à des gens qui quittent, d'une manière ou d'une autre, un enseignement de culture générale en physique après la maîtrise. Nous sommes loin de pouvoir affirmer que nos maîtres ès physique peuvent, sans problème, lire les articles... de physique, de « la Recherche » : il me semble, après tout, que ce serait pourtant un objectif raisonnable pour notre enseignement [...].

A propos de certains thèmes figurant dans les avant-projets de programme

Trois articles ont été publiés dans le BUP : « Éléments de mécanique ondulatoire pour la classe de terminale » (novembre 1974, p. 235-245) ; « Quelques considérations élémentaires relatives aux “ raisons de symétrie ” » (mars 1975, p. 651-658) ; « Propagation d'un signal dans un milieu linéaire » (mai 1975, p. 949-956).

Nous ne présentons ici que les introductions aux articles (compte tenu de l'aspect technique de ceux-ci) mais elles permettent de sortir un peu des prises de position générale, de comprendre les objectifs poursuivis tout en sentant les difficultés qui peuvent être rencontrées (N.H.).

*

**

Éléments de mécanique ondulatoire pour la classe de terminale

● Définition des objectifs

On se propose, dans cette partie du cours, de donner aux élèves de terminale scientifique un premier aperçu :

a) sur quelques modes de raisonnement qualitatifs de la mécanique ondulatoire, essentiellement dans le but de faire sentir l'origine de la quantification des niveaux d'énergie ;

b) sur quelques ordres de grandeur caractéristiques de la physique atomique (ou nucléaire),

et ce, en évitant naturellement tout recours au formalisme (équation de Schrödinger par exemple).

Pour cela, il sera fait appel à des notions préalables sur les phénomènes vibratoires (en particulier : phénomènes d'interférences, de diffraction, d'ondes stationnaires), la mécanique classique du point matériel (en particulier : comportement d'un mobile dans un puits de potentiel), et sur des données expérimentales caractéristiques de la physique microscopique, (la notion de photon est introduite préalablement, de même que la quantification des niveaux d'énergie pour les systèmes atomiques ou nucléaires présentant des états liés).

Il est postulé qu'on s'adresse à des élèves qui puissent tirer une certaine satisfaction : de pouvoir jeter un coup d'œil (même furtif) sur ce monde merveilleux de la physique microscopique (dont ils entendent malgré tout parler par ailleurs) ; d'acquérir, aux moindres frais mathématiques, une certaine maîtrise

des ordres de grandeur, (pour les longueurs, les énergies, les vitesses, etc.), caractéristiques de ce domaine ; de voir finalement se fondre, en une discipline unique, la mécanique ondulatoire, deux des axes principaux de leurs études secondaires en physique : étude des phénomènes vibratoires et mécanique du point matériel.

On demandera à l'expérience de justifier ou d'infirmer ces postulats de départ relatifs à la psychologie du public auquel s'adresse notre enseignement.

En toute hypothèse, il est clair que nombreux, au sein de ce public, seront les élèves qui ne feront rapidement plus de physique ni de mathématique. Pour ceux-là, mais sans que ce soit nécessairement un handicap pour les futurs scientifiques, il semble essentiel d'exprimer les résultats fondamentaux avec des mots et non des formules, en multipliant des comparaisons, des analogies, des images, quitte à être taxé d'anthropomorphisme, ou, tout bêtement, d'une incongrue naïveté. En effet, la disparition du support mathématique sera chez eux très rapide, et elle ne doit pas entraîner celle des idées physiques de base. Il faut donc dissocier soigneusement, dans leur formulation même, les résultats physiques des manipulations mathématiques, dont la maîtrise sera très tôt perdue, et insister sur une présentation qualitative des notions qui se sentent bien intuitivement : c'est pourquoi nous ferons, par exemple, fréquemment appel à celle d' « énergie de localisation ». [...]

Quelques considérations élémentaires relatives aux « raisons de symétrie »

Les avant-projets de programmes pour la classe terminale actuellement élaborés par la sous-commission *ad hoc* de la Commission Lagarrigue, prévoient en particulier l'étude quantitative du champ magnétique par l'intermédiaire du théorème d'Ampère, et non, par exemple, par la loi de Biot et Savart. Cette démarche doit permettre un renouvellement intéressant de la présentation élémentaire de l'électromagnétisme. Mais elle impose que soient précisées les caractéristiques géométriques du champ de vecteurs \vec{B} , et en particulier son orientation, dont la connaissance est nécessaire au calcul du module \vec{B} , dans les cas particuliers simples qui pourront être traités.

Dans ces cas, précisément (champ du fil rectiligne infini, du solénoïde infini), des considérations de symétrie suffisent à déterminer l'orientation du vecteur \vec{B} en tout point de l'espace. Pour y parvenir, il faut admettre de préciser un certain nombre de propriétés de ce dernier, en particulier en ce qui concerne ses transformations par symétrie par rapport à un plan : autrement dit, il faut mettre en évidence sa nature de « pseudovecteur » ou « vecteur axial »⁶² par opposition aux « vrais vecteurs », ou « vecteurs polaires », tels que le champ électrique.

62. Plus loin Michel Hulin ajoute « on pourra préférer [...] si l'on craint plus les mathématiques que l'anthropomorphisme, "vecteur de mauvaise foi" (VMF) par opposition aux... (VBF) » (N.H.).

Le but de cette note est de tenter de montrer que l'introduction de ces notions peut se faire sans aucun développement mathématique, au niveau où se place l'enseignement envisagé ici, qu'elle donne l'occasion de faire un peu de géométrie élémentaire dont les physiciens sont les premiers à proclamer l'intérêt, et qu'enfin, elle permet d'attirer opportunément l'attention des élèves sur l'importance de la symétrie en physique en montrant comment elle mène à des déductions précises qui vont sensiblement au-delà de l'invocation des « raisons de symétrie ». On voudra bien admettre que l'on ne doit pas viser ici la rigueur formelle : l'objectif primordial est de mettre dans l'œil des élèves certaines figures (lignes de forces à symétrie radiale, à symétrie cylindrique ou sphérique, etc.) et de leur faire sentir, si l'on ose dire, la différence entre un clou et une vis ! [...]

Propagation d'un signal dans un milieu linéaire

● Introduction

Nous souhaiterions présenter ici quelques remarques relatives au 2^e paragraphe (« Notion de célérité ») des avant-projets de programmes de première (*BUP*, n° 557, été 1973, page 1215, II^e partie : phénomènes vibratoires, propagation). On se restreindra ici à des signaux scalaires dans un système à une dimension : ébranlements transversaux d'une corde vibrante par exemple. La variable d'espace sera notée x , le temps t , le signal $u(x, t)$.

L'objectif essentiel est ici de mettre en évidence un aspect particulier de la formalisation mathématique : il s'agit de déduire de l'observation la forme particulière imposée à l'application $(x, t) \rightarrow$ signal $u(x, t)$. On sait que la fonction u doit être somme d'une fonction $f(x - ct)$ et d'une fonction $g(x + ct)$.

Première difficulté : On dispose ici de deux variables, x et t , d'importances équivalentes, alors que les élèves, jusqu'en première, manipulent essentiellement des fonctions d'une seule variable⁶³.

Deuxième difficulté : La mathématisation perd ici l'aspect de relation quantitative explicite sous lequel elle apparaît le plus souvent dans les cours de physique. On cherche une propriété fonctionnelle : elle se situe à un niveau quelque peu supérieur d'abstraction. Il sera nécessaire de faire effort pour rester néanmoins aussi proche que possible des expériences initiales.

Cela dit, l'expérimentation déjà menée a montré que les professeurs rencontrent de gros obstacles pour faire passer ce point des avant-projets de programmes. Si les circonstances sont défavorables (niveau insuffisant de la classe, nécessité de rattraper un retard pris dans de précédentes parties du cours en

63. Ces fonctions sont éventuellement définies grâce aux valeurs données à différents « paramètres », mais dont le statut semble bien rester distinct de celui accordé aux « variables ». Dans les relations $V = RI$ ou $\vec{F} = M\vec{\gamma}$, on s'intéresse à *une* résistance, ou *un* mobile et, *pour cette* résistance et *ce* mobile, à la dépendance de V par rapport à I (ou réciproquement), ou de \vec{F} par rapport à $\vec{\gamma}$ (ou réciproquement). R et m sont ici des « paramètres » ; seules V, I (\vec{F} et $\vec{\gamma}$) sont des « variables ».

mécanique par exemple), il ne faut certainement pas s'entêter, et l'on peut, sans dommage trop grave pour la suite, réduire tout ce chapitre à une mise en évidence élémentaire de la notion de vitesse de propagation. Les suggestions qui suivent n'ont donc pour but que d'esquisser les grandes lignes d'une progression dans le cas où il apparaît admissible d'investir en temps et en efforts pédagogiques à ce niveau du programme. En cas de succès, on peut espérer une progression facilitée et plus rapide sur plusieurs points de la suite du cours [...].

Quelques suggestions relatives à
l'enseignement de la physique
dans le second degré
(17 novembre 1975)

*Texte d'une intervention devant la Commission Lagarrigue, publié dans
BUP, n° 730, janvier 1991, p. 31-38 (N.H.).*

*

**

Je voudrais présenter ici quelques remarques concernant certains aspects de l'enseignement des sciences physiques. Elles n'ont aucune prétention à l'originalité, mais il m'a paru qu'il pourrait néanmoins être utile de les formuler avant que la Commission n'entre dans la phase d'activité intense qui s'annonce pour les prochains mois.

I. L'ASPECT EXPÉRIMENTAL DE L'ENSEIGNEMENT

La Commission a fréquemment mis en avant que l'originalité des sciences physiques, en particulier par opposition aux mathématiques, tient à leur caractère de sciences expérimentales, et que ce caractère doit apparaître de manière déterminante au niveau de l'enseignement.

Sans remettre en question cette composante nécessaire, je pense qu'il serait opportun d'approfondir les modalités précises de son intervention au niveau proprement pédagogique. On peut craindre en effet que la Commission ne fasse, dans ce domaine, un peu trop confiance à des intuitions teintées de positivisme, et donc douteuses. Le dialogue des deux juges d'Ondine vient à propos, et plaisamment, nous rappeler les limites de la méthode expérimentale :

— « Mon cher collègue, dans cette affaire de Kreuznach, quand nous jugeâmes la prétendue Dorothee, la servante de l'échevin..., vous étiez assez d'avis que c'était une salamandre. Nous l'avons mise au bûcher pour voir. Elle a grillé... C'était donc bien une ondine.

— Hier également, cher président, avec cette Gertrude... qui servait de la bière à Tübingen... Vous l'estimiez une ondine. Nous l'avons fait jeter sous l'eau, tenue par un fil d'acier. Elle s'est noyée. C'était donc bien une salamandre. »

Comme les juges de Giraudoux, le physicien mène son expérimentation dans le cadre d'une théorie au moins ébauchée, et les renseignements qu'il en tire

sont largement déterminés par ses présupposés théoriques. Je ne vois pas de raison qui interdise de respecter cette précédence de la réflexion sur l'expérimentation au niveau même de l'enseignement.

J'ajouterai qu'un effort préalable de décantation, de mûrissement préexpérimental, me semblerait de nature à assurer au recours à l'expérience — qui reste bien entendu nécessaire, essentiel même — un caractère en quelque sorte dramatique, propre à lui assurer un impact pédagogique accru. C'est loin d'être le cas dans l'enseignement traditionnel : comme bien d'autres, j'ai gardé le souvenir d'expériences en fait inutiles car leur résultat était acquis d'avance ; tout au plus pouvions-nous, élèves, espérer le canular expérimental qui eût placé le professeur en difficulté !

Or ce que l'expérience assure avant tout, c'est la possibilité d'un choix entre deux ou plusieurs schémas explicatifs préalablement élaborés : elle donne au physicien un recours contre l'indécidabilité. Elle joue alors pleinement le rôle d'expérience « cruciale », et, c'est en tant que telle que nous devrions nous efforcer de la faire intervenir dans l'enseignement : à cette condition seulement seront respectées et l'originalité effective des sciences physiques et les conditions d'efficacité pédagogique maximale.

De plus une telle démarche s'insère tout naturellement dans le cadre d'une tactique pédagogique qui, me semble-t-il, mériterait d'être au moins essayée quand notre enseignement vient heurter, chez les élèves, des conceptions antérieures très structurées et solidement ancrées : c'est, en particulier, le cas en mécanique. Je suggérerai qu'alors nous fassions émerger d'abord ces conceptions, qu'elles soient explicitées par les élèves, puisqu'elles entrent en concurrence avec celles que nous cherchons à leur inculquer : l'expérience peut alors décider. Et cette expérience peut être très simple : car on ne lui demande pas, en général, une véritable précision quantitative, mais bien plutôt une réponse par oui ou par non.

Il reste que nous devons également nous attacher à assurer aux élèves, par le canal de l'enseignement de la physique, une pratique manipulative, une habileté expérimentale. Je souhaiterais cependant que cette deuxième fonction assignée à l'expérimentation fût clairement distinguée de la première, sur laquelle j'ai insisté plus haut. En effet, nous abordons avec elle une deuxième niveau de difficultés, essentiellement d'ordre matériel : à quel prix nos professeurs pourront-ils, dans ce domaine, concurrencer les « kits » que manipulent chez eux ceux de leurs élèves qui sont abonnés à une revue d'électronique ? Ce n'est pas dire qu'il faille renoncer, mais qu'il convient d'admettre qu'il y a là un amas de problèmes non résolus, d'accepter de ne pouvoir les résoudre en bloc en quelques semaines, et de ne pas faire dépendre de leur solution une possibilité de respecter la méthodologie des sciences physiques qui ne se heurte pas, (en tout cas pas avec la même acuité), aux mêmes obstacles.

II. LES MODES D'INTERVENTION DU FORMALISME

J'ai suggéré plus haut de préparer systématiquement l'expérience par une réflexion « théorique » préalable. Celle-ci fera nécessairement appel à une for-

malisation de type mathématique, (qui réapparaîtra d'ailleurs, évidemment, dans une phase ultérieure d'exploitation du modèle théorique qui aura été retenu, comme c'est déjà le cas maintenant). Mais il s'impose, dans ce contexte élargi, d'accorder à l'outil mathématique une valeur plus générale que ce n'est le cas traditionnellement, de prendre, en quelque sorte, un certain recul par rapport à sa mise en œuvre, et de ne pas le limiter à ses aspects purement algorithmiques. (Ce faisant, nous nous rapprocherons de l'esprit qui a guidé nos collègues mathématiciens lors de la réforme Lichnérowicz — ce qui, je l'espère, pourra ne pas apparaître seulement comme un inconvénient). En outre, ce qui est plus important, nous introduirons dans notre enseignement une attitude qui me semble caractéristique de la physique contemporaine, révélatrice de sa maturité, et parfaitement transposable à un niveau élémentaire.

Je tenterai maintenant de préciser quelques points qui me semblent fondamentaux :

1) Il faut expliciter le caractère tensoriel des grandeurs physiques introduites. (Le mot tensoriel est très prétentieux : je vous prie de m'en excuser ; en tout cas, qu'il reste entre nous !) J'entends par là qu'il convient de distinguer si l'on a affaire à un « scalaire », sans qu'aucune considération de direction, *a fortiori* de sens, n'ait à intervenir, ou à un « vecteur » : celui-ci doit retrouver sa réalité géométrique d'antan, momentanément obscurcie, peut-être, par un alignement inconsidéré sur l'enseignement des mathématiques.

Parmi les vecteurs, je suis persuadé qu'il est indispensable de distinguer les vecteurs (tout court) des pseudovecteurs (ou vecteurs polaires et axiaux), sous peine de perdre toute maîtrise d'images géométriques fondamentales sur lesquelles je reviendrai plus loin. (J'ai développé ce point dans un article du *BUP*)⁶⁴.

Scalars, vecteurs et pseudovecteurs sont les seuls êtres mathématiques qui aient à intervenir au niveau secondaire. Le plus grand soin devrait être apporté à ce que soit respectée l'homogénéité tensorielle des relations qui apparaîtront.

2) Les structures algébriques, c'est-à-dire les règles d'association et de transformation imposées à ces représentations mathématiques des grandeurs physiques, doivent n'intervenir que dans la mesure où elles correspondent à des associations ou transformations *physiques* de ces grandeurs. C'est dire que je souhaiterais que l'on revînt par exemple, dans un contexte sensiblement modifié il est vrai, à la « composition vectorielle des forces » (soit en statique, soit en dynamique). C'est dire aussi que je crois nuisible d'introduire au niveau des masses, une structure d'espace vectoriel qui implique d'imaginer des masses négatives sans réalité physique.

L'analyse préalable des opérations physiques réalisables, et qui semblent pertinentes relativement aux grandeurs liées à un système physique donné, doit ainsi suggérer la structure algébrique nécessaire à la description formalisée de ce système.

3) Les symétries d'un système doivent être systématiquement exploitées (cf. l'article du *BUP* cité plus haut). C'est ce qui nous permettra de renouer avec la

64. Voir p. 94 (N.H.).

géométrie, dont nous regrettons tous qu'elle ait été à ce point sacrifiée dans la réforme Lichnérowicz. Naturellement, il ne s'agit pas de refaire en physique la géométrie qu'enseignaient jadis les mathématiciens, mais d'introduire dans notre enseignement des éléments visuels, sensibles, qui me semblent de nature à faire impression sur les élèves.

(A ce niveau, la distinction entre vecteurs et pseudovecteurs est évidemment essentielle).

4) La physique que nous connaissons est pratiquement une physique du linéaire ou du linéarisé. C'est, en toute hypothèse, le cas pour la physique enseignée dans les lycées. Cette restriction peut être admise d'emblée : de toute manière, les élèves doivent reconnaître qu'ils ne pourront « comprendre » que la physique qui se prêtera à une formalisation faisant appel aux seules structures mathématiques qu'ils connaissent. Or celles-ci (espaces vectoriels, groupes, corps, etc.) relèvent précisément de l'algèbre *linéaire*. De toute manière, le linéaire est le domaine du « plus simple », et la seule application d'un principe d'économie de pensée doit justifier qu'on tente d'abord une formalisation linéaire.

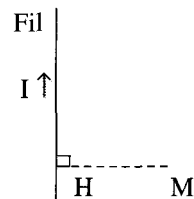
Cette nécessité préalable admise, elle offre un guide supplémentaire dans la démarche conduisant à l'invention même des lois physiques, et facilite l'émergence des grandeurs physiques pertinentes ; pour une part, le problème devient : quel type de grandeur devons-nous faire intervenir pour qu'elles obéissent à des relations linéaires ?

Pour illustrer l'ensemble des suggestions précédentes, j'esquisserai la démarche que l'on pourrait adopter pour introduire le champ magnétique d'un fil rectiligne parcouru par un courant :

a) Reconnaissance *qualitative* préalable des phénomènes magnétiques au voisinage des aimants et des circuits, par changement de l'orientation d'une boussole par exemple.

b) L'intervention même de cette boussole qui pivote suggère que l'effet magnétique du fil doit être représenté par la donnée d'un vecteur ou pseudovecteur : un scalaire ne conviendrait pas faute de décrire les effets d'orientation dans l'espace. Vecteur ou pseudovecteur ? De toute manière, on le supposera linéaire par rapport à l'intensité I .

Si c'est un vecteur, il est, en un point M , invariant dans la symétrie par rapport au plan (M, fil) , et donc dans ce plan. Il est changé en son opposé dans la symétrie par rapport à la droite MH . Finalement, on l'attend parallèle au fil.



Si c'est un pseudovecteur, l'invariance par rapport à la symétrie dans le plan de figure suffit à assurer que \vec{B} est perpendiculaire à celui-ci.

Nous sommes prêts pour une expérience cruciale : en fait, l'expérience d'Oersted. La boussole se place perpendiculaire au fil, donc \vec{B} est un pseudovec-

teur, les lignes de force sont des cercles axés sur le fil, d'où le spectre de limaille, etc. (C'est le potentiel \vec{A} qui est le vecteur). (Notons d'ailleurs que l'anecdote qui court sur le travail d'Oersted — l'expérience avait été tentée avant lui, mais toujours avec une boussole initialement perpendiculaire au fil, et qui donc ne bougeait pas — suggère que les expérimentateurs attendaient un alignement de la boussole avec le fil : ils espéraient un vecteur).

III. AU-DELA DU FORMALISME

Cela dit, il faut admettre que la plupart de nos élèves perdront vite contact avec les mathématiques. Il convient donc d'assurer de plus, une fixation de l'information qui leur est apportée qui ne dépende pas de la maîtrise d'un formalisme. Cette fixation peut intervenir essentiellement :

— *Au niveau sensible (surtout visuel)* : il faut mettre quelques figures, quelques schémas, quelques expériences « dans l'œil » des élèves.

C'est pourquoi j'insiste tant sur la distinction entre vecteurs et pseudovecteurs. Il faut que le spectre de limaille pour le champ \vec{B} d'un courant linéaire et le spectre de poudre diélectrique du même fil électrostatiquement chargé soient deux grands points d'ancrage visuel de notre enseignement de l'électromagnétisme. Or comment pourrions-nous passer sous silence que les lignes de force sont radiales dans un cas, circulaires dans l'autre ? Si nous visons à un impact pédagogique véritable, il faut prendre ce « taureau par les cornes » !

— *Au niveau du langage* : il faut que les élèves puissent exprimer, en français, leurs observations, leurs raisonnements, tout ce qu'ils peuvent retenir de l'enseignement. Le vocabulaire doit avoir un minimum de précision, les mots-clés qui soulignent la logique du raisonnement (« donc », « or », etc.) doivent être employés à bon escient. Actuellement, ce résultat n'est même plus atteint avec une fraction non négligeable des taupins moyens. Tant chez ceux de nos élèves qui, comme ces derniers, poursuivront des études scientifiques que chez les autres, beaucoup plus nombreux, nous pouvons, je crois, être assurés que tout effort de notre part dans ce domaine sera profitable, et pour notre discipline et pour leur formation générale. Pour que cet effort soit payant, et que l'importance de cet aspect de l'enseignement scientifique soit clairement ressentie par les élèves, je suggérerai que nous renoncions à centrer les épreuves de physique du baccalauréat sur le traditionnel problème : nous devrions réhabiliter la question de cours, mais sous une forme dûment rénovée, disons celle d'une petite « dissertation de philosophie naturelle », qui donnerait aux candidats l'occasion d'une synthèse entre des connaissances qui interviennent dans différentes parties du cours.

Pour résumer, je souhaiterais que la Commission acceptât de revenir, pour les critiquer, sur certaines conceptions sous-jacentes à son travail et dont je crains qu'elles ne l'aient parfois un peu fourvoyée : essentiellement l'idée d'une opposition « concret-abstrait », et un préjugé favorable au « concret ». Il n'est de science que du général, comme il est bien connu, ou, en d'autres termes, que de l'abstrait, ou, si l'on préfère, de ce qui a été extrait du concret immédiat. Un

enseignement scientifique, même dans le domaine des sciences de la nature, est donc nécessairement l'enseignement d'un certain processus d'abstraction.

Un autre préjugé, plus pernicieux encore, sous-tend le présupposé précédent : celui d'une adaptation du « concret » aux élèves issus des catégories sociales économiquement et culturellement défavorisées. Autant dire que ces derniers ne peuvent pas faire de physique et qu'il faut les cantonner à une sorte de phénoménologie : mais peut-être pense-t-on comme Carrel, (mais avec beaucoup de bons sentiments en plus naturellement), que les prolétaires sont voués à leur condition inférieure par leurs tares génétiques...

Le vrai problème me semble beaucoup plus être celui de l'élaboration d'une tactique (ou même d'une stratégie) pédagogiques adéquates, visant à transmettre une certaine représentation du monde physique, qui est ce qu'elle est et indépendamment de nous, plutôt qu'une sorte de troncation de cette représentation qui la rendrait en principe plus accessible. Et l'obstacle majeur que nous devons surmonter n'est pas tant celui d'un exposé des solutions que les physiciens ont élaborées pour organiser, structurer notre vision du monde, que celui de la transmission de la problématique même qu'ils ont adoptée pour parvenir à ce but. Car c'est entre les interrogations du non-physicien et du physicien en face de la nature que se situe la coupure, la solution de continuité majeure. La difficulté fondamentale qui pèse sur notre enseignement vient de ce que nous ne faisons pas véritablement entrer les élèves dans notre jeu : une sorte de docilité de certains d'entre eux, surtout quand elle peut s'étayer sur une raisonnable maîtrise des outils mathématiques que nous faisons intervenir très, (trop), tôt, peut nous donner l'illusion d'un succès partiel ; je crains qu'il ne reste extrêmement superficiel. Dans un premier temps, tâchons au moins d'admettre cet échec, et faisons effort pour que notre enseignement soit plus explicite quant à la démarche de nos sciences et à la nature même des problèmes auxquels elle s'attaque.

En guise, non de conclusion, mais plutôt de post-scriptum, je voudrais enfin attirer l'attention de la Commission sur l'absence, dans les avant-projets de programmes, de toute référence au second principe de la thermodynamique : c'est quand même une lacune grave ; je souhaite que la Commission en manifeste quelques remords dans les semaines décisives qui viennent.

On m'objectera que nous devons déjà élaguer dans ces avant-projets trop ambitieux : il y a effectivement un problème de choix, et il est difficile. Pour en faciliter la solution, et je terminerai sur cette suggestion, il me semble que nous pourrions envisager de faire passer en technologie de 3^e une partie au moins du volet « électricité » du programme prévu pour la seconde.

Quelques remarques sur le cours de physique,
à propos du programme de seconde
(1976)

Ce texte manuscrit inédit est articulé autour de trois axes : les particularités épistémologiques et méthodologiques des sciences physiques, les difficultés au niveau linguistique, les règles du maniement de l'outil mathématique (N.H.).

*

**

Le cours d'électricité de la classe de seconde vise à donner un premier aperçu sur les phénomènes électriques, les montages expérimentaux simples qui permettent de les mettre en évidence, et les lois fondamentales qui les régissent.

Comme les autres parties du programme de seconde (mécanique, atomistique, chimie), il donnera l'occasion de mettre en œuvre certains traits essentiels de la démarche des sciences physiques, qui, en particulier, les distinguent des mathématiques, et sur lesquels il convient de donner quelques indications préliminaires.

Physiciens et chimistes s'attaquent à une tâche formidable : atteindre à la compréhension du maximum de phénomènes naturels intervenant au sein de la matière inanimée, et (si l'on exclut les aspects spécifiquement biologiques, physiologiques, *a fortiori* psychologiques) de la matière animée ; tirer de cette compréhension des possibilités d'action nouvelles sur la matière, autrement dit des « applications » technologiques.

La complexité des phénomènes étudiés impose de renoncer à une progression linéaire, essentiellement déductive, analogue à celle vers laquelle tendent les mathématiciens depuis quelques décennies, et qui s'est transposée dans l'enseignement de cette discipline. Il convient au contraire de se résoudre à une démarche par approximations successives oscillant entre des représentations théoriques (qu'on qualifie souvent de « modèles »), et l'interrogation expérimentale de la matière soit au niveau de l'observation des phénomènes naturels, soit, une fois atteinte une maturité suffisante de la discipline, par l'étude des phénomènes provoqués au laboratoire. Ainsi, physiciens et chimistes sont condamnés à louvoyer en permanence dans l'à-peu-près. Cette attitude nécessaire tranche avec celle qu'adoptent les mathématiciens, au moins pour le public. Elle peut paraître décevante à des débutants, qui préféreraient rester accrochés à des certitudes plus solides. Il est néanmoins indispensable qu'ils l'admettent comme telle. Ils se rassureront, si besoin est, en considérant, autour d'eux, les innombrables

applications de la physique et de la chimie, qui suffisent à prouver que ces disciplines parviennent, en fin de compte, à « du solide ». Ils apprécieront également d'aborder un domaine d'étude plus complexe, mais dont la richesse est par là même assurée : l'ouverture sur les applications que nous venons de mentionner est révélatrice à cet égard.

Progressivement, ils prendront confiance en une approche dont on peut résumer comme suit les principaux traits :

— On renonce à définir des axiomes de départ. A la place, on profite d'observations préliminaires pour ébaucher un « modèle » du système ou du phénomène physique étudiés, en dégagant les paramètres dont on peut penser qu'ils ont un rôle prépondérant, et en esquissant une première mise en forme mathématique des relations entre ces paramètres.

— Cette réflexion préalable suggère certaines propriétés du système, en même temps que les conditions qu'il convient de respecter pour pouvoir les mettre en évidence. Elle débouche ainsi sur l'expérimentation, dont on doit bien comprendre qu'elle n'est que très rarement à l'origine de la recherche.

— Suivant les résultats de l'expérience, le modèle est abandonné, ou adopté, perfectionné et exploité pour des expériences ultérieures ou des applications.

On assiste ainsi à un aller-retour permanent entre la réflexion théorique et la pratique expérimentale (un philosophe serait peut-être tenté de parler d'une interaction dialectique entre ces deux pôles) ; l'expérimentation, sauf exception, doit s'appuyer sur une réflexion préalable ; la théorie se nourrit du résultat des observations et des expériences, et se laisse éventuellement guider par le formalisme mathématique. L'ensemble forme un tout, qui ne vaut que par l'échange entre ses parties : ce qui, en définitive, fait adopter une théorie physique, c'est la cohérence progressivement constituée entre ses composantes théoriques (y compris le formalisme mathématique qu'elles mettent en œuvre), et les résultats des expériences.

La progression de ce cours respectera, dans toute la mesure du possible, cette démarche caractéristique : il conviendra, en particulier, d'admettre de partir d'idées *a priori*, de « préjugés », de modèles préalables, mais sans qu'ils aient, pour autant, une valeur équivalente à celles des axiomes mathématiques. Un affinement de l'étude pourra toujours les remettre en question : il conviendra de rester, en permanence, attentif aux imperfections du modèle qui peuvent se manifester.

Une raison supplémentaire qui impose cette vigilance est la suivante : la plupart des phénomènes physiques sont effroyablement compliqués ; on ne peut « s'y retrouver » qu'en les simplifiant, en négligeant l'influence de certains facteurs, et en admettant de ne pas atteindre une précision absolue. Ces approximations sont souvent satisfaisantes, au moins tant que l'on se cantonne à certaines gammes de valeurs des paramètres caractérisant l'état du système, et c'est ce qui explique le succès même des sciences physiques. Mais il peut se faire que, les progrès de la technique aidant, on soit amené à sortir de ces gammes initiales : les phénomènes peuvent alors changer d'aspect, parfois de manière impressionnante, et le modèle initial perd alors la validité absolue qu'on aurait pu être tenté

de lui attribuer. Depuis le début du xx^e siècle, la physique a été, à deux reprises, obligée à de telles remises en cause :

— La mécanique classique, fondée par Galilée et Newton et abondamment développée aux $xviii^e$ et xix^e siècles, n'est valable que pour des mobiles dont la vitesse v est petite vis-à-vis de la vitesse de la lumière (soit $c = 300\,000\text{ km s}^{-1}$) ; quand v s'approche de c (qui constitue d'ailleurs une valeur limite), les lois de la mécanique doivent être revues : apparaît alors la mécanique relativiste (fondée par Einstein en 1905, en prolongeant les travaux de Lorentz en particulier).

— La mécanique classique, d'autre part, s'intéresse à des mobiles « macroscopiques » (balles d'armes à feu, pierres, billes, satellites, astres, véhicules, etc.). Elle s'est révélée inapte à traduire les phénomènes à l'échelle microscopique, et à décrire, par exemple, le mouvement des électrons dans les atomes ou les molécules. Pour y parvenir, il a fallu fonder la mécanique quantique (ce qu'a réussi une pléiade de savants vers 1925-1935 : L. de Broglie, E. Schrödinger, W. Heisenberg, W. Pauli, M. Born, etc.).

Est-ce à dire que la mécanique classique — qui est étudiée en seconde et en première — est « dépassée », qu'elle a perdu tout intérêt ? Certes non ; elle reste indispensable pour étudier toutes sortes de mobiles macroscopiques qui ne vont pas « trop » vite, qu'il serait vain de tenter de décrire à l'échelle microscopique et pour lesquels les « corrections relativistes » n'apporteraient que d'inutiles lourdeurs de calcul, sans amélioration véritable de la précision. Simplement, on sait maintenant que son domaine de validité est limité, qu'elle n'est adaptée qu'à la description d'une certaine classe de phénomènes, et qu'il est dangereux de lui demander plus.

Cette notion de validité restreinte à un certain champ expérimental est fondamentale, de même que la nécessité de garder toujours, à l'égard d'une théorie physique, même si elle semble ne connaître que succès, une réserve de scepticisme critique⁶⁵. Mais elle ne doit pas interdire toute hardiesse conceptuelle.

Ainsi, nous étudierons dans ce cours les phénomènes électriques à l'échelle microscopique, en décrivant les relations entre intensités, tensions, etc., dans des circuits qui seront toujours constitués d'un nombre considérable d'atomes. Cependant, nous nous laisserons guider par un modèle microscopique : le courant électrique sera conçu comme résultat du déplacement, au sein des conducteurs constituant le circuit, d'électrons ou de « porteurs de charge » divers mais tous « microscopiques » — le peu que nous en avons dit plus haut suffit à nous assurer qu'une description précise de ces porteurs doit se fonder sur une théorie quantique, bien trop complexe pour que nous puissions en aborder ici l'étude. Néanmoins, nous verrons qu'une description classique — donc, *a priori*, fondamentalement inadéquate — des porteurs responsables du passage du courant, se

65. L'avènement de la mécanique relativiste et de la mécanique quantique a été ressenti comme une crise par les physiciens contemporains, trop confiants en la théorie classique. En fait, elles se sont soldées par une accélération phénoménale du progrès de la physique. Il n'est pas bien sûr que tous les philosophes l'aient d'ailleurs compris.

rèvélera très précieuse comme guide pour découvrir les lois de l'électricité macroscopique. Il faudra donc savoir tirer le maximum de cette représentation, tout en s'en méfiant en permanence. Il s'agit d'un exercice permanent de corde raide : il est la caractéristique peut-être la plus enthousiasmante des sciences physiques.

Après ces quelques avertissements préliminaires, très généraux, relatifs aux particularités épistémologiques ou méthodologiques des sciences physiques, dont le débutant doit être prévenu, il convient d'ajouter quelques remarques de nature plus technique ; elles portent sur le langage, le maniement de l'outil mathématique, et quelques règles expérimentales.

En physique et en chimie, comme partout où il s'agit de transmettre une information, par voie orale ou écrite, en utilisant un langage (pour nous le français), il convient d'atteindre le maximum de précision en respectant une concision convenable. Il faut également veiller à articuler soigneusement le discours, pour que la logique du raisonnement, au fur et à mesure de sa progression, soit bien apparente : les mots clés qui soulignent cette articulation — (or, donc, mais, d'une part... d'autre part, cependant, néanmoins, etc.) — doivent intervenir à bon escient. Mais il s'agit là d'une remarque trop générale pour qu'il convienne d'y insister ici plus avant.

Il existe, par contre, au niveau linguistique, une difficulté particulière aux sciences physiques contre laquelle il convient de mettre en garde. Très souvent, les physiciens utilisent les vocables courants mais avec une acception différente de celle qu'ils possèdent dans l'usage quotidien, ou avec, à tout le moins, une acception très restrictive. Ces glissements de sens doivent, évidemment, être bien compris et enregistrés.

Ainsi, nous avons utilisé plus haut le qualificatif de « microscopique » par opposition au « macroscopique ». Le microscopique du physicien se situe à l'échelle de l'atome, de la molécule, des noyaux ou des particules élémentaires, soit en-dessous de « l'angström » (symbole Å ; $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$; l'angström donne l'ordre de grandeur du rayon des atomes, ou des distances entre atomes dans un solide), voire du « fermi » ($1 \text{ fermi} = 10^{-15} \text{ m}$; le fermi donne l'ordre de grandeur des noyaux atomiques). Le microscopique du biologiste, c'est ce qu'il voit au microscope seulement (c'est-à-dire des microbes, par exemple, dont la taille est de l'ordre du micron, ou micromètre : $1 \mu \text{ (ou } 1 \mu\text{m)} = 10^{-6} \text{ m}$; un microbe à peu près sphérique contient ainsi à peu près $(10^4)^3 = 10^{12}$ atomes). Quant au « microscopique » de tous les jours, c'est simplement ce qui est très petit, emphatiquement : un client, mécontent d'un restaurant, se plaindra de s'y être vu servi un beefsteack « microscopique ».

Prenons un autre exemple : l'homme de la rue dira volontiers, en entrant dans un café : « Quelle chaleur ! » Pour le physicien, la « chaleur » est une forme d'énergie, ou, plus exactement, un mode de transfert d'énergie entre deux systèmes physiques ; pour lui, s'il « fait chaud », c'est que la « température » est élevée. S'il « chauffe » un système, c'est qu'il lui apporte de l'énergie sous forme de chaleur (si le système est constitué par de la glace qui en profite pour fondre tout en restant à 0° C , ce « chauffage » n'entraîne pas une « élévation de température »).

Ajoutons, pour terminer, qu'un « spectre discret », en physique, n'est pas un fantôme qui évite de répéter les secrets qu'on lui a confiés, mais une succession de niveaux d'énergie, séparés les uns des autres par des intervalles finis (ici, non infiniment petits), et dans lesquels on peut trouver un système microscopique (tel que les électrons dans un atome).

Il conviendra, petit à petit, de se familiariser avec les particularités de ce vocabulaire : le recours aux termes du langage courant présente l'avantage qu'ils véhiculent des notions intuitives qui peuvent être utiles, mais elles peuvent aussi être inadéquates et fallacieuses, et c'est un danger devant lequel il faut être en garde.

Le maniement de l'outil mathématique en sciences physiques doit respecter certaines règles fondamentales : elles seront abondamment illustrées dans les cours, mais il est bon de les regrouper.

Les différentes quantités physiques sont, après choix d'une unité convenable, représentées par des grandeurs mathématiques, qui sont les rapports de ces quantités aux unités correspondantes. Il conviendra de distinguer soigneusement :

— les grandeurs arithmétiques ⁶⁶ dont la représentation mathématique est un élément de \mathbb{R}^+ (quantité « réelle, positive ou nulle ») ;

— les grandeurs algébriques dont la représentation est un élément de \mathbb{R} (quantité « réelle, positive, négative ou nulle ») ;

— les quantités vectorielles, représentées par les éléments de \mathbb{R}^3 (éventuellement de \mathbb{R}^2 si le système n'a que deux dimensions, après élimination, en fait, de la troisième dimension de l'espace « physique », à trois dimensions, dans lequel nous évoluons, et dans lequel se situent normalement les systèmes physiques étudiés).

Les quantités algébriques et arithmétiques, par opposition aux vectorielles, sont souvent qualifiées de « scalaires ».

Il est fondamental de garder présente à l'esprit la nature, scalaire ou vectorielle, des grandeurs étudiées. On s'y aidera en affectant systématiquement d'une flèche les quantités vectorielles. Les égalités entre grandeurs physiques doivent être « homogènes » : en particulier, une grandeur scalaire (resp. vectorielle) ne peut être égalée qu'à une autre grandeur scalaire (resp. vectorielle) compte tenu de ce que :

- le produit de deux grandeurs scalaires est lui-même un scalaire ;
- le produit d'une grandeur vectorielle par un scalaire est vectoriel ;
- le produit scalaire de deux vecteurs est un scalaire.

La formulation mathématique permet naturellement d'évaluer numériquement les valeurs de différentes quantités physiques. Ces calculs numériques ont une importance essentielle en physique, et ne doivent pas être considérés comme un à-côté négligeable. En donnant les valeurs théoriquement prévues des quantités physiques étudiées, ils permettent la confrontation avec les résultats expéri-

66. On note de nouveau, ici, un glissement de sens entre l'usage des physiciens et celui, en l'occurrence, des mathématiciens.

mentaux. Préalablement à l'expérience, ils donnent les ordres de grandeur des paramètres fixant les conditions expérimentales, et permettent ainsi de savoir s'ils se placent dans la zone de validité du modèle étudié.

Pour les calculs numériques, il est recommandé de mettre systématiquement les quantités scalaires (ou les différentes composantes des vecteurs) sous la forme standard $y = x \cdot 10^n$ (1) où n est un entier ≥ 0 et où x est un scalaire avec $0,5 \leq x \leq 5$. La simple manipulation des exposants suffit alors, le plus souvent, à définir l'ordre de grandeur du résultat, c'est-à-dire l'exposant de 10 qui lui correspond quand il a été mis sous la forme standard (1). La détermination préalable de cet ordre de grandeur, et quelques instants de réflexion sur la valeur ainsi obtenue, constituent un investissement très payant, qui permet d'éviter des fautes grossières.

En principe, les valeurs des quantités physiques doivent correspondre à l'emploi des unités du système international (SI), seul légal. Parmi celles-ci citons :

- pour le temps, la seconde (symbole s) ;
- pour la longueur, le mètre (m) ;
- pour la masse, le kilogramme (kg) ;
- pour la force, le newton (N) ;
- pour l'intensité d'un courant, l'ampère (symbole A).

Dans un problème donné, cependant, il est commode de disposer d'unités adaptées aux ordres de grandeur caractéristiques de ce problème. C'est à ce souci que répond, pour une part, le choix de la forme standard (1) : la partie « significative » de la valeur numérique y , c'est le facteur x , voisin de l'unité ; l'exposant n ne fait que fixer l'échelle des phénomènes étudiés.

La pratique venant (mais il vaut mieux ne pas commencer par là), on peut se laisser de manipuler des puissances de 10 systématiquement, et préférer recourir à des multiples ou sous-multiples des unités du système SI dont la taille coïncide avec celle des grandeurs étudiées. C'est ce que font le géographe, qui exprime les distances en kilomètres, ou l'ajusteur qui mesure les cotes en millimètres. Le physicien étudiant des phénomènes à l'échelle atomique utilisera volontiers l'angström⁶⁷.

Enfin, on s'entraînera progressivement, et quand les circonstances s'y prêteront, à faire apparaître systématiquement, dans les expressions algébriques, des quantités physiques obtenues comme « résultats » à partir des « données », des rapports sans dimensions de ces dernières. Ceci revient en fait à définir, pour chaque problème, les « unités » qui lui sont le mieux adaptées. L'évaluation préalable de ces « unités » transitoires permet alors, immédiatement, de savoir si les autres grandeurs manipulées sont, à l'échelle des phénomènes étudiés, « grandes » ou « petites » — expressions qui n'ont pas de sens dans l'absolu — ce qui, fréquemment, suffit pour orienter le raisonnement dans la bonne voie et guide vers les approximations les plus judicieuses.

67. Il existe même un « système d'unités atomiques » spécialement adapté à l'étude du comportement des électrons dans les atomes.

Est-ce maintenant que la Commission Lagarrigue
doit disparaître ?
(juin 1976)

Ce rapport manuscrit est une contribution à la préparation du texte « La Commission Lagarrigue — Un bilan » (BUP, octobre 1977, p. 116-129). Les parties qui ont été reprises figurent aux pages 123 à 127 et 129, nous les indiquerons en plaçant ces passages entre astérisques (N.H.).

*

**

La Commission ministérielle d'étude pour l'enseignement de la physique, la chimie et la technologie, la *Commission Lagarrigue*, a été installée officiellement le 25 mai 1971, avec la mission la plus large : elle avait « compétence pour toute question relative à l'enseignement de la physique, la chimie et la technologie dans le premier et le deuxième cycle de l'enseignement du second degré, général et technique.

Il semble actuellement prévu qu'un terme définitif soit mis à son existence et à son activité à la fin de ce mois. Cette disparition interviendra-t-elle au moment le plus opportun ?

Nous tenterons ici de donner un certain nombre d'éléments de réponse à cette question : en faisant un rapide bilan de l'activité de la Commission ; en soulignant sa contribution à la mise en place de l'actuelle réforme du système éducatif ; en indiquant les insuffisances présentes de cette contribution et leurs raisons ; en établissant la liste des problèmes qui restent à résoudre ; en décrivant le rôle que pourrait jouer la Commission pendant la « phase transitoire » de 4 ans par quoi débutera l'application effective de la réforme.

I. BILAN DE L'ACTIVITÉ DE LA COMMISSION LAGARRIGUE PENDANT CINQ ANS

Il s'impose ici de distinguer le travail relatif au 1^{er} cycle, et celui correspondant au 2nd cycle, qui se sont organisés suivant des modalités très sensiblement différentes.

1. 1^{er} cycle

(a) *Domaine du groupe de travail permanent* (G. Delacote) qui a une audience internationale :

— élaboration de « modules » avec un effort d'expérimentation, de documentation, d'évaluation.

(b) L'ESE : démarrage spontané, à l'initiative de A. Kahane, puis insertion dans la Commission.

(c) Le « *groupe 1^{er} cycle* » : depuis le début de l'année 1976, effort d'intégration de l'expérience antérieurement acquise dans la définition des objectifs, des méthodes et des contenus de l'enseignement du 1^{er} cycle, débutant en 6^e, tel qu'il est prévu par la réforme.

Conditions imposées au travail relatif au 1^{er} cycle : quand la Commission a été créée, les *problèmes posés par l'enseignement de technologie*, mis sur pied en 1969, pour les classes de 4^e et 3^e incitaient le Ministère à demander à la Commission de *s'intéresser en priorité à ce domaine*. Toutefois, aucune contrainte de calendrier n'était fixée. D'autre part, et malgré les vœux maintes fois renouvelés de la Commission, *il était exclu d'envisager une extension, à échéance prévisible, de l'enseignement des sciences physiques au niveau des classes de 6^e et 5^e*. Ainsi s'explique l'orientation adoptée par le groupe de travail permanent. Quant à son rythme de travail, il est cohérent avec celui qu'on a pu observer lors d'expériences analogues à l'étranger : *4 à 5 ans sont indispensables pour la définition des objectifs, la préparation du matériel et des documents nécessaires aux maîtres et aux élèves, le contrôle de l'expérimentation et son évaluation*.

Il est évident que *le descriptif de la réforme, en introduisant les sciences physiques en 6^e et 5^e* (ce dont nous nous réjouissons, naturellement), *nous a posé un problème tout nouveau*. A ce niveau, l'expérience de l'ESE est très précieuse ; mais il reste encore un travail considérable à effectuer. On ne saurait, toutefois, nous faire porter la responsabilité de notre retard.

2. 2nd cycle

* Au sein de la Commission se sont créés, dès la rentrée 1971, deux groupes de travail : l'un pour la physique, l'autre pour la chimie. *

* Ces groupes ont élaboré des *avant-projets de programmes pour les trois classes* du second cycle, ceux de seconde étaient prêts pour la rentrée 1972, ceux de terminale pour la rentrée 1974, *accompagnés*, dans tous les cas, *des commentaires nécessaires*.*

* *Innovation essentielle* : ces avant-projets ont fait l'objet d'une *expérimentation*, en deux phases, d'abord dans une demi-douzaine d'établissements de Paris et du Nord (démarrage en 2nde en 1972-1973), puis dans 10 établissements de l'Académie de Grenoble (depuis 1973-1974). Au total, environ 100 *professeurs* et 2 500 *élèves* ont été associés à cette opération. Des *épreuves spéciales du baccalauréat* ont, naturellement, été organisées l'an dernier et le seront de nouveau cette année. Cette expérimentation a apporté des informations extrêmement utiles qui ont maintes fois permis de corriger le tir initial. Pour diverses raisons, qui apparaîtront plus loin, elle n'a, toutefois, pas fait l'objet

d'une évaluation systématique, et la diffusion des observations effectuées n'a guère débordé le cadre des groupes de physique et chimie, ou, en tout cas, celui de la Commission. *

* *Depuis le début de 1976, les deux groupes ont dû reprendre les avant-projets pour que, après redécoupage, ils puissent cadrer avec les contraintes nouvelles imposées par la présente réforme (existence de tronc commun, d'options ; nouveaux horaires). Après approbation par la Commission, les projets de programme de seconde ont pu être transmis aux autorités compétentes en mai dernier. On peut prévoir que ceux de première seront prêts fin juin (sans, toutefois, les commentaires d'accompagnement). Mais, à cette date, ceux de terminale ne seront qu'ébauchés.* *

* La lenteur relative de cette progression s'explique, outre la volonté d'expérimentation préalable, dont l'expérience a montré, malgré son exploitation limitée, à quel point elle était indispensable, par les conditions à la fois astreignantes et fluctuantes qui ont été imposées à notre travail : elles ont interdit une réflexion préalable d'ensemble sur les contenus, les méthodes et les objectifs de notre enseignement à ce niveau ; elles ont nécessité de multiples et passablement stériles, remises en chantier. *

* Pour le second cycle, en effet, par opposition au premier cycle, des contraintes impératives de calendrier ont été données dès les débuts de la Commission : des propositions de programme pour la seconde devaient être fournies dès Pâques 1972. Ainsi, le travail de rénovation de l'enseignement des sciences physiques, qui aurait dû porter avant tout sur la rénovation pédagogique, la didactique, la docimologie, est devenu une véritable « course aux programmes », * sans cesse recommencée, d'ailleurs, du fait des incessants changements des horaires et des structures envisagées.

Grâce à un travail considérable (les groupes, pendant quatre ans, se sont réunis une fois par semaine), un ensemble cohérent de programmes avait néanmoins pu être élaboré pour 1974-1975), et une réflexion, aussi approfondie que le permettaient les contraintes de calendrier, avait pu être menée sur les méthodes d'enseignement de l'ensemble de la chimie, de la mécanique, des phénomènes énergétiques, de l'électromagnétisme et de la physique à l'échelle atomique. Mais ces programmes, conformément aux directives reçues, étaient prévus pour une classe de seconde indifférenciée (mais distinguant élèves de l'enseignement général et de l'enseignement technique), des 1^{res} et terminales scientifiques, des 1^{res} et terminales littéraires. (En ce qui concerne ces dernières, il nous avait été précisé explicitement : « un soin spécial doit être apporté à l'établissement des programmes des sections « littéraires », qui doivent recevoir, dans cette réforme, un enseignement des sciences physiques important et adapté à leurs caractéristiques).

* *Il est évident que le projet de réforme du système éducatif a profondément remis en cause une grande partie du travail de la Commission et que la structure des programmes élaborés depuis 1972 doit subir de profonds changements.* *

II. LE TRAVAIL QUI RESTE A FAIRE

Le bref historique qui précède a suffisamment montré que, trop souvent, la Commission, contre son gré, a dû renoncer à se consacrer pleinement à l'examen des problèmes de fond nécessaire à une véritable rénovation pédagogique. Nous voudrions maintenant souligner les inconvénients majeurs d'une interruption de ses travaux dans leur état actuel.

1. La rédaction de programmes et de commentaires ne suffit pas

* L'évolution très rapide des sciences physiques se traduit non seulement par un renouvellement des connaissances (en particulier de celles qui ont trait à leur champ sans cesse croissant d'applications), mais aussi par une évolution profonde des modes de pensée et des méthodes d'investigation qu'elles emploient. Elle impose une transformation de leur enseignement. *

A court terme, la Commission Lagarrigue avait à rédiger des programmes assortis de commentaires. Elle l'a fait. Mais cela ne suffit pas pour faire, encore moins pour réussir, une réforme.

* *Pour incomplète et imparfaite qu'elle ait été, l'expérimentation a été l'occasion de mettre à l'épreuve un certain nombre de méthodes nouvelles d'enseignement, en même temps que les programmes eux-mêmes. Toutefois, si la Commission avait rédigé ceux-ci de sorte qu'on puisse recourir à celles-là, elle a eu le souci constant de permettre une application prudente, de laisser aux professeurs une certaine liberté pédagogique, de permettre une recherche et une évolution permanentes : cette non-directivité était nécessaire, et elle a été voulue. Il en résulte, en contrepartie, que les programmes (et même les commentaires) ne traduisent que de manière très imparfaite les intentions de la Commission. **

* S'ils ne disposent que des programmes et commentaires, les professeurs et les auteurs de manuels risquent de n'y voir, par comparaison avec les programmes actuels, qu'un ordre arbitrairement bouleversé et quelques retraits et ajouts qu'ils jugeront également arbitraires. Ils percevront mal les raisons de ces modifications, ne concevront pas les intentions qui les sous-tendent, et risqueront fort de retomber dans la routine initiale. *

** 2. La rédaction d'un livre du maître est indispensable*

Parfaitement conscients de ces problèmes, les membres de la Commission avaient formé le projet d'un recueil de documents exposant les travaux de la Commission, la raison d'être de ses orientations pédagogiques et les diverses démarches qui, en respectant celles-ci, permettent l'introduction des notions fondamentales ; pour certains points particulièrement délicats, des exposés très détaillés auraient été nécessaires. *

* Des expériences de cours et de travaux pratiques, des matériels didactiques et audiovisuels auraient été décrits, une bibliographie établie. *

* La dissolution de la Commission met fin à ce projet, et il faut craindre que ne se perdent ainsi les résultats les plus importants d'un long travail. *

** 3. Un effort d'information des professeurs, d'une manière plus générale, est absolument indispensable **

La grande masse des professeurs de physique a été, le plus souvent, laissée en dehors des travaux de la Commission. Sans le bulletin de leur association, l'*Union des Physiciens*, elle ignorerait quasiment tout même des avant-projets de programmes.

Faute de moyens adéquats, et parce qu'elle était prise, au jour le jour des réformes, par des tâches présentées comme prioritaires, la Commission n'a pu faire dans ce domaine l'effort nécessaire.

** 4. Il faut tirer de l'expérimentation un surcroît d'informations*

Pour les mêmes raisons, l'expérimentation n'a pas été exploitée à fond : la Commission a souvent dû se contenter d'en apprendre, en vue d'un réajustement de ses projets de programmes, ce qui « passait » bien ou mal vers les élèves, et d'en tirer une évaluation plus affinée des horaires nécessaires à l'enseignement des différents chapitres. C'est *un résultat non négligeable. Mais il ne semble pas qu'il épuise l'information qu'on peut tirer de cette tentative originale. L'effort qui a été consenti à cette occasion mériterait qu'on en tire plus d'avantages.* *

** 5. Les liaisons avec les autres disciplines doivent être approfondies*

Le problème général des relations interdisciplinaires n'a pu être qu'effleuré. Il conviendrait qu'il soit réexaminé de manière approfondie. La Commission reste, dans ce domaine, un agent potentiel privilégié, ne serait-ce que parce qu'y siègent, depuis ses débuts, des représentants des autres disciplines scientifiques. *

** 6. Les aspects docimologiques se posent avec une acuité toute particulière à une science expérimentale : il serait nécessaire de leur consacrer une étude spéciale*

Par un légitime souci de l'intérêt immédiat de leurs élèves, les professeurs consacrent une part considérable de leur enseignement à les entraîner à résoudre les problèmes de baccalauréat. La résolution de ces problèmes traditionnels, trop souvent réduite à une exercice d'application des formules du cours et à une petite manipulation mathématique, est fréquemment bien éloignée d'une mise en œuvre effective des attitudes de pensée du physicien. *Il en résultera une inefficacité et une distorsion de la réforme si l'on ne met pas au point des méthodes de contrôle originales, et vraiment adaptées aux objectifs que s'assignera l'enseignement.* *

* 7. *La mise en place de la réforme nécessitera une phase transitoire de quatre ans*

Pendant cette période les nouveaux programmes et les nouvelles structures s'installeront, année par année, et en parallèle, dans le 1^{er} et dans le 2nd cycle. Cette phase transitoire devrait être mise à profit pour suivre les progrès de la rénovation de l'enseignement de nos disciplines, et prolonger, sur l'ensemble des points évoqués plus haut, l'effort entrepris, en l'infléchissant au besoin au vu de l'expérience acquise. Durant cette période, qui serait celle d'une édification, en « vraie grandeur » et « en temps réel », d'un nouveau système éducatif, l'*Inspection générale* (qui d'ailleurs a été intimement associée, dès le début, au travail de la Commission), conservera les prérogatives correspondant à son autorité statutaire. *

Nous souhaitons avoir su convaincre qu'il serait dommageable d'interrompre brutalement la vie d'une Commission qui n'a pu tirer tous les fruits d'un long travail, mais qui, par l'habitude prise d'un travail en commun, doit constituer l'un des groupes les plus qualifiés pour faire progresser la pédagogie d'une discipline au sein de notre enseignement secondaire.

* Nous ne saurions mieux conclure que sur ces extraits d'un rapport de l'Union des Physiciens :

« Les participants d'origine différente ont appris à se connaître et ont pris conscience des problèmes concrets de l'enseignement du second degré. Sur ce plan de la compréhension mutuelle et de l'ouverture d'un véritable dialogue entre les divers ordres d'enseignement, le bilan de la Commission est très largement positif, et tout devra être mis en œuvre pour que le climat ainsi créé ne soit pas détruit.

« ... Si les espoirs qui sont nés des travaux de la Commission devaient demain être réduits à néant, les conséquences du découragement qui en résulteraient seraient immenses : il ne faudrait plus, de longtemps, parler de rénovation de l'enseignement des sciences physiques. » *

SECONDE PÉRIODE 1978-1988

Michel Hulin va s'engager désormais complètement dans les problèmes d'enseignement et de diffusion des connaissances ; il se reconvertit à la didactique en 1978. Son expérience de l'enseignement est très diverse : il a l'occasion d'enseigner dans les trois cycles de l'université ; par ailleurs, après avoir siégé au jury de l'Agrégation de physique dans les années 70, il assume pendant quatre ans, de 1983 à 1986, la présidence de ce jury ; enfin, il collabore, pendant de nombreuses années, à la préparation des sujets des épreuves écrites de physique du concours de l'École centrale ⁶⁸.

L'orientation de ses activités de recherche l'amène à participer à de nombreuses actions ponctuelles, intérieures ou extérieures à l'Université. Nous citerons, à titre d'exemple : sa participation à la Commission des réformes des programmes de terminale (MEN, printemps 1982) ; participation au groupe de réflexion sur l'évolution possible des sujets de physique au baccalauréat, piloté par l'Inspection générale (2^e et 3^e trimestres 1982) ; participation au groupe de réflexion sur les « prérequis » à l'entrée dans les universités (MEN, janvier à mars 1983).

Dans ces années 1980, les problèmes posés par le système éducatif sont largement débattus. Des rapports importants sont établis dont celui de la Commission du bilan sous la responsabilité de Laurent Schwartz en 1981 ⁶⁹ ; ce rapport sera suivi de la publication d'un livre, en 1983, Pour sauver l'Université ⁷⁰ ; en mars 1985, c'est le rapport du Collège de France ⁷¹. A partir de 1983, l'Académie des sciences publie une série de rapports, lettres ou notes, et tout dernièrement elle exprime ses réflexions et recommandations sur les questions d'enseignement « si importantes pour l'avenir du pays » ⁷².

C'est dans ce contexte qu'il convient de replacer cette deuxième série de textes sur l'enseignement dans lesquels Michel Hulin tire les leçons des résultats

68. Voir « Formation scientifique à travers les concours », par H. Gié, dans « Michel Hulin et l'enseignement de la physique », *Supplément aux bulletins de la SFP et de l'UdP*, 1989.

69. *La France en mai 1981 — Enseignement et développement scientifique*, Documentation française, 1981. Au sujet de ce rapport, voir *Le Monde* du 13 janvier 1982, p.12.

70. Aux Éditions du Seuil. Laurent Schwartz publie dans *Le Monde* du 18 décembre 1984, p. 2, un article intitulé « Pour la qualité de l'enseignement ».

71. Voir, par exemple, *Le Monde* du 28 mars 1985 (p. 1 et 10) et du 29 mars 1985 (p. 20).

72. Rapport de la Commission exploratoire, présidée par Gustave Choquet, *La vie des sciences*, 1989, 1, 45-58.

de la réforme Lagarrigue, avance ses thèses sur l'enseignement scientifique, en particulier celui de sa discipline, la physique, et explique que la physique « ne s'enseigne pas ». Le texte « La physique ou l'enseignement impossible »⁷³ (juin 1987) est la forme profondément remaniée et enrichie d'une communication faite en novembre 1983, intitulée « Quelques thèses pour la didactique de la physique »⁷⁴ où apparaissent ses préoccupations de didacticien certes, mais où surtout sont développés, pour la première fois, ses thèses sur l'enseignement de la physique (N.H.).

73. Voir p. 147.

74. Voir p. 205.

La physique et son apprentissage (1978)

En 1978-1979 et 1979-1980, Michel Hulin donne un cours d'option de physique en 1^{re} année de DEUG SSM, visant à une initiation à quelques problèmes relatifs à la production et à l'utilisation de l'énergie. En introduction à son cours, il présente à ses étudiants la physique, ce qu'elle est et les difficultés de son apprentissage. Ce court texte dactylographié est inédit (N.H.).

*
**

La physique tend à un certain type de description du monde naturel, et fait appel à différents « outils » : logiques, linguistiques, mathématiques, graphiques, techniques, expérimentaux, etc.

L'apprentissage de la physique a donc deux vertus : apprendre « de la physique » (au niveau des concepts et des résultats propres à cette discipline), et mettre en œuvre les outils dont elle use, ce qui permet de tendre vers une maîtrise accrue de ces outils, maîtrise qui peut « s'investir » très fructueusement dans bien d'autres domaines que celui de la seule physique.

Une des difficultés de la physique vient sans doute de ce que cette discipline s'attaque, au moins à ses débuts, à des problèmes « de tous les jours », sur lesquels le public dispose de représentations « spontanées » (en tout cas indépendantes des représentations des physiciens), de notions, d'un vocabulaire... qui ont une cohérence certaine, et qui sont très solidement ancrés dans l'intellect et le psychisme collectifs.

A tout cet ensemble de représentations et de notions largement diffusées, la physique *doit* substituer, (parce que c'est cette substitution même qui la définit comme activité scientifique), d'autres représentations qui heurtent souvent de front les représentations spontanées. Elle redéfinit les notions les mieux installées dans le « sens commun » ; elle reprend très souvent les termes du langage courant, mais en leur conférant une (ou des) acception(s) différente(s), ou, à tout le moins, plus ou moins sensiblement décalées.

Par suite, un cours de physique est, inévitablement, un champ clos où s'affrontent des « représentations spontanées » et des « représentations savantes » des phénomènes naturels ou des objets techniques. Il faut être conscient de cet affrontement, et du fait que les représentations spontanées, les notions, et les termes qui leur sont associés ont la vie très dure et sont extrêmement sournois : ils peuvent, en permanence, venir perturber l'apprentissage de la physique en

s'opposant à une acquisition en profondeur de leurs contreparties « savantes », et en remettant sans cesse en cause cette acquisition. Il y a tout intérêt, pour l'étudiant, à être conscient de cette permanence virulente et néfaste, car, comme c'est très souvent le cas, la conscience d'une menace ou d'un danger est un élément essentiel pour trouver une parade à ce danger.

Les difficultés précédentes sont rendues plus sérieuses encore par le fait que non seulement les « réponses » (résultats, théories, concepts, etc.) des physiciens se distinguent souvent radicalement de celles des non-physiciens, mais encore les problèmes mêmes que se posent les physiciens sont de nature essentiellement différente de ceux auxquels s'intéressent *a priori* leurs contemporains en partant des mêmes situations et des mêmes observations. Ce changement de « problématique » est nécessaire : comme le changement de représentations, c'est lui qui définit la physique comme science. Mais il implique que l'apprentissage de la physique suppose l'entrée préalable dans la problématique spécifique de cette discipline, même si les questions qui sont alors abordées sont très loin de celles à quoi l'on aurait songé, ou voulu, s'intéresser spontanément.

Commission Lagarrigue et programme du second cycle (1983 ?)

Dans ces notes manuscrites inédites, Michel Hulin, après avoir présenté un bref historique de la Commission et exposé les idées fondamentales qui l'ont inspirée, fait le bilan des travaux et aboutit à une conclusion qu'il considère comme provisoire... et dans laquelle il explique que la physique est une discipline qui « ne s'enseigne pas », thème qu'il développe à partir de 1983 (N.H.).

*
**

I. HISTORIQUE

Création par O. Guichard en novembre 1970.
Présidence confiée à A. Lagarrigue.
Début des travaux en mai 1971.
Disparition d'André Lagarrigue en janvier 1975.

Le nouveau ministre, R. Haby — qui a remplacé J. Fontanet en 1974 — après de visibles hésitations, renouvelle la Commission dans sa mission en juillet 1975. La présidence est confiée à R. Omnès. Très tôt cependant, il apparaît que la Commission n'a plus le même rôle : il s'agit, pour elle, de « sortir » rapidement des programmes et des commentaires qui puissent accompagner la mise en route de la « réforme Haby » qui est activement poursuivie.

D'où une dernière phase de la Commission : il n'est plus question d'interrogations générales, encore moins d'essais, d'expérimentation. Pour le second cycle, un groupe animé par J.-P. Barrat pour la physique, un autre animé par Jeannin pour la chimie, mettent au point des programmes, au cours de l'année universitaire.

Pour le premier cycle, la décision ayant été prise brusquement d'installer physique et chimie dans l'enseignement de la 6^e à la 3^e (ce qui avait été, à la fois, une demande constante de la Commission, et l'objet d'un refus définitif des autorités), il s'agit aussi d'interrompre les recherches et de confectionner des programmes.

Ce travail technique prend l'ensemble de l'année universitaire. En septembre 1976, R. Haby met fin à l'existence de la Commission.

POINT DE VUE

LES SCIENCES PHYSIQUES AU COLLÈGE : UNE IMPROVISATION

NOTRE pays n'est pas de ceux qui regorgent de richesses naturelles. A l'heure actuelle, ce n'est pas d'un gras patrimoine que nous tirons nos moyens de vivre, mais d'abord de l'habileté, de l'initiative et du travail bien fait de nos concitoyens. A l'échelle mondiale, et celle de l'histoire, cet avantage ne demeure pas assuré pour toujours et contre toute concurrence. Aussi notre principale garantie tient-elle dans les enfants que nous formons maintenant, dans leur créativité, leur lucidité et dans les connaissances et le savoir-faire que nous leur enseignons.

Un enjeu trop important

Oui, M. Haby a raison : il est temps de réformer notre enseignement. Mais il faut le réformer en profondeur, d'une manière qui maintienne l'activité et l'éveil des enfants. Cela s'impose, en premier lieu, dans le domaine des sciences et des techniques, et je voudrais aborder ici la question de l'enseignement des sciences physiques dans les collèges, de la sixième à la troisième, en laissant entièrement de côté les problèmes spécifiques des lycées.

Il est clair qu'il faut donner très tôt aux enfants un enseignement scientifique complet qui sache allier les connaissances et le savoir-faire technique. Il ne serait plus tolérable qu'un adolescent au sortir du lycée, bardé de formules utiles au bachelot, ignore tout à la fois le pourquoi et le comment de la science et de la technique, pourquoi le ciel est bleu, ce que c'est que la couleur, que l'atome, comment fonctionne un moteur ou un appareil ménager, comment on les répare. Il n'est plus admissible de ne trouver une culture scientifique un peu actuelle que dans quelques émissions de radio ou de télévision.

Il est bon, sans aucun doute, d'enseigner les sciences physiques dès la classe de sixième et l'intérêt de cette mesure dépasse de loin l'intérêt d'une simple discipline scolaire. Nous nous en sommes réjouis lorsqu'elle fut annoncée par le ministère de l'éducation. Nous, c'est-à-dire la commission Lagarrigue, un groupe d'hommes et de femmes qui, depuis 1971, repensait l'enseignement des sciences physiques et qui expérimentait très largement de nouveaux contenus et de nouvelles méthodes.

Conscients de l'importance de l'enjeu, les membres de cette commission ont accepté de préparer des programmes pour la réforme. Ils n'ont pas manqué, cependant, de rappeler quelques vérités premières : un programme ne remplace pas une méthode, une réforme de cette importance demande des moyens, elle exige la

par ROLAND OMNÈS (*)

collaboration des maîtres et doit prévoir pour eux un complément de formation : l'attitude active des enfants suppose la présence attentive du maître et donc un travail en petits groupes ou demi-classes (comme c'était précédemment le cas pour les sciences naturelles en sixième). De plus, il serait naïf de penser réussir complètement et d'emblée une telle réforme, il faut savoir tirer la leçon de sa mise en place et la corriger en cours de route. Après avoir remis des programmes, il restait donc beaucoup à faire à la commission pour contribuer efficacement à la préparation de la réforme.

Quand M. Haby a dissous la commission, certains d'entre nous ont voulu croire que le seul souci de l'efficacité portait le ministre à concentrer l'effort de la réforme au sein du ministère, et que nos avertissements seraient entendus. Il n'est plus possible à présent de le croire. Quel que soit le souci d'impartialité politique ou de réserve personnelle que l'on ait, l'enjeu est trop important pour que l'on continue à se taire. Non, une réforme, cela ne se prépare pas comme cela.

Pénurie

Où en est-on, en effet, dans la préparation de la réforme en sixième pour les sciences physiques ?

N'insistons pas sur les problèmes de locaux ni sur la modicité dérisoire des moyens matériels mis à la disposition des collèges, car il est vrai que la situation économique est difficile. Pourtant cette situation de pénurie est trop extrême et crée des difficultés qu'il conviendrait de compenser par un effort accru partout où cela est possible.

L'effort était possible pour la formation des maîtres, et eux-mêmes la réclament : ils savent que les expérimentateurs de la commission ont dû travailler dur pour mettre au point des méthodes d'enseignement efficaces, qu'il leur a fallu beaucoup de temps et de travail pour se corriger, s'adapter, progresser. Les maîtres veulent à juste titre profiter de cette expérience et ne pas se livrer à l'improvisation. Or, que leur offre-t-on ? Une information par étages où quelques représentants d'un collège, en quatre stages d'une journée, sont censés avoir tout assez bien assimilé pour le transmettre sans plus à leurs collègues, dont ce sera la seule préparation. Si vraiment cette méthode s'avère efficace, elle constituera une grande découverte en matière de didactique.

Il est absolument essentiel d'enseigner dans des classes dédoublées en petits groupes, sinon les

expériences ne sont plus le fait des enfants, mais du maître. Il n'y a plus d'initiative, d'observation, de créativité ni de savoir-faire, il n'y a que le manèment d'un bâton de craie et d'une plume.

Les programmes eux-mêmes sont contestables. C'est l'inspection générale qui a rédigé les programmes définitifs, et elle était bien consciente de ce que seraient des classes pleines menées presque sans matériel par des maîtres pour qui cet enseignement serait tout nouveau. On peut donc comprendre qu'elle ait voulu « limiter les dégâts » en proposant un programme plus détaillé, plus directif, plus rigide. Les risques immédiats les plus criants peuvent en être exorcisés, mais celui de voir maintenir les défauts passés demeure entier.

Une anti-réforme

Où allons-nous ? Je suis persuadé que nous allons inévitablement dans ces conditions vers un enseignement à la fois formel et vieillot, mort d'avance. Au lieu d'apprendre à réfléchir sur les faits et les choses, à expérimenter et à observer, on apprendra « ce qu'il faut en penser ». Quelle grave et dangereuse leçon si c'est déjà le cas pour les sciences !

Cela n'est-il qu'un mauvais moment à passer et saura-t-on bientôt s'adapter et redresser la situation ? J'aurais voulu le croire, mais comment conserver cet espoir quand les deux groupes majeurs de la recherche pédagogique en sciences physiques, mis en place pour préparer une telle réforme, reconnus et appréciés par les plus hautes instances scientifiques du pays, sont maintenant pour l'un démantelé et pour l'autre asphyxié par coupure totale des crédits. Pour sa part, le ministère ne dispose d'aucun groupe vraiment compétent dans ce domaine.

Il m'a fallu prendre beaucoup sur moi-même pour lancer cette mise en garde publique, après d'innombrables efforts dépenés à la conciliation et à l'information réciproque des partenaires. Mais il est trop tard maintenant, et le risque est plus grave qu'on ne croit : une mauvaise réforme est une anti-réforme qui sape le terrain des bonnes.

Il faut une réforme de l'enseignement, c'est vrai, mais celle qui s'impose pour les sciences dans les collèges est un pas de clerc. La sagesse, non pas celle qui se préoccupe des textes et des formes, mais celle qui place chaque chose dans sa perspective, est incontestablement de ne pas appliquer la réforme, en octobre 1977, en sixième.

(*) Ancien président de la commission de réforme pour l'enseignement des sciences physiques (commission Lagarrigue).

II. LES IDÉES FONDAMENTALES INSPIRANT LA COMMISSION

1. *Le contexte*

C'est tout d'abord celui de la réforme Fouchet-Aigrain pour l'enseignement supérieur scientifique. Le décalage supérieur-recherche d'une part, secondaire de l'autre, devient particulièrement criant. Au niveau secondaire, il y avait très peu d'évolution des lignes directrices des programmes, surtout en physique : des modifications, permutations, etc., de détail ; A. Lichnérowicz disait qu'il n'y avait pas eu de changement depuis 70 ans.

Parallèlement, les enseignements secondaires des grands pays scientifiques venaient de subir ou subissaient des remaniements très profonds — à ce qu'il apparaissait tout au moins (PSSC, HPP, Nuffield)⁷⁵, d'où le souci d'un certain nombre de physiciens ou d'enseignants de physique de suivre le mouvement.

Enfin (après 1968 peut-être...), apparaissent des membres du supérieur qui ne sont plus uniquement polarisés sur la recherche, et s'intéressent aux affaires d'enseignement. En particulier, la naissance de la Commission a supposé une action conjointe de l'UDP, de la SFP et de la SCF, qui s'est maintenue pendant toute la Commission.

Ajoutons aussi que l'Inspection générale et les professeurs de « Taupe » réforment en parallèle les classes préparatoires et leur enseignement (réforme de 1972).

2. *Idéologie et méthodologie*

Cela dit, très peu de membres de la Commission — et surtout pour ce qui concerne le second cycle — avaient la moindre pratique de la recherche en pédagogie ou en didactique. (C'est parallèlement que, pendant les travaux de la Commission, se lançaient des recherches universitaires en didactique ; c'est à l'occasion de la Commission Lagarrigue qu'une partie de ses membres ont essayé de lire Piaget ou les auteurs anglo-saxons).

Les positions affirmées par la Commission n'étaient donc pas fondées sur une pratique de recherche, ni même sur une information très large. On peut donc les déclarer — sans dénigrement d'ailleurs — « idéologiques ». Citons les principales : « Remarques préliminaires... », d'octobre 1971⁷⁶, Rapport de la Commission « enseignement » de la SFP d'octobre 1970⁷⁷. Mais quels sont les éléments essentiels ?

(i) *Insistance sur le recours expérimental* comme caractéristique des sciences physiques avec :

75. Voir p. 6 et p. 162-163 (N.H.).

76. Voir p. 51 (N.H.).

77. Voir p. 39 (N.H.).

— opposition « observation-expérimentation » (contre certaines vues ministérielles, particulièrement claires sous le Ministère Haby) ;

— lutte contre « l'envahissement par les mathématiques les plus abstraites », avec ses conséquences : pas « d'outils » pour les autres disciplines, sélection par l'abstraction, difficulté du recrutement des classes préparatoires P-P' ;

— valorisation de l'expérience comme point de départ possible, mais dans des conditions épistémologiquement très floue (cf. l'effort en 1975 pour remettre les choses au point — citation de Giraudoux⁷⁸ —, éviter un empirisme et positivisme forcenés, et tenter de sortir d'un débat « abstrait vs. concret » posé dans des termes trop naïfs). Mais la position d'ensemble de la Commission reste très primaire dans ce domaine ;

— réaction contre le caractère de mathématiques appliquées de l'enseignement de la physique, en particulier au niveau des problèmes de baccalauréat et de leur préparation au long de la terminale.

(ii) Importance de l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques de base, ce qui implique :

— des ordres de grandeur ;

— des schémas d'explication qualitative ;

— l'explication de la modélisation, et la proposition de modèles, en particulier microscopiques ;

— une information (au besoin descriptive) sur le monde technique, les grands procédés techniques et industriels, etc. ;

— une information (elle-même au besoin descriptive) sur les connaissances fondamentales en physique (y compris les plus récentes).

(iii) Entraînement à la manipulation, à l'observation, la réalisation et la représentation d'objets et de phénomènes :

— confrontation avec l'appareillage de la vie quotidienne (comme du laboratoire éventuellement) ; réalisation de projets ;

— début de pratique expérimentale, entraînement à la mesure ;

— représentations graphiques sous des aspects très divers (croquis cotés, schémas, représentations graphiques de dépendances fonctionnelles entre variables de relations systémiques) ;

— outils logiques et linguistiques.

(iv) Entraînement aux modes de raisonnement des sciences physiques :

— tenter de présenter aux élèves « l'interaction dialectique » entre théorie et expérience ;

— présenter des grands concepts avec un effort synthétique pour permettre aux élèves de mieux percevoir l'unité conceptuelle de la discipline au travers de l'étude de phénomènes très divers ;

78. Michel Hulin fait référence ici à son rapport de novembre 1975 où il se plaît à citer le dialogue des deux juges d'Ondine pour illustrer ses propos (voir ce texte p. 97) (N.H.).

— commencer, au moins, une familiarisation avec les grands principes (de conservation, d'invariance, de symétrie). (On sent ici toute l'influence du PSSC, de Feynman, etc.)

(v) Il faut souligner l'affirmation répétée qu'on ne cherche pas à former de futurs physiciens, ni même de futurs ingénieurs.

La Commission Lagarrigue se veut pure de l'élitisme et de l'impérialisme caractéristique des mathématiques, en même temps que beaucoup de ses membres sont effectivement convaincus du fait que les ancrages « concrets » de leur discipline devraient effectivement permettre une ouverture sociale de l'enseignement secondaire scientifique.

Il faut souligner quand même, également, la volonté de pratiquer un enseignement partiellement au moins d'information : on dit même de « vulgarisation »⁷⁹, et l'affirmation, sans opposition explicitée, par toutes les parties prenantes, de cette volonté.

En ce qui concerne la *méthode de travail*, il y a création, dès les débuts, de deux groupes de travail (physique, chimie) et élaboration par ces groupes d'avant-projets de programmes accompagnés de commentaires (pour la seconde en 1972, la terminale en 1974). L'innovation essentielle va être une expérimentation de ces avant-projets en deux temps : une demi-douzaine d'établissements pilotes, puis une dizaine d'établissements de l'Académie de Grenoble (environ 100 professeurs et 2 500 élèves).

Les résultats de l'expérimentation sont (au moins en principe) pris en compte pour remodeler les avant-projets. De toute manière, la situation en ce qui concerne ceux-ci est, en permanence, très évolutive, ne serait-ce que du fait de la rapidité de production « de grilles horaires » par le Ministère (jusqu'à plusieurs par semaine, sinon par jour !).

Un autre élément fondamental est la création d'un « groupe de travail », en fait d'une équipe de recherche liée à la Commission ; c'était une revendication dès le départ, et la création du LIRESP de G. Delacote fut finalement acceptée par le Ministère assez rapidement. Mais il se consacra de manière pratiquement exclusive au premier cycle.

III. LES « RÉSULTATS » DE LA COMMISSION LAGARRIGUE

Les missions fixées à la Commission Lagarrigue par le ministre qui l'installait étaient très générales (en fait fixées à la suggestion de la SFP et de l'UdP) :

(i) préciser les buts d'un enseignement (physique, chimie, technologie) qui figurait dans le groupe dit alors des « disciplines fondamentales » ;

79. Voir le texte d'octobre 1971, p. 51 (N.H.).

(ii) établir les programmes (en particulier pour les classes littéraires de terminale !);

(iii) rédiger les commentaires correspondants ;

(iv) faire des propositions pour la formation initiale et permanente des professeurs ;

(v) faire des propositions pour la création d'un organisme de révision régulière des conceptions fondamentales de l'enseignement des sciences physiques, et des programmes de cet enseignement.

Il faut avouer que le résultat se limite aux points (ii) et (iii). Outre le choc créé par la disparition de son président, la Commission Lagarrigue s'est heurtée à la réforme Haby. Le ministre a cassé le rythme établi, en exigeant des réponses techniques rapides, se réservant de fixer lui-même tout ce qui était organisation politique. Donc :

— peu de réflexions sur les buts, on reste dans « l'idéologie » accompagnée d'une jalousie plus ou moins justifiée vis-à-vis des mathématiciens ;

— pas de propositions véritablement nouvelles, ni de progrès sérieux sur la formation et/ou le recyclage ;

— la Commission Lagarrigue, une fois disparue, aucun organisme officiel n'est installé pour la relayer.

De nos travaux il reste donc, rapidement érodés d'ailleurs par l'usure de l'enseignement, des réformatives, des revendications d'allègement, des programmes et leurs commentaires. On peut en rappeler brièvement les traits essentiels.

Pour les classes littéraires une innovation majeure est à noter : les thèmes laissés au libre choix des professeurs.

Pour les classes scientifiques : [...] ⁸⁰.

On peut noter :

(i) que disparaissaient, des programmes du second cycle, de nombreux chapitres, les uns encore enseignés en 1970, les autres qui l'avaient été jusqu'à une date récente, et tout particulièrement des chapitres directement couplés à des phénomènes courants ou à des applications fréquentes : hydrostatique, résistance de l'air, propriétés physiologiques des sons, principe de la radio, second principe de la thermodynamique.

C'est quand même dommage pour une Commission qui avait mis le « contact avec le quotidien » au premier rang de ses exigences.

(ii) Cette disparition avait en fait deux causes probablement :

— Les professeurs n'étaient pas mécontents de voir leur programme débarrassé d'appendices à traiter rapidement, et qui les plaçaient sous la menace d'un problème de baccalauréat, sans pouvoir y « préparer » leurs élèves.

— L'exigence mise d'une présentation des « grands principes » était, pour la plupart des membres de la Commission, plus séduisante (idées générales,

80. Nous avons supprimé ici une partie un peu technique qui concerne les programmes dans leur détail de la seconde à la terminale (N.H.).

valeurs esthétique, « philosophique »), valorisante (on se rapprochait de la physique « la plus moderne »), et rassurante (les principes fondamentaux exigent un investissement en heures de classe important : on ne sera plus obligé de papillonner sur des phénomènes trop divers).

Des deux suggestions initiales :

- les grands principes,
- les contacts avec le quotidien,

la première avait beaucoup plus d'atouts en fait pour s'inscrire dans les programmes, sinon la pratique effective de l'enseignement.

(iii) Ceci allait de pair avec une perception contestable du recours expérimental :

— à la fois hypervalorisé (le TP pour le TP ; on « démontre expérimentalement ») ;

— et mal traité pratiquement, faute de connaissances techniques, de moyens matériels, et parce qu'on est prisonnier d'une organisation beaucoup trop rigide du temps qui exclut, dans les classes « sérieuses », le recours aux thèmes, aux projets, etc.

(En fait, on peut penser que l'hypervalorisation est le meilleur moyen trouvé pour se dédouaner à la fois sur le plan expérimental — « on y attache la plus grande importance ; à preuve : on en parle tout le temps » — et sur le plan théorique — « la physique est avant tout expérimentale ; on ne va pas singer les matheux »).

(iv) Un autre effort — celui de chasser les petites mathématiques qui n'en sont pas, de valoriser une modélisation explicite, ainsi que les discussions qualitatives — semble bien avoir abouti à un échec.

En 1^{re}, ce souci inspirait, en particulier, la partie « Phénomènes vibratoires » (sans cosinus). Il semble qu'en fait, la pratique enseignante ait très vite défini un « rituel de substitution » à base de déplacements de triangles sur des droites. Autres points d'application : les discussions à base de barrières et puits de potentiel⁸¹ (programme de 1^{re} pour la mécanique classique, et partie « quantique » du programme de terminale) ; dans ce cas, la greffe semble avoir très mal pris : seul reste, semble-t-il, le calcul, vite figé et isolé du contexte, des niveaux quantiques dans une boîte.

(v) Le dernier point qui a été très mal perçu par les enseignants est l'appréciation des ordres de grandeur. Il faudrait distinguer la précision des calculs numériques (un problème qui se pose d'ailleurs dans un contexte très évolutif avec les calechettes) de la définition des valeurs numériques approchées en physique, et de l'exploitation éventuelle de ces valeurs en physique. Il faudrait aussi admettre que certaines constantes doivent être sues par cœur, que les calculs doivent être menés dans des systèmes d'unités adaptés aux circonstances, que les expressions littérales doivent être présentées d'une manière systématique, pour y faire apparaître des quantités sans dimensions, etc., toutes revendications vio-

81. Michel Hulin a écrit sur ce sujet un article, « Éléments de mécanique ondulatoire pour la classe de terminale », dans *BUP*, n° 569, novembre 1974, p. 235-245, que nous citons p. 93 (N.H.).

llement rejetées par la pratique enseignante usuelle (telle, en particulier, qu'elle se manifeste au niveau de l'examen et de sa préparation).

IV. CONCLUSION... PROVISOIRE

Par beaucoup d'aspects, la Commission Lagarrigue :

— représente un phénomène nouveau de confluence des intérêts de divers groupes professionnels ;

— a innové effectivement au niveau de l'expérimentation des programmes ;

— a contribué au démarrage de la recherche en didactique de la physique (mais avec beaucoup moins de succès que les IREM) ;

— a lancé les thèmes en 1^{re} littéraire.

Tout ceci correspond à un effort original et louable.

Mais on ne peut s'empêcher de penser que, pour l'essentiel, cet effort a tourné court :

— d'une part, parce que les circonstances (celles d'une réforme majeure « pour une nouvelle société ») ont centré l'intérêt des autorités sur des considérations moins techniques que celles auxquelles était vouée la Commission Lagarrigue ;

— d'autre part, parce que la Commission Lagarrigue n'avait pas suffisamment mûri son projet, et gardait, sur bien des points des positions très floues et très ambiguës, mêlant les querelles de clocher contre d'autres disciplines, les options idéologiques vagues et généreuses, et les manies personnelles de tel ou tel ténor.

Il faut également mesurer que, dans le même temps, le PSSC lui-même ne connaissait après coup qu'un succès limité. Quant au Nuffield, il a suscité les réserves les plus vigoureuses et les plus surprenantes — dans un fond général de relative méfiance d'une partie importante sinon majoritaire du corps professoral.

Que suggérer pour finir ?

(i) Il faut distinguer entre disciplines « qui s'enseignent » (latin, mathématiques), pour lesquelles les méthodes de type traditionnel peuvent marcher avec une fraction au moins des élèves et celles qui ne « s'enseignent pas » (par le biais d'un exposé discursif essentiellement linéaire). La physique, vraisemblablement, ne s'enseigne pas.

(ii) Une discipline qui ne s'enseigne pas doit être présentée dans un cadre institutionnel complètement repensé, en particulier au niveau de l'examen final ! Les implications sur les modes de travail et de formation des maîtres sont évidemment énormes.

(iii) Il faut distinguer entre les difficultés et vertus spécifiques d'une discipline d'une part (et la manière dont elle peut s'opposer à d'autres disciplines), et les difficultés ou intérêts qui s'attachent à tel ou tel groupe d'élèves, et ne pas rechercher au niveau de l'emploi d'une discipline contre une autre une compensation à des difficultés intellectuelles ou sociales.

On peut choisir, par volonté égalitariste, de faire perdre leur temps à des élèves « qui pigent ». On peut considérer qu'il vaudrait mieux trouver le moyen que tout le monde « pige » le maximum, compte tenu de ce qu'on sait faire en matière d'enseignement. Mais il est vain de demander à une discipline de « rattraper » les incompréhensions qui se manifestent pour une autre discipline.

(iv) On mesurait avant et pendant la Commission Lagarrigue, mais on sous-estimait encore probablement l'impact du baccalauréat. Le phénomène est connu depuis cent cinquante ans, mais il semble qu'il se soit considérablement raffiné avec la « démocratisation de l'enseignement ».

S. Johsua a pu montrer que, sur les programmes de terminale d'avant la réforme Lagarrigue, 7 à 8 sujets types rendaient compte de 85 % au moins des épreuves. Le système est devenu celui (en classe terminale) d'un entraînement à chaque sujet type à raison d'un mois par sujet. D'où la volonté des professeurs d'éliminer, d'élaguer (en particulier au niveau des explications relatives aux points un peu subtils, et au niveau des applications) ; tout « sujet » potentiel supplémentaire doit figurer dans les programmes avec une demi-heure de plus dans l'horaire hebdomadaire.

Pour les disciplines « qui ne s'enseignent pas », une réforme docimologique et institutionnelle des examens, et tout particulièrement du baccalauréat, est une nécessité prioritaire.

(v) On a dit que la Commission Lagarrigue devait — et n'a pas pu ou pas su — innover en matière de formation des maîtres.

On peut se demander si les disciplines qui ne s'enseignent pas doivent être présentées aux élèves par des enseignants, en particulier des enseignants à temps plein. On peut douter, en physique, de l'impact réel de la plupart des recyclages — à condition d'exclure l'aspect « constitution de groupes, animation, etc. » tel que l'ont en particulier permis les IREM. Mais précisément, il s'agissait alors, peut-être avant tout, de sortir les gens de leur milieu quotidien.

Quelques observations sur le programme de physique
en classes préparatoires
(janvier 1984)

Texte dactylographié inédit. Extraits (N.H.).

*

**

Dans les programmes et les commentaires on sent bien que toute l'information est implicitement codée, et que les auteurs préfèrent souvent procéder de manière allusive. Il s'ensuit, en particulier, qu'il est pratiquement impossible de juger de l'importance accordée à telle ou telle question à partir du volume du texte qui la concerne. Derrière une telle rédaction, il faut admettre une référence sous-jacente à la pratique des classes, on peut même dire à leur tradition. Pour les auteurs, il s'agit de convaincre les professeurs du bien-fondé de certains changements, voire de les rassurer, tout autant que de les informer, à proprement parler ; et il faut sans doute, bien souvent, éviter d'en dire trop, jouer du maintien d'un certain flou, plutôt que de donner explicitement toutes les informations pertinentes.

On ne peut que regretter que se renouvelle ainsi, d'un programme au suivant, le recours à des présentations aussi contournées, et aussi peu révélatrices du fonctionnement et du niveau réel des classes préparatoires. Celles-ci sont un élément important de notre enseignement supérieur, et l'on imagine qu'il puisse être utile de les décrire à des collègues étrangers, ou à des organismes internationaux : à de tels interlocuteurs, les programmes de ces classes devraient apporter une information claire, sans le recours obligé du décryptage par un initié.

D'autre part, les classes préparatoires visent, comme leur nom l'indique, l'entraînement de leurs élèves en vue des concours d'admission aux Écoles. Ces concours, en fait, déterminent le programme des classes, même si, formellement, l'implication fonctionne en sens inverse. Ne serait-il pas plus sage de prendre en compte cette particularité :

- en établissant un descriptif des types d'épreuves qui peuvent être proposés aux candidats ;
- en précisant l'ensemble des connaissances qui doivent être possédées, ainsi que les savoir-faire, théoriques et expérimentaux, qui doivent être maîtrisés ;
- en indiquant enfin dans quelles limites peut jouer l'inventivité des auteurs de sujets, et quels domaines sont exclus des interrogations.

Il semble qu'une telle présentation donnerait une image beaucoup plus précise et fidèle des classes, en les situant d'emblée dans le contexte où elles fonctionnent effectivement.

En ce qui concerne les applications de la relativité à l'électromagnétisme, un phénomène de va-et-vient se manifeste de manière assez générale, tant à l'étranger qu'en France. Les programmes de 1972 pour les classes préparatoires, ceux des DUES de 1967 à l'Université, étaient directement inspirés des ouvrages américains, alors récemment parus, tels que ceux de Feynman et, plus encore, du Berkeley Physics Course ; ces ouvrages proposaient des vues très synthétiques, allant souvent assez au fond de la structure fondamentale des théories, et c'est ainsi, par exemple, que le cours de Berkeley liait directement l'exposé de l'électromagnétisme à celui de la relativité. Pour la première fois dans un enseignement de début au niveau tertiaire, on pouvait ainsi donner une vue d'ensemble solide — pour ne prendre que cet exemple — du phénomène d'induction électromagnétique. Toutefois, cette option n'allait pas sans dangers : abus possible du formalisme, d'une part ; d'autre part, élimination peut-être trop poussée de la phénoménologie, et accent exagéré mis sur les éléments « synthétiques », au détriment de la spécificité et de la diversité des situations concrètes : certains élèves raisonnaient ainsi de la propagation des ondes dans l'absolu, mais perdaient de vue les différences entre ondes acoustiques et ondes électromagnétiques. En ce moment, il est clair qu'un peu partout la prise de conscience de ces dangers induit un reflux par rapport aux enthousiasmes initiaux.

Ces options permettaient — il ne faut pas l'oublier — une présentation très liée, très structurée, très réfléchie de plusieurs domaines fondamentaux de la physique, présentation propre à retenir l'attention des élèves très soumis, par force, à l'attraction des mathématiques. Le sacrifice de cette profondeur et de cette solidité serait sans doute admissible s'il permettait une ouverture véritable sur le monde des phénomènes et des réalisations technologiques : on peut se demander si une telle ouverture est compatible avec les conditions aux limites des classes préparatoires [...].

L'importance des classes préparatoires dans la formation des cadres scientifiques du pays imposerait un réexamen au fond des problèmes.

De la physique et de son enseignement
(septembre 1984)
Extraits

C'est le deuxième texte de la série des trois (que nous avons présentés p. 31-32) que Michel Hulin situe lui-même par rapport au précédent⁸². Nous ne citerons que quelques extraits et le lecteur pourra se reporter au texte final de juin 1987⁸³. Le contenu de cet article — dactylographié et inédit — est résumé dans le préambule (N.H.).

*

**

INDICATIONS PRÉALABLES

Pour communication à un colloque de didacticiens des disciplines scientifiques tenu à Marseille-Luminy en novembre 1983, nous avons préparé une note intitulée : « Quelques thèses pour la didactique de la physique ». Nous devions en reprendre les thèmes principaux dans un séminaire donné à Paris VII au printemps 1984. Dans les deux cas, des collègues enseignant dans le secondaire étaient présents, si bien que s'est diffusé un compte rendu, nécessairement approximatif, des « thèses » en question.

Nous présentons ici une version remaniée de ces communications que nous avons tenté de débarrasser des références n'intéressant que les seuls didacticiens, et de ce qui, à l'usage, pouvait apparaître comme des obscurités de la version initiale, propres à générer d'inutiles malentendus.

Cette présentation n'irait pas sans quelques remarques préalables, qui ne sont pas de simples clauses de style. En effet, cette note comporte beaucoup d'éléments critiques, pour l'ensemble de l'enseignement de la physique de notre pays, et surtout là où il touche les plus grandes masses d'élèves : secondaire et 1^{er} cycle du supérieur⁸⁴.

Nous tenons dès le départ à insister sur le fait que nous ne mettons en cause ni le travail, ni la conscience professionnelle des enseignants, mais l'en-

82. Voir p. 205.

83. Voir p. 147.

84. Une remarque au passage : nos références concernent essentiellement le second cycle du second degré, le seul avec les problèmes duquel nous avons quelque familiarité, fût-elle de seconde main. Nous demanderons à ce qu'on garde cette restriction implicite présente à l'esprit en prenant connaissance de ce texte.

semble des conditions imposées à leur travail : objectifs explicites ou implicites, programmes, moyens mis en œuvre, existence d'examens qui sont beaucoup plus des faits sociaux (voire politiques), que d'authentiques actes pédagogiques, etc. Nous avons, d'autre part, pleinement conscience de la réussite de nombreux collègues, soit dans le cadre strict de l'institution enseignante, soit en débordant de ce cadre par des initiatives qu'encouragent parfois certaines instances administratives. La critique ainsi présentée est fondamentalement celle d'un système qui nous semble, pour toutes sortes de raisons, faussé, voire inepte dans son fonctionnement, et non pas la critique des acteurs intervenant au sein de ce système.

Cela dit, nous avons conscience de courir le risque de choquer certains de nos lecteurs, et de leur donner l'impression d'une attaque injustement sévère, et qui ignore les conditions extrêmement difficiles, voire pénibles, dans lesquelles ils s'efforcent malgré toutes sortes d'obstacles, d'exercer leur métier. Encore une fois, nous leur demandons de ne pas ajouter une connotation morale à nos propos : ce dont il s'agit pour nous, c'est de tenter de reprendre au fond le problème de l'enseignement de la physique, dont il nous semble qu'il reste très mal posé, et qu'il condamne cet enseignement à un échec global, (malgré, nous le répétons, quelques exceptions brillantes, et des apparences plus nombreuses encore de réussite relative). Nous pouvons d'ailleurs souligner dès maintenant que, s'il est assuré que c'est au contexte français que nous sommes le plus naturellement portés à nous référer, les raisons profondes de l'échec de l'enseignement de la physique nous paraissent jouer également dans d'autres pays, alors même que leurs structures éducatives, la formation ou les conditions de travail des enseignants, l'ampleur des efforts consentis pour amener une évolution, sont tout différents de ce qu'ils ont pu être ou sont en France : c'est peut-être la meilleure preuve qu'il ne s'agit pas ici d'incriminer un corps professoral particulier et de lui faire porter la responsabilité d'un fiasco dont il est après tout, avec les étudiants, l'une des premières victimes, fût-elle inconsciente.

Dans cet article, nous réaffirmons d'abord diverses « évidences » relatives à la physique telle qu'elle se présente actuellement, compte tenu de son développement récent. Nous procéderons ensuite à un certain nombre de constatations relatives à l'enseignement de cette discipline, et, en particulier, aux décalages qui apparaissent entre ses caractéristiques, comme pratique expérimentale ou théorique des physiciens, et la représentation des mêmes caractéristiques qui est proposée aux élèves par l'enseignement. Nous tenterons ensuite de montrer que ce décalage est en fait inévitable, et donc qu'il convient de redéfinir l'enseignement de la physique en se débarrassant d'une référence à la pratique des physiciens de métier qui ne peut être que formelle et qui, souvent, conduit à des contradictions, des impossibilités, des absurdités. Nous ne prétendons pas définir ce que devrait être un enseignement qui puisse se substituer à celui qui est actuellement dispensé : c'est une tâche bien sûr considérable, qu'on ne peut mener à bien qu'en rassemblant des compétences diverses et en organisant à loisir un indispensable débat d'idées ; nous proposerons quand même quelques pistes de réflexion.

Fondamentalement, nos « thèses » essentielles peuvent donc se résumer comme suit :

(i) La physique (des physiciens) est une science très complexe, dans son point actuel de développement, car elle associe des pratiques expérimentales raffinées — et elles-mêmes fondées sur la physique ! — à des techniques mathématiques complexes, et à une conceptualisation très abstraite.

(ii) Depuis 25 ans — à travers le PSSC américain, le Nuffield anglais, ou la Commission Lagarrigue en France —, on a essayé de définir l'enseignement « élémentaire » (secondaire et début du supérieur), par référence à cette physique des physiciens. La complexité de celle-ci voue cette tentative à l'échec ; cet échec est d'ailleurs patent, et pas seulement en France.

(iii) Une des conséquences de cette « mission impossible » confiée aux enseignants, est très naturellement qu'ils se sont repliés sur eux-mêmes. Jamais la pratique enseignante n'a été aussi ritualisée, ni aussi coupée de la vie des laboratoires, des applications industrielles, voire des références les plus simples au quotidien.

(iv) Il convient maintenant « d'arrêter les frais », et donc de cesser de poursuivre cette chimère d'une « physique des savants » qui descendrait dans les classes et les amphis. Il faut redéfinir une « physique qu'on puisse enseigner ». Ceci peut certainement se faire en respectant la nécessité d'apporter aux élèves un enrichissement considérable, et ce de toutes sortes de façons. Ceci ne doit pas se faire en coupant l'enseignement de toute référence à une pratique extérieure : mais cette « pratique de référence » est beaucoup plus à chercher dans le domaine technologique que chez « les savants ».

I. RAPPELS PRÉALABLES D'ÉVIDENCES DIVERSES

[...] 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 ceux 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 les dites caractéristiques « passent » dans l'enseignement : c'est tout l'effort — très louable dans son principe — du PSSC, repris en France par la Commission Lagarrigue.

Mais tout le problème est de savoir ce qui peut effectivement « passer » du labo à la classe [...]

Nous reviendrons longuement sur ce point dans la suite [...]

II. CONSTATS SUR LA SITUATION ACTUELLE

[...]

III. PROPOSITIONS POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

1. Le caractère systématique de l'échec des réformes de l'enseignement secondaire de la physique, tentées dans des contextes sociaux, économiques, politiques et institutionnels très divers, et malgré des moyens parfois très importants et la mise en œuvre de compétences remarquables, montre que le problème posé par la définition même de cet enseignement, dans ses contenus, ses méthodes et ses finalités, est très profond. L'étude de ce problème est une priorité essentielle pour la communauté des enseignants de physique.

Notons que la constance des échecs rappelés plus haut affranchit en fait le corps professoral de l'essentiel des responsabilités correspondantes. (Il lui appartient, par contre, de ne pas nier l'échec, et de ne pas s'entêter indéfiniment dans un combat perdu d'avance.) [...]

Pour long qu'il soit déjà, ce passage en revue des différents problèmes posés à l'enseignement de la physique n'a qu'un caractère encore embryonnaire : il nous a donné l'occasion d'affirmer un certain nombre de convictions que nous soumettons à la discussion par nos collègues ; il nous a également permis de donner quelques indications prospectives sur divers domaines de réflexion possibles : là encore, nous ne voudrions que lancer le débat.

Résumons les points essentiels de cette note :

(i) La physique à enseigner dans le secondaire est à définir. Elle ne peut être « importée » des laboratoires, comme on a tenté de le faire. Elle ne peut pas non plus être définie de fait par la pratique enseignante seule.

(ii) Cette définition implique une description des contenus, des méthodes, des outils de l'enseignement de physique, ainsi que des modalités de son ouverture sur le monde extérieur et de sa docimologie. Elle suppose l'étude des modalités de formation et de travail des enseignants.

Elle implique qu'on s'intéresse enfin aux filières techniques de l'enseignement de physique, en particulier au niveau secondaire et qu'on admette de considérer un certain nombre de pratiques techniques comme pratiques de référence.

C'est en respectant ces conditions que nous pourrions contribuer à redéfinir les objectifs de l'enseignement en termes de savoir-faire effectifs et contrôlables, susceptibles d'être exercés et valorisés dans l'environnement socio-économique où évolueront les étudiants.

Bilan de la « Réforme Lagarrigue » (novembre 1985)

Texte manuscrit et inédit (N.H.).

*
**

Il est clair que l'on peut maintenant faire un bilan de la « réforme Lagarrigue » qui inspire très directement notre enseignement de physique depuis une dizaine d'années.

Comme les réformes étrangères dont elle s'inspirait, la « réforme Lagarrigue » avait des objectifs ambitieux : faire passer dans l'enseignement de début les grandes structures conceptuelles et méthodologiques qui charpentent la physique contemporaine telles qu'on les perçoit maintenant après trente ou quarante ans d'un développement considérable de la discipline ⁸⁵.

Ces objectifs n'ont pas été atteints, et il faut admettre que l'on ne sait pas actuellement les atteindre, sauf pour quelques pour cents « supérieurs » de chaque classe d'âge : il s'agit là d'un problème technique, lié à la complexité de la discipline et à son intrication nécessaire avec l'enseignement de mathématiques ; les difficultés rencontrées en France le sont aussi dans tous les grands pays — aux USA en particulier. Il est donc vain de chercher des solutions institutionnelles ou réglementaires, au niveau des programmes et des horaires.

Soulignons que les succès que peuvent rencontrer les professeurs sur certains thèmes doivent en fait se payer de l'isolement de ces thèmes du reste du cours, et d'une certaine « ritualisation » de l'enseignement : ce qui « passe bien », ce sont des types d'exercices, ce ne sont pas, en mécanique, en électricité, dans l'étude des phénomènes vibratoires et des ondes, les concepts les plus fondamentaux, les relations les plus importantes, et la possibilité de les utiliser dans des domaines divers en mettant ainsi en évidence l'unité épistémologique de la discipline ainsi qu'on l'espérait.

Cette expérience, au demeurant très enrichissante, étant faite, il importe d'en tirer les conclusions qu'elle impose : il convient de revenir à des objectifs moins ambitieux au plan conceptuel et formel. La formalisation des situations physiques — procédure en elle-même complexe — doit s'appuyer sur des connais-

85. Michel Hulin, « De l'activité scientifique au paradigme de l'enseignement », clôture du colloque « Un siècle de rapports de la physique et des mathématiques (1870-1970) », octobre 1988 (numéro spécial juin 1991 de la *Revue du Palais de la Découverte*) (N.H.).

sances mathématiques déjà assurées et non sur un apprentissage simultané de ces connaissances. Le processus de modélisation qui précède cette formalisation doit être dûment explicité et non escamoté comme c'est systématiquement le cas, dût-on accepter pour cela de restreindre très sensiblement la complexité des situations étudiées. Un contact plus « vrai » avec la réalité expérimentale doit être permis en assurant plus d'autonomie aux Travaux Pratiques, et en admettant qu'ils n'aient plus pour fonction essentielle de « vérifier les lois » présentées dans le cours, mais de faire acquérir certaines pratiques, et de familiariser avec certaines notions issues de ces pratiques et non de l'exposé théorique. (La notion d'impédance, par exemple, peut s'imposer d'abord *via* l'étude pratique de l'adaptation d'un générateur à une charge, plutôt que par une relation fonctionnelle formalisée entre tension et courant.) Une ouverture plus large vers la phénoménologie des effets naturels, et plus encore vers la technologie descriptive, doit être assurée. En un mot, il convient d'introduire un enseignement beaucoup plus concret, mais sans oublier que le « concret » n'est pas un donné, et qu'il convient de le construire, dans l'esprit des élèves, par un enseignement approprié.

En ce qui concerne l'enseignement dans les classes littéraires, des efforts très méritoires ont été menés par divers professeurs. Ils inspirent des projets de généralisation, par exemple dans le domaine de l'histoire des sciences. Il serait très dangereux de s'orienter dans cette voie sans de multiples précautions et de prévoir à la légère la prise en charge par l'ensemble des collègues, sans préparation, et sans mise au point de documents exploitables par les enseignants et par les élèves, d'un enseignement pluridisciplinaire qui a réussi avec quelques spécialistes particulièrement informés et motivés.

Une mention particulière doit être faite de la formation, dans le domaine des sciences expérimentales, des élèves-instituteurs. Les dispositifs mis en place depuis quelques années avec intervention des universités sont loin d'avoir donné, dans ce domaine, des résultats à la mesure des efforts déployés. Un enseignement spécifique devrait être défini, car il est clair que toute transposition des enseignements universitaires, conçus pour d'autres étudiants avec d'autres perspectives, est ici vouée à l'échec. En toute hypothèse, ce n'est pas l'enseignement général des classes littéraires du secondaire qui assurera une solution à ce problème d'une importance essentielle.

Il nous apparaît donc qu'un réexamen en profondeur de l'ensemble des conditions de l'enseignement de la physique au niveau secondaire doit être assuré, en tenant compte des bilans maintenant disponibles sur les réformes menées dans différents pays depuis 25 ans. Par-dessus tout, il convient de rompre la succession des modifications mineures d'horaires et de programmes qui ne sont qu'un moyen d'éviter la confrontation avec les problèmes de fond.

L'enseignement de la physique dans le secondaire :
faire le point après 25 ans de réformes
(novembre 1985)

Il s'agit d'une communication invitée à l'International Symposium on Physics Teaching qui a eu lieu à Bruxelles du 11 au 13 novembre 1985. Le texte a été publié p. 47 à 55 des Proceedings. Nous présentons ici le texte avec les annotations et compléments ajoutés par Michel Hulin (N.H.).

*
**

Le lancement du premier spoutnik avait, comme on sait, créé une vive inquiétude aux USA, et un effort considérable de rénovation et de promotion de l'enseignement scientifique en général, et de l'enseignement de la physique en particulier avait été décidé, puis réalisé. Il s'était concrétisé par le lancement du programme du « Physical Science Study Committee » (PSSC), suivi aux États-Unis mêmes par d'autres programmes marquant déjà un infléchissement vers un exposé moins technique de notre discipline, (le Harvard Physics Project par exemple). D'autres pays avaient progressivement consenti un effort similaire : le Royaume-Uni, avec le projet Nuffield, la France, avec la « réforme Lagarrigue », pour ne citer que quelques exemples.

Un quart de siècle après ces premiers efforts, les besoins ressentis n'ont fait que croître, et la crise économique qui frappe l'essentiel du monde industrialisé révèle des difficultés accrues. Le développement exponentiel des sciences et des techniques, la rapidité et la profondeur des changements qu'il impose aux appareils de production, l'impact encore accru que l'économique acquiert de ce fait dans les domaines du social et du politique, l'apparition enfin de questions nouvelles posées aux moralistes par les savoirs et les pouvoirs nouveaux sont autant de défis opposés à nos sociétés et qui motivent qu'elles recherchent une appropriation culturelle en profondeur des sciences et des techniques.

Cette appropriation relève d'une part des actions de *formation* : la technicité moyenne de la population doit s'élever. (Le problème est vieux comme le monde, mais l'accélération du processus de mutation technologique lui confère une dimension nouvelle. On peut craindre que son temps caractéristique ne soit maintenant inférieur au temps de « relaxation », d'adaptation du corps social. Quoi qu'il en soit, ce n'est jamais en « refusant le progrès » qu'on résout en profondeur de tels problèmes.) A cela s'ajoute que le citoyen et les décideurs doi-

vent maintenant dire leur mot sur des problèmes politiques, économiques, sociaux qui ont une importante composante scientifique et/ou technique. (L'exemple-type, que tout le monde a présent à l'esprit, est celui « du » nucléaire⁸⁶.) Plus que de formation au sens technique, il s'agit là de ce que nous appellerons *information*, celle-ci étant conçue dans une acception plus générale que celle à quoi fait référence la pratique très « événementielle » des média.

Face à cette nécessité sociale profondément ressentie — renforcée d'ailleurs au besoin par le souci des scientifiques de diffuser dans la population les acquis de leurs disciplines — une solution « évidente » s'impose, celle que tous les gouvernements s'emploient à mettre en œuvre : elle consiste à développer les enseignements scientifiques, à prolonger les études correspondantes et à les faire suivre par des nombres sans cesse croissants d'élèves ou d'étudiants.

Le gros problème dont la communauté scientifique et le corps enseignant doivent prendre conscience — et il se pose en ce moment même aux niveaux d'enseignement les plus divers — c'est ce que l'on ne sait pas actuellement, au moins dans nos sociétés occidentales, apprendre vraiment beaucoup de sciences à beaucoup de gens.

J'en prendrai pour seule preuve ce qu'il faut bien appeler l'échec de ce qui fut l'archétype de réformes de l'enseignement scientifique *au niveau secondaire* destinées à rapprocher ledit enseignement des structures et acquis récents des diverses disciplines : le PSSC que je mentionnais plus haut. Vingt-cinq ans après, la désaffection pour les sciences — et principalement pour la physique — est patente chez les élèves des « high schools » américaines. L'analphabétisme scientifique est un sujet d'inquiétudes très vives pour les responsables politiques comme pour les associations de spécialistes.

En fait, il nous faut admettre que, pour un bon moment au moins, peu d'élèves pourront acquérir assez de familiarité avec la physique — retenons cet exemple qui nous intéresse tous prioritairement — pour que cette physique puisse effectivement « fonctionner » en ce qui les concerne, à un niveau suffisamment structuré pour qu'elle constitue un apport réel à leur formation scientifique, et même à leur formation générale.

L'histoire de l'enseignement secondaire scientifique nous permet de commencer à comprendre les obstacles sur lesquels bute et, depuis l'origine — vers les années 1830-1850 — l'enseignement de la physique.

Cet enseignement est apparu :

(i) Dans un contexte sociologique particulier, celui d'un « enseignement de classe », réservé à un relativement petit nombre d'élèves, impliquant un petit nombre de professeurs. Or les nombres d'élèves ont considérablement crû — ce qu'on ne saurait regretter — et exigeraient un accroissement parallèle du nombre des professeurs. Il est difficile de satisfaire réellement à cette exigence, compte tenu des autres besoins sociaux qui entrent en compétition (formation d'ingénieurs...). De plus, le recrutement « bourgeois » de la clientèle scolaire impliquait que l'accent fût mis sur l'acquisition d'une « culture générale » au sens

86. On peut ajouter l'écologie, les biotechnologies, les procédures thérapeutiques nouvelles.

classique, et pas de savoir-faire de type « techniques » au sens large, c'est-à-dire capables de s'investir dans une pratique ⁸⁷.

(ii) Dans une tradition scolaire centrée sur l'apprentissage des « humanités », c'est-à-dire par essence de disciplines figées, très peu — sinon pas — soumises à l'évolution des contenus, et coupées de toute pratique effective de référence (cela dit, ce n'est pas une critique des humanités...).

(iii) Dans une période où la physique se constituait, d'abord sur une base phénoménologique rapidement enrichie, puis bientôt avec un apport théorique de plus en plus complexe. L'enseignement élémentaire de mathématiques, par exemple, pouvait, lui, tabler au départ sur un corps de connaissances et de méthodes beaucoup plus solidement établi : les décalages, subis par les professeurs entre leur propre formation et l'enseignement qu'ils avaient à dispenser au long de leur carrière en étaient d'autant réduits. (Et nous savons du reste à quelles difficultés s'est heurté l'enseignement des mathématiques quand, il y a vingt ans maintenant, il a tenté de prendre le virage des « mathématiques modernes »).

Ne nous étonnons pas, dans ces conditions, de voir, dès le XIX^e, apparaître quant à l'organisation de l'enseignement scientifique des réflexions, des tentatives, des « mots d'ordre » qui se répètent quasiment mot pour mot pendant des décennies et jusqu'à nos jours et qui traduisent seulement la permanence de problèmes et la difficulté à les résoudre. Mais pourquoi, au-delà de ces avatars historiques, est-il *nécessairement* si difficile d'enseigner la physique ? Question essentielle : s'il y a nécessité, les efforts institutionnels sont voués à l'échec.

Je crois que l'on peut maintenant discerner quelques raisons profondes ⁸⁸ même si, bien sûr, il reste beaucoup à creuser. Je n'en citerai que quatre :

(i) La physique construit ses concepts à travers les relations auxquelles ils se prêtent. Il est difficile de « construire » le potentiel ou la ddp en électrocinétique sans construire cette notion à partir, disons, de la loi d'Ohm. Il y a systématiquement un double effort à faire, une sorte de dialectique immanente à admettre. En regard, les mathématiques se prêtent beaucoup plus facilement, me semble-t-il, à un exposé sinon linéaire en soi, du moins plus naturellement « linéarisable ».

(ii) A la difficulté conceptuelle s'ajoute une difficulté liée à la formalisation théorique : la physique « parle mathématique » et une mathématique pas nécessairement facile. Faute de bien parler cette langue, le sens physique échappe nécessairement. Le problème de la modélisation est escamoté ; là encore il faudrait une attitude dialectique.

(iii) Le recours expérimental n'apporte pas de solution immédiate, quoi qu'on pense : pour réussir une expérience en physique, il faut déjà savoir beaucoup de physique.

(iv) Enfin, la physique — et c'est sa raison d'être affirmée dans l'enseignement secondaire — doit s'affronter au « vécu ». Malheureusement le vécu en question est très bien vécu sans la physique, et la physique a énormément de mal

87. Il y a opposition de fait entre « culture » et capacité d'où le concept d'honnête homme.

88. L'effort des didacticiens depuis quinze ans a amené une profonde évolution des perceptions de l'enseignement. Il y a des acquis certains retrouvés systématiquement dans tous les pays.

à déloger toutes les représentations parfaitement fonctionnelles qui sont profondément ancrées dans l'esprit des élèves et luttent très victorieusement contre les efforts de leurs professeurs.

Ce que nous devons apprendre à considérer, c'est que la physique est une activité complexe, exigeant la possession conjointe d'aptitudes variées, et qu'on réunit difficilement chez une même personne. Une comparaison que j'emprunterai à l'athlétisme est celle du saut à la perche : très peu d'entre nous, même jeunes, auraient pu effectivement sauter à la perche. Cette discipline, pour la plupart, se serait ramenée à un portage de perche, sans grandeur aucune, d'un bout à l'autre du sautoir.

Cela dit, il est sûr que l'enjeu au plan de la société comme au plan de l'individu, n'est *a priori* pas le même pour la physique et pour le saut à la perche. A nous cependant, physiciens et enseignants, d'accepter de relativiser l'importance qu'il faut attacher à la physique, comme composante de la formation des jeunes gens et comme mode de sélection, de la même manière que nous nous faisons parfaitement à l'idée que très peu de garçons sauteront à la perche et qu'on ne choisit pas en fonction de cette aptitude les commis de l'État, petits ou grands, ni même les militaires. A nous de comprendre qu'en maintenant cette exigence qui ne peut être que formelle, nous condamnons la plupart de nos élèves à porter de la physique comme une perche d'un bout à l'autre d'un sautoir, sans le moindre espoir d'une envolée qui puisse justifier l'épreuve qui leur est ainsi imposée.

Mais, me direz-vous, comment sacrifier ainsi l'avenir scientifique de nos pays?

De nouveau, une distinction s'impose, fondée sur la prise en compte de réalités patentes : nos pays ont énormément besoin de techniciens et d'ingénieurs aux qualifications les plus variées. Mais ils n'ont pas besoin d'énormément de physiciens de métier ; la preuve d'ailleurs, c'est qu'ils ne fournissent pas plus de quelques dizaines de postes de physiciens « à l'embauche » chaque année pour chaque dizaine de millions d'habitants. Or c'est pour ces rarissimes physiciens qu'est orienté tout notre enseignement, ce qui oblige la plupart des élèves — même un bon nombre de ceux qui finiront par devenir techniciens ou ingénieurs — à ânonner pitoyablement — non d'ailleurs sans faire dans leurs rangs de très dommageables coupes sombres.

Nie-t-on le travail et le succès des professeurs du secondaire ? Dans la plupart des cas il faut admettre qu'ils ne « réussissent » qu'au niveau d'une sorte de *substitut pédagogique de la physique : l'enseignement secrète sa propre matière largement autonome par rapport à la discipline elle-même* (transposition didactique).

Que mettre alors dans de nouveaux programmes de formation scientifique et technique ?

Je répondrai volontiers que c'est là matière à recherche. Comme point de départ à cette réflexion dont j'affirme la nécessité, je dirai qu'il faut apprendre aux élèves le maximum, bien sûr, mais le maximum *raisonnable* en s'attachant :

— d'une part, à construire très progressivement concepts et formalismes, en veillant soigneusement, en particulier, à ce que ces derniers puissent s'appuyer

sur des connaissances mathématiques effectives ; à ne pas escamoter la modélisation et l'affrontement avec les représentations spontanées ;

— d'autre part, à fournir une large information sur les dispositifs techniques courants et leurs modes de fabrication et une pratique solide de leur mise en œuvre « intime ».

Ce dernier point est essentiel : il s'agit d'enrichir le « concret » des élèves, dont il ne faut certainement pas croire qu'il soit un donné, mais qui est un ensemble de référents qui doit être *construit* et structuré par un apprentissage adapté. D'une certaine manière, on peut dire que l'enseignement général, dans le domaine scientifique, ne peut être utile que s'il est technique, c'est-à-dire s'il vise à la présentation d'un certain nombre de réalisations et de savoir-faire pratiques sur quoi s'appuiera plus tard soit l'acquisition d'un métier — si le terme garde un sens — soit celle d'une discipline scientifique.

Voyons maintenant quels objectifs l'enseignement — et il faut lui ajouter la vulgarisation — pourront viser dans le domaine de l'information. Le point fondamental à souligner au départ de cette réflexion prolonge en fait ce qui a déjà été dit sur la difficulté de faire absorber beaucoup de connaissances scientifiques par des couches importantes de chaque classe d'âge. La remarque procède d'une double constatation : d'une part, la plupart des scientifiques n'atteignent à des connaissances opératoires qu'au prix d'une spécialisation très poussée. Celle-ci les laisse largement désarmés dans les domaines qui ne sont pas les leurs ou connexes aux leurs. D'autre part, l'expérience montre que la plupart des scientifiques ont du mal à appuyer sur leur compétence une réflexion organisée sur les problèmes sociaux, économiques ou politiques⁸⁹.

Ainsi il apparaît que non seulement il est difficile de faire acquérir des connaissances de types scientifique et technique, mais en plus elles ne servent pas à grand chose dans la conduite des débats généraux qui peuvent intéresser la Cité. A tout le moins doit-on admettre qu'elles sont largement inutiles si elles ne s'associent pas à un « mode d'emploi » adéquat. *L'information, c'est la négociation avec une ignorance nécessaire.*

Donc le problème se déplace sensiblement : ce que l'on doit considérer comme essentiel, ce n'est pas la connaissance scientifique elle-même, largement inaccessible — sinon « par morceaux » — mais la capacité pour les citoyens — et *a fortiori* pour les « décideurs », les « responsables » — de profiter du savoir des scientifiques en étant les auditeurs actifs et critiques de leur discours⁹⁰.

Sur quoi se fonde une telle capacité ? Il y a là, à mon sens, encore matière à réflexion. (D'ailleurs, ce « bon usage » de la science n'appartient-il pas aux philosophes de nous aider à le définir ?) Il me semble, cela dit, que l'on peut déjà discerner certaines composantes, qui, à tout le moins, jouent vraisemblablement un rôle important, et méritent ainsi d'être considérées de très près.

89. On peut citer l'exemple du nucléaire.

90. Michel Hulin indique ici d'illustrer son propos par un exemple concernant Churchill ; on le trouvera exposé dans la dernière partie p. 314 (N.H.).

Par exemple, il faut convenir que le débat entre « experts » scientifiques ou techniciens, ne s'identifie pas purement et simplement à un affrontement entre opinions quelconques. Il possède une indéniable spécificité, liée à la spécificité même de la connaissance scientifique et, en particulier, à son caractère objectif et cumulatif, ainsi qu'à l'existence d'un certain nombre de « principes fondamentaux » intangibles. Ce qui est important dans le domaine scientifique, du point de vue qui nous intéresse présentement, c'est qu'on puisse y dire des bêtises, et des bêtises réparables comme telles par les opposants.

Il s'ensuit, à mon sens, deux conséquences. D'abord la nécessité d'entraîner le maximum de personnes à critiquer, voire à organiser le débat entre spécialistes, pour profiter au mieux de ses caractéristiques, et du fait que, pendant un certain temps au moins, les protagonistes ne diront pas n'importe quoi, et en tout cas pas sans que, visiblement, l'un ne doive admettre que l'autre a raison. Ensuite, la nécessité d'habituer les citoyens — ou futurs citoyens — à repérer, dans le discours des scientifiques et des techniciens, les phases où s'expriment les savoirs qui relèvent de leur compétence effective et les phases où se manifestent leurs opinions, leurs options, idéologiques ou politiques par exemple ⁹¹.

Cela dit, deux problèmes — au moins ! — restent ouverts. Le premier tient à la « dose » de *savoir* scientifique ou technique qui est éventuellement nécessaire pour fonder de fait cette manipulation critique du débat entre spécialistes que nous décrivions tout à l'heure. Il n'est pas impossible que cette critique puisse se fonder sur le seul examen de la dialectique mise en œuvre par les interlocuteurs. Il est plus vraisemblable que la possession d'un certain bagage ne soit un atout considérable, voire une nécessité. Il conviendrait, cela dit, d'établir la liste des connaissances (concepts, relations, ordres de grandeur) qui sont les référents fondamentaux sur lesquels peut s'appuyer une appréciation des débats à composante scientifique. Et les choix qui fonderont cette liste doivent être dûment mûris : il n'y a pas d'évidence dans ce domaine, d'autant plus qu'il faut ici rompre — et c'est le point fondamental — avec une tradition qui veut que ce soient les exigences de *la discipline* qui déterminent les « programmes », fixant ainsi à la plupart des élèves et donc à la quasi-totalité des enseignants une mission impossible.

L'autre problème est de savoir comment on peut attirer les gens vers le débat à composante scientifique : beaucoup de nos concitoyens semblent fuir ce type d'échanges ou d'informations. Et il faut avouer que certaines formes de vulgarisation semblent s'accomoder fort bien de cette situation, et appellent en fait à de regrettables divergences ⁹². A la limite, peut s'installer une pratique aliénante, renforçant l'hostilité aux savoirs et aux pratiques scientifiques et techniques. Une surveillance de l'information et de la vulgarisation scientifiques s'imposent ; les enseignants ont, de toute évidence, un rôle très important à jouer aussi dans ce domaine. J'espère que mes collègues enseignants de phy-

91. On voit ici l'utilité de l'enseignement philosophique.

92. Trop de sensationnalisme, mais aussi d'esthétisme. La science suppose rupture épistémologique, et l'on ne peut masquer la rupture sans finir par nier la science elle-même.

sique en sont convaincus, et je souhaite vivement qu'une redéfinition des objectifs de l'enseignement leur permettent d'avoir dans ce domaine une influence déterminante.

En résumé, je pense qu'une remise en question très profonde de notre enseignement de début s'impose. Nous lui fixons actuellement des objectifs techniquement inaccessibles et socialement inutiles sinon franchement désastreux. Leur remise en cause est devenue nécessaire et c'est à ce prix, et même si cela nous impose une très pénible « révolution culturelle », que nous répondrons aux attentes profondes — sinon exprimées — du corps social.

Les principes et les observations qui devraient guider cette remise en cause sont les suivants :

1) Très peu d'élèves de l'enseignement secondaire tirent actuellement un véritable profit de l'enseignement de physique qui leur est proposé. Les professeurs parviennent à un certain succès mais sur une proportion limitée de la population et au prix d'une dégradation certaine de la discipline qui, de multiples manières, est privée d'éléments essentiels.

Ce succès est donc essentiellement formel, et le fruit d'un aménagement institutionnel : il faut que l'enseignement donne l'impression de « marcher » (cf. le « nombre de bacheliers » au Japon).

2) Cet insuccès se manifeste dans les deux directions qui ont pu être assignées comme axes de développement de l'enseignement scientifique :

— la formation intellectuelle générale : « acquisition de la démarche, de la méthodologie scientifiques » ;

— l'ouverture sur le monde technologique, ses pratiques et ses réalisations, et sur le monde des phénomènes naturels.

3) Comme cela fait cent cinquante ans que cela dure, et — avec des variations mais limitées — dans tous les pays du monde industrialisé, il faut admettre qu'il y a un problème de fond. On s'enferme à « réformer » de nouveau, et à moderniser. Il faut, en particulier, prendre acte de l'échec du PSSC et de ses surgeons qui réunissaient tous les atouts. Mais on peut lancer des navettes spatiales en y mettant le prix, parce que les concepts et les savoir-faire sont disponibles dans une problématique qui est claire, alors qu'on ne sait pas guérir le cancer, même en y mettant énormément de moyens, parce que les savoirs indispensables sur quoi fonder l'action manquent encore.

Il faut admettre qu'avec l'enseignement scientifique, on est dans le cas « cancer » et pas dans le cas « navette spatiale », et cela même si le problème apparaît comme « évident ».

4) Il faut, pour progresser, faire d'abord admettre que l'enseignement général doit être un enseignement technique :

— « l'enseignement général » étant celui qui s'adresse à la très grosse majorité de la population ;

— « un enseignement technique » étant un enseignement qui se réfère aux pratiques techniques effectives du monde industriel, qui les décrit, qui « met en main » certaines d'entre elles. Le succès de cet enseignement n'est plus défini du

dedans du système éducatif, mais par l'adaptation des savoirs acquis à une mise en œuvre effective, et économiquement satisfaisante.

5) Cet « enseignement technique général », lui aussi à construire dans une large mesure, est porteur de valeurs de formation qui doivent être soulignées — même si elles se démarquent parfois de la « culture générale » censée être véhiculée par l'enseignement traditionnel :

— capacités à recueillir une information, à utiliser des codes dans les deux sens ;

— capacité à organiser le travail, et en particulier le travail de groupe ;

— et surtout rigueur.

6) L'enseignement de physique ne doit s'insérer que très progressivement dans les programmes. Il doit se fonder :

— sur des outils mathématiques déjà bien possédés ;

— sur un « concret » dûment et sciemment enrichi par l'enseignement et la pratique technologiques.

C'est à ce prix que la modélisation, la manipulation des ordres de grandeur, la perception des causalités diverses, en œuvre au sein d'un système physique de manière parfois contradictoire, pourront effectivement « passer » dans l'enseignement.

Avant, on enseignera la « protophysique »⁹³.

7) Sociologiquement, l'enseignement scientifique a un rôle désastreux tel qu'il est actuellement pratiqué dans la plupart de nos pays. Il est en effet uniquement utilisé aux fins d'une sélection largement aveugle (quels que puissent être ses biais sociologiques). Dans ce contexte, les mathématiques ont longtemps tenu le haut du pavé, mais la physique est souvent en train de les supplanter, et il ne s'agit pas d'interpréter ce déplacement comme la marque de la place enfin reconnue de notre discipline dans l'enseignement général.

Il faut distinguer soigneusement deux clientèles :

— les (très) rares adolescents qui peuvent effectivement faire de la physique de manière intéressante. Ils méritent d'être repérés, et traités à part, de la même manière que l'on accepte de plus en plus de traiter à part les danseurs ou les tennismen ;

— la grande masse, mais y compris la « classe moyenne » formée de ceux qui, tant bien que mal, arrivent à décrocher leur diplôme de fin d'études secondaires. Pour ceux-là, le problème fondamental est de ne pas les dégoûter des sciences en les leur présentant trop précocement et sous une forme qui ne correspond ni à leurs capacités, ni à leurs intérêts du moment. La variété des composantes qui, au total, constituent une discipline comme la physique exige une variété de dons et une maturité suffisante pour dominer un ensemble complexe. Il faut accepter que les gens se placent, dans ce domaine, le long de toute une échelle de valeurs très étendue et que cette place évolue au cours du temps. A brûler les étapes, on coupe une énorme masse de chaque classe d'âge de toute connaissance scientifique et technique. Ni eux, ni la Cité n'y trouvent leur compte.

93. Voir p. 213.

8) La connaissance scientifique, voire, plus généralement le contact — même lointain — avec cette connaissance, interviennent de manière désormais systématique dans les choix politiques, économiques, sociaux auxquels doivent procéder nos sociétés.

Les élèves doivent, par l'enseignement en particulier, être préparés à ces choix. L'enseignement doit leur fournir un « mode d'emploi de la science et de la technique ».

Ce mode d'emploi doit éventuellement se fonder sur un corpus de connaissances. Mais ce corpus doit être défini : c'est sans doute une tâche prioritaire. Évidemment, ce n'est pas aux scientifiques eux-mêmes de le définir ni aux professeurs.

Ce mode d'emploi doit par ailleurs se fonder sur une perception des idéologies qui peuvent sous-tendre telle ou telle exploitation, telle ou telle récupération de la connaissance scientifique. L'enseignement correspondant doit faire intervenir les tenants des sciences humaines (philosophes, historiens, sociologues) en plus des scientifiques. C'est le défi auquel nous sommes confrontés. Il impose aux uns et aux autres une remise en question profonde. Il impose aux tenants des sciences humaines — aux philosophes en particulier — de ne pas s'accrocher à leur prétention historique de proposer un « système du monde », y compris du monde physique, position d'où ils sont chassés progressivement par les progrès de la connaissance scientifique. Leur place est ailleurs : entre la science et ce qui ne sera jamais science, sur une frontière à redéfinir en permanence. Ce défi impose aux physiciens — aux scientifiques plus généralement — de couper toute relation avec quelque scientisme ou néoscientisme que ce soit. Il convient enfin que soit rompu, par une décision politique, le double rapport faussé :

— à la compétence scientifique ;

— à la « compétence » institutionnelle ou pédagogique.

L'enjeu est suffisamment important pour que nous relevions le défi.

La physique ou l'enseignement impossible (juin 1987)

A la séance du 10 juin 1987 du séminaire de philosophie et de mathématiques de l'École normale supérieure, Michel Hulin présente cet exposé, « La physique ou l'enseignement impossible », qui est l'aboutissement de toute une réflexion menée depuis novembre 1983 et enrichie peu à peu⁹⁴. Le texte a été publié par l'IREM de l'Université Paris-Nord en décembre 1987 (N.H.).

*

**

THÈSE GÉNÉRALE ET INDICATIONS PRÉALABLES

D'emblée, je crois bon de donner la thèse générale autour de laquelle va s'articuler cet exposé :

1. Depuis un demi-siècle environ, la physique a connu un énorme développement tant au plan de la recherche fondamentale que des applications. Ce développement est, évidemment, quantitatif. Il est aussi qualitatif : la physique est sortie mûrie d'une série de crises.

2. Depuis un quart de siècle environ, à ce développement de la discipline — au plan des connaissances comme un plan épistémologique, ou, si l'on veut « culturel » — on a tenté, dans de nombreux pays dont la France, d'associer une modification de l'enseignement non spécialisé de la discipline qui prenne en compte cette richesse et cette maturité.

Cette tentative, uniformément, aboutit à un échec.

3. L'essentiel de notre propos est que cet échec doit être pris au sérieux. Il faut admettre qu'il n'est pas lié à des circonstances institutionnelles ou techniques malheureuses mais remédiables. Sa généralité même prouve qu'il procède d'une nécessité : « La physique des physiciens ne s'enseigne pas. »

4. Cette impossibilité dûment reconnue, le problème devient de savoir ce qu'il faut — et en même temps ce qu'il est possible — d'enseigner à la place : comment ? Par qui ? Pour qui ? Et qui en décide ? Cette présentation n'irait pas sans quelques remarques préalables, qui ne sont pas de simples clauses de style.

En effet, cet exposé comporte beaucoup d'éléments critiques pour l'ensemble de l'enseignement de la physique, en particulier dans notre pays, et là où

⁹⁴. Voir les deux textes de la même lignée, p. 205 et p. 147 (N.H.).

il touche les plus grandes masses d'élèves : secondaire et 1^{er} cycle du supérieur⁹⁵. Par là, nous courons le danger de heurter un certain nombre de collègues professeurs de physique.

Nous tenons dès le départ à insister sur le fait que nous ne mettons en cause ni le travail, ni la conscience professionnelle des enseignants, mais l'ensemble des conditions imposées à leur travail : objectifs explicites ou implicites, programmes, moyens mis en œuvre, existence d'examens qui sont beaucoup plus des faits sociaux (voire politiques) que d'authentiques actes pédagogiques et plus encore comme nous venons de le dire, une impossibilité au sens propre essentielle. Nous avons, d'autre part, pleinement conscience de la réussite de nombreux collègues, soit dans le cadre strict de l'institution enseignante, soit en débordant de ce cadre par des initiatives qu'encouragent parfois certaines instances administratives.

Ce dont il s'agit pour nous, c'est de tenter de reprendre au fond le problème de l'enseignement de la physique, dont il nous semble qu'il reste très mal posé, et qu'il condamne cet enseignement à un échec global, (malgré, répétons-le quelques exceptions brillantes, et des apparences plus nombreuses encore de réussite relative). Nous pouvons d'ailleurs souligner dès maintenant que, s'il est assuré que c'est au contexte français actuel que nous sommes le plus naturellement portés à nous référer, les raisons profondes de l'échec de l'enseignement de la physique nous paraissent, comme nous l'avons indiqué, jouer également dans d'autres pays, alors même que leurs structures éducatives, la formation ou les conditions de travail des enseignants, l'ampleur des efforts consentis pour amener à une évolution sont tous différents de ce qu'ils ont pu être ou sont en France. Alliées à des références historiques qui les complètent, ces comparaisons nous semblent apporter un élément de preuve extrêmement important.

Dans cette communication, nous réaffirmons d'abord diverses « évidences » relatives à la physique telle qu'elle se présente actuellement, compte tenu de son développement récent.

Nous montrerons que ces caractéristiques de la discipline laissent prévoir de multiples difficultés didactiques.

Nous procéderons ensuite à un certain nombre de constatations relatives à l'enseignement de cette discipline, et, en particulier, aux décalages qui apparaissent entre ces caractéristiques, comme pratique expérimentale ou théorique des physiciens, et la présentation des mêmes caractéristiques qui est proposée aux élèves par l'enseignement.

Nous tenterons ensuite de montrer que ce décalage est en fait inévitable compte tenu de l'ensemble des contraintes, épistémologiques et pratiques, imposées à tout enseignement structuré suivant les normes communes.

95. Une remarque au passage : nos références concernent essentiellement le second cycle du second degré, le seul avec les problèmes duquel nous avons quelque familiarité, fût-elle de seconde main. Nous demanderons à ce qu'on garde cette restriction implicite présente à l'esprit en prenant connaissance de cet article : collèges et, *a fortiori*, écoles primaires sont essentiellement hors du champ de nos remarques.

Il apparaît dès lors qu'il convient de redéfinir l'enseignement de la physique, ou plutôt ce qui devrait lui être substitué, en se débarrassant d'entrée de jeu d'une référence prétendument légitimante à la pratique des physiciens, référence qui ne peut être que formelle, étant entendu par ailleurs que la pratique des enseignants est encore moins une référence pertinente : c'est de la réponse aux besoins socialement reconnus en matière de connaissance scientifique que peut, en fait, dériver la légitimité.

Nous ne prétendons pas, cela dit, définir le « produit de substitution » à l'enseignement actuel : nous proposerons seulement quelques pistes de réflexion.

I. RAPPELS PRÉALABLES D'ÉVIDENCES DIVERSES

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 — au 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. Mais 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 traite-

ment 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 œuvre 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 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 emprunts 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 a été 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 œuvre 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'application — 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 super-loi 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 mettent en place pour se repérer dans leur approche du monde extérieur, pour justifier son comportement et les actions qu'ils entreprennent sur lui.

Depuis quinze ou vingt 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 — 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.

À 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'ex-

pression 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 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-trappe 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'électromagnétisme. (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 œuvre 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 œuvre 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 semiconducteurs ! 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 ; (leur différends éventuels portent sur les modalités de mise en œuvre 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'il 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 œuvre 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 phy-

sique. 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 satisfaisants, 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'apparaissent 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 « naïveté » 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 des 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, 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 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 des 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 1970.

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.

II. CONSTATS SUR LA SITUATION ACTUELLE

Comment l'enseignement « élémentaire » de la physique fait-il face à une tâche dont nous pressentons maintenant la difficulté ? Examinons en particulier :

- (i) comment il décrit l'invention de nouvelles catégories ;
- (ii) comment il traite les problèmes physiques au plan formalisé ;
- (iii) comment il instaure un échange entre ce formalisme et le discours en langage naturel ;
- (iv) comment il met en œuvre le recours à l'expérimentation ;
- (v) quelle ouverture il assure sur les applications de la physique en familiarisant les étudiants avec le principe de fonctionnement et les modalités d'utilisation des ressources technologiques produites par la physique appliquée.

On souhaiterait discerner les domaines où il réussit — tout en admettant qu'ils ne se prêtent pas tous à un égal succès et, ce, pour toutes sortes de raisons.

En ce qui concerne l'enseignement de la physique dans l'enseignement secondaire général français — qui nous intéresse ici au premier chef — il apparaît que la situation n'est satisfaisante d'à peu près aucune manière.

On peut la résumer en disant que ce système d'enseignement porte en fait sur une autre matière que la physique à proprement parler, qu'une partie importante de son activité consiste d'ailleurs à sécréter cette matière particulière, et qu'il fonctionne comme un système complètement clos, coupé tant de la communauté des physiciens, (qui d'ailleurs y mettent du leur), que des structures — connaissances et raisonnements — de la discipline, de ses pratiques expérimentales, des applications dans le monde industriel qui les produit et les met en œuvre, et des enjeux sociaux et économiques correspondants.

Cette appréciation globale est sévère mais, nous semble-t-il, nécessaire. Justifions-la en passant en revue les différents aspects du problème.

1. Le recours au formalisme mathématique est en fait systématiquement impossible au niveau où il devrait intervenir, car les connaissances mathématiques nécessaires ne sont jamais disponibles. Le fait est traditionnellement reconnu, mais non moins traditionnellement présenté comme seulement révélateur de la mauvaise volonté des mathématiciens. Or c'est un handicap fondamental, qui impose un réexamen en profondeur des conditions de fonctionnement de l'enseignement de la physique.

2. En fait, il est arrivé que des modifications — sans doute indûment ambitieuses — de l'enseignement de mathématiques aient fourni aux physiciens, pendant quelques années au moins, des outils mathématiques renouvelés. Ni les enseignants, ni l'institution n'en ont profité : il n'y avait, en fait, aucune attente véritable derrière les récriminations adressées aux mathématiciens. L'habitude est invétérée d'un « bricolage » systématique : on se contente d'examiner à l'économie des cas particuliers et de postuler, de manière parfaitement artificielle, des généralisations qui ne peuvent avoir aucune force de conviction, faute de prendre le recul nécessaire par rapport au maniement du formalisme, et de se placer dans des conditions telles que l'intimité de son insertion dans la réflexion physique soit perceptible et effectivement mise à profit pour faire progresser cette réflexion.

On pourra nous opposer que, malgré le texte de certains programmes de mathématiques de naguère, les « outils » auxquels nous faisons référence n'étaient en fait jamais véritablement disponibles, faute d'une assimilation effective par les élèves. C'est plus que vraisemblable. Mais :

— d'une part, cela n'enlève en rien de sa force probante à notre remarque faite plus haut que l'enseignement de physique n'a même pas tenté de profiter d'une évolution qui n'était quand même pas condamnée *a priori* ; (au contraire, l'accueil réservé à ce type d'innovation a été de dénigrement systématique, si l'on excepte quelques tentatives courageuses menées, par exemple, dans certains IREM, et qui n'ont absolument pas « mordu » sur la masse des enseignants) ;

— d'autre part, s'il est avéré que les ambitions des collègues mathématiciens étaient démesurées, et qu'ils visaient trop haut avec des élèves trop peu réceptifs, il faut admettre que les connaissances mathématiques qui, seules, permettraient de placer l'enseignement de la physique dans un contexte où il puisse fonction-

ner normalement compte tenu des buts qu'on tente de lui assigner par ailleurs, ne sont pas et ne seront jamais disponibles dans l'enseignement secondaire ou au début du supérieur. Pour ne citer que quelques exemples, il est clair — et prouvé — que la mise en équation d'une situation avec l'intervention des différentielles est pour la plupart un obstacle insurmontable. La manipulation des fonctions de plusieurs variables — en thermodynamique ou pour l'étude des phénomènes vibratoires — présente des difficultés analogues.

Il faut en tirer les conséquences qui s'imposent, sans prolonger indéfiniment un effort illusoire pour se passer d'un langage formalisé pourtant indispensable, et lui substituer des petits calculs décousus et des analogies plus que douteuses.

3. Comme il se doit, fonctionnant dans de telles conditions, l'enseignement de la physique ne peut qu'ignorer des moments pourtant essentiels de la formalisation : par exemple la nécessité de placer l'analyse des phénomènes physiques, (en mécanique, en électromagnétisme), dans le cadre de repères précisément définis, et de s'interroger sur la possibilité et les effets des changements de repère. On en arrive ainsi à éliminer de l'enseignement des éléments absolument fondamentaux : c'est quand même en reconnaissant qu'il n'y avait de sens à parler de mouvement d'un corps que par rapport à d'autres corps formant un repère que Galilée a pu créer la mécanique ; demander que la reconnaissance de cette étape essentielle soit transcrite dans l'enseignement d'une matière qui se fait passer pour de la physique n'est quand même pas la marque d'une prétention gratuite ! Or comment faire percevoir cette nécessité du repère sans poser le problème du changement de repère ? D'ailleurs, les mêmes collègues qui tempêtent contre l'introduction de telles discussions dans leur programme, n'hésitent pas à pratiquer le changement de repère dans leurs exercices, ou dans les manuels qu'ils publient, quitte à accumuler les plus graves incohérences.

De ce point de vue, la situation se dégrade souvent : en trente ans, on peut craindre que la compréhension de la force centrifuge ait plutôt régressé. On peut aussi se demander si, dans certains cas, il n'y a pas en fait refus de l'institution elle-même devant ce qui lui paraît non pas seulement d'une trop grande complexité, mais douteux même faute d'une exigence suffisante dans la rigueur logique et dans la valeur de conviction des enchaînements proposés pour représenter l'exercice de la causalité. L'étude de l'induction électromagnétique est révélatrice à ce point de vue.

4. Une conséquence bien sûr nécessaire de ce qui précède est que le « statut épistémologique » — on nous pardonnera cette formulation pompeuse — des différentes lois physiques n'est ni explicité, ni respecté, non plus que leur place les unes par rapport aux autres, ou leurs relations avec les grands « schèmes » tels que la référence à la causalité. (Ainsi, nous avons pu voir récemment une étudiante de 1^{er} cycle « découvrir » que c'est la force qui produit le mouvement, et pas le contraire).

Il n'y a pas de distinction claire entre relations constitutives d'un système donné et lois physiques générales, pas d'exploitation des symétries, (par exemple au niveau d'une distinction systématique entre vecteurs et pseudovecteurs). Les lois de conservation ont, en principe, été mises au cœur du programme de 1972

auquel elles devaient servir de fil conducteur ; mais cette référence a été en quelque sorte émietlée, parcellisée, par le dépeçage auquel on a soumis la progression initialement prévue.

(On trouverait un autre exemple révélateur en électrocinétique ; faute de se donner les moyens, les programmes de seconde et première s'étaient limités à une présentation purement empirique de la différence de potentiel et de l'intensité, comme si professeurs et élèves pouvaient se contenter de penser en termes de « V : indication de l'appareil appelé voltmètre », et « I : indication de l'ampèremètre ». Peut-être faut-il rappeler ici que la couverture du numéro de septembre 1983 de « *Physics Today* » nous représente un professeur de « High School » proposant une interrogation à ses (rares) élèves sur le thème « Les trois lois fondamentales de l'électricité $V = RI$, $I = V/R$, $R = V/I$! »).

5. Nous avons dit que le recours au langage « naturel », en plus du formalisme, nous semble une phase indispensable de l'apprentissage de la physique. Or, de nouveau, c'est un élément très souvent négligé par la pratique enseignante.

D'ailleurs, la modélisation explicite est très généralement escamotée, les systèmes présentés étant déjà des systèmes modèles. L'implication observable des résultats du calcul est elle-même très systématiquement négligée.

Du coup, non seulement le processus de formalisation est considérablement appauvri, mais l'enseignement introduit une coupure complète avec l'environnement, naturel ou technique, et s'interdit toute utilisation de la physique pour comprendre cet environnement. (On reviendra plus loin sur ce point).

6. Le recours à l'expression écrite ou orale en langage « naturel » est d'ailleurs systématiquement refoulé par la plupart des enseignants de physique. Ceux-ci, très souvent, ne considèrent pas que le cours ou le TP de physique puisse être le lieu d'un apprentissage de l'expression, portant sur un contenu particulier lié à des exigences propres. (Ils sont, bien sûr, largement suivis dans cette voie par les étudiants ravis de l'aubaine !) (A leur décharge, on se doit de dire qu'il ne sont guère encouragés par les conceptions qui président de plus en plus à l'enseignement du français et qui ne cultivent pas prioritairement les qualités de précision, et de logique dans l'argumentation).

7. Au total, l'enseignement présente une formalisation maladroite, inefficace, et inexploitable au niveau d'une compréhension un peu profonde de l'explication physique des phénomènes parce qu'elle manque d'ampleur et de généralité, et qu'elle ne fait pas l'objet d'une présentation et d'une discussion en tant que processus, et n'est introduite que comme procédé. Cet ensemble de recettes, dans l'esprit des élèves, côtoie les représentations « spontanées » qui, hors du contexte scolaire, perdurent inentamées, et réapparaissent d'ailleurs dans ledit contexte dès que fléchit le secours des recettes.

8. La situation est-elle plus favorable en ce qui concerne la seconde composante fondamentale de la physique : la composante expérimentale ? En fait ce que nous avons dit plus haut suggère que les difficultés sont ici pires encore et nous devons prévoir que les recours expérimentaux sont eux-mêmes des plus contestables.

Il doit être bien entendu, certes, que les attentes qu'on peut manifester vis-à-vis de l'enseignement, dans le domaine expérimental, sont beaucoup moins claires encore que pour les aspects théoriques ou formels : l'intervention de l'expérience, dans la pratique du physicien, est si intimement liée à une activité de recherche, à une tentative de détermination de quantités ou de relations inconnues et à la maîtrise de pratiques techniques nécessaires à ce que la mesure ait un sens, que la transposition à l'enseignement implique un remaniement radical et dont il est difficile, *a priori*, de cerner toutes les modalités.

Ces restrictions faites, il est clair quand même que quelques conclusions de bon sens s'imposent, et, à leur niveau, la situation n'est pas satisfaisante :

- les savoir-faire pratiques des élèves restent très pauvres ; (on a doté les établissements d'un très grand nombre d'oscillographes : ils jouent un rôle central dans de multiples Travaux Pratiques : néanmoins, la maladresse des étudiants de 1^{er} cycle universitaire devant ces appareils reste considérable : on ne dira rien des savoir-faire de « bricolage », souvent inexistant) ;

- la référence à l'expérience prend très souvent l'aspect, dans les cours ou dans les manuels, de fausses démonstrations tout entachées encore des naïvetés de la « redécouverte » ;

- il y a intervention systématique, du fait des enseignants, d'éléments pseudoformalisés intempestifs, (des conventions sans généralités, des modalités de langage gratuites, telles, par exemple, celles qui réfèrent aux « avances » ou « retards » de phase), et rejet des recours expérimentaux véritables (tels, par exemple, que la comparaison entre deux situations expérimentales pour voir dans quel sens, sous l'influence d'un changement donné des conditions de la manipulation, évoluent les grandeurs observées) ;

- les manipulations font recours à un matériel « didactique » hors de prix et « ad hoc », qui enlève l'essentiel de leur intérêt aux manipulations car il s'agit d'un matériel « modèle », imposé dans une structure figée, aux élèves. (Ce qui serait intéressant, ce serait de le faire concevoir, et éventuellement réaliser, par ceux-ci). De nouveau, toute la réflexion liée à la modélisation est éliminée de l'enseignement, et celui-ci se condamne à vivre replié sur lui-même, au milieu des objets qu'il s'est lui-même construits.

Le recours aux ressources modernes (circuits intégrés par exemple) dans une situation active est exceptionnel. (Du matériel sophistiqué peut éventuellement apparaître, mais de manière qui reste purement artificielle, c'est du matériel « parachuté » pour « faire bien », sans véritable intégration dans un quelconque processus didactique).

A la limite, le recours expérimental devient purement idéologique : aux beaux jours de la Commission Lagarrigue, nous avons pu entendre un collègue réclamer l'insertion, dans le programme, de telle mention supplémentaire avec l'argument que « ça permettrait de faire un TP ».

9. Le couplage de l'enseignement avec l'information scientifique et technique, son suivi de l'actualité scientifique, sa référence aux développements récents de la discipline ou de ses applications sont quasiment nuls.

Point n'est besoin d'ailleurs de viser les « développements » ou « l'actualité » pour noter une déficience dans ce domaine, il y a une régression continue depuis maintenant de nombreuses années. Les programmes ne font plus mention ni du « principe de la radio », ni des « propriétés physiologiques des sons », ni des « instruments d'optique », ni de la « résistance de l'air », ni des « moteurs ou générateurs électriques », etc. Il ne faut pas s'étonner que les agrégatifs soient très nombreux à ne pas avoir la moindre idée de ce qui peut être recueilli au bas d'un haut-fourneau. Les professeurs se refusent en plus systématiquement à donner des ordres de grandeurs représentatifs qui « situeraient » objets et phénomènes : les « valeurs numériques » doivent être données dans les problèmes, et il n'est pas question de demander aux élèves d'en retenir certaines, même si elles jouent un rôle essentiel dans l'appréciation et l'analyse des situations physiques.

10. Mention particulière doit être ici faite du baccalauréat, car c'est en fait la finalité omniprésente, au moins dans le 2nd cycle : tout l'enseignement tourne autour de l'examen final, et c'est au niveau de cet examen que s'exerce en permanence la pesée de l'institution, corps professoral en tête, pour remodeler l'enseignement suivant des conceptions « internes » au système et évacuer au maximum les références extérieures. L'évolution des épreuves au cours du temps est très révélatrice de cette tendance profonde au repliement sur soi-même et à la définition, en système clos, de ses propres objectifs, indépendamment des réalités de la discipline et des besoins du monde extérieur. S. Johsua avait montré il y a quelques années — dans le cadre des « anciens programmes », antérieurs à la réforme de la Commission Lagarrigue — l'étendue du phénomène : sept à huit « sujets-types » permettraient de rendre compte de 90 % des sujets d'examen donnés par les différents centres. Les nouveaux programmes ont d'ailleurs été très vite démantelés de manière à restreindre le nombre des exercices susceptibles d'être proposés, et le corps professoral réagit avec la plus grande vivacité à toute velléité de sortir du « cadre » qu'il cherche à définir et à imposer de manière aussi rigide que possible.

Au terme de ce bilan, force est de constater que, dans notre pays, l'effort de renouvellement de l'enseignement secondaire en physique a essentiellement échoué : le rapide dépeçage du programme a, très rapidement, permis de reconstituer le « rituel », et l'insistance mise par la Commission sur les grandes démarches de la physique — par exemple sur les lois de conservation —, (démarches rapidement vidées de l'essentiel de leur contenu), a eu pour conséquence la plus claire d'accélérer l'expulsion des quelques éléments de physique appliquée qui pouvaient subsister dans les anciens programmes.

Certains collègues incriminent le manque de moyens accordés à la Commission : calendrier bousculé, essais en classe limités, recyclage insuffisant des professeurs, matériel trop chichement distribué. En fait, nous avons des éléments d'information tout à fait abondants et convergents qui nous permettent d'éliminer ce type d'explications : il suffit pour cela de noter qu'on trouve à l'étranger, et singulièrement dans les pays anglo-saxons, une situation quasiment aussi catastrophique.

11. La « réforme Lagarrigue » s'inscrivait en fait — quoique avec retard — dans la ligne d'un ensemble de tentatives analogues, débutant avec le PSSC en 56

(mise en place en 1960), prolongé par le HPP (développement en 1964-1968) et, en Grande-Bretagne, par le Nuffield Project (à partir des années 60). Toutes ces réformes avaient des buts semblables : lancées à l'initiative des physiciens « de profession », elles visaient à faire passer dans l'enseignement secondaire les éléments pour eux essentiels de la discipline, les « grands moments de la physique », que ce soit pour des éléments à vocation scientifique (PSSC, Nuffield), ou, dans une perspective plus « humaniste », et pour assurer une culture générale à des « littéraires » (HPP). Toutes bénéficiaient de moyens de tous ordres incomparablement plus développés que ceux dont on a pu disposer en France, et les produits visibles de l'activité des groupes impliqués dans ces opérations, les manuels par exemple, frappent par la richesse de réflexion insigne qu'ils supposent sur la physique et son enseignement. Néanmoins, ces réformes n'ont pas suffi à modifier profondément la situation de l'enseignement : aux USA par exemple, on semble revenu 25 ans en arrière, aux débuts de « l'ère Sputnik » (cf. le numéro de septembre 83 de « *Physics Today* » déjà cité et d'autres mentions, dans le même périodique, aux débuts de 1987) : baisse des effectifs d'étudiants choisissant d'étudier la physique, « analphabétisme scientifique » de la plupart des élèves d'un âge donné, et réinstallation du corps professoral dans ses habitudes initiales. En Grande-Bretagne, le projet Nuffield est sous feux croisés : la plupart des professeurs ou des écoles le trouvent excessivement ambitieux et, passé un premier temps de séduction, l'ont progressivement rejeté ; par ailleurs, les Universités les plus tournées vers la formation des élites scientifiques, et les associations de spécialistes, critiquent avec virulence la tentative faite de mettre l'accent sur des discussions « touche-à-tout » et essentiellement qualitatives, sur le « feeling » de la réalité physique, au détriment d'une formation solide aux analyses quantitatives.

12. Nous atteignons là, comme je l'ai annoncé, un « moment » crucial de cette présentation.

Ce à quoi nous sommes confrontés, c'est la situation suivante :

— D'une part, un développement quantitatif et qualitatif sans précédent de la discipline « physique ». Il est remarquable que ce soit dans la années 60-70 que soient apparus tant d'ouvrages de physiciens — et certains de tout premier plan — exposant « la nature des lois physiques » (Feynman)⁹⁶, « le sens et la structure de la physique » (Cooper)⁹⁷, « les concepts en physique » (Adair)⁹⁸. La communauté physicienne fait, à sa manière et elle-même, l'épistémologie nouvelle version de sa discipline. Les « crises » de la relativité ou des débuts de la mécanique quantique sont bien loin ! (Et d'ailleurs cette épistémologie se nourrit bientôt de nouveaux développements, qui viennent remettre en cause certaines divisions du travail, certaines cloisons intradisciplinaires : fractals et systèmes dynamiques, ou calculs sur réseaux rassemblent physiciens des particules et physiciens des solides ou ceux-ci et hydrodynamiciens).

96. *La nature des lois physiques*, Paris, Robert Laffont, 1970 (édition originale 1965). Il convient d'y ajouter les *Lectures*, Addison Wesley, 1963 (N.H.).

97. *An introduction to the meaning and structure of physics*, Harper international edition, 1968 (N.H.).

98. *Concepts in physics*, New York, Academic Press (3^e édition 1969) (N.H.).

— Du fait de ce développement, jamais les physiciens n'ont senti à ce point leur activité porteuse d'une charge culturelle, d'un potentiel, au niveau de la formation générale, aussi riches et aussi prêts à être exploités. Et jamais, dans le même temps, l'impact du progrès scientifique sur la vie quotidienne, sur l'environnement technique des citoyens n'a été aussi direct et patent pour tous, aussi créateur, par là même, d'une demande sociale pressante.

— La communauté physicienne a donc délégué certains de ses membres auprès des institutions aptes à modifier l'enseignement de la physique au niveau secondaire et au début des études universitaires :

- Il fallait, pour ce qui est des contenus, rééquilibrer les parties de la physique les unes par rapport aux autres, et faire une place convenable, entre autres, à la mécanique statistique ou aux idées quantiques.

- Il fallait assurer une ouverture adéquate de l'enseignement sur les applications contemporaines.

- Plus encore, il fallait présenter, avec le maximum d'authenticité, les méthodes fondamentales de la discipline — recours à de « grands principes », reconnaissance des phases de modélisation, formalisation, expérimentation — en s'extrayant des présentations « locales » de modèles tout faits, juxtaposées les unes à côté des autres le long des cours. Ce désir prioritaire répondait d'une part à un besoin d'efficacité (pour l'apprentissage immédiat comme pour les développements ultérieurs), et d'autre part — plus encore peut-être — à l'idée que c'est à ce niveau qu'apparaît la richesse culturelle de la physique : ce serait donc en introduisant les étudiants au maniement de ces concepts et à l'apprentissage de ces règles d'analyse qu'on tirera le meilleur profit de l'enseignement de la discipline non seulement pour elle-même, mais comme composante essentielle d'une formation générale dûment modernisés. Au bout du compte, l'échec est général : incompréhension renforcée des étudiants, protestation des professeurs, retour en arrière accéléré dès que les digues cèdent.

Force est d'admettre que l'on est ici confronté à une difficulté fondamentale : « la physique ne s'enseigne pas ».

13. Nous pouvons d'ailleurs étayer ce diagnostic en nous reportant à l'histoire de l'enseignement, complétant ainsi les références « géographiques » qui viennent d'illustrer le caractère général des difficultés auxquelles se heurte l'enseignement « élémentaire », non spécialisé de la physique. Ainsi, la physique ne s'enseigne pas, mais, au fond, elle ne s'est jamais enseignée.

Il est remarquable de voir comment, à la stabilité de l'enseignement des mathématiques, au moins jusqu'à une époque récente, s'oppose, en physique, la permanence d'hésitations conduisant à des bouleversements de programmes ou à des changements de doctrines, avec des constantes de temps extrêmement réduites, de l'ordre de la dizaine d'années. Tout le XIX^e et l'entre-deux-guerres ont ainsi vu se succéder les interventions de « savants », isolés ou groupés en commission, de hauts fonctionnaires ou de ministres qui ont tenté de définir les moyens de faire passer dans l'enseignement la valeur théorique et pratique — voire morale ! — de la « philosophie naturelle », chacun trouvant de bons arguments pour expliquer l'échec patent de ses prédécesseurs.

Nous pensons que le moment est venu d'admettre que le problème n'a pas été résolu parce que c'est, fondamentalement, un problème insoluble dans les termes où on a voulu le poser au départ, et où on continue de le poser.

D'un texte d'Henry Le Châtelier, nous extrayons la réflexion suivante : « L'esprit n'est mûr pour les études scientifiques que vers 16 ans. Jusque-là, on devrait se contenter de faire apprendre aux enfants des sciences naturelles, qui exigent seulement l'esprit d'observation, et préparer l'étude des sciences physiques par des travaux manuels d'atelier ou de laboratoire, destinés à donner la connaissance expérimentale des principaux phénomènes naturels.

Les méthodes actuelles d'enseignement des premiers principes de la science sont néfastes... Certains élèves sont déclarés bouchés pour les sciences quand leurs insuccès sont dus à de mauvaises méthodes d'exposition... et surtout à un enseignement prématuré. »

Certes, nous ne reprendrions pas telles quelles à notre compte toutes les affirmations de Le Châtelier : l'évolution de la physique, et des « sciences naturelles », depuis son époque, ont très sensiblement modifié les données du problème. Il ne fait aucune mention des difficultés liées à l'emploi du formalisme mathématique, (qui nous semblent fondamentales), à la fois par ce que la formalisation de la science de son temps était beaucoup moins poussée que celle de la physique plus récente, et parce qu'il évoluait dans un contexte marqué par le positivisme qui lui faisait accorder une confiance probablement excessive dans les vertus probantes de l'expérience : parlait-on, à l'époque, de « représentations spontanées » ? Nous adoptons néanmoins complètement sa conclusion : dans le secondaire, l'enseignement de la physique — en tout cas de la physique des physiciens — est prématuré, et les autres raisons que nous voudrions ajouter à celles mises en avant par Le Châtelier ne font que renforcer cette conclusion.

Comme toujours quand l'on fait ressurgir les critiques « des Anciens », il sera naturel d'incriminer, à l'origine de notre propos, l'influence pernicieuse de quelque courant idéologique sous-jacent : on ne nous épargnera certainement pas cette réaction que nous serons d'ailleurs les premiers à trouver saine. Mais nous demandons à ce qu'on revienne sur le grave problème posé par Le Châtelier : celui des élèves. Qui d'entre nous peut dire que, pour l'un de ceux-ci, il serait actuellement prêt à poser en toute conscience un diagnostic définitif quant à ses capacités véritables à partir de ses succès ou échecs scolaires ? Et si d'autres s'insurgent contre la dénonciation de « mauvaises méthodes d'exposition », accepteraient-ils, par avance, de publier une analyse critique de nos manuels des lycées et un relevé de leurs erreurs scientifiques patentées ?

14. Immédiatement la question se pose : pourquoi cette nécessaire impossibilité d'enseignement ? Certains de nos interlocuteurs seront vite narquois : « ainsi vous, les physiciens, vous êtes à ce point les "supermen" de la science que seuls quelques initiés peuvent égaler vos prouesses intellectuelles ! »

Et d'autres s'inquiéteront immédiatement, et tout à fait opportunément : « Si l'on cherche à enseigner les sciences et en particulier la physique, ce n'est pas du tout gratuit. Vous les premiers, les physiciens, vous aviez expliqué que, sans physique, les enfants deviendraient des adultes étrangers au monde technolo-

gique, incapables de s'y insérer professionnellement, incapables de s'y comporter en citoyens responsables. Et vous venez nous dire que, finalement, la physique ne peut s'enseigner. Vous nous dites donc que la masse énorme des non-physiciens est vouée, irrémédiablement, à ne compter que des bons à rien. »

Toutes ces questions sont parfaitement pertinentes ; elles correspondent à des problèmes très réels : il ne faut pas les esquiver. Nous allons esquisser un schéma de réponse possible ; il s'articule autour des points fondamentaux suivants :

(i) Oui, la physique est une activité qui ne peut largement diffuser dans la population.

(ii) Admettons-le, et le problème devient de contourner cet obstacle essentiel ; or le contournement est possible. Ce qui est en cause, c'est une certaine attitude « naturelle » devant l'enseignement, un paradigme et une idéologie de la formation, dont il faut admettre qu'ils ne tiennent plus devant un certain nombre de réalités, les unes liées à la masse des connaissances et savoir-faire mis en œuvre par les scientifiques, les techniciens, les spécialistes, les autres de nature sociale ou économique. Et ce qui est prioritaire et fondamental, c'est de repenser l'organisation sociale du système éducatif, et les objectifs qu'on lui assigne dans le domaine scientifique : quelle que soit l'énormité de la tâche, on ne peut en faire l'économie. (Cela dit, il faut bien que les lycées ouvrent le lundi à 8 heures, et il restera important de définir des actions immédiates pour réduire les tensions les plus vives, les incohérences les plus choquantes).

(iii) Le seul problème qui subsiste inentamé dans ce contexte est l'incapacité de faire passer la valeur culturelle de la science, et de la physique en particulier, dans les représentations sociales majoritaires. Il faut admettre que c'est un problème « du second ordre » : il faut accepter d'en reculer la solution en ayant de plus la conviction que des progrès, sur un plan plus modeste, permettant d'accroître progressivement la technicité des activités professionnelles, constitueront un élément très favorable sinon déterminant à un progrès sur le plan culturel.

III. AU-DELA DE L'ÉCHEC

1. Physiciens supermen ? Eh bien ! admettons-le effectivement, pour tirer à peu près son épingle du jeu en physique, même à un niveau modeste, il faut réunir un faisceau de capacités, les unes de traitement formel, les autres d'actions pratiques sur la matière, d'autres enfin, les plus importantes peut-être, liées à l'évacuation des représentations communes, à l'oubli de vieux réflexes intellectuels pourtant profondément intégrés à la conscience de l'espèce. Et le rassemblement de ces capacités n'est pas fréquent, (et cela même si l'on ne fixe pas des standards de référence élevés).

Cela dit « superman » reste loin. Le physicien ne le sera pas plus que le sauteur à la perche — qui doit être bon sprinter, fort des bras mais pas trop lourd, acrobate — ou le violoniste — qui doit être habile de ses doigts, avoir l'oreille fine, une bonne mémoire, une sensibilité artistique développée, etc.

Mais, au total, la physique est effectivement extrêmement difficile à enseigner parce qu'elle accumule les difficultés :

— elle heurte de front les représentations spontanées ;

— ses analyses sont peu probantes, peu naturelles au départ, et en même temps « floues » (par rapport aux mathématiques, qui séduiront plus facilement les débutants doués) ;

— en physique, pour comprendre ou faire, il faut dès le départ, mobiliser de multiples savoirs complexes : les manipulations sont difficiles, les formulations mathématiques lourdes, les analyses logiques et langagières complexes.

Par essence — et c'est un handicap rédhibitoire au niveau de l'enseignement — la physique se « séquentialise » mal. J'entends par là qu'il est difficile de définir un petit corpus de connaissances limitées sur lequel on se cantonne au début de l'apprentissage, et à partir duquel on progresse linéairement par adjonctions et raffinements successifs, au moins si on veut maintenir un minimum d'authenticité et — ce qui est plus important encore — si on veut que la physique enseignée apparaisse entretenir un rapport effectif avec la réalité du monde extérieur.

Au terme de ce constat, il est clair que l'on ne sera pas prêt de sitôt à enseigner de la « vraie » physique à de nombreux élèves — si tant est qu'on le soit jamais.

Nous aboutissons ainsi à une vue très élitiste, une vue que ni le corps social, ni les scientifiques eux-mêmes, pour une bonne part d'entre eux, ne seront prêts à admettre très facilement.

Il faut pourtant s'y résoudre, ce qui suppose essentiellement d'admettre que la « représentation spontanée » — ici encore — est fallacieuse, et procède d'une erreur de perspective.

En fait, notre société a très peu de besoins en « vrais physiciens professionnels » (et d'ailleurs aussi en « vrais mathématiciens » et autres). Chaque année, les entrées cumulées dans les laboratoires de physique fondamentale, où le progrès dans la maîtrise de cette discipline est l'unique critère de succès, se montent au plus à quelques dizaines dans un pays comme la France. Mettons donc à part les futurs « pros ». Reste que tout l'enseignement scientifique reposait sur l'idée que l'apprentissage précoce des débuts de la physique — puisqu'il s'agit d'elle — était un passage obligé pour tout élève visant une carrière d'ingénieur ou de technicien ; tant au plan des connaissances de base que de l'apprentissage des méthodes, cet élève y trouvait des éléments indispensables. Cette idée n'est pas *a priori* sottise, mais l'expérience prouve qu'elle conduit à des échecs systématiques. C'est donc elle que nous devons remettre en cause. Nous reviendrons sur ce point dans la suite.

2. Réglons d'abord un problème : celui des futurs physiciens. Le point est ici de les repérer, et de les traiter à part, comme on accepte de traiter à part les futurs sportifs ou les futurs danseurs. Quelques dispositions techniques sont évidemment à étudier : comment s'assurer qu'on « ratisse assez large ? » Comment réintégrer dans la formation des jeunes gens qui se manifestent tardivement ? Comment réintroduire dans le système général des élèves qui ne répondent pas aux espoirs qu'on avait pu nourrir à leur endroit ? Le petit nombre des personnes

traitées devrait assurer que ces questions soient solubles, de même d'ailleurs que les problèmes docimologiques (le baccalauréat « spécial » qu'il faudra bien mettre sur pied, mais il en existe déjà pas mal, pour les sportifs par exemple). Le point essentiel est qu'il faut désarmer à l'avance l'opinion publique : la sélection, ici, n'a pas de retentissement, d'implications sociologiques de quelque importance que ce soit.

Admettons donc résolu, pour ce qui est de l'enseignement secondaire, le problème de la petite minorité d'élèves spécialement aptes à faire de la physique, (et qu'on adaptera numériquement « aux emplois » : il s'agit de quelques dizaines d'élèves), et passons au cas général.

3. Une des grosses difficultés de toute réorientation fût-ce d'une partie du système éducatif est qu'il faut intervenir en simultané avec le maintien d'une activité pédagogique apparemment au moins non perturbée : on ne peut atterrir, réparer, et redécoller !

Pour une part donc, les premières mesures visant à l'évolution générale de l'enseignement de la physique seront locales, éventuellement temporaires, techniques. Insuffisantes par elles-mêmes, elles sont néanmoins nécessaires à la réduction rapide des dysfonctionnements les plus criants : elles donnent également l'occasion d'essais dont il pourra toujours être ultérieurement tiré profit.

Dans ce domaine, nous nous contenterons de mentionner quelques impératifs :

(i) Admettre la dépendance des programmes de physique vis-à-vis de la maîtrise des outils mathématiques telle qu'elle est effectivement, (et non pas sur le papier), acquise par une fraction importante d'élèves.

(ii) « Nettoyer » la physique. L'enseignement de cette discipline reste en effet, actuellement, étroitement dépendant du hasard des découvertes et des formulations primitives, et un gros effort reste souvent à faire pour éclaircir la situation, affermir la logique des raisonnements, et définir de plus les modes de formalisation à la fois accessibles aux élèves et adéquats aux théories présentées. Un travail récent sur le phénomène d'induction électromagnétique⁹⁹, pourtant connu depuis 150 ans, et son exposé au niveau scolaire *et* universitaire nous a montré à quel point la présentation des manuels, certains pourtant intéressants voire prestigieux, peut être diffuse et lardée d'imprécisions, de postulats implicites, de complications inutiles, voire d'erreurs patentées. Bien des domaines de la physique, même la plus classique, mériteraient à coup sûr un tel réexamen.

(iii) Divers « rééquilibrages » de l'enseignement secondaire scientifique seraient bienvenus. Ils passeraient par une importance accrue donnée à des sciences expérimentales moins formalisées et sophistiquées dans leurs modes d'expérimentation et d'analyse que la physique : géologie, biologie et chimie (dans la mesure où nos collègues chimistes accepteraient d'insister sur la valeur phénoménologique de leur discipline) permettraient, comme le suggérait Le Châtelier, un accès facilité des élèves à un premier niveau d'études scientifiques. Devraient également intervenir des apprentissages techniques : travaux manuels

99. Voir p. 190 (N.H.).

(toujours Le Châtelier), mais aussi dessin (aujourd'hui complètement négligé dans ses aspects figuratifs), ... et « français » : il faudrait disjoindre enseignement de la littérature et enseignement visant l'acquisition de capacités d'expression orale ou écrite. (De telles capacités sont, actuellement, dramatiquement indisponibles chez de nombreux bacheliers).`

(iv) Enfin, il serait bon d'accepter que l'enseignement scientifique, pour une bonne part, accepte de ressembler à de la vulgarisation, et prenne un tour largement informatif, tant sur les phénomènes naturels que sur le monde technique. (*Mutatis mutandis*, nous retrouvons un peu l'idée d'une histoire de nouveau partiellement événementielle et chronologique, en réaction contre les explications synthétiques prônées naguère).

4. Mais passons maintenant au cœur du problème. Quel régime de croisière vise-t-on pour tous ces élèves ou ces étudiants qui ne veulent pas, et ne doivent pas (tenter de) devenir des professionnels de la physique ? Que leur apprendre ? Pourquoi ? Comment ?

Autant dire, bien sûr, que le reste de cette intervention n'apportera pas de solution : son seul but sera de poser quelques jalons préliminaires le long de quelques voies qu'il conviendrait, à notre sens, d'explorer.

En ce qui concerne le secondaire, le jeu est à l'évidence très complexe. D'une part le « système » — professeurs, inspecteurs, décideurs — cherche une légitimation « objective » des contenus et des programmes auprès des spécialistes. Mais le même système sait très bien ne retenir de leur recommandation qu'un alibi : il lui est facile de mettre en avant le manque de pratique enseignante, au niveau secondaire, des scientifiques pour « transposer » ces recommandations et, finalement, pour décider de l'intérieur des caractéristiques de l'enseignement. Ainsi aboutit-on, et depuis longtemps, à une « physique enseignée », dotée d'une logique propre, et dont le recouvrement avec la physique des physiciens, et avec la physique qui sert, s'est amenuisé à l'extrême.

Reconnaître que la physique est « inenseignable » aurait au moins le mérite de poser clairement les problèmes et d'interrompre ce jeu de cache-cache dans lequel les scientifiques — avec leur bonne foi mais aussi leur suffisance éventuelle — ne servent plus que de paravent à la cuisine pédagogique.

5. Mais alors, à toutes les questions formulées plus haut, une autre s'ajoute : « De cet enseignement scientifique général, qui en décidera ? »

Actuellement, dans l'enseignement universitaire par exemple, tous les cursus sont déterminés en fonction des étudiants qui suivront des études longues, jusqu'au DEA et la thèse de 3^e cycle. Cette procédure est évidemment inadaptée à la majorité des étudiants de 1^{er} cycle. Pour beaucoup de ceux-ci, il est clair que le « pilotage par l'aval » actuellement de règle, est inadéquat. Au-delà de ce constat, reste à définir les intervenants auxquels on demandera de se substituer, au moins pour partie, aux spécialistes universitaires pour définir les objectifs, les contenus et les méthodes d'enseignement de 1^{ers} cycles dûment renouvelés. A définir également : les procédures qui permettront de faire la synthèse entre les recommandations venant ainsi du dehors de l'Université, et les conceptions auxquelles les enseignants resteront vraisemblablement attachés, d'autant plus que leurs

connaissances et leur expérience sont spécialisées : leur demander de préparer des étudiants à une entrée rapide dans la « vie active », avec une formation élargie et — au seul plan scientifique — inévitablement restreinte par rapport aux ambitions qu'affichent actuellement les programmes, c'est inévitablement leur demander de faire un autre métier que celui pour lequel leur qualification a été reconnue. Doit-on prévoir leur reconversion au moins partielle ? Doit-on — et jusqu'à quel point — imaginer qu'ils interviennent aux côtés d'autres enseignants venus du milieu extrauniversitaire (comme dans les DESS par exemple) ? Tous ces points doivent être examinés dès le moment où l'on admet l'évidence patente de l'inadaptation à sa « clientèle » de l'enseignement scientifique — l'enseignement de 1^{er} cycle universitaire en l'occurrence — et où l'on accepte d'envisager des solutions de fond.

6. Au niveau du secondaire, s'il est sain d'éliminer le « recours-alibi » aux consultants scientifiques, garants de l'exactitude des formalisations du fait de leur compétence, il ne faudrait pas pour autant que lui soit immédiatement substitué un « mouvement propre » de la seule institution enseignants-professeurs, inspecteurs, administration — se repliant complètement sur elle-même. Un appel à l'extérieur, au corps social qui, à divers niveaux, peut affirmer sa demande vis-à-vis de l'enseignement, est inéluctable. Tout le problème est que les idéologies dominantes ne trouvent pas, dans l'expression de cette demande, une occasion renouvelée d'affrontements sans fin et de proclamations stériles. Beaucoup de réflexions préalables, une patiente préparation du terrain seront indispensables.

7. Une formation touchant de larges couches de la population (secondaire, début des études universitaires) telle que celle qui nous préoccupe ici doit d'abord accepter de prendre en compte des objectifs de préparation à la vie professionnelle. Mais l'activité technique est marquée par une diversité, une spécialisation, une évolutivité sans cesse croissante. La réponse — au moins au plan des discours — a été recherchée dans l'acquisition d'une « culture générale » scientifique : la physique du lycée devait être la base de l'apprentissage de l'électronique, ou de la mécanique, ou de l'électrotechnique. Le problème est que cette physique, même élémentaire, pose en elle-même et par elle-même des problèmes d'apprentissage si redoutables que, d'une part, elle contribue à écarter des études scientifiques et techniques un nombre inadmissible d'étudiants, d'autre part elle ne « réussit » à sa manière qu'au prix d'une coupure d'avec l'extérieur, d'un repliement sur ses propres modèles qui la rendent largement inefficace pour — par exemple — faciliter le passage de la triode au transistor, du transistor au circuit intégré C.MOS.

C'est le concept de « culture générale », et le principe d'une acquisition précoce de celle-ci dans le domaine scientifique qui doivent être remis en cause. On devra d'ailleurs se souvenir que, en science, la personne « cultivée » — et le terme n'est pas fréquemment employé — c'est celle qui n'est pas cantonnée à une spécialité étroite : c'est tout le contraire de quelqu'un qui « a tout oublié ». Une des ruptures qu'il faut accepter d'introduire dans nos conceptions de base sur l'enseignement scientifique créé sur le modèle de l'enseignement des humanités,

et avec les mêmes arrière-pensées et les mêmes recettes. Latin et grec — disciplines respectables s'il en fût — sont par essence intégrables à une conception globale de « culture générale » transférée via l'enseignement vers les jeunes gens parce qu'il n'y a, à leur niveau, aucune nécessité d'évolution, aucun couplage avec des activités professionnelles soumises au changement, aucune référence externe imposée. La « chose enseignante » a donc totale liberté de manœuvre pour s'adapter aux circonstances : davantage d'élèves ? « Le niveau baisse ? » On supprime les vers latins ; quelques années plus tard, on diminuera la place du thème ; on n' « exigera » plus que les verbes en-mi soient aussi bien possédés que les verbes en- ω ...

Cette indépendance, cette liberté d'action, elles n'ont pas d'équivalent admissible dans le domaine scientifique, sauf à céder complètement au mouvement spontané de l'enseignement cherchant l'isolement, et la constitution, en totale autonomie, de son objet d'enseignement. Pour la physique, c'est sans intérêt — (il serait bon par contre de connaître, sur ce point, la réaction des mathématiciens quant à leur discipline).

8. Si donc, dans le domaine de la physique, il est illusoire de faire acquérir — disons avant vingt ans — à des couches importantes de la population ce que nous appellerons un stock de connaissances fondamentales pérennes et pratiques intellectuelles opérationnelles hors du contexte artificiel préparé *ad hoc* par l'enseignement, (ce stock qui devait permettre l'adaptation à l'évolution des techniques, et faciliter la mobilité professionnelle), doit-on admettre pour autant l'enfoncement du corps social dans la régression technique ?

Ce qui nous semble en cause, c'est beaucoup plus le principe admis d'une formation initiale conférant toutes les connaissances de base, et à laquelle la formation continuée succède pour apporter les connaissances spécialisées nouvelles. Très naturellement, le système éducatif a réagi à l'augmentation des connaissances nécessaires à de larges couches sociales en reculant l'âge de fin d'études. Dans certains domaines de connaissances, c'était oublier que l'apprentissage — pour la plupart des gens — ne peut se réaliser que sur la base d'une expérience suffisamment riche et d'une maturité intellectuelle suffisamment assurée.

Depuis le premier tiers du XIX^e, on reproche à l'enseignement de la physique de ne pas être assez « concret ». C'est ne pas prendre en compte que le « concret », ce n'est pas un donné extérieur aux gens ; c'est une représentation du monde et de choses qu'ils ont intériorisée et sur laquelle et avec laquelle ils peuvent agir. Par essence l'enseignement non professionnel est à peu près incapable de faire entrer les élèves dans « le concret » ; il ne peut qu'exploiter leur « expérience » pour les aider à se construire un « concret » en affirmant sa propre progression. Encore faut-il laisser aux jeunes gens, à travers une activité extra-scolaire — et qui ne soit pas le seul loisir, qui soit matière à « sanctions », qui ait de réels enjeux — l'occasion effective de se préparer à construire « un concret » digne de ce nom.

C'est sur la base de l'expérience ainsi acquise qu'une présentation postérieure de la physique et éventuellement limitée à certains domaines — pourra

intervenir utilement, répondant pour le coup à d'authentiques questions, s'affrontant à d'authentiques problèmes.

9. Il est d'ailleurs une autre raison qui interdit d'espérer une évolution majeure de l'enseignement scientifique général le rapprochant des pratiques du laboratoire, de l'usine ou de l'atelier. Elle tient aux conditions nécessaires de la formation des enseignants.

Un professeur « normal » du secondaire se situera à un niveau de formation de type « bac + 3 » ou « bac + 4 », un peu en-dessous, le plus souvent, d'un niveau d'ingénieur. Il faudrait qu'il puisse comprendre, analyser, décortiquer matériellement et intellectuellement, pour ses élèves, des dispositifs que mettent au point des personnes de même niveau mais qui n'ont, chacune, qu'à œuvrer dans un seul domaine : l'optique, ou la chimie, ou l'électromagnétisme, et, plus souvent encore, dans un contexte spécialisé du domaine : la chimie des terpènes, ou l'électromagnétisme des antennes. Il est inévitable qu'un énorme décalage s'introduise, et qu'au fil des ans il aille croissant. Généraliste par nécessité, le professeur est voué à ne pas suivre le progrès technique qui se fonde sur la spécialisation. Admettre qu'il soit le seul intervenant dans la formation, c'est admettre que celle-ci sera tronquée, et condamnée à l'isolationnisme intellectuel. Il serait vain d'imaginer qu'une modification du recrutement change profondément cette situation.

10. Ainsi, nous sommes naturellement orientés vers une série de thèmes de réflexion possibles :

— Il y a de bonnes raisons au caractère peu concret qu'on reproche depuis 150 ans à l'enseignement de physique : il n'y aurait confrontation équilibrée de l'enseignement et des pratiques technologiques que si les professeurs avaient des compétences d'ingénieur polyvalent, ce qui est naturellement exclu ; il n'y aura « concret » qu'au prix d'une acquisition préalable, par les élèves, d'une pratique assez riche.

— La formation générale, dans le domaine scientifique et technique en tout cas, doit s'articuler avec une pratique effective. Elle passe par ce que l'on range actuellement dans le cadre de la formation continuée, beaucoup plus que dans celui de la formation initiale. Il est vain de chercher à étendre celle-ci pour assurer un « rattrapage » infime de « handicaps » subis initialement. Il est par contre essentiel de s'organiser pour un accueil maintenu dans les lieux d'enseignement, tout au long de la vie professionnelle et en accord avec le déroulement de celle-ci.

Ceci suppose, évidemment, une évolution des conceptions globales de la société sur la formation ; mais après tout, nous ne faisons que suggérer qu'on doit généraliser ce qui devient pratique courante pour nombre de professions. Et ceci implique, en plus, une profonde évolution des enseignants : doivent-ils, peuvent-ils rester eux-mêmes coupés d'une pratique professionnelle extra-scolaire ? Comment s'adapteront-ils aux « traitements » d'étudiants plus âgés, d'une certaine manière plus exigeants peut-être, et pour lesquels l'insuccès scolaire éventuel aura un impact direct sur une vie active déjà engagée ?

11. Au-delà de cette formation à des fins essentiellement professionnelles, variant d'un étudiant à l'autre et au cours du temps, la formation générale dans le

domaine scientifique a d'autres buts, et d'autres enjeux ; elle doit armer la Cité toute entière pour les débats dans lesquels la composante scientifique ou technique est présente.

Un premier point est ici essentiel : cette préparation du citoyen à son « métier » de citoyen ne peut se fonder sur une formation scientifique calquée sur celle des futurs scientifiques. L'imaginer impliquerait d'abord que c'est par hasard, temporairement peut-être, que tel est cardiologue et tel autre ingénieur en sûreté nucléaire, alors que leur spécialisation est intimement liée aux procédures socialement actives de production, mise en œuvre et transmission de la connaissance scientifique et technique. Nous en revenons, bien sûr, à l'évidence que l'on ne saurait former des gens — la grande masse des gens — à être spécialistes de tout, ni même leur assurer une formation générale par le biais d'une version dégradée de la formation des spécialistes.

De plus, l'examen le plus superficiel du débat social à thème scientifique ou technique prouve à l'évidence qu'une connaissance et une pratique de pointe, dans un domaine déterminé, impliquant nécessairement l'habitude de raisonnements rigoureux, l'organisation du doute méthodique, la logique des analyses, etc., n'empêchent nullement l'adhésion des scientifiques eux-mêmes, hors du champ de leur compétence, à des attitudes passionnelles, voire irrationnelles, qui ne les distinguent que peu du commun.

Ce n'est donc pas la diffusion de la connaissance scientifique qu'il faut viser. Nous rejoignons ici l'analyse de Roqueplo¹⁰⁰, qui introduit à l'occasion la notion de « savoir décalé » :

« Pourquoi parler de “ savoirs décalés ” ? Pour indiquer que le savoir impliqué par l'expression “ culture scientifique et technique ” ne coïncide pas avec la connaissance scientifique ou la compétence technique entendues au sens strict. Que nous le voulions ou non, nous vivons entourés de “ boîtes noires ” et il est exclu de pouvoir rendre notre environnement totalement transparent, comme s'il nous était possible d'en apercevoir tous les recoins avec l'œil de celui dont ce recoin constitue précisément le champ de sa science ou de sa compétence technique. Cette idéologie de la transparence et de la compétence tous azimuts est aberrante : dans le domaine médical, par exemple, elle conduirait à l'auto-médication qui constitue une perspective extrêmement dangereuse.

La question n'est donc pas de “ savoir toute la médecine ”, mais que faut-il savoir pour recourir judicieusement au médecin et comprendre ce qu'il me dit ? Plus généralement, le “ savoir décalé ” est dans l'ordre technique, le savoir qui est nécessaire pour faire appel judicieusement à tel ou tel technicien et, éventuellement, contrôler son intervention ; dans l'ordre scientifique, ce sera le savoir nécessaire pour entrer en contact avec tel ou tel domaine scientifique sans que ce contact se solde par un échec. L'objet de ce savoir décalé n'est donc pas directement la science elle-même ou la technique elle-même, mais la maîtrise de mon rapport concret à telle science ou telle technique. Peut-être peut-on suggérer que ce savoir décalé consiste dans l'ensemble des “ étiquettes ” apposées sur les

100. *Le partage du savoir ; science, culture, vulgarisation*, Paris, Seuil, 1974 (N.H.).

boîtes noires dont nous sommes entourées et dans les connaissances et les pratiques que ces étiquettes rendent possible » (Ph. Roqueplo).

Insistons sur cette idée et prolongeons-la : elle heurte inévitablement bien des convictions ; mais à la réflexion, elle s'impose par sa nécessité. Dans le domaine scientifique et technique, l'ignorance du plus grand nombre est nécessaire. Une société scientifiquement cultivée est une société dont les membres savent négocier avec cette ignorance.

Comment rendre possible cette négociation ?

12. Certains éléments de réponse à cette question tiennent à une « mise en condition » générale du public : il s'agit de lui faire percevoir certaines caractéristiques de la pratique et de la connaissance scientifique et technique, souvent contraires en fait à l'image courante qu'on s'en fait, parfois avec la complicité des scientifiques eux-mêmes. On devrait insister, entre autres :

— sur le caractère nécessairement local et limité, spécialisé, de l'expertise des « savants », parallèle à des caractères identiques de la connaissance scientifique elle-même : elle côtoie en permanence des abîmes d'incertitude, et ceux-ci concernent souvent les questions les plus « naturelles », les plus préoccupantes pour le public ;

— sur la prise de risque indissociable de toute activité technique, mais qui, dans le contexte technique, a l'inconvénient de devenir patente, « incontournable ».

Il faut s'opposer à l'idée d'une science sûre et implacable : ce que la science apporte de plus précieux peut-être, c'est une capacité à définir ses limites, à un moment donné, dans un contexte donné. En regard, l'idéologie n'a pas de mesure, pas de contrainte, pas d'aune non plus à quoi mesurer ses succès et ses insuccès. C'est cette modestie, mais assurée, que les non-scientifiques — les scientifiques peut-être aussi — doivent percevoir comme l'apport essentiel.

Autre « message » à diffuser — et qui devrait séduire ? — celui qui insisterait sur le fait que l'activité scientifique comporte une part essentielle d'échanges entre êtres humains, échanges canalisés, guidés certes par des règles strictes, mais indissociables de l'heuristique scientifique comme de la validation des résultats. Et la réalité de ces échanges, à défaut de leurs contenus, peut-être facilement présentée aux élèves, aux citoyens.

13. Si une part — importante sans doute — de l'acculturation du fait scientifique et du fait technique au sein d'une société doit concerner chaque membre de cette société isolément, par le biais d'une formation et d'une information convenables, cette part ne saurait cependant suffire. Et, en complément, il faut viser à créer une véritable organisation sociale de mise en œuvre, développement et pilotage de l'ensemble « sciences-technologie ».

Comme pour les autres activités humaines au sein de nos sociétés complexes (qu'on songe à la gestion financière, au droit, ou à l'appréciation des productions artistiques...), cette organisation de mise en action d'une démocratie indirecte doit reposer sur :

— la délégation de pouvoir ;

— la multiplicité des intervenants et le caractère contradictoire assuré à leurs interventions ;

— un équilibre des pouvoirs convenablement dosé. Pratiquement, ceci suppose par exemple la création de groupes de consultants scientifiques, (comme les cabinets d'audit), susceptibles d'être appelés sur telle ou telle affaire par les citoyens, les consommateurs, etc., et ce en fonctionnement « normal » hors conflit, hors militantisme. Il faut créer le « consumérisme » de la connaissance.

La formation, l'enseignement viseront alors — hors l'aspect de préparation à la vie professionnelle examiné plus haut — à fournir les capacités de recourir à ces intermédiaires : connaissance de leur existence, de leurs modes de fonctionnement, plus encore de leurs codes, (ou de la nécessité d'exiger le décryptage !).

(Sous-produit possible, que nous mentionnons au passage : certains codes scientifiques mériteraient d'être utilisés plus largement ; beaucoup de textes réglementaires seraient plus clairs si on avait le droit d'y écrire une formule algébrique ; bien des discussions s'éclaireraient s'il était licite de définir, en préalable, les termes qu'on y emploiera ; bien des raisonnements seraient rapidement infirmés ou confortés par des contrôles systématiques : ce qui doit être conservé l'est-il ? C'est aussi par ces habitudes — pour ne pas dire cette hygiène de pensée que passerait l'acculturation scientifique).

En résumé, notre démarche peut se résumer au niveau des points suivants :

(i) La physique (des physiciens) est une science très complexe, dans son point actuel de développement, car elle associe des pratiques expérimentales raffinées — et elles-mêmes fondées sur de la physique ! — à des techniques mathématiques difficiles, et à une conceptualisation très abstraite. Plus sans doute que les autres disciplines scientifiques, elle ne peut s'approcher par une démarche linéaire, et, plus qu'elles, la physique heurte de plein fouet le sens commun.

(ii) Depuis vingt-cinq ans — à travers le PSSC américain, le Nuffield anglais, ou la Commission Lagarrigue en France —, on a essayé de définir l'enseignement « élémentaire », (secondaire et début du supérieur), par référence à cette physique des physiciens. La complexité de celle-ci voue cette tentative à l'échec ; cet échec est d'ailleurs patent, et pas seulement en France.

(iii) Une des conséquences de cette « mission impossible » confiée aux enseignants, est très naturellement qu'ils se sont repliés sur eux-mêmes. Jamais la pratique enseignante n'a été aussi ritualisée, ni aussi coupée de la vie des laboratoires, des applications industrielles, voire des références les plus simples au quotidien, coupure que, pourtant déploraient déjà les contemporains de Louis-Philippe !

(iv) Il convient maintenant « d'arrêter les frais », et donc de cesser de poursuivre cette chimère d'une « physique des savants » qui descendrait dans les classes et les amphis. Il faut redéfinir une « physique qu'on puisse enseigner », en admettant que, pour la plupart des étudiants, cet enseignement doit alterner avec l'activité professionnelle (et ne peut être une version édulcorée de l'enseignement des futurs physiciens), par inversion des poids respectifs accordés à la formation initiale et à la formation continuée.

(v) Plus fondamentalement encore, ni au niveau de l'enseignement, ni au niveau de la vulgarisation et de l'information, ce n'est plus désormais le transfert

de connaissances qui doit être considéré comme prioritaire, mais l'aptitude à gérer une inévitable ignorance, au plan individuel comme au plan social. Cette aptitude doit être assurée au niveau de l'individu par sa formation, et au niveau de la société par des organismes adéquats.

Tout ceci nous emmène bien loin de l'idée d'école émancipatrice, de science libératrice chère aux pères fondateurs. Mais la sagesse veut que les limites de leurs espérances soient désormais reconnues.

Dernier point : un besoin se fait clairement sentir, celui d'une « épistémologie sociale », d'une théorie et d'une pratique des rapports qu'une société, à ses différents niveaux d'organisation, entretient avec les connaissances scientifiques qui prévalent en son sein. Les philosophes accepteront-ils d'investir ce champ ? Une nouvelle fois, la science aurait créé de la philosophie...

A propos d'une « Section enseignants »
de la licence de sciences physiques

(avril 1988)

Extraits

Nommé Directeur du Palais de la Découverte, Michel Hulin a gardé ses fonctions de Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). Mettre en route un nouvel enseignement, constituer une équipe bien soudée le passionnent toujours, malgré ses lourdes tâches au Palais de la Découverte. Il s'agit d'un texte manuscrit inédit (N.H.).

*
**

Les autorités de l'Éducation nationale accordent, comme on sait, une importance grandissante à la formation continuée des enseignants du second degré, et en particulier des enseignants scientifiques, qu'il s'agisse de maîtres auxiliaires, éventuellement titularisés, ou de PEGC.

Elles ont récemment mis sur pied des « CAPES internes », dont les épreuves accordent une large place à la pratique et à la réflexion enseignantes, et qui devront permettre à ces professeurs en activité d'acquérir le certificat d'aptitude à l'enseignement secondaire et d'intégrer ainsi la cohorte « normale » des maîtres de collèges et lycées.

Naturellement, les conditions de préparation et de présentation à ce concours doivent rester cohérentes avec les contraintes universitaires et légales traditionnelles : les épreuves ne peuvent être ouvertes qu'à des candidats possesseurs de la licence. Par suite, quelques années après la mise sur pied du « DEUG-PEGC »¹⁰¹, les instances académiques ont-elles sollicité notre Université¹⁰² afin qu'elle étudie la possibilité de préparer à la licence des professeurs en exercice, titulaires du DEUG mais non — évidemment — du CAPES ou d'un diplôme équivalent.

Le présent projet est une tentative de réponse à cette démarche, par *création d'une Section enseignants » de la licence de sciences physiques* ; il concerne le

101. Michel Hulin a participé à la mise sur pied de l'enseignement de l'option « sciences expérimentales » dans la formation universitaire des instituteurs, en liaison avec les Écoles normales (N.H.).

102. Paris VI (N.H.).

volet « Physique » de cette opération, qui est *soumise à l'examen des instances universitaires en vue d'une mise en place à la prochaine rentrée universitaire* [...].

La création d'une section particulière pour répondre à la demande rectorale est d'abord nécessitée par les contraintes horaires [...] Cette nécessité est heureuse : elle donnera l'occasion à l'Université de faire un effort d'adaptation à un public particulier.

Il s'agira, sans renoncer à la solidité des contenus scientifiques, garante de la qualité et de la valeur du diplôme, et par là, de l'image de l'Université auprès de son environnement, de prendre en compte la situation des étudiants pris en charge : enseignants en activité dans des lycées et des collèges. Il conviendra pour cela de s'appuyer sur leur pratique enseignante — sur l'expérience qu'elle leur donne et les problèmes qu'elle leur pose — pour faciliter leur apprentissage en leur faisant aussi fréquemment que possible percevoir la relation de l'objet d'étude avec leur pratique quotidienne :

— meilleure compréhension des connaissances de base dans les domaines où ils enseignent, possibilité par là d'éviter certains pièges ;

— meilleure compréhension des difficultés d'apprentissage de leurs propres élèves ;

— acquisition de capacités pratiques susceptibles de s'investir rapidement dans l'enseignement expérimental ;

— acquisition de références variées sur des situations, systèmes, matériels divers, permettant une illustration actualisée des cours.

On recherchera ainsi à :

— renforcer la motivation en s'appuyant sur les pratiques préexistantes, et en montrant comment, durant l'année de licence elle-même, elle peuvent être modifiées et enrichies ;

— étendre le champ de connaissances mais en restant proche de ce qui sera valorisé par le concours qui viendra normalement prolonger la licence.

Par suite, et si l'on insiste sur ce qui contribuera à donner à la « Section enseignants » une physionomie propre par rapport à la licence de sciences physiques « classique » — la modulation restant d'ailleurs limitée et ne remettant pas en cause les pondérations relatives essentielles — l'organisation d'enseignement projetée :

— pour ce qui est du *contenu*, renoncera à présenter « à part » un enseignement de mathématiques, mais intégrera révisions ou compléments dans l'enseignement des différents chapitres de la physique [...]. Elle insistera sur une physique des matériaux¹⁰³ qui doit permettre de rendre plus concrètes les notions générales, et ouvrir en plus l'enseignement sur l'environnement scientifique, technique et industriel ;

103. Il s'agit ici d'une présentation — axée sur la phénoménologie et la définition des ordres de grandeurs — des propriétés essentielles des matériaux courants sous diverses phases, en relation avec leurs caractéristiques structurales. Une attention particulière sera accordée à la mise en évidence des relations entre structure (à différentes échelles) et propriétés des matériaux.

— pour ce qui est des *méthodes*, elle mettra l'accent sur l'aspect expérimental et sur son lien avec les développements « théoriques » : électricité¹⁰⁴, électronique et optique seront ainsi très largement traités en « TD-TP »¹⁰⁵. L'enseignement sera assuré par une équipe homogène d'enseignants prenant conjointement en charge le groupe d'étudiants sur la totalité du programme. Par là, nous serons en droit d'espérer un meilleur transfert des méthodes générales (mathématiques, pratique des mesures) et des attitudes systématiques (analyse dimensionnelle ou contrôle d'homogénéité, évaluation des erreurs, utilisation des symétries, évaluation des ordres de grandeur, etc.) ; nous souhaiterions également que puisse émerger chez les étudiants une certaine perception synthétique de la discipline enseignée [...].

[Après avoir développé le contenu de la partie ondes-mécanique, Michel Hulin expose « les arrière-pensées et implications didactiques »] (N.H.).

En toile de fond, il convient de se rappeler que le pari a été fait (PSSC, Commission Lagarrigue, Berkeley) d'une présentation très « généraliste », « synthétique » des phénomènes de propagation ; or, ce pari est très difficile à tenir.

Il y a d'abord des difficultés techniques. Au plan formel, la description par $f(x \pm vt)$ d'un signal ne passe pas très bien. Fondamentalement, mais c'est rédhibitoire, une grosse difficulté des élèves — dans ce contexte mais aussi toutes les fois que le problème se pose — consiste à prendre en compte la dépendance d'une fonction vis-à-vis de deux (ou plusieurs variables) ; systématiquement, il y a prise en compte, déconnectées, d'une variable *puis* de l'autre, sans souci de cohérence.

Ensuite — et c'est sans doute le plus important — on a voulu ignorer (au moins dans les exposés élémentaires type Commission Lagarrigue) le « pourquoi » de la propagation au profit du seul « comment » :

— on a dit qu'il y avait (en gros) propagation du signal sans déformation (au passage, c'est bien sujet à caution sur la base des présentations expérimentales disponibles en classe ; autre source possible de non-conviction des élèves). On a formalisé par introduction des formes analytiques $f(x \pm vt)$. C'est à partir de ces formes analytiques qu'on prétend raisonner ;

— ce faisant, on veut ignorer — parce que c'est difficile — la vraie causalité dynamique, déplacement → déformation → force résultante → accélération → déplacement. Et, on tente de lui substituer une « sous-causalité » cinématique : « il y a propagation sans déformation représentée par des $f(x \pm vt)$; vous avez tout ce qu'il faut pour passer d'un point de l'espace-temps à un autre point... et ne cherchez pas à savoir comment le système se débrouille ».

En fait, tout porte à croire qu'une restriction de cette nature à l'exposé effectif d'une causalité convaincante laisse les étudiants proprement insatisfaits et « perdus », ce qui ne veut pas dire que l'analyse dynamique leur soit effectivement accessible... malheureusement !

104. Une référence aux dispositifs techniques (moteurs, transformateurs, alternateurs) aura pour but de décrire des réalisations actuelles, de fixer les ordres de grandeur correspondants, et de relativiser ainsi le caractère représentatif des appareils « didactiques » qui sont trop souvent les seuls familiers aux enseignants.

105. Travaux dirigés - Travaux pratiques (N.H.).

De l'activité scientifique au paradigme de l'enseignement

(19 octobre 1988)

Extraits

Il s'agit ici d'extraits du discours de clôture du colloque « Un siècle de rapports de la physique et des mathématiques 1870-1970 », organisé au Palais de la Découverte en octobre 1988. Ce texte est tiré de la transcription de la bande enregistrée lors de cette intervention, publiée dans un numéro spécial (juin 1991) de la Revue du Palais de la Découverte, consacré aux actes du colloque (N.H.).

*
**

[...] Réaménagement des disciplines, nouvelles intuitions, accumulation de résultats : il est évident que les scientifiques (mathématiciens et physiciens) se devaient de faire passer dans le corps social ce qu'ils percevaient de plus en plus, et très sincèrement, comme un apport culturel majeur de leurs disciplines ainsi conquérantes, foisonnantes, riches. Et, les années 60-70 devaient donc, tout naturellement, être marquées par un effort systématique, dans de très nombreux pays, vers des réformes de l'enseignement scientifique et parallèlement vers le lancement de ce qu'on a pu appeler un mouvement d' « acculturation scientifique ». En mathématiques, cela a été toute cette vague des mathématiques modernes — chez nous la réforme Lichnérowicz ; en physique, le Physical Science Study Committee, le Nuffield en Angleterre, la Commission Lagarrigue en France, etc.

On sait que le succès de l'entreprise, pour ne pas dire plus, est limité. Il serait plus clair, en fait, de parler d'un échec patent et général, transcendant largement toutes les différences institutionnelles ou culturelles que l'on peut repérer de pays à pays. Inutile donc d'incriminer M. le ministre X dans tel pays ou la mauvaise volonté, l'insuffisance de formation, la pauvreté des crédits dans tel autre. Quand un rapport du D.O.E. d'avril 1983 aux USA titre “A nation at risk”¹⁰⁶, il est clair qu'il se pose des problèmes et que ceux-ci sont ressentis.

¹⁰⁶. *A nation at risk : the imperative for educational reform. An open letter to the American people* (N.H.).

Louis Michel [...] plaidait pour la prise en compte — quasiment cent ans après l'effort de Curie — des symétries du champ électromagnétique et des symétries différentes des champs \vec{E} et \vec{B} — si on ne cherche pas à les associer dans une entité plus vaste. Eh bien c'était dans les programmes Lagarrigue, cela me tenait à cœur, croyez-le ; eh bien cela n'a pas marché, croyez-le aussi. Et, plus encore, dans cette Commission Lagarrigue siégeaient des physiciens et, en particulier, des physiciens des particules élémentaires, des physiciens dans cette époque des années 70 encore tout imbibés de leur $Su(3)$, $Su(2)$, $Su(n)$ — on n'en était pas encore à l'électrofaible — des physiciens donc qui étaient particulièrement dépendants des raisonnements de théorie des groupes ; eh bien, cette difficulté de transfert à laquelle, dans un autre contexte, Martin Zerner faisait allusion [...], il était clair qu'elle fonctionnait diablement pour eux, nos collègues de la physique des particules élémentaires, et que de considérer que les tableaux de Lagrange sur les Su d'un côté et puis se dire que lorsqu'on a un fil chargé, le licopode se met en étoile et puis quand on a un fil avec un courant dedans la limaille se met en cercle ¹⁰⁷ autour, eh bien tout cela a un peu à voir les uns avec les autres, eh bien ce n'était pas quelque chose qui allait de soi, même pour eux.

Cela dit, s'il faut, me semble-t-il, accepter désormais de remettre très profondément en cause certains espoirs et certaines ambitions qu'on a pu nourrir il y a quelque quinze ans — et il fallait je pense le faire — je crois qu'un parti peut être tiré de ces échecs mêmes et des réflexions qu'ils ont pu susciter.

De la même manière que les physiciens, déplacés du champ de leurs perceptions normales, ont pu de tout temps nous l'avons dit, grâce au recours mathématique et d'une manière — Jean-Marc Lévy-Leblond le disait à juste titre [...] — d'une manière constitutive, pas par hasard, se recréer de nouvelles perceptions, de nouvelles intuitions, des familiarités inconnues avant et une nouvelle créativité, et ceci grâce à la *pratique*, de la même manière un progrès, je pense, pourra être assuré à chaque élève dans le domaine scientifique, mais à condition de lui donner les occasions d'un fonctionnement effectif de ses connaissances, et dans des conditions de pertinence, de signifiante pour lui admissibles, et en mobilisant — parce qu'elles sont toutes nécessaires — l'ensemble de ses qualités et d'analyse, et d'observation, et d'intuition. Tout le problème est de repérer quelles sont les qualités, quelles sont les situations qui sont propres à chacun. Parmi les conditions de pertinence, je voudrais insister sur une seule, la référence à la *causalité*. Ce dont l'élève a besoin — tout le problème c'est qu'on ignore à quel niveau chacun de nous situe ce besoin exactement — c'est d'aller au-delà d'un comment, ce qui était si j'ose dire la restriction empiriste ou réaliste, et d'aller à tout prix dans le sens d'un pourquoi. Ce que l'on constate, c'est que tout effort des programmes, par exemple, pour indiquer : on va dire simplement comment cela se passe, en fait génère immédiatement, extemporanément chez l'élève l'apparition d'un schéma explicatif complètement hors contrôle puisque le professeur, par essence, s'est refusé à donner les explications complémentaires qui étaient nécessaires et s'y est refusé parfois avec les meilleures raisons du monde

107. Voir p. 100-101 (N.H.).

parce que ces explications ne sont pas accessibles. Cela dit, l'élève se fait son schéma, et on ne peut plus l'ignorer. Tout le problème est de savoir quel mode d'intervention de la causalité sera admissible — et par chacun. Et là, les choses, il faut dire, sont extraordinairement compliquées.

Derrière cette pluralité de modes de description d'une discipline bien assise, bien formalisée (disons la mécanique quantique) : description avec des forces, avec des lagrangiens, des hamiltoniens, etc., finalement on sous-tend le fait que des esprits divers peuvent s'accommoder d'une perception elle-même très variée, très diverse, de ce qui fait sens. Pour les uns fera sens l'idée qu'on retrouve entre deux corps quelque chose qui, d'une certaine manière, reproduit l'effort tel qu'il est perçu, kinesthésiquement en quelque sorte, à travers nos gestes quotidiens ; pour d'autres, l'idée qu'on est, pour un système comme une perle enfilée sur un fil — donc soumis à une contrainte — ou une bille roulant sur une surface, dans un espace abstrait. Tout ceci peut, suivant les gens, faire sens causal. Mais tout le problème c'est qu'on ne sait jamais quand on s'adresse à un interlocuteur particulier, et plus spécialement à un interlocuteur débutant, on ne sait jamais ce qui fera sens pour lui. Et c'est là qu'il y a une extraordinaire difficulté.

J'ai souvent fait référence à la connaissance *locale*, parce que ma propre évaluation de ma propre (et très modeste) pratique me contraint à cette restriction — et puis que je crois qu'on peut généraliser à d'autres aussi. Il s'agit, en fait, dans l'enseignement scientifique d'aller au-delà encore : c'est quasiment au niveau de l'individu, en tout cas du très petit groupe — la classe ne convient pas — que l'on doit rechercher l'adaptation aux attentes et aux capacités qui sont toujours extraordinairement singulières. D'une certaine manière, on va devoir payer un prix pour cela — et je pense maintenant qu'il faut accepter de le payer, et c'est un prix énorme — on va y perdre, en fait, toute la richesse culturelle de la démarche scientifique, richesse qui pour une part essentielle est faite de généralité et d'unité. Et, à ce morcellement, à cette tentative d'adaptation, au demeurant pas nécessairement réaliste, mais que je décris, que je prône, il est clair qu'on sera amené inévitablement à sacrifier toute cette solidité et cette architectonique que j'ai présentées tout à l'heure comme étant ce qui avait émergé peut-être de plus fort, d'une certaine manière — sur le plan épistémologique en tout cas — de l'activité du siècle 1870-1970. Mais cette amputation, au moins pour le moment et au moins pour longtemps, quelque drastique qu'elle soit, je pense qu'il faut l'admettre.

D'une autre manière, c'est dire que la physique — et je laisse aux mathématiciens parmi vous le choix de décider pour les mathématiques — que la physique ne s'enseigne pas. Ce que je veux dire c'est qu'elle me semble — et une partie de la discussion de la Table Ronde tout à l'heure, à mon sens, le prouve — incompatible avec la rigidité du paradigme scolaire traditionnel, de toute l'organisation scolaire avec ses programmes, ses examens. Tout cela, me semble-t-il, prouve, si j'ose dire à l'envisager, que dans un tel contexte, avec un tel carcan, il existe une impossibilité au sens propre essentielle à enseigner la physique. Dans un certain sens, c'est bien dire — et cela a été mentionné tout à l'heure de diverses manières — que c'est par le projet, l'activité, la pratique que l'on peut

trouver déblocage à la situation, un déblocage dont il faut bien dire aussi qu'il ne donnera pas de si tôt une solution au problème qu'on s'était posé au départ. Mais c'est une autre affaire.

L'enjeu c'est donc maintenant d'essayer d'être capable de changer ce paradigme de l'enseignement. Il nous faut pleinement admettre l'infinie variété de ce que j'appellerais les sensibilités cognitives. J'ai été sensible à la référence fréquente à l'esthétique au cours de certaines interventions du colloque, mais plus sensible encore à ce mot de Pierre Cartier, repris par Catherine Chevalley ce matin, cette réapparition du baroque. Je pense qu'effectivement nous devons nous préparer, d'une certaine manière, à un enseignement *baroque*, vous le prendrez dans tous les sens du terme [...].

**LE PALAIS DE LA DECOUVERTE
ET LA SOCIETE FRANÇAISE
DE PHYSIQUE**

PRESENTENT

A L'OCCASION DU CENTENAIRE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

**ASPECTS
DE LA
PHYSIQUE**

**UNE EXPOSITION
D'INITIATION A QUELQUES
IDÉES DIRECTRICES
ET A LEURS APPLICATIONS**



9 février - 7 avril 1974 au **PALAIS DE LA DECOUVERTE** av. F.D.-Roosevelt, 8^e

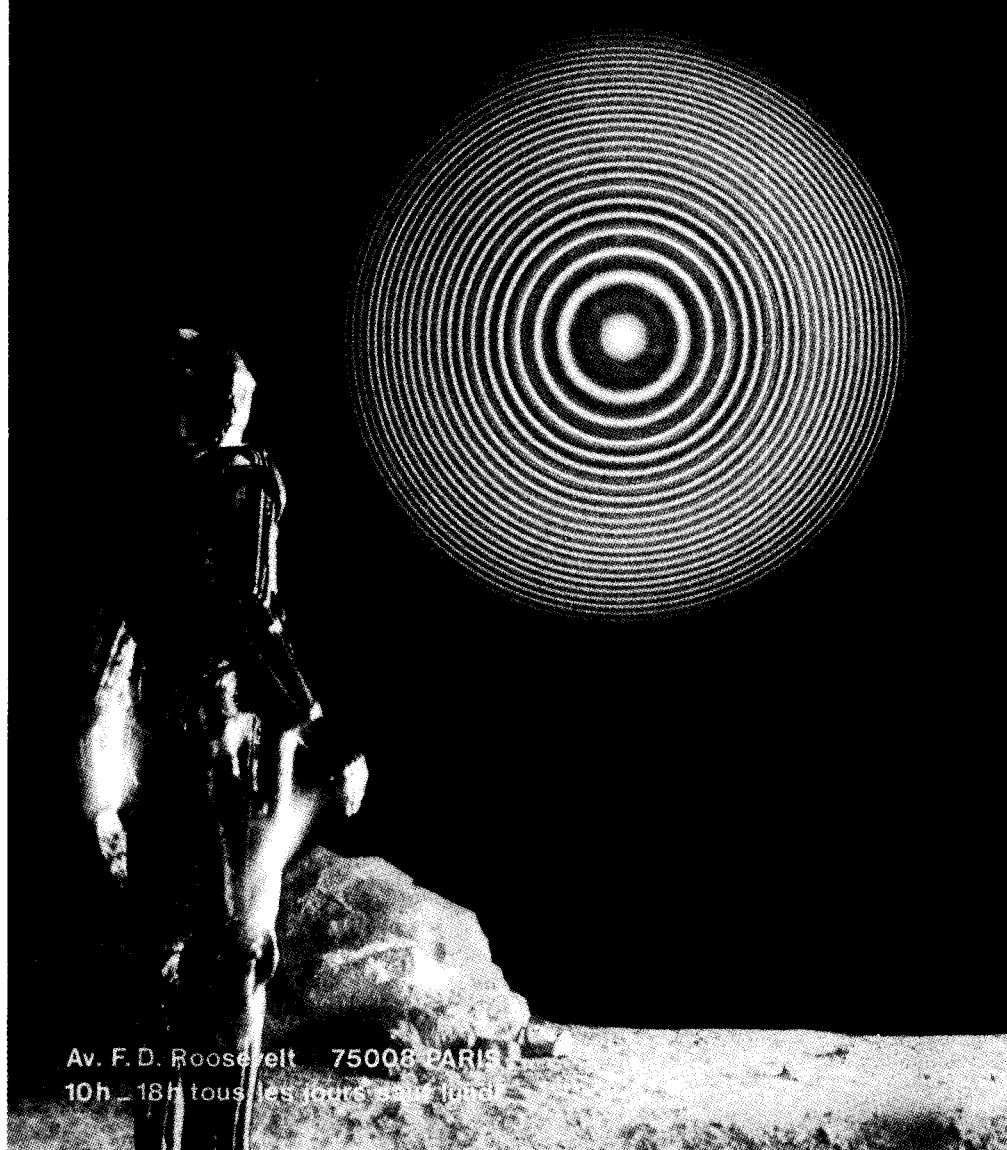
exposés conférences films documentation

ouvert tous les jours, sauf le lundi de 10 h à 18 h

Éditions du Palais de la Découverte, Paris, 1974, 110 p., 120 x 160 mm, 4,500 F.

Affiche de l'exposition "Aspects de la physique",
réalisée en 1974 en collaboration avec la Société Française de Physique (voir p. 11).

PALAIS DE LA DECOUVERTE



Av. F. D. Roosevelt 75008 PARIS
10h - 18h tous les jours sans jour

Affiche du Palais de la Découverte, éditée en 1986 sur l'initiative de Michel Hulin.
La conception en est due à Gérard Rumèbe, responsable du département de Physique.

DE LA DIDACTIQUE A LA VULGARISATION LE PALAIS DE LA DÉCOUVERTE (1978-1988)

Deux années (septembre 1977-septembre 1979) passées par Michel Hulin à la direction du groupe de physique des solides de l'ENS (où travaillent quelque deux cents personnes), dont il a la responsabilité administrative, financière et scientifique, interrompent pratiquement ses travaux de physicien théoricien des solides. Son engagement dans les travaux de la Commission Lagarrigue l'amène à suivre les recherches de différents groupes de didactique de la physique et le conduit à une reconversion en didactique.

La seule présentation chronologique de l'ensemble des textes de Michel Hulin étant insuffisante, nous y avons superposé un découpage thématique qui a certes un côté un peu factice mais permet de clarifier l'exposé.

Ainsi, parmi les centres d'intérêt du groupe ERDEP¹ qu'il constitue, figurent les problèmes de la vulgarisation scientifique. On peut aussi dire que c'est en liaison avec ses activités de didacticien qu'il poursuit cette réflexion sur l'enseignement de la physique que nous avons présentée dans le précédent chapitre² ; n'oublions pas que l'un des textes de base s'intitule « Quelques "thèses" pour la didactique de la physique »³ (novembre 1983). On peut ajouter que, dès le texte d'octobre 1971⁴, référence est faite à la vulgarisation comme composante de l'enseignement ; puis les deux seront intimement liés dans les propos concernant la culture scientifique et technique⁵.

Abordant spécifiquement le problème de la vulgarisation, il le fait sur un exemple qu'il connaît, celui du Palais de la Découverte qu'il dirige à partir de janvier 1984. Et c'est, au début de cette année 1984, qu'un « Groupement de Recherches Coordonnées » (GRECO)⁶ de didactique des disciplines scientifiques est mis en place dans le cadre du CNRS ; Michel Hulin, qui a soutenu la création de ce groupe accepte d'en être le codirecteur (N.H.).

1. Équipe de Recherche sur la Diffusion et l'Enseignement de la Physique.

2. « L'enseignement scientifique... Seconde période, 1978-1988 », p. 115.

3. Voir p. 205.

4. Voir p. 51.

5. Voir p. 307.

6. Michel Hulin, « Le GRECO, didactique et acquisitions des connaissances scientifiques », *Encart pédagogique du Bulletin de la SFP*, n° 54, octobre 1984, p. 161-162.

A PROPOS DE LA DIDACTIQUE 1978-1983

Avant de présenter quelques textes généraux, nous donnerons des indications sur quelques thèmes retenus par l'ERDEP pour ses travaux :

- L'analyse dimensionnelle ⁷ qui constitue un premier niveau de réflexion dans l'analyse des phénomènes physiques et leur modélisation.

« Associé, écrit Michel Hulin, à un effort pour souligner la diversité des significations du formalisme en physique (une formule est une relation entre mesures, mais aussi entre les dimensions des grandeurs physiques), et pour obtenir la traduction correcte du caractère tensoriel des diverses quantités [...], un développement de la place accordée dans nos exposés à l'analyse dimensionnelle devrait permettre quelques progrès dans la compréhension par les élèves des modalités spécifiques du maniement par le physicien de l'outil mathématique, et dans le dialogue entre enseignants de mathématiques et de physique. »

- Les problèmes de vulgarisation scientifique :

- étude du public du Palais de la Découverte ;
- étude sur la finalité des musées scientifiques et sur leurs méthodes ;
- étude comparative de divers moyens de vulgarisation scientifique.

- Recherche sur l'enseignement de « l'énergie » dans le secondaire, démarrée en octobre 1981, sous l'égide de l'INRP.

- Méthode d'Enseignement individualisé (plus connue sous le nom de plan Keller), caractérisée par un fractionnement très précis du cours, permettant de suivre de très près la progression de chaque étudiant, de respecter largement son rythme d'assimilation, et de surveiller étroitement la qualité de ses acquisitions. Cette méthode est d'abord mise en œuvre au niveau DEA pour un cours de « Théorie des groupes appliquée à la physique » ⁸, puis elle est utilisée pour

7. M. Hulin, « Dimensional analysis : some suggestions in view of the modification and generalization of its use in physics teaching », *Eur. J. Phys.* , 1, 48, 1980, et texte manuscrit inédit de 90 pages.

8. O. Betbeder-Matibet, M. Hulin, « Une expérience d'enseignement individualisé », *Encart pédagogique du Bulletin de la SFP*, n° 50, octobre 1983, p. 143-148. Cours publié en 1991 aux Éditions de Physique sous le titre *Théorie des groupes appliquée à la physique*.

*assurer la mise à niveau mathématique, préalable à l'enseignement de physique, des étudiants salariés du DEUG SSM (1^{re} année)*⁹.

- *L'induction électromagnétique, phénomène complexe enseigné dès la terminale, qui constitue un chapitre difficile de la physique.*

Grâce aux liaisons établies entre les membres de l'équipe et diverses instances intervenant sur l'enseignement de la physique (Inspection générale, Commission de réflexion sur les programmes), les conclusions de ce travail¹⁰ ont pu être diffusées : par exemple, le danger des notions « hybrides », mal fondées théoriquement, telles que le champ électromoteur d'induction.

« Ainsi, conclut Michel Hulin, la recherche en didactique commence-t-elle à influencer sur la pratique enseignante, ce qui est cohérent avec la notion de "recherche appliquée" que nous voudrions lui voir reconnue. » (N.H.).

9. Du polycopié complet, comportant cours, fiches de travail, exercices et corrigés a été tiré un ouvrage publié en 1986 : M. Hulin et M.-F. Quinton, *L'outil mathématique de la physique*, A. Colin, Collection « U ».

10. Thèse de 3^e cycle de R. Abboud, mai 1984.

Projet de création d'un laboratoire de didactique de la physique
à l'Université Pierre et Marie Curie
(octobre 1978)

Extraits d'un texte dactylographié inédit (N.H.)

*

**

Depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, un effort considérable a été consacré, dans divers pays, à des recherches et à des actions de réforme visant à améliorer, tant au niveau scolaire qu'universitaire, l'enseignement de la physique. On peut rappeler, par exemple, et sans aucune prétention à être complet, un certain nombre de réalisations étrangères suivant la liste ci-dessous.

Aux USA, il convient de citer ainsi l'œuvre du Physical Science Study Committee (PSSC), largement diffusée en France, et le Harvard Physics Project, pour l'enseignement de début ; au niveau universitaire, la diffusion, plus récente, du « plan Keller » est venue, par un renouvellement des modalités de l'enseignement, prolonger la rénovation des contenus qu'avait permis la publication des Feynman's Lectures et du Berkeley Physics Course. Un effort analogue a été mené au Canada, en particulier au Québec.

Le Royaume-Uni a vu, au cours des dix dernières années, le lancement au niveau secondaire du vaste projet Nuffield, prolongé au niveau universitaire par le projet « Help » (Higher Education Learning Project). On doit également faire mention d'une diffusion assez étendue du « Psi » (Personalized System of Instruction, reprenant les idées et techniques du Plan Keller), et l'expérience très originale de l'Open University. Plusieurs groupes de recherche en didactique se sont constitués à partir des équipes d'enseignants qui avaient participé à ces différents projets : par exemple au Chelsea College, à l'Université du Sussex.

La République Fédérale Allemande s'est dotée d'un important centre de recherche, implanté à Kiehl, qui a lancé plusieurs opérations de réforme de l'enseignement de la physique au niveau secondaire, (avec introduction, à l'école primaire, de sciences d'observation).

Des efforts de recherche pédagogique et de réforme de l'enseignement sont également menés dans de nombreux autres pays européens (Italie, Hongrie, Suède, etc.) et, avec des problèmes évidemment spécifiques tenant à leurs situations économique et sociale, dans divers pays du Tiers monde (l'Inde, par exemple).

Il est vraisemblable que deux raisons principales sont à l'origine de ce développement assez général d'une activité de recherche et de réforme concernant l'enseignement, dans divers contextes, de la physique.

D'une part, la croissance très rapide depuis 1930 et, plus encore, depuis 1950 de la discipline imposait de faire rapidement entrer dans les cursus des connaissances ou des savoir-faire qui, quelques années plus tôt, n'étaient pas encore apparus ou relevaient de la recherche de pointe. Il importait donc, sous peine de voir les études s'allonger inconsidérément, d'assurer à l'enseignement une efficacité très sensiblement accrue. Parallèlement, une nouvelle manière de voir la physique émergeait souvent de ses développements récents, plus solide, plus synthétique et plus séduisante, qu'il était tentant et certainement judicieux d'introduire au plus tôt dans l'enseignement.

D'autre part, la même période a vu s'effectuer une extension très générale de l'enseignement secondaire et universitaire à des fractions de plus en plus importantes de la population de chaque classe d'âge. L'apparition de cet « enseignement de masse » imposait une redéfinition des buts et méthodes, d'autant plus, en ce qui concerne la physique, que cette discipline faisait désormais son apparition comme discipline auxiliaire, ou « de service », dans des cursus intéressants des étudiants ne se destinant pas à une carrière de physiciens ni même de spécialistes des sciences exactes connexes. A ce public élargi et diversifié devait être offert un enseignement à coup sûr différent de celui qu'on aurait pu adopter pour une petite « élite » visant à se spécialiser dans la discipline (ou dans une discipline voisine).

De divers côtés, par conséquent, parvenaient aux physiciens, (et d'ailleurs aux mathématiciens, aux chimistes, voire aux biologistes), des incitations pour un réexamen et une rénovation en profondeur de l'enseignement qu'ils devaient dispenser. De la réponse de ces scientifiques aux sollicitations extérieures on peut dire qu'a finalement émergé une discipline qui mérite d'être considérée comme nouvelle. Nous la nommerons « didactique » (encore que l'accord soit loin d'être fait sur la terminologie, comme le montraient, par exemple, les très vives discussions qui animèrent, il y a 18 mois environ, une Table Ronde internationale réunie à Paris sous les auspices du CNRS) ; cette appellation nous permettra de distinguer cette nouvelle activité des « sciences de l'éducation » ou de la « pédagogie », traditionnellement implantées dans l'ensemble des sciences humaines : contrairement à celles-ci, la « didactique » part en effet de la discipline enseignée et non de la sociologie, la politique, ou la psychologie ; elle peut naturellement faire, le cas échéant, appel à certaines de leurs données ou de leurs méthodes, mais toujours dans le cadre d'une réflexion centrée sur l'étude spécifique d'un domaine scientifique précisément défini.

Les physiciens français ont participé à l'effort général de création de la didactique malgré les restrictions qu'impose, dans notre pays, la rigidité des structures scolaires et même universitaires. Travaillent ainsi maintenant dans ce domaine, (parfois en collaboration plus ou moins étroite avec des spécialistes des sciences humaines, mais bien distincts d'eux), deux groupes à l'Université Paris VII (dirigés par G. Delacote et J.-L. Malgrange), deux groupes grenoblois

(A. Kahane et J. Blanc), un groupe à Aix (F. Halbwachs), un autre à Lyon (C. Ruhla) à quoi il conviendrait d'ajouter diverses activités moins structurées, par exemple au sein de certains IREM.

On peut penser qu'un développement un peu plus important de la didactique de la physique dans notre pays serait justifié, compte tenu de la variété des thèmes à aborder, variété dont nous tenterons de donner un aperçu plus loin, et du fait qu'un certain nombre des groupes cités plus haut centrent en fait leur activité sur des tâches spécifiques, liées à diverses tentatives de réforme de l'enseignement secondaire, et qui ressortissent plus à l'encadrement et au recyclage de professeurs qu'à la recherche didactique proprement dite. Le principe de ce développement étant retenu, il serait fort raisonnable d'admettre que l'implantation d'un nouveau laboratoire de didactique de la physique se fasse au sein de l'Université Pierre et Marie Curie, qui constitue l'un des plus grands centres universitaires français où s'enseigne la physique, et qui assure la formation tant initiale que permanente de nombreux professeurs de lycée. Il conviendrait probablement de concevoir ce laboratoire de didactique comme investi de plusieurs missions simultanées, (entre lesquelles son activité se répartirait avec des modulations variables au fur et à mesure de sa croissance, et compte tenu de l'expérience acquise et des moyens disponibles) :

— *recherche didactique proprement dite* sur les contenus et les méthodes de l'enseignement de la physique, l'inventaire des difficultés spécifiques que rencontre l'apprentissage de cette discipline, et les moyens de les surmonter ;

— *activité de « service »* à la disposition des enseignants de l'Université (et, éventuellement, d'autres collègues) par création d'un centre de *concentration et de diffusion de l'information didactique*, et d'un lieu de rencontre pour la discussion de problèmes relatifs à l'enseignement de la physique, en général et au sein de l'Université elle-même ;

— *participation à la formation* initiale et permanente *des professeurs* du second degré ;

(— éventuellement, ouverture sur certains problèmes particuliers qui auraient été retenus par l'Université comme axes d'activité privilégiés : par exemple, enseignement à des étudiants étrangers appartenant à des pays ou des groupes de pays nous fournissant de forts contingents (Afrique Noire, Maghreb, Moyen-Orient) ; établissement de collaborations, au niveau de l'enseignement, de la formation des enseignants, et de la recherche en didactique, avec les instituts d'enseignement supérieur de ces pays.)

Dans cette optique, une taille importante de l'Université où serait créé le nouveau laboratoire, taille qui assure une grande variété des enseignements dispensés, et un public étudiant nombreux et diversifié, est une condition nécessaire pour que ce laboratoire puisse lui-même orienter au mieux son action sur un large éventail de directions possibles, et évite de s'enfoncer dès le départ dans un domaine trop étroit et coupé de la pratique effective de l'enseignement.

Dans une deuxième section de ce rapport, nous tenterons maintenant de donner quelques précisions sur une activité de recherche possible, en didactique de la physique, étant entendu qu'il serait prématuré ici d'entrer dans les détails.

Dans une troisième partie, nous décrivons les moyens dont il faudrait doter le futur laboratoire.

Il doit être entendu que nous ne ferons ici que suggérer ce que pourraient être certains axes d'activités d'un groupe de didactique de la physique qui se créerait à l'Université Pierre et Marie Curie, mais qu'il est hors de question d'aborder simultanément tous les domaines évoqués. Un départ relativement lent et prudent doit être admis ; quant aux thèmes abordés, ils ne pourront être véritablement arrêtés qu'après discussion avec l'ensemble des membres du laboratoire, en fonction de leurs intérêts propres, des caractéristiques de leurs formations personnelles, et des recommandations éventuelles exprimées par l'Université.

Notre but essentiel est ici de suggérer l'étendue et la variété des problèmes auxquels on peut songer à s'attaquer, et de tenter de montrer qu'il y a là, entre autres activités, matière à un authentique travail de recherche.

Certains problèmes relatifs à l'enseignement de la physique peuvent être examinés au niveau de ses différentes « sous-disciplines » : mécanique classique, mécanique quantique, thermodynamique et mécanique statistique, etc. Il s'agit ici d'un niveau en quelque sorte « immédiat » de travail, car il reste très proche de la discipline enseignée. Il passe par la définition des objectifs assignés à l'enseignement considéré, par la reconnaissance de conditions que devront respecter les diverses progressions qui peuvent être adoptées, par la mise en place d'une évaluation permettant d'apprécier, avec un certain degré d'objectivité, l'efficacité de l'enseignement mis sur pied, (ce qui va au-delà du simple « contrôle des connaissances »). Comme on le voit, il n'y a là rien de révolutionnaire, non plus que de véritablement enthousiasmant : la démarche est en quelque sorte « cartésienne », ce qui suffit à en indiquer les limites vite atteintes ; il s'agit de mettre un peu de méthode et d'ordre dans la définition des cursus, des programmes et des contrôles. Cependant, quiconque a eu l'occasion de participer à des entreprises de « réforme de l'enseignement » dans nos universités ou notre enseignement secondaire doit être convaincu que nous sommes loin de respecter, dans cette activité, les conditions minimales de rigueur intellectuelle qu'on attendrait de scientifiques. Un changement de nos habitudes dans ce domaine serait très bienvenu ; comme ce sera souvent le cas dans le domaine de la didactique, il commencera par le rassemblement et la diffusion d'une information sur les activités menées à l'étranger.

Plus d'imagination et d'invention deviennent nécessaires dans la mise en place d'enseignements destinés à de futurs non-spécialistes : les présentations traditionnelles doivent alors être revues de manière beaucoup plus critique, car il convient de les décanter et de les simplifier pour un auditoire dont les connaissances antérieures sont plus réduites et les ambitions plus limitées au point de vue technique, (mais pas nécessairement au point de vue conceptuel).

Il est alors rapidement indispensable d'analyser, plus finement que nous n'en avons l'habitude, la nature et le jeu exact des blocages qui peuvent être rencontrés par les étudiants dans leur apprentissage de la physique.

Le travail centré sur la matière scientifique à enseigner devient alors indissociable d'une recherche plus profonde, et évidemment plus intéressante, portant sur les processus, en particulier psychologiques mais aussi sensoriels ou manuels, qui sont mis en œuvre lors de l'apprentissage de la discipline.

La physique pose, dans cet ordre d'idées, des problèmes spécifiques et particulièrement intéressants : cette discipline a la particularité de tenter une description du monde sensible en recourant à des concepts propres qui se prêtent à une mise en forme et un traitement mathématique quantitatif. Cette démarche est à l'origine des succès obtenus ; mais, en même temps, elle dissocie l'approche du physicien vers la nature de l'approche du non-physicien. L'étudiant qui s'initie à la physique doit donc, avant tout, accepter, non pas tant les solutions retenues par cette discipline dans sa description et son interprétation des phénomènes, mais la problématique même dans laquelle elle s'est placée, et qui, le plus souvent, est très étrangère aux démarches spontanées de l'esprit et aux données sensibles.

Toute une stratégie est ici à mettre au point, alors même qu'il s'agit d'un domaine rarement abordé, car les physiciens qui s'intéressent à ces questions, favorisés qu'ils ont été d'une grâce particulière qui leur a permis d'entrer, suffisamment tôt et sans trop de peine, dans la problématique artificielle de leur discipline, ont du mal à comprendre que d'autres ne puissent franchir ce pas. Ne faut-il cependant pas, à l'évidence, chercher là l'essentiel des raisons qui font que tant d'étudiants parviennent à se tirer d'exercices classiques, quand ils apparaissent dans le contexte scolaire, qui véhicule sa propre problématique, bien ritualisée et finalement assez dissociée de celle, authentique, de la discipline, et échouent lamentablement quand il s'agit, non plus tant de résoudre, mais même de poser un problème de physique, à partir d'observations de phénomènes naturels ou de dispositifs créés par l'homme, en retenant les éléments importants et en indiquant les relations physiques qui interviendront pour déterminer leur jeu réciproque ? N'est-il pas également tentant de rapprocher cette difficulté à faire sienne une certaine problématique des blocages relatifs à l'apprentissage des mathématiques décrits, dans ses cahiers, par P. Valéry, et qu'a finement analysés un physicien de notre Université, P. Gérard ?

Il est évidemment trop tôt pour suggérer des remèdes à ces difficultés : il faut d'abord prouver leur intervention effective et cerner les conditions dans lesquelles elles s'exercent. Pour le reste, un premier pas vers une solution peut être recherché dans une incitation, via un dialogue « clinique » entre l'enseignant et l'étudiant, à l'expression par celui-ci de ses propres représentations, première étape vers un réajustement de celles-ci sur celles qu'ont retenues les physiciens ¹¹.

D'une manière générale, il conviendrait probablement d'amener les étudiants à une plus grande « conscience » vis-à-vis de leur propre activité d'apprentissage. Il est tentant de suggérer qu'il y aurait là une voie à explorer systématiquement : ne serait-il pas utile, en même temps qu'ils acquièrent les connaissances

11. Ici encore, P. Gérard a apporté des témoignages très intéressants.

et savoir-faire d'une discipline scientifique, que les étudiants soient incités et entraînés à réfléchir sur les difficultés rencontrées lors de cet apprentissage, de manière à les reconnaître, à commencer au moins leur analyse et à se placer ainsi dans une situation plus favorable pour les surmonter, au lieu de se laisser enfermer dans la passivité aveugle à laquelle on les voit souvent condamnés ?

Il est patent, d'autre part, que, pour la grosse majorité des personnes qui abordent la physique, la progression dans leur étude ne s'effectue pas de manière linéaire, et, logiquement enchaînée, mais laisse subsister des îlots de « non-compréhension » ou de « non-assimilation » qui ne se résorbent, au mieux, que lentement. Le phénomène est suffisamment général pour être considéré comme normal, et pour que la didactique s'attache à définir la meilleure tactique pour permettre aux étudiants de s'en accommoder aux moindres frais. Pour cela, elle cherchera d'abord à définir une pluralité de démarches de manière à tenter de donner à chacun, compte tenu de ses difficultés propres, le maximum de chances de contourner une difficulté d'assimilation sans y être irrémédiablement bloqué ; (il conviendra de contrôler que cette redondance des progressions possibles peut effectivement être mise à profit et que la diversité même des approches proposées ne crée pas de problèmes supplémentaires). D'autre part, on s'efforcera, de nouveau, de rendre le sujet aussi conscient que possible de la permanence éventuelle, en ce qui le concerne, d'une difficulté, des limites qu'elle lui impose tant qu'elle n'est pas résolue, et de la nécessité finale de l'éradiquer.

Encore une fois, nous devrions chercher à habituer notre public d'étudiants à travailler sur deux registres simultanés : d'abord en apprentis de la discipline s'initiant à ses concepts, ses méthodes, ses résultats ; ensuite, en spectateurs critiques de leur propre apprentissage, aptes à analyser les difficultés rencontrées, à les décrire, pour eux-mêmes et leur environnement (camarades, enseignants), et ainsi mieux armés pour les surmonter finalement.

A tout le moins peut-on poser que ce type d'exercice de « distanciation » serait une composante essentielle de la formation de futurs enseignants. Cette autoanalyse du sujet en apprentissage exige naturellement l'introduction préalable des notions et d'un langage adéquats. Ces outils indispensables devront être largement inventés eux-mêmes à partir de l'examen « clinique » d'un certain nombre de cas individuels.

Nous venons, dans un contexte particulier, de mentionner le problème du langage. Revenant à un niveau plus spécialisé d'activité didactique, on peut suggérer que ce problème pèse aussi lourdement sur l'enseignement de la physique : en particulier l'emploi spécifique, « technique », que fait le physicien de termes empruntés au langage courant, où ils ont une acception différente ou plus vague, introduit un « masque » supplémentaire entre l'étudiant et la physique. Une attention trop exclusivement consacrée au maniement de l'outil mathématique en physique n'a peut-être pas permis jusqu'ici d'accorder suffisamment d'importance à l'outil linguistique et aux obstacles terminologiques et sémantiques rencontrés par l'apprenti-physicien. Ce problème prend une tonalité particulière, ainsi que nous avons pu en discuter avec des collègues africains, pour des étudiants dont l'apprentissage de la physique se fait dans une langue distincte de

leur langue maternelle : l'interaction, pour ces étudiants, entre expression et compréhension, la forme particulière que prend alors l'obstacle général, discuté plus haut, de l'insertion dans la problématique « artificielle » du physicien, sont des sujets d'étude très séduisants, et dont on peut attendre des « retombées » intéressantes sur l'ensemble du champ de la didactique de la physique.

Suggérer qu'une attention exclusive ne doit pas être accordée au maniement de l'outil mathématique ne revient pas à dire que les problèmes posés par l'interaction entre le contenu physique et le formalisme mathématique ne méritent pas considération : c'est à juste titre qu'ils sont, depuis longtemps, reconnus comme faisant partie des difficultés majeures auxquelles est confronté l'enseignement de la physique, et il convient de les faire figurer parmi les thèmes de recherche possibles du futur laboratoire. Il serait d'ailleurs intéressant de s'interroger, plus généralement, sur l'ensemble des auxiliaires de l'enseignement de la physique, et d'étudier dans quelle mesure ils l'aident effectivement et ne font pas peser sur lui des handicaps supplémentaires : les représentations graphiques de divers types, par exemple, sont systématiquement employées par les professeurs de physique ; ne conviendrait-il pas de s'assurer qu'elles permettent effectivement le transfert d'informations vers les étudiants, allié à l'ancrage sensoriel et à la mémorisation visuelle dont les enseignants tiennent pour acquis qu'il découle de leur emploi ?

Dans le prolongement de telles interrogations se pose, et de manière particulièrement prégnante dans notre discipline, l'ensemble des problèmes relatifs à l'enseignement expérimental : quels buts assigne-t-on à l'expérience de cours, aux travaux pratiques ? Quels profits en retirent effectivement les étudiants ? Comment doit-on et peut-on faire évoluer la situation ? De manière très générale, la tradition universitaire française vit dans ce domaine sur les évidences douteuses d'un positivisme *a priori* : le recours à l'expérience est un bien en soi, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de s'interroger sur les modalités précises de son intervention dans l'enseignement et de son impact sur les élèves. En fait, c'est tout un domaine de recherche qui est offert ici, et dont une première étape pourrait consister à inventorier et distinguer les différentes modalités possibles, du recours à l'activité expérimentale dans l'enseignement : quelles sont, par exemple, les expériences dont il faut tirer une mesure précise, parce qu'on leur assigne pour première fonction de renforcer l'habileté manipulatrice des élèves et/ou parce que l'information scientifique qu'elles fournissent n'est utilisable que si elle est suffisamment précise, et quelles sont les expériences qui, même mal faites, peuvent donner une réponse par tout ou rien utilisable, parce qu'on leur assigne le rôle « d'expériences cruciales », qui doivent, après une préparation judicieuse, venir heurter de plein fouet le « sens commun », les « représentations spontanées » des élèves, et les contraindre ainsi à entrer dans la problématique spécifique du physicien ?

Faut-il ajouter que l'enseignement expérimental est particulièrement sensible à la diffusion de technologies nouvelles dans le grand public et doit veiller à s'y adapter sous peine de laisser croître un écart désastreux entre la « physique de la rue » et celle du lycée ou de l'Université ; par exemple, la généralisation des circuits électroniques intégrés à grande échelle, (les « computer-shops » commen-

cent à faire leur apparition), pose aux enseignants de physique, à tous les niveaux, une série de problèmes qu'il serait urgent d'examiner : actualisation du matériel et des expériences de TP ; généralisation d'une approche par « boîtes noires », définies par leurs fonctions, mais dont la structure physique intime échappe ; « retournement » des enseignements d'électricité, le « logique » passant avant « l'analogique », avec référence éventuelle à la théorie de l'information, ou la théorie du signal, mises au niveau convenable.

Comme on le voit, cette liste des axes de recherche possibles est déjà longue. Il convient cependant de lui ajouter des actions plus techniques, relatives à la mise en œuvre des différentes méthodes pédagogiques apparues à l'étranger dans les vingt dernières années (plan Keller, enseignement par petits groupes et « skill sessions » du « Help » britannique, etc.), à l'évaluation de leurs avantages et désavantages, à leur adaptation ou leur prolongement dans le contexte français.

Plus généralement, il serait intéressant d'examiner de manière comparative les différents modes de transmission de l'information scientifique, en particulier de transmission orale (conférences, cours, séminaires), d'évaluer plus précisément leur impact sur leurs publics, voire de suggérer des moyens d'accroître leur efficacité.

Il faut souligner ici que l'essentiel des indications précédentes faisaient référence au contexte scolaire ou universitaire, mais qu'il serait nécessaire de s'intéresser également à l'apprentissage de la physique hors de ce contexte : dans des musées scientifiques, des maisons de la culture ou par l'intermédiaire des divers « media ». La participation à l'organisation d'une exposition commune à la Société Française de Physique et au Palais de la Découverte, ainsi qu'aux travaux du Comité de physique de ce dernier établissement nous ont donné l'occasion de constater qu'un contact entre muséologues et scientifiques pouvait suggérer les conditions d'une collaboration intéressante. Convenablement développée, elle prolongerait et compléterait très naturellement un travail de didactique scolaire, et pourrait éventuellement, après une institutionnalisation convenable, contribuer de manière intéressante à rehausser l'image de marque de l'Université auprès d'un public étendu.

Comme nous l'avons dit plus haut, nous ne pouvons ici que décrire brièvement un certain nombre de thèmes sur lesquels nous pourrions travailler si le laboratoire de didactique de la physique dont nous préconisons la création pouvait effectivement être constitué, et indiquer succinctement dans quel esprit ces thèmes seraient abordés. Nous devons souligner que, dans l'hypothèse de la constitution du laboratoire et du démarrage de son travail, ce démarrage devrait être progressif, et passer un certain nombre d'actions préalables au lancement de recherches proprement dites :

- rassemblement d'une documentation sur les recherches et sur les expériences pédagogiques menées ailleurs ;
- établissement de relations avec des centres de recherche analogues à l'étranger (en particulier en Grande-Bretagne, au Canada, aux USA), avec recueil de l'information et éventuellement stages dans ces centres ;

— familiarisation avec un certain nombre de techniques de la didactique : tests, entretiens « cliniques », entretiens de groupes, etc.

Il est entendu que l'information recueillie serait mise à la disposition des collègues de l'Université, et pourrait faire l'objet d'une présentation résumée dans un bulletin signalétique.

Il est également clair qu'en didactique le « développement », l'application doivent suivre de près la recherche. Celle-ci doit déboucher sur des enseignements effectivement pratiqués dont elle permet la création, la modification, le contrôle. Le domaine de la formation des maîtres offre un premier champ d'action, très naturel pour ces applications : même en l'absence d'une pratique généralisée au sein de l'Université, la mise en œuvre, à petite échelle du plan Keller, de l'enseignement par petits groupes, ou d'un enseignement programmé sont d'excellents exercices pour de futurs enseignants. On voudrait pouvoir prévoir un couplage étroit entre un groupe universitaire de didactique et l'enseignement secondaire ; notre expérience personnelle nous interdit malheureusement de penser que ce soit, pour le moment au moins, chose effectivement réalisable, en ce qui concerne l'enseignement public français dépendant du Ministère de l'Éducation ; resteront à explorer les possibilités de collaboration avec les nombreux autres établissements scolaires de même niveau (en France et dans les pays francophones). Enfin, l'Université elle-même devrait naturellement fournir et un champ d'expérimentation et un champ d'application.

Nous terminerons par une énumération des moyens nécessaires à un éventuel laboratoire de didactique de la physique.

Nous le ferons en précisant systématiquement deux types d'ordres de grandeur, respectivement relatifs aux moyens minimaux permettant d'assurer le démarrage du groupe d'une part, et, d'autre part, après que ce groupe ait atteint un premier régime de croisière lui permettant de s'attaquer effectivement à un certain nombre des problèmes évoqués plus haut en produisant un flux raisonnable de résultats.

Pour ce qui est des *chercheurs*, nous suggérerons qu'ils soient au nombre de trois à quatre au départ, pour passer à un effectif sensiblement double ultérieurement. Il s'agira essentiellement d'enseignants des Universités, auxquels pourraient venir s'adjoindre des collègues étrangers, ou des enseignants ou chercheurs relevant d'organismes d'enseignement liés à divers ministères, si des couplages suffisants pouvaient s'établir avec eux. (Il est évident que ce n'est qu'au bout de plusieurs années de travail, dans l'hypothèse la plus favorable, qu'on pourrait songer à bénéficier de postes CNRS ou analogues.) Aucune prospective ferme n'a été menée, évidemment, en vue d'un recrutement pour un groupe qui reste à créer ; mais il semble raisonnable d'admettre, compte tenu des contacts déjà établis avec des personnes qu'on sait intéressées par la didactique et des effectifs très réduits nécessaires au départ, qu'on ne devrait pas rencontrer, de ce côté, de difficultés insurmontables. Nous ajouterons deux remarques : il serait probablement judicieux que les membres du « noyau » initial soient docteurs, ou bénéficient d'une expérience analogue ; d'autre part, il conviendrait sans doute

que les membres du groupe s'imposent de garder le contact avec les développements récents de la physique en consacrant par principe une partie de leur travail à l'actualisation de leurs propres connaissances et à la rediffusion de l'information ainsi recueillie vers leurs collègues du laboratoire [...].

Didactique des sciences expérimentales (décembre 1982)

Texte dactylographié inédit (N.H.)

*

**

(Il faut noter d'abord que, pour des raisons de temps disponible, de relations personnelles, etc., les diverses sciences expérimentales sont très inégalement représentées au niveau des réponses qui ont pu être dépouillées : les didacticiens de la physique sont très majoritaires ; un seul biologiste s'est manifesté, plutôt d'ailleurs pour demander de l'aide... ; nous n'avons pu joindre les chimistes ; si cette situation reflète le retard important des sciences naturelles au plan de la recherche en didactique particulièrement dans le secondaire et le supérieur, il faut regretter que l'effort important des collègues de chimie, en particulier universitaires, poursuivi maintenant depuis plusieurs années, n'ait pas encore trouvé l'occasion d'apparaître dans notre enquête ; nous tenterons de réparer cette omission dans un avenir suffisamment proche. Pour le moment, une distorsion certaine marque notre revue des effectifs et peut-être des problèmes ; elle devait être signalée dès le départ.)

Le compte-rendu ci-dessous s'organisera en trois parties successives :

- les recherches elles-mêmes, examinées au plan des sujets abordés, des méthodes utilisées, des « retombées » réalisées ;
- les aspects institutionnels, tels qu'ils marquent la situation présente ;
- les principales évolutions souhaitées pour l'avenir.

Donnons peut-être dès maintenant une *impression générale* : celle d'une recherche en didactique des sciences encore dans l'enfance, souvent quasiment clandestine, en tout cas marginale, parfois mal admise par le milieu scientifique ; celle aussi d'un groupe très motivé, et persuadé de s'attaquer à des problèmes intellectuellement intéressants, socialement très importants, et d'une ampleur considérable.

La modicité des moyens, la faiblesse des effectifs n'en sont que plus vivement ressenties : la crainte s'exprime souvent d'un caractère trop ponctuel des recherches, qu'aggrave leur répercussion très limitée sur les différents échelons du système d'enseignement, très rétifs au changement et, plus encore, à la remise en cause, peut-être profonde, sur laquelle la recherche peut déboucher.

I. AXES ET MÉTHODES DE LA DIDACTIQUE DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES

Les *directions de recherche* sont très dispersées :

— quant aux niveaux de transfert d'information scientifique soumis à analyse (enseignements primaire, secondaire, supérieur ; formation des maîtres, initiale ou permanente, vulgarisation) ;

— quant aux thèmes retenus également. Le disparate de ceux-ci est révélateur de cette situation de démarrage, tout juste « toléré » dans la plupart des cas, qu'on a brièvement décrits plus haut. On peut citer :

(i) des « recherches actions » caractéristiques (sur « les sciences » dans l'enseignement primaire ; sur « l'enseignement de la notion d'énergie » à différents niveaux du secondaire ; sur l'enseignement individualisé dans le supérieur), impliquant définition des contenus, des objectifs, des démarches, des procédures d'évaluation, etc., et aboutissant à la rédaction de manuels ou de fiches de progression ;

(ii) des études de représentations « spontanées » dans l'enseignement et, corrélativement, de réactions à l'information scientifique en situation de vulgarisation ;

(iii) des analyses de contenu scientifiques et épistémologiques ;

(iv) des études relatives à des chapitres de l'enseignement (« l'air » en 1^{er} cycle, les « vibrations et ondes » en 2nd cycle, etc.) ;

(v) des études de « résolutions de problèmes » ;

(vi) des études de recours à l'outil informatique ;

(vii) des études statistiques de populations étudiantes.

Les *méthodes de recherche* sont largement commandées par la nature des thèmes et les conditions matérielles de la recherche. Si l'on excepte quelques recours — relativement exceptionnels — à des traitements statistiques sur ordinateur, avec des logiciels un peu élaborés, elles gardent pour l'essentiel un aspect assez traditionnel : élaboration de questionnaires, passation de tests, réalisation d'enquêtes, d'entretiens cliniques, à quoi s'ajoutent diverses actions plus nettement didactiques : rédactions de cours, manuels, fiches de progression, guides du maître, etc.

La nécessité a été exprimée de se démarquer de certaines « prétentions », jugées scientistes, de la psychologie expérimentale. Le vœu a été émis qu'un effort soit tenté pour développer et diversifier un stock méthodologique plus spécifiquement didactique, les recours actuels étant faits essentiellement d'emprunts à des pratiques préexistantes, pas nécessairement adaptées à l'émergence des problèmes auxquels la didactique entend s'intéresser particulièrement.

Des *retombées* au niveau de la pratique enseignante sont unanimement souhaitées. La plupart de nos correspondants déplorent que leur présente marginalité ne limite indûment l'influence de leurs travaux sur cette pratique, influence encore essentiellement dépendante des bonnes volontés locales.

Une touche plus optimiste a, cependant, été apportée à ce tableau : il y aurait des retombées, et non négligeables finalement, mais leurs points d'application et

leurs modalités de réalisation seraient largement imprévisibles. (De plus, ces « dérapages » devraient être admis : ils seraient inévitables quand on passe du stade de la recherche didactique à celui de l'application généralisée dans un cadre institutionnalisé qui apporte des contraintes supplémentaires dont le didacticien ne peut pas — et peut-être ne doit pas — tenir compte.)

II. STRUCTURES ET MOYENS DE LA RECHERCHE

On l'a déjà dit, la situation actuelle reste le plus souvent celle d'un « bricolage » sporadique de groupes souvent très restreints numériquement.

Les effectifs sont difficiles à chiffrer : souvent le nombre de membres cités nominativement comme appartenant à une équipe variera du simple au double suivant qu'on y inclut ou pas les enseignants du secondaire ; mais ceux-ci n'interviennent que pour une partie très réduite de leur activité globale (1/5, 1/6 ?).

En ne comptant que des enseignants-chercheurs du supérieur, des chercheurs du CNRS ou des enseignants bénéficiant d'une décharge à plein temps ou au moins mi-temps, on peut dire, pour fixer les ordres de grandeur, qu'on doit dénombrer actuellement, en physique par exemple, une trentaine de didacticiens. C'est évidemment très peu.

Les moyens matériels sont eux-mêmes très réduits, et cette limitation pèse de manière regrettable sur les possibilités de développement de nouveaux axes de recherche qui seraient pourtant à prendre prioritairement en compte : le recours aux moyens informatiques et audiovisuels par exemple.

Sont également très regrettables :

(i) l'absence d'un centre de documentation assurant l'accès à des sources d'information largement diversifiées ;

(ii) la difficulté de communiquer entre didacticiens français : les séminaires restent un peu trop limités au cadre de chaque équipe ; un « colloque national » périodique serait souhaitable et son organisation, pour la physique tout au moins, est actuellement envisagée ;

(iii) la difficulté de publier, due en particulier à l'absence d'un périodique français spécifiquement consacré à la didactique des sciences expérimentales. Cela dit, des publications sont accessibles au niveau européen, quoique un peu trop marquées peut-être par les orientations qui commandent les travaux anglo-saxons dans notre domaine. On peut se demander d'autre part si la taille critique est atteinte, qui justifierait la création d'un périodique français.

III. SOUHAITS POUR UNE ÉVOLUTION

Pour ce qui est des thèmes et méthodes de recherche, le point fondamental qui apparaît fréquemment est la nécessité de *reposer au fond le problème des buts de l'enseignement scientifique*. Le décalage croissant entre le développement du savoir et sa perception par la population est vivement ressenti, et il

inquiète. En plus de l'enseignement, c'est d'ailleurs à la vulgarisation qu'il conviendrait aussi de s'intéresser d'urgence.

Deux axes importants sont cités dans ce contexte :

(i) la prise en compte de la « culture pratique » (d'une fraction au moins) du public et la possibilité de la faire déboucher sur une conceptualisation nécessaire, mais actuellement très mal assurée ;

(ii) la connaissance des représentations « spontanées », et la définition des moyens de leur prise en compte dans l'enseignement (ou la vulgarisation). Les didacticiens français rejoignent ici un des courants majeurs de la didactique mondiale actuelle. (On peut, à ce point, faire mention de deux efforts originaux : d'abord, la définition d'une sorte de maïeutique des représentations, l'accent essentiel étant mis sur la perception par l'étudiant du conflit entre son raisonnement spontané et celui de la discipline enseignée ; d'autre part, un réexamen de la doctrine et des expériences piagétienes pour prendre en compte les significations des informations transmises : l'orthodoxie structuraliste est désormais bien loin !).

Signalons également le souhait d'un réexamen des contenus et des structures épistémologiques des diverses sciences préalablement à leur enseignement — (le discours de l'enseignement peut avoir à s'inventer véritablement et à se démarquer du discours interne de la discipline tel que l'ont souvent déterminé et son évolution historique et les impératifs techniques de son développement) —, celui aussi d'un examen des caractéristiques de l'information scientifique transmise par les média. (Rappelons également la nécessité, déjà mentionnée, d'un développement méthodologique.)

En ce qui concerne l'organisation de la recherche en didactique, nos correspondants offrent une gamme largement ouverte de réactions : maintien de la liberté actuelle ou structuration accrue devant assurer plus de moyens ?

A travers cette réédition du « chien et le loup », apparaissent malgré tout quelques constantes :

(i) La création d'instances d'évaluation liée aux disciplines « cibles ». Les didacticiens, dans leur immense majorité, souhaitent visiblement rester dans la mouvance de leurs sciences « d'origine ».

(ii) L'établissement de liens contractuels entre les groupes de recherche en didactique et les établissements d'enseignement ou de formation des professeurs.

(iii) L'organisation de liens interdisciplinaires effectifs.

Il est clair, évidemment, que le développement de la didactique est souhaité et que cela suppose un accroissement des moyens divers dont elle peut disposer. Moyens et personnes doivent être gérés, et les carrières des chercheurs convenablement administrées. Par le biais de quelle organisation ? Les réponses sont là encore très divergentes. Un gros institut de recherche sur l'enseignement ? Pourquoi pas ? disent certains ; d'autres craignent lourdeur, confusion, et dilution des spécificités disciplinaires. Au total, la suggestion ne recueille pas un accueil très favorable. Par contre, la prise en compte des didacticiens des disciplines scientifiques, au CNRS comme dans l'enseignement supérieur, par des instances inter-sections, émanations à définir des sections « normales », ou par telle ou telle section acceptant cette tâche est presque unanimement prônée.

Quelques thèses pour la didactique de la physique (novembre 1983)

Extraits

Il s'agit ici d'une communication aux journées du CIRDOS qui se sont tenues à Marseille les 25 et 26 novembre 1983. Ce texte est le premier des trois textes que nous avons indiqués comme étant en filiation directe ¹². Nous en reproduisons ici intégralement la troisième partie ; beaucoup d'éléments du début étant repris dans le texte de juin 1987 ¹³. « La physique ou l'enseignement impossible », auquel nous renvoyons le lecteur, nous n'indiquerons ici que quelques brefs extraits. C'est dans cet exposé que Michel Hulin suggère la création d'une nouvelle discipline pour laquelle il retient le nom de « protophysique » et présentant quelque ressemblance avec de la vulgarisation (N.H.).

*
**

PRÉCAUTIONS PRÉALABLES

Cette note compte beaucoup d'éléments critiques, tant pour l'enseignement secondaire général que pour l'enseignement supérieur (en particulier premier cycle et formation des enseignants). Inévitablement ces critiques portent, en particulier, sur le corps enseignant et sur ses pratiques. Il doit être entendu :

— que nous sommes prêts à faire toutes sortes d'exceptions individuelles, et à prendre en compte le fait que certains collègues, « réussissent » leur enseignement de manière parfois remarquable, soit dans le cadre de l'institution enseignante, soit en débordant de ce cadre par des initiatives individuelles ou, en tout cas, localisées ;

— que nous ne mettons pas en cause le travail, non plus que la conscience professionnelle des enseignants, mais l'ensemble des conditions imposées à leur travail : objectifs explicites ou implicites, programmes, moyens mis en œuvre, existence d'examens qui sont beaucoup plus des faits sociaux (voire politiques) que des actes pédagogiques authentiques, etc.

La critique ainsi présentée est fondamentalement celle d'un système qui nous semble, pour toutes sortes de raisons, faussé, voire inepte dans son fonc-

12. Voir p. 32-33.

13. Voir p. 147.

tionnement, et non pas la critique des acteurs intervenant au sein de ce système. Cela dit, nous avons conscience de courir le risque de choquer certains de nos lecteurs, et de leur donner l'impression d'une attaque injustement sévère, et qui ignore les conditions extrêmement difficiles, voire pénibles, dans lesquelles ils s'efforcent malgré toutes sortes d'obstacles, d'exercer leur métier. Encore une fois, nous leur demandons de ne pas ajouter une connotation morale à mes propos : ce dont il s'agit pour nous, c'est de tenter de reprendre au fond le problème de l'enseignement de la physique, dont il nous semble qu'il reste très mal posé, et qu'il condamne cet enseignement à un échec global, (malgré, nous le répétons, quelques exceptions brillantes, et des apparences plus nombreuses encore de réussite relative). C'est aussi de tenter de définir les objectifs prioritaires de la didactique de la physique, au moment où elle cherche à s'affirmer, à se développer, voire à s'institutionnaliser en la dégageant, au prix d'une remise en cause initiale aussi radicale que possible, des contraintes d'un système éducatif qui nous semble ne plus guère se survivre que grâce à son inertie. Nous pouvons d'ailleurs souligner dès maintenant que, s'il est assuré que c'est au contexte français que nous sommes le plus naturellement portés à nous référer, les raisons profondes de l'échec de l'enseignement de la physique nous paraissent jouer également dans d'autres pays, alors même que leurs structures éducatives, la formation ou les conditions de travail des enseignants, l'ampleur des efforts consentis pour amener une évolution, sont tout différents de ce qu'ils ont pu être ou sont en France : c'est peut-être la meilleure preuve qu'il ne s'agit pas ici d'incriminer un corps professoral particulier et de lui faire porter la responsabilité d'un fiasco dont il est après tout, avec les étudiants, l'une des premières victimes, fût-elle inconsciente.

Les principales étapes de la démarche que nous souhaiterions suivre correspondront au rappel préalable d'un lot d'évidences diverses, à l'établissement d'un ensemble de constats, et finalement à l'énoncé d'un certain nombre de « thèses ».

I. RAPPELS PRÉALABLES D'ÉVIDENCES DIVERSES

[...] Nous venons de décrire brièvement un certain nombre de caractéristiques qui nous semblent particulièrement importantes de l'analyse, par la physique, de situations du monde naturel ou technique, et de l'influence qu'elle assure à l'homme sur son environnement. Toutes ces caractéristiques sont des éléments spécifiques de la discipline, qu'on ne peut ignorer ou déformer sans en donner par-là même une image faussée. Il s'impose donc qu'un enseignement qui se veut être authentiquement un enseignement *de physique* respecte l'intégralité de ces composantes. Et un enseignement qui rompt avec cette nécessité, éventuellement pour les meilleures raisons du monde, peut apporter aux élèves ou aux étudiants des éléments de formation et d'information tout à fait intéressants, mais il doit renoncer à se présenter comme enseignement de physique, car il convient que les choses soient claires dans ce domaine. Un changement de déno-

mination — à définir — permet entre autres de poser en termes plus pertinents le problème de la relation de cet enseignement avec la communauté des physiciens. Il va de soi que des problèmes de ce type intéressent très directement les didacticiens.

Nous reviendrons longuement sur ce point dans la suite [...].

II. CONSTATS SUR LA SITUATION ACTUELLE

Il faut juger de l'enseignement de la physique en fonction de la manière dont il présente aux étudiants, traduit, (transpose au besoin), l'ensemble des éléments constitutifs de la discipline : connaissances et savoir-faire exploitables en physique même, dans d'autres disciplines scientifiques, et dans d'autres activités débordant du strict domaine de l'activité scientifique ; (dans ce dernier cas, en se gardant d'ambitions illusoires et d'ailleurs assez « impérialistes », on reste en droit d'attendre de cet enseignement qu'il fournisse quand même une vue pas trop fautive d'un élément malgré tout essentiel de la réflexion humaine, et assure des références raisonnablement solides à l'historien, à l'épistémologue, au géographe et à l'économiste) [...].

Au terme de ce bilan, force est de constater que, dans notre pays, l'effort de renouvellement de l'enseignement secondaire en physique a essentiellement échoué : le rapide dépeçage du programme a, très rapidement, permis de reconstituer le « rituel », et l'insistance mise par la Commission Lagarrigue sur les grandes démarches de la physique (par exemple sur les lois de conservation) — (démarches rapidement vidées de l'essentiel de leur contenu) — a eu pour conséquence essentielle d'accélérer l'expulsion des quelques éléments de physique appliquée qui pouvaient subsister dans les anciens programmes.

Certains collègues incriminent le manque de moyens accordés à la Commission : calendrier bousculé, essais en classe limités, recyclage insuffisant des professeurs, matériel trop chichement distribué. En fait, nous avons des éléments d'information tout à fait abondants et convergents qui nous permettent d'éliminer ce type d'explications : il suffit pour cela de noter qu'on trouve à l'étranger, et singulièrement dans les pays anglo-saxons, une situation quasiment aussi catastrophique.

La « réforme Lagarrigue » s'inscrivait en fait — quoique avec retard — dans la ligne d'un ensemble de tentatives analogues, débutant avec le PSSC en 1956 (mise en place en 1960), prolongé par le HPP (développement en 1964-1968) et, en Grande-Bretagne, par le Nuffield Project (à partir des années 60). Toutes ces réformes avaient des buts semblables : lancées à l'initiative des physiciens « de profession », elles visaient à faire passer dans l'enseignement secondaire les éléments pour eux essentiels de la discipline, les « grands moments de la physique », que ce soit pour des élèves à vocation scientifique (PSSC, Nuffield), ou, dans une perspective plus « humaniste », et pour assurer une culture générale à des « littéraires » (HPP). Toutes bénéficiaient de moyens de tous ordres, incom-

parablement plus développés que ceux dont on a pu disposer en France, et les produits visibles de l'activité des groupes impliqués dans ces opérations, les manuels par exemple, frappent par la richesse de réflexion insigne qu'ils supposent sur la physique et son enseignement. Néanmoins, ces réformes n'ont pas suffi à modifier profondément la situation de l'enseignement : aux USA par exemple, on semble revenu 25 ans en arrière, aux débuts de « l'ère Sputnik » (cf. le numéro de septembre 83 de « *Physics Today* » [...]) : baisse des effectifs d'étudiants choisissant d'étudier la physique, « analphabétisme scientifique » de la plupart des élèves d'un âge donné, et réinstallation du corps professoral dans des habitudes initiales. En Grande-Bretagne, le projet Nuffield est sous feux-croisés : la plupart des professeurs ou des écoles le trouvent excessivement ambitieux et, passé un premier temps de séduction, l'ont progressivement rejeté ; par ailleurs, les universités les plus tournées vers la formation des élites scientifiques, et les associations de spécialistes critiquent avec virulence la tentative faite de mettre l'accent sur des discussions « touche-à-tout » et essentiellement qualitatives, sur le « feeling » de la réalité physique, au détriment d'une formation solide aux analyses quantitatives.

On doit ajouter que l'enseignement universitaire, quant à lui, se caractérise, au moins en France, par un décalage aussi systématique que désolant entre les ambitions affichées des programmes, exclusivement conçus pour déboucher sur des études longues, et les capacités de tous ordres des étudiants de premier cycle. De plus, la formation des maîtres qu'il assure contribue puissamment, en particulier au niveau de la préparation des concours de recrutement, CAPES et Agrégation, à les faire entrer dans un système clos : peu de réflexion sur les structures fondamentales de la discipline, émiettement des études entre les divers domaines traditionnels (mécanique, thermodynamique, électromagnétisme), peu d'ouvertures sur le monde de la recherche ou des applications, pas d'acquisition de savoir-faire pratiques en mécanique (la mécanique des ateliers), ou en électronique. L'Université forme ainsi des professeurs qui, d'un bout à l'autre de leurs études, ne sont finalement jamais sortis du contexte scolaire : comment s'étonner si toutes leurs conceptions et leurs réactions se situent systématiquement dans ce contexte ?

En conséquence, il convient d'admettre :

— qu'il y a — et de manière très répandue, dans des pays très divers — un problème très sérieux de l'enseignement de la physique au niveau secondaire ;

— que des efforts très sérieux, menés avec de gros moyens, pour améliorer la situation, ont systématiquement échoué. Il est inutile de se lancer de nouveau dans des opérations analogues, en « exigeant » des financements dispendieux : il faut admettre, comme un fait expérimental, que la descente de la physique des physiciens vers les enfers de l'enseignement ne peut se faire qu'au prix d'une dégradation et d'une dénaturation systématiques, qui ne laissent aux consommateurs qu'un résidu sans séduction ni intérêt ;

— qu'il faut donc accepter de reprendre au fond le problème, en se démarquant complètement des tentatives passées et des pratiques actuelles. C'est d'ailleurs ce qui justifie l'intervention des didacticiens : ni les physiciens, ni les

professeurs ne peuvent s'occuper — en tout cas pas tout seuls — d'enseignement de la physique : leurs échecs passés et présents les disqualifient.

Présentons maintenant — sous formes de « thèses » ! — quelques propositions pour prendre acte de l'ensemble des constatations précédentes.

III. THÈSES POUR LA DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE

1) L'inadéquation constatée de l'enseignement actuel de la physique à toute autre finalité que sa propre survie comme système social impose de mener la recherche en didactique de la physique en rupture d'avec cet enseignement, et hors des contraintes qu'il impose et, ce, pendant tout le temps qui sera nécessaire. Les établissements d'enseignement peuvent être utilisés comme terrains de recherche éventuels — et de préférence ceux auxquels un contexte institutionnel favorable assure une certaine liberté d'initiative, et qui en profitent effectivement, comme c'est le cas pour certains établissements privés ; mais il faut veiller soigneusement à ce que la recherche en didactique ne serve pas d'alibi au système tel qu'il est organisé et fonctionne, et ne contribue pas à prolonger sa survie.

2) Le caractère systématique de l'échec des réformes de l'enseignement secondaire de la physique, tentées dans des contextes sociaux, économiques, politiques et institutionnels très divers, et malgré des moyens parfois très importants et la mise en œuvre de compétences remarquables, montre que le problème posé par la définition même de cet enseignement, dans ses contenus, ses méthodes et ses finalités, est très profond. L'étude de ce problème est la priorité essentielle pour la communauté naissante des didacticiens de la physique.

3) Le premier point à prendre en compte est la coupure de l'enseignement, typiquement au niveau secondaire, d'avec la discipline telle qu'elle est pratiquée par ses spécialistes. Nous considérons que cette coupure, dans le cas de la physique, vu les conditions dans lesquelles elle est pratiquée, vide essentiellement l'enseignement de son contenu et de son intérêt potentiel.

Il est clair, cela dit, que les mathématiques enseignées sont, elles aussi, très différentes des mathématiques pratiquées par les spécialistes, et que de vives résistances s'opposent à leur rapprochement ; il était aussi évident, jadis, que le latin enseigné était loin de la linguistique, la paléographie ou la stylistique latines.

Nous posons — et c'est à discuter avec les collègues mathématiciens — que ces divergences sont cependant moins graves en mathématiques ou en latin qu'elles ne le sont en physique. Nous exprimons cette hypothèse en introduisant une distinction entre :

— « les disciplines qui s'enseignent », telles les mathématiques (ou le latin, avec beaucoup de nuances et des différences importantes) ;

— « les disciplines qui ne s'enseignent pas », telle la physique.

Précisons notre propos :

4) Pour une « discipline qui s'enseigne », il y a en fait possibilité d'une « transposition didactique », qui introduit un écart — parfois considérable —

entre le savoir savant et le savoir enseigné. Mais le savoir enseigné garde néanmoins des justifications :

— il prépare au savoir savant, et, ce, suivant des modalités acceptables par les élèves compte tenu de ce qu'ils savent déjà et de ce qu'ils sont capables d'assimiler ;

— il respecte certaines caractéristiques épistémologiques fondamentales du savoir savant : la logique des différents types de démonstration en mathématiques, (distinction entre conditions nécessaires et suffisantes, récurrences, preuves par l'absurde, etc.), n'est pas fondamentalement différente pour le mathématicien, le professeur et l'élève ;

— il garde une valeur sociale en assurant l'apprentissage par les élèves de certains éléments, (savoir-faire généraux et connaissances spécialisées), qui peuvent leur servir dans l'accès ultérieur à la discipline, *et* en dehors de l'étude de celle-ci.

Il subsiste, bien sûr, des risques non négligeables, en fait permanents, de « dérapage » d'un système d'enseignement largement livré à lui-même et toujours potentiellement tenté par le repliement sur soi. Mais l'entreprise que constitue cet enseignement n'est pas complètement et par avance vouée à l'échec : des liens restent maintenus avec certaines caractéristiques importantes de la discipline ; un certain courant d'échanges demeure possible, (et une partie du travail du didacticien peut se situer au niveau de ces courants) ; enfin, des connaissances sont transmises qui peuvent trouver à s'employer dans des activités diverses et ceci assure un certain couplage au monde extra-scolaire et, au public, une certaine possibilité d'appréciation de l'enseignement en question.

En regard de ces « disciplines qui s'enseignent », il en existe d'autres : nous les appellerons — naturellement — les « disciplines qui ne s'enseignent pas ».

5) La physique à proprement parler — autrement dit telle qu'elle est mise en œuvre non seulement par les physiciens, mais aussi par les praticiens des diverses activités techniques qui y ont recours — est une « discipline qui ne s'enseigne pas ».

Ceci signifie que l'enseignement correspondant, au niveau secondaire, ne peut reproduire, en nombre et à un niveau adéquats, assez de caractéristiques de la discipline pour s'assurer les justifications diverses — (connaissances effectivement exploitables, ouverture sur les résultats et les structures épistémologiques essentiels du savoir savant, ouverture sur les pratiques sociales qui en dérivent) — sans lesquelles il n'est qu'une activité purement artificielle, pérennisée avant tout par l'existence d'un corps professoral et le poids qu'il représente dans la « microsociologie » du système éducatif. Et cette impossibilité a des causes fondamentales : il serait vain d'incriminer des causes circonstancielles, telles que le manque de moyens matériels ou la formation insuffisante des professeurs. Pour une discipline qui ne s'enseigne pas, l'enseignement ne réalise pas une transposition didactique, mais une destruction didactique ou « didactolyse ».

Cette propriété de la physique explique l'ensemble des échecs récents rappelés plus haut. Elle affranchit en fait le corps professoral de l'essentiel des responsabilités de cet échec. (Il lui appartient, par contre, de ne pas nier celui-ci, et de ne pas s'entêter indéfiniment dans un combat perdu d'avance.)

6) La raison d'être de cette propriété de la physique est, fondamentalement, qu'elle repose sur la rencontre d'un processus de formalisation mathématique et d'un processus expérimental :

(i) Il faut savoir suffisamment bien « parler mathématique » pour modéliser les situations physiques, soumettre les modèles à l'analyse mathématique, et s'affranchir ainsi des adhérences du langage naturel aux représentations spontanées, qu'il s'agit de mettre de côté, pour un temps, parce que leur prégnance serait la plus forte si on les attaquait de front.

(ii) Il faut savoir dominer suffisamment la logique intime d'un processus expérimental, (maintien de certaines variables constantes, appréciations du jeu des paramètres les uns par rapport aux autres, ce qui suppose d'ailleurs, là encore, de disposer de références mathématiques suffisamment solides), et disposer d'un ensemble déjà assuré de savoir-faire techniques divers pour que l'expérimentation « dise » effectivement quelque chose, et quelque chose de précis.

Or, pour des raisons à coup sûr intimement liées aux structures mentales des enfants et des adolescents, et aux modalités de leur développement, il est vain de vouloir brusquer les choses en matière d'acquisition des outils mathématiques et logiques. (Si, dans ce domaine, on peut gagner du temps, ce sera aux mathématiciens, aux psychologues, et aux didacticiens des mathématiques de montrer comment.) Force est donc d'attendre, pour aborder l'enseignement de la physique proprement dite, que les étudiants aient atteint, dans ce domaine, une maturité suffisante, et qu'ils aient acquis par ailleurs un jeu minimal de savoir-faire techniques et une pratique suffisante de la mesure. Tout porte à croire que cette maturation préalable est seulement en cours pour les plus doués des élèves du secondaire, et n'intervient, au mieux, qu'aux alentours du baccalauréat, pour la majorité de ces élèves (voire bien après, voire jamais !).

Tout ceci permet de comprendre pourquoi la physique est une discipline qui ne s'enseigne pas.

7) Nous pouvons d'ailleurs étayer ce diagnostic en nous reportant à l'histoire de l'enseignement, complétant ainsi les références « géographiques » qui, plus haut, nous ont permis de montrer le caractère général des difficultés auxquelles se heurte l'enseignement préuniversitaire de la physique.

Il est remarquable de voir comment, à la stabilité de l'enseignement des mathématiques, au moins jusqu'à une époque récente, s'oppose, en physique, la permanence d'hésitations conduisant à des bouleversements de programmes ou à des changements de doctrines avec des constantes de temps extrêmement réduites, de l'ordre de la dizaine d'années. C'est pour nous la conséquence du fait qu'on a voulu calquer l'enseignement de la physique, discipline non susceptible d'enseignement, sur celui des humanités ou des mathématiques qui, elles, « peuvent s'enseigner » : tout le XIX^e et l'entre-deux-guerres ont ainsi vu se succéder les interventions de « savants », isolés ou groupés en commissions, de hauts fonctionnaires ou de ministres qui ont tenté de définir les moyens de faire passer dans l'enseignement la valeur théorique et pratique — voire morale ! — de la « philosophie naturelle », chacun trouvant de bons arguments pour expliquer l'échec patent de ses prédécesseurs. Nous pensons que le moment est venu d'ad-

mettre que le problème n'a pas été résolu parce que c'est, fondamentalement, un problème insoluble.

D'un texte d'Henry Le Châtelier ¹⁴, nous extrayons la réflexion suivante : « L'esprit n'est mûr pour les études scientifiques que vers 16 ans. Jusque-là, on devrait se contenter de faire apprendre aux enfants les sciences naturelles, qui exigent seulement l'esprit d'observation, et préparer l'étude des sciences physiques par des travaux manuels d'atelier ou de laboratoire, destinés à donner la connaissance expérimentale des principaux phénomènes naturels.

Les méthodes actuelles d'enseignement des premiers principes de la science sont néfastes... Certains élèves sont déclarés bouchés pour les sciences quand leur insuccès sont dus à de mauvaises méthodes d'exposition... et surtout à un enseignement prématuré. »

Certes, nous ne reprendrions pas telles quelles à notre compte toutes les affirmations de Le Châtelier : l'évolution de la physique et des « sciences naturelles », depuis son époque, ont très sensiblement modifié les données du problème. Il ne fait aucune mention des difficultés liées à l'emploi du formalisme mathématique, (qui nous semblent fondamentales), à la fois parce que la formalisation de la science de son temps était beaucoup moins poussée que celle de la physique plus récente, et parce qu'il évoluait dans un contexte marqué par le positivisme qui lui faisait accorder une confiance probablement excessive dans les vertus probantes de l'expérience : parlait-on, à l'époque, de « représentations spontanées » ? Nous adoptons néanmoins complètement sa conclusion : dans le secondaire, l'enseignement de la physique est « prématuré ».

Comme toujours quand l'on fait ressurgir les critiques « des Anciens », il sera naturel d'incriminer l'influence pernicieuse de quelque courant idéologique sous-jacent : on ne nous épargnera certainement pas cette réaction que nous serons d'ailleurs les premiers à trouver saine. Mais nous demandons à ce qu'on revienne sur le grave problème posé par Le Châtelier : celui des élèves. Qui d'entre nous peut dire que pour ceux-ci — qu'ils le touchent de près ou de loin —, il serait actuellement prêt à accepter *a priori* le diagnostic d'un enseignant de physique quant à ses capacités véritables ? Et si d'autres s'insurgent contre la dénonciation de « mauvaises méthodes d'exposition », accepteraient-ils, par avance, de publier une analyse critique de nos manuels des lycées et un relevé de leurs erreurs scientifiques patentées ?

La didactique de la physique a devant elle un monceau de problèmes, importants et divers. Mais elle doit accepter de se placer préalablement en dehors d'un système, et même contre lui. Il est essentiel qu'elle ne vienne pas enfoncer un peu plus l'enseignement secondaire de la physique dans son autorotation, en s'enfonçant avec lui.

8) La reconnaissance — désormais acquise — de la physique comme discipline qui ne s'enseigne pas a deux conséquences :

14. In : F. Le Châtelier, *Henry Le Châtelier, un grand savant d'hier, un précurseur*, Paris, Revue de Métallurgie, 1968, p. 218.

— La physique des physiciens n'a pas à intervenir dans le secondaire, et les physiciens non plus (sinon à titre personnel). (Leur intervention comme catégorie ne pourrait que générer quelque nouvelle réforme, tout aussi vaine que les précédentes, et, éventuellement, plus inutilement dispendieuse.)

— L'enseignement de la physique dans le secondaire s'attaque en fait à une mission impossible, ce qui le condamne ; mais des motivations très saines sous-tendaient son insertion dans le système éducatif ; il devait répondre à divers « besoins » de formation, sans cesse plus pressants d'ailleurs compte tenu de l'évolution du monde actuel ; il n'y répond pas en fait, ne peut pas d'ailleurs y répondre, et ceci le condamne ; les besoins subsistent néanmoins ; il faut donc que, l'enseignement de la physique une fois éradiqué, sa place soit prise par d'autres enseignements, auxquels il faudra assurer les conditions d'une efficacité raisonnable.

Parmi ceux-ci nous mentionnerons :

(i) des sciences expérimentales moins formalisées et moins artificielles (ou, si l'on préfère, sophistiquées) dans leurs procédurés d'expérimentation : la biologie et la géologie — comme le suggérait Le Châtelier —, la chimie aussi, dans la mesure où nos collègues chimistes accepteraient de rendre à leur discipline sa valeur phénoménologique ;

(ii) des apprentissages techniques : travaux manuels d'une part (toujours Le Châtelier !), mais aussi dessin (complètement négligé, dans ses aspects figuratifs, par l'enseignement actuel), géométrie, calcul, (à « négocier », évidemment, avec les mathématiciens et les didacticiens des mathématiques) ;

(iii) et surtout, une « nouvelle » discipline, à créer, et pour laquelle la première tâche est de trouver un nom : préphysique ? protophysique ? initiation scientifique et technique ? philosophie naturelle ?... Nous retiendrons ici « protophysique », terme particulièrement laid et prétentieux, ce qui nous semble l'imposer à l'évidence.

Le rôle de l'enseignement de protophysique sera de répondre à un certain nombre des besoins que devait spécifiquement satisfaire l'enseignement de la physique ; mais il ne faudra pas lui imposer des ambitions inaccessibles par référence à un savoir savant hors de portée.

Certains trouveront peut-être formel ce changement de dénomination ; nous y tenons néanmoins — pour un temps en tout cas — car il nous permet d'insister :

— sur la nécessité de casser une tradition de l'enseignement secondaire de la physique et de remettre profondément en cause ses objectifs et ses méthodes ;

— sur la modification des rapports à établir avec la physique des physiciens, et avec les physiciens eux-mêmes, au niveau des programmes, des formations, de la définition d'objectifs. En particulier, il ne s'agirait plus de « faire descendre de la physique » vers les premiers niveaux de l'enseignement, la vouant ainsi à une didactolyse accélérée, mais d'instaurer quelque chose de nouveau.

9) L'« invention » de la protophysique constitue naturellement une tâche prioritaire pour les didacticiens. Elle doit tenir compte d'un certain nombre d'éléments :

(i) l'existence — malgré tout — d'un certain nombre d'enseignants qui réussissent leur enseignement de physique — et « authentiquement », pas seulement en faisant recevoir des élèves au baccalauréat. Leurs méthodes et leurs savoir-faire devront être analysés ; leur association aux travaux de didactique serait extrêmement souhaitable ;

(ii) la nécessité, en protophysique, d'un recours très limité au formalisme mathématique, celui-ci n'intervenant qu'à un niveau où son assimilation est assurée et contrôlable ;

(iii) la nécessité de renverser certaines priorités traditionnelles : la mécanique est particulièrement difficile à comprendre, et à lier aux pratiques du monde extrascolaire ; il faut en reculer l'introduction. Il ne faut pas non plus s'acharner, en électrocinétique, sur le couple « courant-tension », à coups d'analogies vouées à engendrer plus d'idées fausses que d'intuitions justes ;

(iv) l'acceptation d'un aspect largement informatif, en particulier sur la phénoménologie naturelle et sur le monde technique, plutôt qu'explicatif à tout prix. Le but est de constituer un bagage de références utilisables par la suite, et intéressantes par elles-mêmes, chez des enfants qui en sont curieusement démunis et deviennent, par exemple, des agrégatifs très savants sur les changements de phase, mais ignorants des lois de l'ébullition. (*Mutatis mutandis*, nous retrouvons un peu l'idée d'une histoire de nouveau partiellement événementielle et chronologique qui agite les enseignants d'histoire.)

L'enseignement de protophysique ne devrait sans doute pas exclure de ressembler à de la vulgarisation, et de se confronter fréquemment à elle. Il devrait probablement rechercher des interventions extérieures, par exemple celles de parents d'élèves exerçant des activités techniques ;

(v) l'ouverture sur des interactions possibles avec les historiens et les philosophes, pour introduire des éléments d'histoire des sciences et des techniques, ici encore en recensant et en analysant les initiatives déjà existantes ;

(vi) et prioritairement, la nécessité d'assurer aux enseignants le maximum de franchise vis-à-vis de contraintes de programmes, et la possibilité de tirer le maximum de profit de leurs savoir-faire et intérêts personnels.

Ceci impose, en particulier, de prévoir des modes de contrôle profondément renouvelés.

10) La didactique de la protophysique doit faire appel à des collaborations extérieures, du côté des mathématiques en particulier, et du côté de la psychologie. Mais il faudrait que les psychologues doublent leurs études de psychologie cognitive par des études sur la perception, la manipulation et la représentation. (On trouve une préfiguration de telles approches dans les travaux d' l'IFOP par exemple, mais ils restent très liés au contexte des pratiques professionnelles. Le problème de la perception de l'espace, très heureusement inséré dans le projet de GRECO « didactique »¹⁵, est d'une importance primordiale).

15. Voir p. 187 (N.H.).

Dans l'accueil fait par les élèves à un enseignement d'information scientifique et technique, les motivations et représentations sociales relatives à la technique, l'industrie, etc. jouent un rôle important, et l'intervention de sociologues pourrait être judicieuse.

Un effort particulier devrait être fait pour assurer par les élèves l'apprentissage du langage naturel dans des conditions propres à son utilisation ultérieure dans le contexte scientifique et technique, en insistant sur la richesse et la précision du vocabulaire et la manipulation des articulations logiques du discours : l'orientation « littéraire » de l'enseignement du français favorise indûment l'évocation des composantes uniquement subjectives de l'expression, et l'on a pu noter des déficiences atterrantes dans le maniement des « connecteurs logiques ». (Nous avons mentionné le latin plus haut : il est certain qu'il offrait l'occasion de « démonter » une langue, de la prendre comme objet, et donc de cesser de la « vivre » de l'intérieur, ce à quoi condamne l'usage spontané de la langue maternelle auquel sont cantonnés de trop nombreux élèves. De plus, l'intérêt profond de l'immense majorité des textes latins soumis à traduction interdisait, le plus souvent, de se laisser porter par le discours ; il imposait de recueillir avec soin l'ensemble des indications disponibles, morphologiques et syntaxiques, pour exhumer un semblant de signification de l'abîme de banalité dans lequel l'enfouissait l'auteur.)

11) Mention particulière doit être faite de l'enseignement de la physique dans les classes techniques du secondaire. (Rappelons que, jusqu'ici, nous avons uniquement considéré l'enseignement général.)

Ces classes ont une particularité essentielle : devant « produire » des élèves dotés d'un savoir utilisable, elles sont en permanence soumises à une référence extérieure : celle des employeurs de ces élèves. En particulier, les enseignants doivent à tout prix tenir compte, et rapidement, de l'apparition de nouvelles techniques. Par ces mécanismes, l'enseignement technique échappe par force au repliement sur soi-même caractéristique de l'enseignement général.

Or, il est délaissé par les didacticiens de la physique. Ceci nous paraît très regrettable.

Nous nous contenterons de cette brève référence mais nous le redisons avec insistance : il faudrait que la didactique étudie de très près l'enseignement technique.

12) La physique proprement dite reparait naturellement comme objet d'enseignement possible au niveau post-baccalauréat.

(Mentionnons quand même que, pour une certaine fraction des élèves, un apprentissage un peu plus précoce serait sans doute possible, à condition que leur formation en mathématiques ait elle aussi pu être convenablement accélérée ; car, même pour les adolescents doués, (et peut-être surtout pour eux), se fait sentir l'impératif d'une assimilation préalable de tous les outils mathématiques nécessaires à l'entrée dans le jeu conceptuel de la physique. La conjoncture se prête sans doute mal à ce que nous insistions beaucoup sur cette hypothèse : cela dit, si elle se trouvait retenue, il serait important de redéfinir les

objectifs d'un tel enseignement, et de ne pas se limiter à un n^{ème} réarrangement des actuels programmes ; le PSSC et le Nuffield Project, chacun à leur manière, fourniraient des points de départ très utiles.)

Revenons à l'enseignement universitaire (ou des classes préparatoires). Il doit être le champ d'une autre intervention de la didactique, qui aura à respecter les impératifs suivants :

(i) Prendre en compte le faible nombre des futurs physiciens : les futurs utilisateurs de la physique seront à coup sûr beaucoup plus nombreux. Or, systématiquement, ce sont, au moins à l'Université, les physiciens qui déterminent le « curriculum » et les programmes, en fonction de leurs intérêts, spécialités et besoins propres, et ce, d'un bout à l'autre des études universitaires. Les didacticiens ont là un champ d'action utile possible, (d'autant plus que l'honnêteté intellectuelle n'est pas toujours de rigueur dans ce domaine : on a pu voir des commissions de spécialistes voter des deux mains des programmes de licence, en déclarant que leur contenu correspondait à un minimum indispensable à tout physicien, et se révéler, par sondage, incapables de dire en quoi consistaient lesdits contenus).

(ii) Pour les futurs physiciens et futurs enseignants de physique, il est essentiel d'insister sur la nécessité d'un retour, après calcul, au plan qualitatif, à l'expression « langagière » : mais ce retour doit intervenir après que l'habitude des traitements quantitatifs a créé une sorte de nouvelle intuition ; ce « qualitatif », en fait, est un « métaquantitatif », suivant un mot de J.-L. Martinand. La tentative pour développer très tôt la discussion qualitative des phénomènes, hors du secours du traitement quantitatif formalisé, et précipiter ainsi l'affrontement direct avec leurs représentations spontanées de sujets insuffisamment armés pour les remettre en cause sur des bases solides, nous semble largement inutile, voire dangereuse.

A ce niveau où la physique proprement dite peut être enseignée, son apprentissage ne saurait être « gratuit » : il faut que les étudiants en acquièrent une véritable pratique, les conduisant à des résultats contrôlables et exploitables au plan technique ; tout ceci impose le traitement quantitatif poussé jusqu'au bout, et exclut qu'on en fasse l'économie. Il est utile, bien sûr, que les étudiants « comprennent » en plus : mais cela peut et doit venir après. Des discussions qualitatives, où des physiciens « professionnels » trébuchaient à l'occasion, ont pu jouer un rôle important dans l'explication des raisonnements spontanés, et dans la mise en évidence de leur considérable prégnance ; mais il nous semblerait dangereux de les prolonger indéfiniment, et surtout de tenter d'en déduire des court-circuits possibles du traitement quantitatif, si séduisants que ceux-ci puissent paraître, puisqu'ils permettent l'économie du long détour par les mathématiques et par leur apprentissage préalable.

Resterait à examiner le problème des « techniciens », c'est-à-dire de ceux qui vont avoir à appliquer, dans une pratique, certains résultats, ou certaines théories de la physique. Est-il nécessaire qu'ils « comprennent » réellement ? Formulée ainsi, la question ne peut manquer d'être choquante ; mais il faut considérer qu'il y a derrière un enjeu considérable, et de portée sociale qui

impose de ne pas s'arrêter à un premier réflexe, pour génèreux qu'il puisse être : en imposant à certains étudiants des exigences de participation trop profonde, trop intime, aux mécanismes du raisonnement physique, on peut leur créer des difficultés insurmontables, pesant lourdement sur leurs études et leurs carrières, tout en les laissant très démunis devant les exigences de l'action pratique, aux verdicts aussi brutaux qu'incontournables. D'innombrables aviateurs se sont tués pour avoir « pensé » le décrochage en termes de « perte de vitesse » ; mais une fois le phénomène aérodynamique dûment analysé, n'est-ce pas sur ses conséquences sur le pilotage qu'il faut insister, plutôt que sur son mécanisme et ses raisons profondes ?

De nouveau, nous insisterons sur la nécessité, pour les didacticiens, de se préoccuper de l'enseignement de la physique en vue des applications techniques, dans les classes de BTS, les IUT, et, bientôt peut-être, dans certaines filières des premiers cycles universitaires : il y a là de nombreux problèmes, intéressants et socialement très importants, qui méritent examen.

(iii) Les conditions du recours à l'expérience, en Travaux Pratiques et en démonstrations de cours, sont à revoir complètement : quelle est la valeur probante de l'expérience ? A quelles conditions est-elle assurée ? Quelle peut être la part optimale d'initiative laissée à l'étudiant au fur et à mesure de sa progression ?

Nous nous contenterons de cette brève mention faute d'éléments déjà disponibles pour commenter plus en détail. Mais, de nouveau, il nous paraît qu'il s'agit là d'un problème extrêmement important, et relativement négligé, jusqu'ici, par les didacticiens, plus soucieux d'étudier les aspects formels ou les représentations spontanées. Un rééquilibrage de la didactique de la physique, prenant en compte sa composante expérimentale, nous paraît s'imposer.

Il est d'autant plus essentiel que l'évolution des techniques disponibles doit être mis à profit au niveau de l'enseignement, qui ne peut indéfiniment ignorer les circuits intégrés, ou toutes les aides à la saisie et au traitement des données qui deviennent disponibles à des prix très accessibles. Il est essentiel que l'étudiant trouve à l'Université, (et même au lycée, dans le cours de « protophysique »), des appareils aux performances comparables avec celles des innombrables gadgets, ou même jouets, qui lui sont offerts par le monde extrascolaire.

13) Une autre tâche de la didactique serait de « nettoyer la physique ». L'exposé et l'enseignement de cette discipline restent en effet très étroitement dépendants des hasards des découvertes initiales et des formulations primitives, et un gros effort doit être fait pour éclaircir la situation, pour affermir la logique des raisonnements, et pour définir les modes de formalisation les plus adéquats aux théories présentées. Ceci vaut à tous les niveaux de l'enseignement : recours à l'algèbre linéaire, aux formulations vectorielles ; prise en compte des symétries ; explicitation de la notion de mesure, du recours aux unités ; développement de l'analyse dimensionnelle ; « invention » d'un mode pertinent d'évaluation des incertitudes expérimentales, etc.

Un travail récent nous a montré à quel point les exposés offerts dans les manuels — certains très connus et prestigieux — du phénomène d'induction électromagnétique, pourtant connu maintenant depuis 150 ans, sont diffus et lar-

dés d'imprécisions, de postulats implicites, de complications inutiles, voire d'erreurs patentes. Bien des domaines de la physique classique mériteraient à coup sûr un tel réexamen.

C'est aussi un devoir des didacticiens que de réfléchir aux modes de présentation possibles — en particulier pour les futurs non-spécialistes, les professeurs du secondaire par exemple — des nouvelles acquisitions de la physique : la mécanique quantique et tous ses développements, (en physique des solides en particulier), donne un exemple particulièrement frappant de ce type de problème. Même s'ils doivent n'enseigner que la « protophysique », les enseignants de lycée peuvent-ils ne jamais toucher réellement au domaine quantique ? Et que dire des futurs ingénieurs en électronique intégrée, en optique cohérente ou en optoelectronique ?

Au niveau des formations universitaires générales comme de la préparation des futurs enseignants de lycée — (et d'universités si l'on met effectivement en place des structures dans ce domaine) — l'intervention des didacticiens de la physique suppose une collaboration avec les autres disciplines scientifiques : non seulement les mathématiques, avec lesquelles le dialogue est évidemment imposé, mais les disciplines plus techniques telles que l'électronique, l'informatique, le traitement du signal, et, bien sûr, la chimie à qui sa place traditionnelle aux côtés de la (proto)-physique confère un rôle particulier.

Le problème de l'intervention des psychologues, de son opportunité et de ses modalités doit être posé. L'âge même des étudiants auxquels s'adresse cet enseignement nous semble considérablement amoindrir l'intérêt des références piagétienes : les stades « formels » du développement cognitif nous semblent particulièrement diffus et peu propres à guider le didacticien ; l'interaction avec un contenu spécifique joue ici un rôle prioritaire qui rend assez vaines les références à des structures psychologiques et cognitives générales ; on constate néanmoins que certains auteurs cèdent à la tentation d'un repérage, par tests ou entretiens, de capacités d'abstraction rigidement répertoriées, voire de fonder sur ce repérage des procédures d'orientation. Nous suggérerions plus volontiers que l'intervention prioritaire des psychologues se situe au niveau de l'apprentissage du formalisme mathématique, pendant l'adolescence, en prolongeant les études actuelles de psychologie cognitive et développementale, qui, pour le moment, portent essentiellement sur les débuts de cet apprentissage, de manière à mieux cerner les difficultés que rencontrent les élèves quand les références sensibles s'estompent et que les symboles et relations formelles jouent le rôle principal. Il serait également souhaitable que les capacités d'expression — par recours au langage, ou à l'outil graphique — reçoivent plus d'attention.

LA VULGARISATION ET LE PALAIS DE LA DÉCOUVERTE 1981-1988

La vulgarisation scientifique apparaît très tôt dans les préoccupations de Michel Hulin et, tout naturellement, constitue l'une des directions de recherche de l'équipe de didactique qu'il anime, avec un intérêt particulier pour le Palais de la Découverte.

Michel Hulin participe pendant plusieurs années au « Comité de physique » du Palais de la Découverte, qu'il préside à partir de 1982 avant de devenir directeur du Palais en janvier 1984.

Le Palais de la Découverte, installé à l'initiative de Jean Perrin au Grand Palais en 1937, présente au public les bases de la connaissance scientifique, d'une manière aussi vivante et interactive que possible, et en insistant en particulier sur l'illustration expérimentale chaque fois que celle-ci est accessible. Jean Perrin interprétant, transformant l'idée première d'une Maison de la science pour l'Exposition universelle de 1937, conçoit le projet d'un établissement permanent qu'il nomme le Palais de la Découverte. Installé au Grand Palais, le Palais de la Découverte est inauguré le jour même de l'ouverture de l'Exposition. Devant le succès remporté, il est décidé que le Palais de la Découverte deviendra un établissement permanent ; d'abord rattaché au Centre national de la recherche scientifique, il devient en 1940 un établissement de l'Université de Paris ; c'est en 1972 qu'il est érigé en établissement d'enseignement supérieur autonome. Pour Jean Perrin, le Palais de la Découverte doit aider à convaincre de la nécessité d'organiser la recherche scientifique :

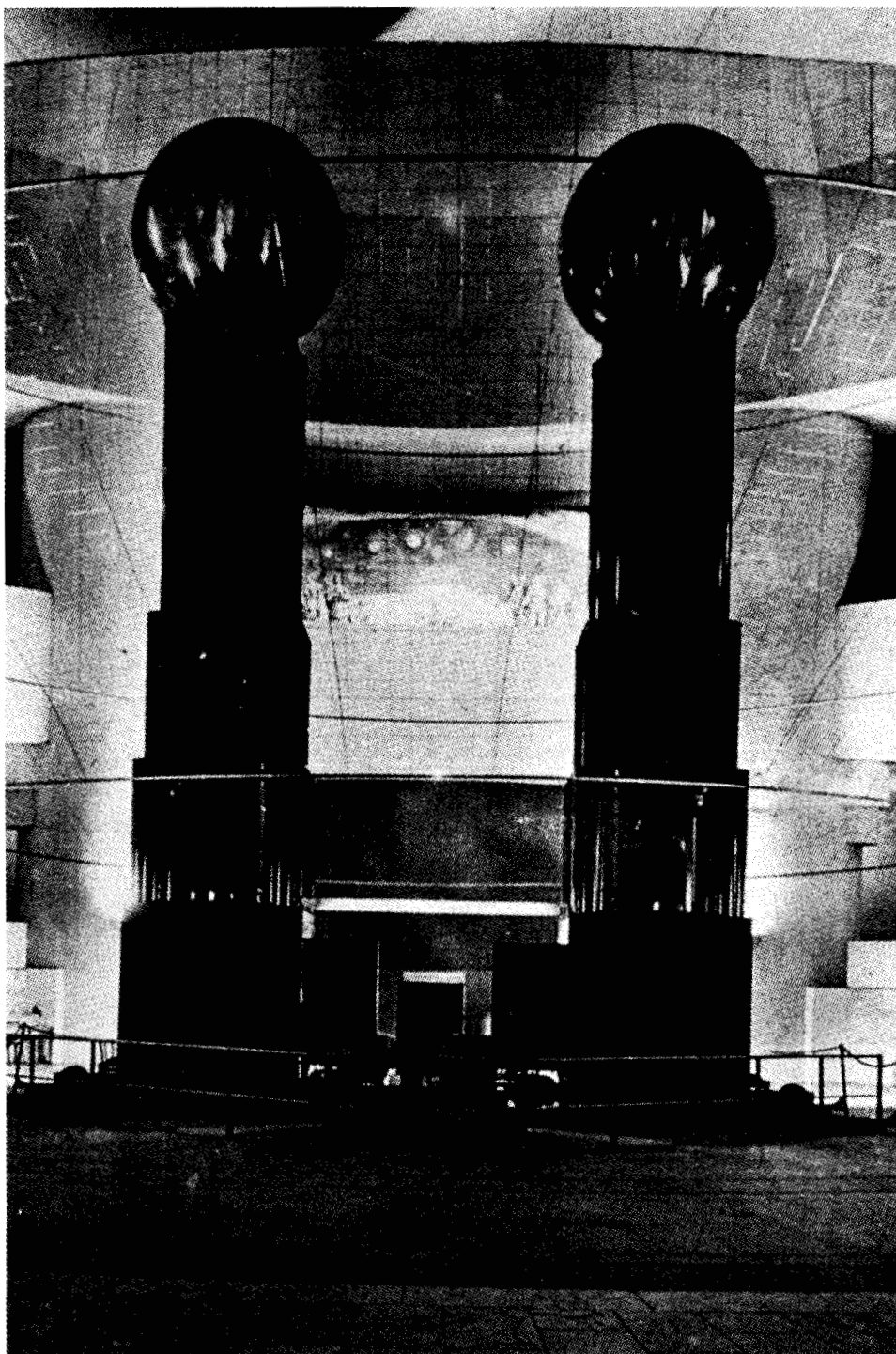
« Le Palais de la Découverte... doit faire comprendre au public que... nous ne pouvons espérer rien de vraiment nouveau, rien qui change la Destinée qui semblait imposée aux hommes, que par la Recherche scientifique et la Découverte. »

Il ajoutera :

« Par là nous voulions faire comprendre que favoriser la recherche est de première nécessité pour le Bien public. »

Et Jean Perrin précise :

« Un palais permanent de la Découverte ne sera utile que si, loin d'être une sorte de Musée bientôt stérilisé dans l'immobilité, il garde un contact vivant avec la science qui continue à se créer. »



Le grand générateur, type Van de Graaf, installé par Lazard et Joliot dans le hall du Palais de la Découverte, en 1937 (*Phot. Palais de la Découverte*).

Mais, la création de la Cité des Sciences et de l'Industrie (de « La Villette ») place pendant plusieurs années le Palais dans une situation difficile. Pendant quelque temps, sa disparition est prévue. Après la réunion, en 1983, d'une Commission présidée par H. Curien — M. H. Curien étant alors président du Conseil d'administration du Palais — la situation évolue très favorablement¹⁶. Malgré quelques alertes renouvelées auxquelles Michel Hulin doit faire face avec le soutien de M. le professeur J. Hamburger, le nouveau président du Conseil d'administration, il est maintenant admis que cet établissement doit poursuivre son activité aux côtés de « La Villette », les deux établissements visant des publics différents, avec des domaines d'action eux-mêmes distincts. (Signalons que Michel Hulin appartient au Conseil d'orientation de « La Villette » — Covil — de 1985 à 1988 et ensuite au Conseil d'administration.) En 1985, le Conseil des ministres officialise le lancement d'un programme de rénovation du Palais, en même temps que des autres musées scientifiques dépendant du Ministère de l'Éducation nationale ; le programme débute dès l'automne 1986.

Outre le pilotage du plan de rénovation de l'établissement lancé en 1986, l'action de Michel Hulin s'exerce simultanément dans diverses directions :

- réorganisation interne, en particulier informatisation de la gestion administrative et financière ;
- réalisation de nouvelles salles et expositions temporaires ;
- définition d'une nouvelle politique de présentation plus interactive, modernisation du décor et utilisation des modes les plus sophistiqués d'animation ;
- développement de nouvelles techniques et présentation recourant aux ressources audiovisuelles et informatiques ;
- lancement d'actions décentralisées par création d'antennes du Palais ;
- renforcement et extension du contact avec le milieu économique et industriel facilitant la présentation au Palais des aspects techniques et scientifiques de l'activité des entreprises.

Aussi, en novembre 1988, Michel Hulin peut écrire¹⁷ :

« Riche de ses cinquante ans d'expérience, reconnu, et sollicité pour ses avis, comme le pionnier mondial de l'animation scientifique, premier établissement qui ait su rompre avec la présentation statique des objets techniques et assurer l'illustration du concept désormais incontesté "d'interactivité", le Palais de la Découverte se doit maintenant de jeter sur son avenir un regard neuf et ambitieux.

Les plus hauts avis l'encouragent à cette hardiesse. Faut-il rappeler deux phrases du Président François Mitterrand, prononcées lors de la célébration du cinquantenaire de l'établissement en mars 1988 ?

« La diversité de ces lieux (de culture scientifique), dont le Palais de la Découverte est vraiment l'un des plus grands symboles et l'une des plus belles réalités, c'est une image aussi de la vitalité de notre pays [...]. Je crois qu'il était

16. 1985 est une année d'affluence record.

17. Le document élaboré s'intitulait : « Pour un Grand Palais de la Découverte ».

bien utile de célébrer le cinquantenaire de votre institution, de rendre hommage à ceux qui l'animent et qui lui ont rendu une deuxième naissance, de rendre hommage à ceux qui en ont fait une institution vivante, insérée dans le mouvement général des sciences, et dont on peut apprécier déjà les premiers résultats. " »

De son côté, l'Académie des sciences a toujours soutenu et défendu le Palais de la Découverte car, écrit Paul Germain¹⁸, « assurer la présence de la science dans la culture de nos contemporains réclame des moyens et des actions qui dépassent le cadre du système éducatif ».

*, Notant que « dans le domaine de "l'acculturation" des sciences et des techniques où œuvre le Palais, l'énormité même des besoins impose l'ambition », Michel Hulin définit, en novembre 1988, les axes de développement de l'action du Palais. D'abord, le Palais de la Découverte maintient son activité traditionnelle tout en évoluant pour être apte à entrer dans le *xx^e* siècle ; à son rôle d'acteur au sein du système éducatif s'ajoute une fonction de présentation de l'actualité scientifique et des applications ; enfin, « le Palais est reconnu comme un élément important et parfaitement intégré au sein du réseau national d'animation scientifique et technique ». Mais le Palais de la Découverte pourrait devenir aussi « vitrine de la recherche scientifique » en reprenant l'une des recommandations de la Commission présidée par M. Hubert Curien en 1983 — en fait, les liens du Palais de la Découverte avec les grands organismes de recherche ont toujours été très étroits — ou encore le Palais de la Découverte pourrait être, en quelque sorte, la « Maison de la recherche scientifique française » (N.H.).*

18. « Une Académie des sciences en l'an 2000 ? », discours d'octobre 1988, *Bulletin de la Société des Amis de l'École normale supérieure*, n° 177, mars 1989, p. 5-17 ; particulièrement p. 14-16.

Rôle des Universités
dans la popularisation de la science
(octobre 1981)

Il s'agit ici d'un très court extrait d'un texte (dactylographié, inédit) présentant des remarques sur la recherche scientifique universitaire. Notons que des lois relatives à l'enseignement supérieur et à la recherche vont insister « sur le fait que la diffusion des connaissances, la participation à la création d'une culture scientifique, technique et industrielle est une des tâches explicitement confiées aux chercheurs et aux enseignants-chercheurs » (N.H.).

*

**

Disons aussi que, sans grand effort, on peut imaginer un grand éventail d'activités, liées à l'activité de recherche ou d'enseignement scientifiques, ouvertes sur le monde extérieur et qui, dûment valorisées par une action politique et psychologique convenable, devraient séduire un certain nombre des actuels membres de la recherche scientifique universitaire et leur assurer des chances d'épanouissement et de mise en valeur de l'ensemble de leurs qualités [...]

On peut envisager une participation à un effort absolument indispensable de popularisation de la science : celle-ci reste complètement étrangère à l'énorme majorité de la population, ce qui conduit, en particulier, à poser en termes aberrants certains problèmes ayant une composante scientifique ou technique en plus de leurs composantes politiques, idéologiques, etc., et ce qui ralentit considérablement l'orientation des élèves et étudiants vers les activités techniques ou scientifiques. Les Universités devraient être, outre leurs autres fonctions, des centres d'animation scientifique, très ouverts sur le public, réalisant des expositions, des visites de centres de recherche ou d'installations techniques, épaulant les établissements d'enseignement secondaire, éventuellement en liaison avec des organismes, tels le Palais de la Découverte ou le futur Musée de La Villette, possédant l'expérience de ces activités, mais qui ne peuvent seuls faire face à cette tâche énorme.

Le Palais de la Découverte :
ses caractéristiques, son rôle, son évolution souhaitable
(mars 1983)

Il s'agit du rapport (dactylographié, inédit) établi par Michel Hulin pour la « Commission Curien ». Il sera suivi, en septembre 1983, d'une brève note, où est posé le problème des moyens, intitulé « Quelques remarques relatives au Palais de la Découverte et à son évolution possible. » (N.H.).

*
**

Le large effort de diffusion de l'information scientifique et technique (IST) actuellement entrepris, la création en cours de ce pôle considérable de vulgarisation que constituera le Musée de La Villette, la nécessité reconnue, après une trop longue période d'incertitude et de survie au jour le jour, d'assurer au Palais de la Découverte ¹⁹ des perspectives d'avenir clairement définis, et les moyens de remplir les missions correspondantes, tout impose, à l'heure actuelle, de réaffirmer le rôle du Palais, de cerner sa spécificité, et de fixer ses objectifs propres en respectant au mieux sa vocation initiale et son histoire déjà longue et riche. Ce court rapport a pour but de tracer une première piste dans cette voie.

S'agissant d'un établissement aussi fameux, à la genèse duquel ont été associés l'un des plus grands noms de la science française, et une époque d'élan politique et social particulièrement marquante, il ne serait pas incongru de donner dans un certain lyrisme ; nous préférons cependant nous contenter ici de cette seule référence fugitive, et passer à des analyses ou des évaluations certes plus ternes, mais aussi plus proches du problème fondamental qui nous est posé : une répartition des tâches, associée à une répartition des moyens entre le Palais et divers autres établissements ou « media » intervenant dans l'IST, tout ceci dans l'ambiance de « réalisme » qu'imposent les difficultés du temps. Au demeurant, nous n'avons plus désormais — Dieu merci ! — le sentiment que c'est la vie même du Palais qui est en cause : tout ce qui suit repose sur l'idée que la survie de l'établissement est maintenant chose acquise, sur laquelle il n'y a pas lieu de revenir indéfiniment. Ce n'est plus le temps de la colère ; nous pouvons en abandonner le ton.

19. Nous parlerons, désormais, « du » Palais.

Dans tout ce qui suit, nous nous efforcerons de centrer nos propositions concernant le Palais et son avenir sur des objectifs dûment précisés, et définis de manière restrictive. L'IST passe et passera par d'autres « musées » scientifiques que le Palais, et empruntera d'ailleurs d'autres canaux que les musées. Il est essentiel de définir les couplages souhaités entre le Palais et d'autres établissements parties prenantes dans l'IST ; il serait vain, même si l'on sent que la richesse de son expérience permettrait de lui demander beaucoup, de le charger, indistinctement, de toutes les tâches pouvant relever de son domaine d'intervention.

Il sera également indispensable de prendre en compte l'état actuel du Palais : il a ses habitués et son style ; il ne s'agit pas de bousculer l'un et les autres, mais d'infléchir certaines orientations, d'activer de nouvelles relations, de prolonger ou développer certaines actions. Les rigueurs du moment limiteront nos ambitions de changement ; profitons-en pour maintenir une continuité d'ensemble largement justifiée.

Ce document rappellera d'abord quelques caractéristiques fondamentales du Palais, tel que nous le connaissons aujourd'hui, et décrira brièvement les utilisations qu'en font les différentes composantes de son public.

Le Palais, depuis sa création, a vocation de présenter « la » science fondamentale, la recherche scientifique « pure ». Nous tenterons, dans une deuxième partie, de revenir sur cette option : il convient sans doute de la présenter avec moins d'emphase, et de veiller à l'élaguer de beaucoup d'excroissances idéologiques douteuses. Cela fait, elle reste parfaitement justifiable, et définit, pensons-nous, un « moment » indispensable de l'IST. Cette nécessité sera, d'ailleurs, d'autant plus facile à respecter que d'autres établissements prendront en charge les autres composantes, également nécessaires, de l'IST, et qu'un effort suivi sera fait pour élargir le public du Palais, au-delà des barrières que dressent encore les insuffisances des formations initiales.

Nous terminerons en dressant la liste des tâches qu'il convient d'assigner au Palais et l'inventaire des moyens qu'il faut lui assurer en correspondance.

*

**

Les caractéristiques fondamentales du Palais de la Découverte

Il n'est sans doute pas inutile de rappeler, très succinctement, comment se présente actuellement le Palais, en insistant sur ce qui lui donne sa physionomie propre :

(i) L'organisation générale

Le « noyau dur » est constitué d'*expositions permanentes*, structurées suivant les différentes disciplines scientifiques (astronomie, physique, biologie...) et leurs sous-disciplines (électricité, optique, génétique, etc.).

Ces présentations ont un *parti-pris didactique* poussé : il s'agit d'apporter une information proche de celle que donne l'enseignement à ses différents niveaux, organisée suivant la même logique interne des disciplines, mais avec d'innombrables illustrations expérimentales, parfois très spectaculaires, et de fréquentes ouvertures sur les prolongements techniques, et, à l'occasion, les antécédents historiques.

(ii) *Les disciplines présentées sont les « sciences dures »*, de manière quasiment exclusive ; (certaines références à l'optique ou l'acoustique physiologiques nous amènent au bord de la psychologie, mais sans que l'on entre véritablement dans son domaine).

En parallèle, des *expositions temporaires* offrent un contact plus poussé avec l'actualité, les applications techniques, et les retombées sociales, suivant une organisation très majoritairement thématique.

Enfin, de *multiples activités annexes* permettent au Palais d'étendre son champ d'intervention : conférences, bibliothèque, magasins, animations scientifiques diverses au Palais et hors du Palais.

(iii) *Les publics du Palais*

Un premier gros contingent est constitué de jeunes gens : ils représentent 70 % des entrées. Certains viennent dans le cadre de visites organisées par leurs professeurs, mais la majorité d'entre eux viennent pour des visites « spontanées », individuelles ou en très petits groupes de camarades.

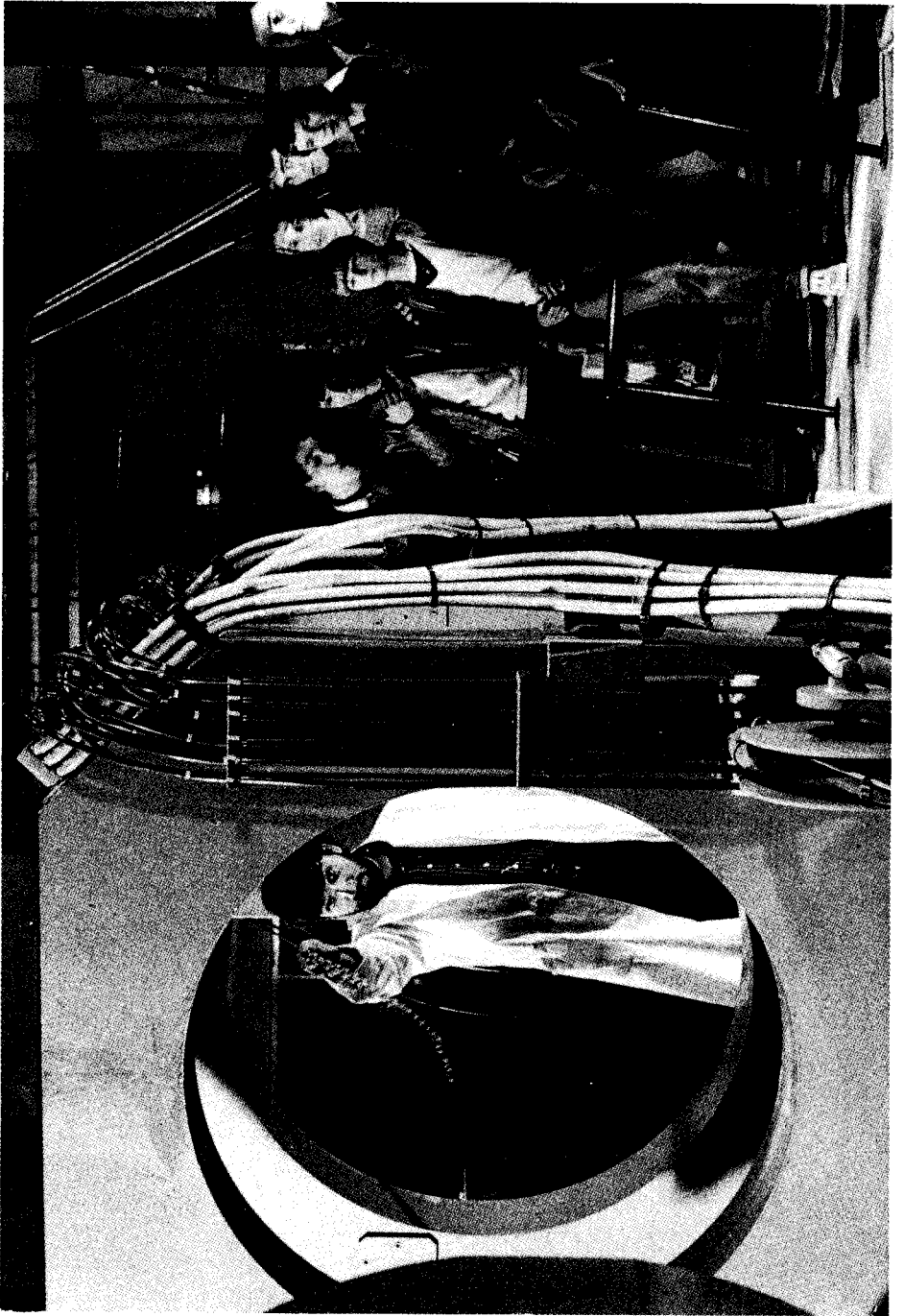
Le public adulte, (en particulier quand il n'est pas essentiellement accompagnateur d'enfants), est, incontestablement, assez marqué socialement : les personnes ayant bénéficié au moins d'une formation secondaire sont largement majoritaires.

Il n'y a cependant pas d'exclusive complète loin de là ; certaines curiosités se manifestent qui ne doivent rien à l'élan d'une formation initiale déjà un peu poussée : il y aurait très vraisemblablement là un « filon » de public à exploiter ; nous y reviendrons plus loin. Signalons d'ailleurs, dès maintenant, que le Palais a déjà fait effort pour élargir sa « base sociologique » par des présentations dans le métro, par des animations extérieures. Mais, faute de moyens convenables, ces tentatives restent sans doute trop limitées.

(iv) *Les modes de présentation*

Le Palais présente deux caractéristiques essentielles qui le distinguent de la plupart des autres musées scientifiques européens ou américains :

— une *très grande abondance d'expériences susceptibles d'être mises en œuvre par les visiteurs*, le plus souvent — mais pas exclusivement — par l'inter-



Démonstration expérimentale par un chargé d'exposés (Phot. Palais de la Découverte).

médiaire de commandes simples (boutons-poussoirs, manivelles). Ces manipulations interactives sont ici la règle générale, dont on ne s'écarte qu'exceptionnellement pour présenter des objets inertes, ce qui est très rarement le cas dans les autres musées ;

— *la présence d'un grand nombre de chargés d'exposés*, intervenant fréquemment pour présenter certaines séries de manipulations complexes, ou pour donner des informations complémentaires sur demande. De nouveau, il s'agit là d'une caractéristique spécifique — il n'y a guère d'autre exemple d'une telle organisation que l'« Exploratorium » de San Francisco. Les chargés d'exposés contribuent de manière évidente et profonde à donner au Palais sa physionomie propre.

Au reste, le Palais est doté des recours classiques de la muséologie scientifique, les *panneaux en particulier*, (d'une abondance et d'une ambition didactique parfois poussées à l'extrême). Ces dernières années, il s'est ouvert à d'autres auxiliaires, informatiques et audio-visuels en particulier : leur généralisation, là où elle serait judicieuse, n'est affaire que de moyens.

*

**

Comment visite-t-on le Palais ?

Maintenant qu'ont été brièvement rappelés les éléments qui définissent la physionomie d'ensemble de l'établissement, il convient de s'interroger sur la réalité profonde de son fonctionnement et de son influence sur le public : le Palais a, depuis l'origine, un « projet » didactique affirmé ; comment ce projet est-il reçu par les visiteurs ?

Il faut bien comprendre les limites des apprentissages auxquels peut conduire le passage dans un musée scientifique : quelques ordres de grandeur les illustreront clairement.

Imaginons une visite approfondie d'une salle de physique ; elle durera quelque deux heures, au plus, (au-delà la fatigue et la « saturation » seraient trop marquées) ; la salle comporte une trentaine de manipulations illustrant les notions et lois fondamentales du domaine traité : chaque expérience ne peut donc recevoir que trois à quatre minutes d'attention. Que l'on compare à un cours, à une lecture approfondie d'un manuel apportant la même information : on constate immédiatement que la visite impose un rythme de réception des informations bien trop rapide pour permettre, *seule*, une assimilation approfondie.

Les limites des apprentissages possibles à partir du musée intervenant isolément sont donc claires. En en prenant conscience, nous sommes conduits à imaginer différents modes de visite d'un établissement tel que le Palais, modes que révèle d'ailleurs effectivement l'observation du public ou l'enquête sur ses conditions de visite :

— Certaines visites pourront correspondre à *un but d'apprentissage précisément défini*, mais le Palais intervient alors pour offrir une « révision » d'un ensei-

gnement antérieur, pour le prolonger ; (l'exemple-type est la visite scolaire, bien sûr, mais beaucoup de visites d'adultes restent dans ce cadre). Le public concerné est alors considérablement « pré-informé » ; il cherche des rappels et des compléments d'information. Notons qu'il aime alors à retrouver ses catégories familières, et tout particulièrement le découpage suivant les disciplines scientifiques traditionnelles.

— D'autres personnes feront des visites encore « sérieuses » — si l'on ose dire — mais plus cursives. Il est clair alors que la structure des raisonnements ou l'enchaînement des concepts ne sont pas perçus de manière autre que superficielle et fugitive. Subsistent néanmoins un ensemble de *rapprochements, souvent qualitatifs, entre phénomènes connexes, ou entre un phénomène simple et ses applications parfois complexes* ; on note aussi beaucoup de petits succès ponctuels dans la prédiction, par le visiteur, du comportement d'une expérience, après réflexion sur l'information qui la décrit et la relie à d'autres : bien des manipulations incitent, par leur présentation, à résoudre de petits problèmes et les visiteurs se laissent facilement prendre à ce jeu.

— Finalement, certains passages dans le Palais se feront en dilettante : on papillonne de salles en vitrines, en se laissant accrocher par les éléments les plus spectaculaires. Les chargés d'exposés ont ici, de nouveau, un rôle essentiel pour fixer l'attention et forcer malgré tout le transfert d'information et la réflexion. Ce qui reste essentiel, cependant, pour ces visiteurs, c'est de *s'imprégner d'une certaine ambiance*, de jouir du « spectacle des sciences ».

N'est-on pas alors trop loin du but poursuivi ? Ne favorise-t-on pas, en ne touchant au demeurant qu'une fraction très restreinte de la population, une perception dangereusement fragmentaire et peut-être irréfléchie des sciences, de leur démarche et de leurs acquis ? Expérience faite, peut-on encore s'en tenir aux principes qui ont commandé la conception du Palais et de ses présentations ?

Le moment est venu de pousser l'analyse plus avant, de réexaminer les déclarations d'intentions qui ont ici cours, et de tenter de préciser l'impact effectif du Palais sur son public.

*
**

Réexamen des objectifs assignés au Palais de la Découverte

Dans ce domaine, des « mots d'ordre » se répètent depuis les origines ; ils sont bien connus :

« Apporter des connaissances. »

« Introduire à la méthode scientifique. Montrer ce qu'est la recherche, ce qui anime le chercheur. »

« Combattre les « fausses sciences » ; développer l'esprit critique. »

Pour ce qui est de l'apport de connaissances, nous l'avons déjà indiqué, tout dépend des savoirs antérieurs des visiteurs et de leur articulation avec l'information offerte, au moins si l'on s'en tient aux seules connaissances structurées sui-

vant les modalités qui s'imposent pour les techniciens de chaque discipline. Mais il faut admettre de dépasser cette vue restrictive, accepter une pluralité des conditions de transfert de l'information, et veiller à ce que cette *pluralité de « niveaux de lecture »* fonctionne effectivement. Pour cela, il conviendra de *diversifier encore les modalités de présentation de l'information*.

Reste que, pour le visiteur « moyen », sa distance initiale aux problèmes traités et aux expériences tentées le place dans une situation peu favorable à une perception *précise* des « problématiques » scientifiques. S'il peut néanmoins appréhender certaines caractéristiques épistémologiques de la démarche scientifique, (non sans risques de schématisation douteuse), il est en tout cas très loin, le plus souvent, de pouvoir exercer pleinement son esprit critique.

Dans ces conditions, le « spectacle de "la" science » ne sera-t-il pas un facteur supplémentaire « d'aliénation », de soumission aveugle à un savoir extérieur, et donc aux groupes sociaux détenteurs de ce savoir, (voire aux commanditaires de ces groupes) ?

Mesurons cependant qu'il n'y à là, en toute hypothèse, rien de très spécifique aux sciences : quitte à s'inféoder, pourquoi pas aux astronomes plutôt qu'aux astrologues ! (S'il est un « savoir » ésotérique, n'est-ce pas plutôt celui de ces derniers ?) Pour apprécier au fond les protestations bruyantes, dans ce domaine, de certains groupes de pression, il conviendrait sans doute de s'interroger prioritairement sur leurs propres malaises et sur les intérêts qu'ils défendent, plutôt que de remettre en cause ce qui, après tout, participe du droit global à l'information dont doit pouvoir profiter tout citoyen.

On peut imaginer, d'ailleurs, que des orientations moins scientistes — (peut-être aussi moins généreuses !) — que celles auxquelles nous faisons référence au début de cette partie permettraient aux visiteurs de mieux « négocier » avec leurs difficultés à entrer dans le champ des problèmes, des concepts et des méthodes scientifiques.

Par exemple, il pourrait convenir de représenter quelles limites impose, aux scientifiques eux-mêmes, l'extrême spécialisation de leur activité professionnelle : la parcellisation du savoir affecte tous les groupes sociaux et il pourrait être judicieux de le souligner.

Ajoutons aussi que les scientifiques sont loin de pouvoir prétendre à un apogée de l'esprit critique : les exemples abondent de leur bonne foi trompée par des charlatans, voire de leur adhésion, hors de leur spécialité, aux attitudes les plus irrationnelles.

Cette relativisation des vertus de la familiarité, dans un certain cadre d'activité, avec les rigueurs et les certitudes de « l'esprit scientifique », dosée avec prudence, pourrait assurer aux consommateurs de la vulgarisation scientifique, et, en particulier, aux visiteurs des musées, un utile élément de reprise de confiance en eux-mêmes. A tout le moins, cette idée doit-elle nous conduire à ne pas trop demander à « la » science, et, par-là, encore moins aux musées scientifiques.

Cette nécessité de « réalisme » dûment repérée, il convient, en contrepoint, de souligner ce que peut apporter une information sur les fondements des diverses disciplines scientifiques, et tout particulièrement si elle est illustrée,

comme au Palais, d'une abondance d'expériences diverses, interactives, et certaines très dépouillées, très simples.

Nous situerions volontiers cet apport à trois niveaux :

- Certes, nous y avons suffisamment insisté, le visiteur moyen ne « comprendra », et n' « apprendra » pas grand-chose lors d'une visite, surtout si l'on mesure cette compréhension ou cet apprentissage à l'aune des exigences qu'on imposerait à un futur spécialiste. Reste cependant qu'il ne sera pas, en général, immédiatement dépassé par les événements. Dans une salle du Palais, les premières présentations seront correctement perçues ; ce n'est que progressivement qu'il perdra pied, sous l'abondance de l'information. De la visite subsistera, malgré tout, l'idée d'une compréhension *possible* : c'est le temps qui a manqué, la possibilité de consacrer suffisamment d'efforts suivis ; il n'y avait pas, nécessairement au moins, d'obstacle de compréhension majeur. La difficulté est d'ordre quantitatif et non pas qualitatif : c'est là un élément important d'acceptation des sciences, de leurs méthodes et de leurs résultats ; il est intimement lié à la conception « didactique » du Palais, au recours systématique à des manipulations simples ; la présentation de systèmes technologiques complexes, pour spectaculaires ou impressionnants qu'ils puissent être, n'aurait sans doute pas la même vertu.

Il serait d'ailleurs judicieux de tenter de mieux profiter de ce début de familiarisation en proposant aux visiteurs, au-delà de la vue pointilliste, expérience par expérience, une vue plus synthétique de chacun des champs de connaissances.

Pour cela, il conviendrait de souligner les idées fondamentales, de montrer en raccourci le passage des interrogations initiales et des données essentielles aux applications et aux perspectives théoriques audacieuses. Il conviendrait également de jouer plus systématiquement sur la juxtaposition de présentations illustrant le même concept ou la même loi dans des contextes divers, pour faciliter la perception d'un élément d'explication commun. Il faudrait enfin que soient apportés les éléments essentiels d'expression (au niveau du vocabulaire, des « énoncés ») qui permettent une référence effective à ces concepts et à ces lois. (Dans le domaine de la physique, par exemple, ne pourrait-on mettre plus d'insistance sur les lois de conservation, sur les quantités se prêtant à une loi de conservation et tirant d'ailleurs de cette circonstance leur intérêt essentiel ? Il serait sans doute bon de s'interroger sur les moyens les plus efficaces pour dépasser, suivant cette voie, les présentations traditionnelles du Palais.)

- Un autre élément important de l'apport d'un musée comme le Palais, sans doute perceptible lors même d'une visite relativement superficielle, tient à ce que le visiteur constate que les problèmes abordés par les scientifiques le sont avec un éclairage profondément différent de celui auquel il aurait spontanément recouru. Non seulement la formulation change — ce qui est évident —, mais le rapport de l'important au secondaire est souvent largement modifié, sinon inversé, par rapport à ce qu'aurait retenu une approche « naïve » de la question. Il doit en résulter une méfiance salutaire vis-à-vis des « évidences » fallacieuses, qui peut être un élément important de « désaliénation » (si aliénation il y a). (Dans ce contexte, les références historiques ou épistémologiques peuvent être

un adjuvant extrêmement précieux : reste à leur trouver un mode de présentation judicieusement vivant.)

● Les présentations du Palais sont le plus souvent conçues suivant une progression linéaire, de type scolaire : les expériences premières introduisent notions et lois fondamentales ; en parallèle, les panneaux pourvoient les représentations formalisées ; et l'on s'achemine ainsi vers les situations plus complexes, et vers les applications.

Il serait nécessaire de s'interroger sur la faisabilité d'une autre démarche, inversant l'ordre précédent, ou, en tout cas, référant à d'autres éléments de savoir antérieurs à la visite que ceux qui sont ici, en général, sous-entendus. Et l'enjeu de cette recherche serait d'étendre largement le recrutement du public vers l'ensemble des « techniciens », c'est-à-dire des personnes possédant des savoir-faire pratiques, non nécessairement assis sur des connaissances théoriques, conceptuelles et formalisées.

Pour ces personnes, les applications peuvent être très familières, très bien dominées : d'où l'idée de partir d'elles pour « remonter » vers des notions plus fondamentales.

D'autre part, leurs savoirs, leur habitude de l'analyse de systèmes ou de situations éventuellement très complexes sont indéniables, mais, souvent, ils ne passent pas par les mêmes modes d'expression que les savoirs de type scolaire classique : il conviendrait, nous semble-t-il, de rechercher, pour le Palais, de nouveaux cheminements, de nouveaux modes de présentation, à utiliser en parallèle avec ceux qui sont actuellement retenus, de manière à diversifier les modes de lecture et à les adapter à des types de public jusqu'ici peu touchés, mais probablement très « demandeurs » d'information scientifique : c'est, en tout cas, un besoin qui s'est constamment manifesté, au sein du personnel technique, dans les universités ou les centres de recherche, à l'occasion des récentes « journées portes ouvertes », ainsi que dans divers établissements de type industriel.

Il est clair, en résumé, que les modes d'interaction entre un musée tel que le Palais et son public sont divers et complexes, et sans doute faut-il les diversifier encore davantage.

L'« effet » du Palais sur son public n'est pas nécessairement celui qu'auraient *a priori* souhaité des scientifiques : ceux-ci ne doivent cependant pas en déduire que le rendement soit nécessairement décevant, mais doivent accepter une grande diversité des attitudes devant la connaissance scientifique, et des prises de contacts avec elle.

A l'opposé, il ne faut pas, des limites évidentes à son efficacité didactique imposées à un établissement tel que le Palais, déduire que les options qui sous-tendent son action depuis l'origine ne sont qu'irréalistes, ou qu'elles ne prennent en compte que les seuls besoins d'une « élite ».

Si l'ouverture sociale du Palais doit effectivement être recherchée — et nous avons souligné plus haut cette nécessité —, il serait dangereux et malsain de poser en principe que le désir, même timide, d'un contact, même superficiel, avec la réflexion ou la connaissance scientifiques ne peut être que l'apanage des

classes favorisées. Si, là comme ailleurs, celles-ci bénéficient d'atouts indéniables, il s'en faut de beaucoup qu'elles en profitent systématiquement. Combien de « bourgeois » doivent-ils d'ailleurs leur position sociale avantageuse à une compétence scientifique ? Et n'en voit-on pas, en grand nombre, bloqués par la crainte de remettre en cause leur prestige et leur autorité, biaiser devant la précision d'une question, fuir devant l'exigence d'un raisonnement ?

Reconnaissons qu'une autre ligne de démarcation peut être tracée au sein du corps social ; elle distingue un groupe — un groupe seulement, mais numériquement très loin d'être négligeable — de personnes avides d'informations scientifiques fondamentales et, plus encore peut-être, sensibles à cette modification des perspectives et des problèmes qu'assure le recours à la démarche scientifique, alors même que le détail de ses progrès reste flou, voire un peu mystérieux.

Admettons également que, pour elles, l'apport d'un musée ne doit pas être conçu comme un substitut pur et simple à l'enseignement, et ne doit pas être jugé suivant les mêmes critères.

Ces limites affirmées, nous percevons alors les raisons profondes du succès du Palais, la justesse de ses conceptions fondamentales, la nécessité de maintenir ses orientations originales : le problème devient d'accroître son influence en lui en assurant les moyens.

*

**

L'avenir du Palais : tâches et moyens

(Cette dernière partie sera très succincte : ce n'est pas le but de cette note, en particulier, que de chiffrer les besoins. On ne présentera donc ici qu'un résumé des conclusions et une esquisse de plan pour la partie « propositions » du rapport final.)

(i) Tâches à assigner au Palais

Conformément à sa vocation initiale, cet établissement doit viser à présenter les notions et lois fondamentales, dans le domaine des diverses sciences exactes. Il doit assurer une ouverture sur les applications, mais se limiter dans ce domaine avant d'aborder la technologie trop poussée ou trop lourde, qui trouvera ailleurs des cadres plus appropriés de présentation au public.

Il serait souhaitable qu'un effort fût fait pour offrir aux visiteurs une vue plus synthétique des grands domaines scientifiques, et pour faire percevoir l'importance de quelques notions fondamentales et des lois qui leur sont liées.

Une ouverture sur l'histoire des sciences et l'épistémologie pourrait être très bienvenue, s'il s'avère possible de l'assurer de manière convenablement vivante.

La formule des présentations permanentes organisées par discipline est à maintenir, les expositions temporaires continuant à assurer un complément transdisciplinaire.

Le public scolaire et universitaire doit rester un « client » privilégié du Palais. Mais il conviendrait que celui-ci étende son « marché » vers d'autres secteurs sociaux, et en particulier vers les personnes détentrices de savoir-faire techniques, et souvent désireuses de comprendre les phénomènes de base sur lesquels ces savoir-faire sont fondés.

(ii) *Méthodes et moyens*

Le « style » général du Palais, qui tient à son cadre architectural comme à l'organisation de ses présentations, en fait un établissement extrêmement original, riche maintenant d'un long passé. D'autres musées scientifiques, parmi les plus prestigieux, y ont trouvé un élément d'inspiration dont leurs animateurs ont reconnu la fécondité, sans pour autant chercher à l'imiter. Tout ceci doit être à tout prix sauvegardé.

Deux éléments traditionnels, essentiels pour le maintien de ce style d'ensemble, doivent continuer à jouer un rôle central :

— les présentations expérimentales interactives ;

— la présence d'un personnel scientifique intervenant soit à la demande, soit pour des démonstrations tenues à heures fixes.

Plus contestables sont les panneaux, certes de bonne facture, mais qui imposent au visiteur une lecture inconfortable et trouvent difficilement un équilibre entre la concision qui leur est imposée pour des raisons pratiques et la nécessité d'apporter toutes les informations nécessaires à un public au demeurant mal défini.

La recherche d'autres méthodes de transfert de l'information — par recours aux moyens audio-visuels, à l'informatique, peut-être à des guides de visites —, d'ailleurs déjà largement mises en œuvre, doit être poursuivie et généralisée. Elle pourra offrir une solution au problème de la présentation des informations historiques, ou des « résumés synthétiques » auxquels il a été fait allusion plus haut.

L'influence du Palais mériterait d'être largement étendue hors de son cadre muséologique traditionnel.

Ceci supposerait que soient encore développées les activités de club, et les activités d'animation scientifique hors du Palais.

La diversification des musées scientifiques à Paris en particulier, et sur toute la France en général, imposerait que les liens entre ces établissements prennent un caractère systématique et fonctionnel. Une collaboration du Palais avec d'autres véhicules de l'information scientifique et technique, (presse, radio, télévision...), devrait sans doute être développée.

Cela dit, il est indispensable de remarquer que l'essentiel de ces suggestions correspond à des orientations déjà retenues, et souvent depuis longtemps, par le Palais et ses responsables, qu'elles ont fréquemment reçu un début au moins d'application, et que ce n'est que le manque de moyens qui en a interdit le développement et la généralisation.



Phot. J. Bouvier

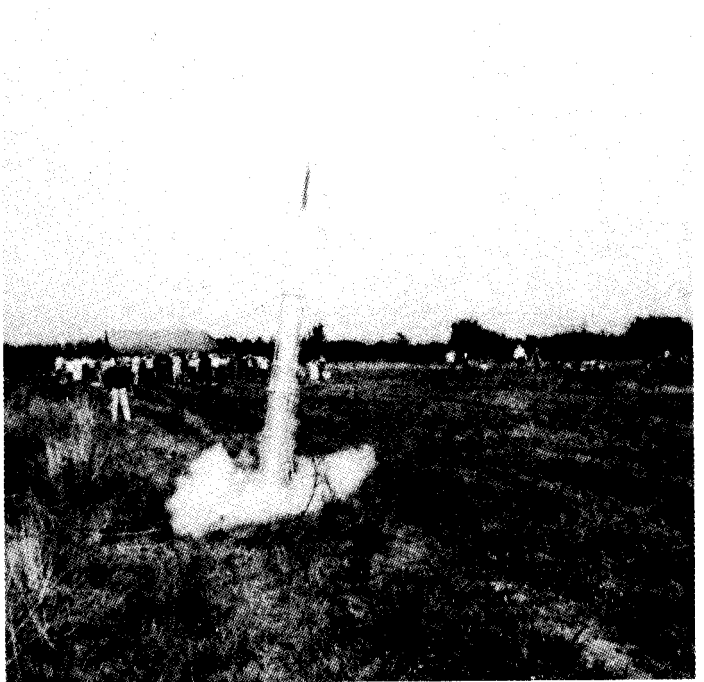


Campagne de lancement de
fusées expérimentales organi-
sée, en août 1984 ...



Phot. J. Bouvier

... au camp
du Ruchard, par le CNES et
l'ANSTJ à l'intention des
clubs de jeunes de France.



Pourquoi le Palais ? (novembre 1984)

Nous indiquerons trois éléments particulièrement intéressants de ce texte (dactylographié, inédit). Tout d'abord, Michel Hulin situe le Palais « comme complément, mais en même temps par opposition aux interventions du système éducatif » ; dans un autre texte ²⁰, il revient sur cette position qu'il qualifie d'ambiguë. Ensuite, le Palais de la Découverte doit devenir, d'une certaine manière, « vitrine de la recherche scientifique » en reprenant l'une des recommandations de la « Commission Curien » en 1983. Enfin, on notera la proposition d'intégrer à l'ensemble des tâches du Palais la formation d'animateurs scientifiques (N.H.).

*
**

La vocation du Palais

Définir la vocation du Palais, en tentant d'aller au-delà de quelques formules scientifiques assez peu éclairantes, (et auxquelles, au demeurant, je ne serais guère prêt à adhérer), n'est pas une tâche facile.

Les visiteurs déjà formés scientifiquement, et les autres

Il est clair qu'une partie du public du Palais y vient avec un bagage scientifique parfois déjà très solide, et un projet d'apprentissage précis. Ce public est intéressant ; il doit continuer à trouver au Palais ce qu'il cherche ; mais il est très loin d'être majoritaire. Au demeurant, il requiert le plus souvent une intervention « personnalisée », à quoi répond notre système de chargés d'exposés, qu'il serait inimaginable de remettre en cause, bien au contraire. Pour ces raisons, il ne me semble pas judicieux de concevoir prioritairement les présentations du Palais, (au niveau des choix d'expériences, des panneaux), en fonction des besoins de cette catégorie de visiteurs.

20. Voir p. 270.

C'est dire qu'il nous faut, inévitablement, aller au-delà d'une vision, si j'ose dire, immédiatement didactique de la vocation du Palais, étant entendu, encore une fois, que c'est loin d'être facile.

Le Palais n'est pas une université ou une école

A ce point, il n'est sans doute pas inutile de récuser une interprétation qui semble avoir été donnée par certains à cette affirmation, que j'ai déjà eu quelques occasions d'énoncer, de l'impossibilité de jouer au Palais un jeu purement et simplement didactique. D'aucuns en ont conclu que, compte tenu de mes origines universitaires, il ne pouvait y avoir là que l'expression d'un regret, et qu'il fallait s'attendre à ce que je réclame « plus de science », et dans un style plus scolaire ; (certaines ébauches de recherche de nouveaux modes de communication avec les visiteurs ont pu d'ailleurs nourrir cette interprétation). Les uns ont cru devoir me mettre en garde : « le grand public ne suivra pas » ; les autres se sont efforcés de répondre à mon attente supposée, par exemple en « en rajoutant » dans leurs exposés. Il y a là un malentendu fondamental : si j'ai une critique à faire — et je la fais dans pas mal de cas — c'est que bien des structures fixes du Palais, (et parfois sans doute certaines interventions orales), sont trop conçues dans le style et l'esprit d'un apprentissage de type scolaire ou universitaire. Ce sur quoi j'insiste, c'est sur la nécessité pour le Palais, au niveau de la conception comme de la mise en œuvre de ses présentations, de s'écarter davantage du « modèle » universitaire, de faire un effort supplémentaire pour se définir un style — ou des styles — d'intervention qui lui soit propre.

Le Palais et « l'École »

Je le situerai comme complément, mais en même temps par opposition aux interventions du système éducatif, position dialectique s'il en est ! Ce système est confronté à d'énormes difficultés de tous ordres, en particulier dans le domaine scientifique. Il n'est pas de notre rôle de les analyser, encore moins de discerner des responsabilités éventuelles ; mais il est clair que beaucoup trop peu de jeunes tirent de leurs études un début de familiarité et de goût pour les choses des sciences et des techniques. Or cette insuffisance se manifeste de manière particulièrement criante en ce moment où la pression des mutations technologiques impose des changements de société profonds, et fait de la formation scientifique et technique un objectif national prioritaire.

C'est dans ce contexte qu'il faut concevoir la vocation du Palais : il faut admettre que, pour toutes sortes de raisons, le système éducatif de ce pays est une machine extrêmement complexe et extrêmement lourde dont l'évolution ne peut être que lente, (même si certaines opérations périscolaires auxquelles nous sommes d'ailleurs liés (comme les PAE, les « tiers-temps »), marquent une volonté intéressante de changement et de rénovation). Le Palais doit offrir à ses

visiteurs un contact avec les sciences « hors contraintes » — ni programmes, ni examens — et déboucher prioritairement sur une motivation pour la réflexion et la pratique de type scientifique et technique.

Élargir le recrutement des visiteurs

Depuis sa création il est vrai, le Palais a connu d'indéniables succès dans le domaine des motivations : bien des scientifiques attribuent leur vocation ²¹ à leur familiarité d'enfant ou d'adolescent avec le Palais. Mais il conviendrait, d'une part, d'élargir notre base sociologique en attirant vers le domaine scientifique non seulement les futurs chercheurs, mais aussi tous les gens, d'âges et profils divers, que la pratique quotidienne mettra désormais en contact avec l'informatique, le traitement quantitatif des données, la manipulation de matériaux nouveaux, le recours à des thérapeutiques nouvelles, etc. D'autre part, il nous faut donner une seconde chance à des personnes que le système éducatif — c'est un fait d'expérience — est en train de détourner, ou a déjà exclues du domaine scientifique ou technique.

Donner des sciences une image séduisante

Pour cela, le Palais doit avant tout offrir des sciences une image attrayante, peut-être même à la limite ludique, et insister sur le fait que la connaissance scientifique, malgré leurs difficultés présentes ou leurs échecs passés, reste malgré tout accessible aux visiteurs, peut-être pas au plus haut niveau, mais dans des conditions telles qu'ils y trouvent intérêt et utilité.

J'ai écrit l'an dernier que l'essentiel pour nous n'est peut-être pas que les gens comprennent effectivement ce qu'on leur présente, mais qu'ils aient le sentiment qu'ils pourraient comprendre, moyennant un effort qui reste certes nécessaire, mais qui, même limité, leur assurera progrès et satisfaction de ce progrès : je maintiendrais volontiers cette formule.

Accorder plus de place à l'actualité scientifique

Si le Palais a pour vocation essentielle de présenter les connaissances fondamentales dans les différents domaines scientifiques — et je ne songe pas à remettre en cause cette tâche prioritaire — il devrait, me semble-t-il, prendre en compte les profonds changements qui sont intervenus dans l'organisation sociale de la recherche scientifique, et dans le rythme des progrès scientifiques que cette recherche permet d'atteindre, depuis sa fondation en 1937. Le problème pour

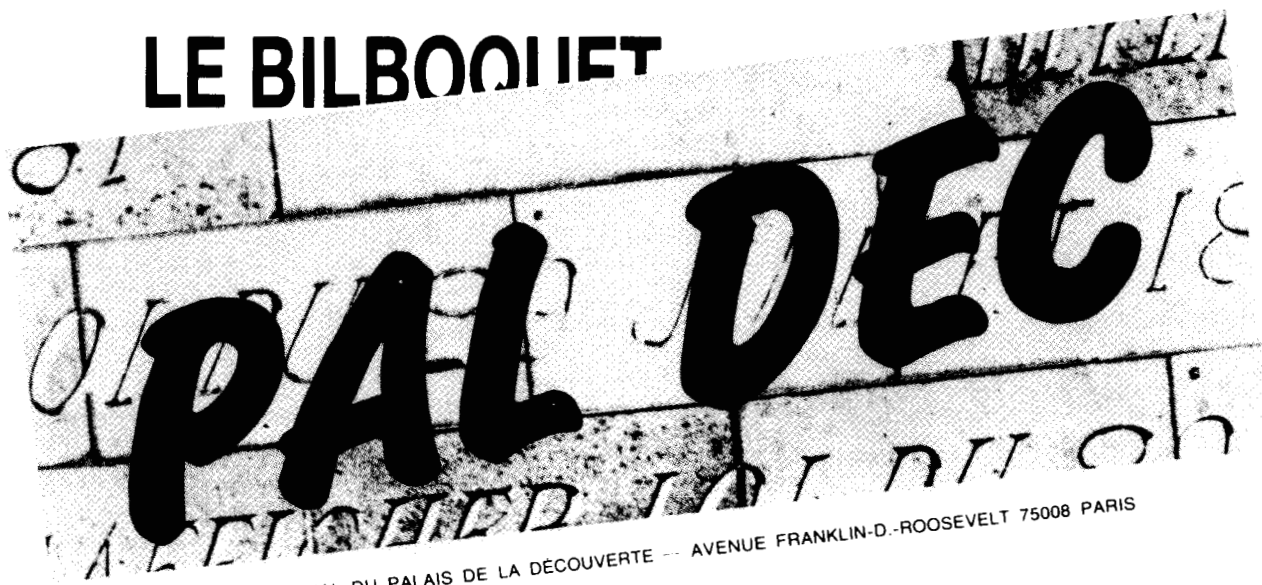
21. Jean Perrin écrivait en 1937 : « S'il se révélait ainsi dans notre Palais de la Découverte une seule grande vocation, notre effort à tous serait payé plus qu'au centuple. » (N.H.).



LE JOURNAL DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE — AVENUE FRANKLIN-D.-ROOSEVELT 75008 PARIS

4 F

LE BILBOQUIET



LE JOURNAL DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE — AVENUE FRANKLIN-D.-ROOSEVELT 75008 PARIS



3 F

Tentative de lancement d'un journal
du Palais de la Découverte.

**Il y a cinquante ans...
la radioactivité artificielle**

l'exposition s'attache à montrer l'im-
portance des

Jean Perrin était alors, à travers le Palais, de convaincre les citoyens — et les contribuables ²² —, de mettre sur pied des organismes de recherche modernes et bien structurés. Il a très largement gagné : en témoignent le CNRS, l'INSERM, le CEA et tant d'autres instituts. Du coup, ce changement de l'environnement suppose une adaptation du Palais : nous ne pouvons plus faire comme si la recherche scientifique organisée était encore à créer au plan social. Nous devons prendre en compte le fait qu'elle existe et produit : nous devons donc présenter et les organismes de recherche, en particulier français, et leurs résultats les plus marquants. A s'y refuser, nous nous condamnerions à être coupés de la « profession scientifique », des sources d'information et d'aide technique qu'elle représente, des soutiens que nous devons pouvoir y trouver dans les coups durs toujours possibles. A trop nous cantonner aux « fondements » de la connaissance scientifique, nous perdrons d'ailleurs un élément d'animation potentiellement considérable de nos présentations, lié à la dynamique même du progrès scientifique : la science d'il y a cent ans finit inévitablement par se figer quelque peu. Nous nous condamnerions à un exercice de corde raide de plus en plus périlleux : on ne peut pas à la fois refuser de s'ouvrir aux « représentations sociales », aux applications technologiques, et aux problèmes ou découvertes scientifiques d'actualité.

Il conviendra donc de nous armer pour développer effectivement notre action dans ce domaine, (restant entendu que certaines expériences et présentations très traditionnelles gardent un intérêt incontestable et doivent être maintenues).

S'insérer dans un réseau (au moins) national d'animation scientifique et technique

Enfin, le Palais ne doit pas concevoir son action de la même manière qu'en 1937, quand il était, en France, un élément véritablement unique d'animation scientifique et technique, (les autres musées scientifiques n'étant que des conservatoires). Autour de lui se crée tout un réseau d'animation, répondant à une demande sociale généralisée et pressante. Près de lui, « La Villette » tente d'émerger des limbes, ce qui, d'une manière ou d'une autre, finira bien par arriver à brève échéance maintenant. Le Palais doit mener son action au sein de cet ensemble, et en liaison avec lui, ce qui est une nouvelle raison de définir avec le maximum de précision l'extension et la spécificité de ses interventions.

En particulier, le Palais doit intégrer à l'ensemble de ses tâches la formation d'animateurs scientifiques, auxquels il peut véritablement apporter une expérience irremplaçable. (Restera à savoir si cette fonction ne doit pas faire l'objet

22. Jean Perrin exprimait ainsi l'idée qui l'a guidé dans la création du Palais : « Nous avons voulu, du même coup, répandre cette idée que le Pays, que tout Pays, a un intérêt pratique primordial, quelles que soient ses difficultés financières, à donner aux chercheurs de grande classe les sommes, en définitive insignifiantes, qui sont nécessaires à leurs travaux, au lieu d'économiser de façon absurde la semence nécessaire aux récoltes futures. » (N.H.).

d'une reconnaissance statutaire, débouchant sur l'octroi de diplômes décernés par le Palais : ce sera à discuter à brève échéance dans le cadre de la réforme des établissements d'enseignement supérieur.

La décoration, l'ambiance et le public

Le Palais jouit, au moins au niveau de son hall d'entrée, d'un décor fastueux qu'il lui appartiendrait d'exploiter au mieux, en particulier en occupant le volume par une présentation un peu grandiose à la fois spectaculaire et aussi « scientifique » que possible. Parmi les idées avancées, je signalerai seulement celle d'une « méga-échelle-de-perroquet » montrant des propriétés d'ondes de torsion, et celle d'une « montgolfière » avec asservissement de position [...].

De ses origines, le Palais a souvent gardé un décor — à tout le moins une ambiance — « arts-déco » qui d'ailleurs tentait plus ou moins d'occulter le style rococo du bâtiment. De l'extérieur — et si l'on cherche, éventuellement par fonction, à être critique —, on sera d'abord sensible à une ambiance « sui generis », pas vraiment désagréable, mais qui donne l'impression d'un lieu un peu coupé du reste du monde, ce qui n'est quand même pas nécessairement à son avantage.

Y contribuent certainement l'architecture, qui nous est imposée, mais surtout la décoration permanente « arts-déco » qui s'y insère et tente parfois — plus ou moins heureusement — de l'occulter. Renforce cette impression « rétro » la permanence d'équipements annexes, (bardages, peintures, etc.), dans certaines salles.

Cela dit, il subsiste un élément essentiel qui détermine l'ambiance du Palais, c'est le public lui-même. Et l'abondance dans nos murs de « fanatiques » de « la » science, mais pas toujours très rationnels dans leur admiration de celle-ci, contribue beaucoup à donner parfois à l'établissement l'aspect « conservatoire »... ou « cathédrale » ou « chapelle » que certains peuvent lui reprocher : on s'en rend particulièrement bien compte dans les activités où cette catégorie de visiteurs tend à se concentrer.

*
**

Pour résumer :

Notre but fondamental doit être de mettre des publics aussi nombreux et diversifiés que possible au contact de l'activité scientifique, c'est-à-dire des pratiques expérimentales, des cheminements théoriques, et des interactions des uns avec les autres, pour donner de cette activité une image d'accessibilité.

Cette image doit compenser la vision très largement négative des sciences qu'induit l'enseignement.

Elle doit jouer sur les aspects esthétiques des sciences, voir sur des à-côtés ludiques.

Elle doit s'efforcer de réagir contre les tentatives de vénération scientiste d'une « Science » avec S majuscule, d'autant plus admirée qu'elle est mal comprise et déformée.

Le Palais doit également s'armer pour mieux traiter l'actualité scientifique, en prévoyant d'ailleurs d'avoir bien souvent, dans ce domaine, à réagir contre les « média ». Une partie de son action doit ici être conçue en liaison avec les grands établissements de recherche scientifique.

Le Palais doit collaborer au sein d'un réseau national d'animation scientifique et technique, et participer activement à la formation des animateurs.

Enfin, le Palais doit de plus s'efforcer de répondre à des demandes d'informations scientifiques précises, provenant de correspondants déjà un peu informés au plan scientifique ou manifestant des besoins particuliers ; mais ces échanges doivent se faire par le biais d'interventions personnalisées, et sans doute à l'écart des présentations destinées aux gros flux de visiteurs.

A propos de vulgarisation (février 1985)

Nous citons ici un bref extrait du discours prononcé par Michel Hulin, le 12 février 1985, lors de l'inauguration de l'exposition « Les écrans du réel » (N.H.).

*
**

L'approche de toute technique suppose une sorte d'ascèse : il faut entrer dans un monde étranger où les réflexes innés et les conceptions communes doivent être révisés, puis répéter indéfiniment les mêmes actes pour que de nouveaux automatismes apparaissent, et ce n'est qu'au-delà de ceux-ci que s'atteindront les perceptions profondes, et l'éclair de bonheur des réussites. Le sportif, l'artiste, le technicien, le chercheur connaissent cette même nécessité, et elle est souvent, très rebutante. Mais l'art et le sport sont naturellement spectacles ou le deviennent facilement : l'art vise un spectateur, qui peut — qui doit même — rester extérieur à la pratique artistique ; et les sports — même ceux des efforts solitaires — s'accommodent en général fort bien de la présence d'un public. La technique et la science n'ont pas semblables finalités : les « vulgariser » — plus profondément, les faire passer dans la conscience sociale collective — pose de ce fait un problème de fond et un problème spécifique. Doit-on les transformer en spectacles ? Ne perd-on pas alors un élément essentiel constitutif de ces deux moments de l'activité et de la réflexion humaine : la rupture d'avec les conceptions et les usages antérieurs, rupture qu'on ne saisit bien qu'à travers un début au moins de pratique ? Peut-il y avoir véritablement « culture » scientifique hors de tout apprentissage de telle ou telle discipline ? Ne correspond-elle pas plutôt à un effort pour dépasser un tel apprentissage et aider à l'émergence des aptitudes communes à tous les domaines de la science ? Quel peut être, enfin, l'apport *spécifique* des établissements muséologiques dans la diffusion de cette culture.

Ce n'est là qu'un petit échantillon des questions que l'on peut, que l'on doit se poser au sujet de la vulgarisation. Et ces questions, il faut admettre qu'elles sont ouvertes : plusieurs jeux méritent d'être joués, car une « négociation » entre tendances contradictoires est partout nécessaire, mais les conditions de cette négociation ne sont pas partout les mêmes : à des publics différents, des disci-

plines différentes, des contextes différents doivent correspondre des dosages variés, des compromis divers.

Il est donc normal et sain que plusieurs intervenants, plusieurs établissements agissent dans ce même champ si vaste et si mal exploité encore de la vulgarisation scientifique et technique, et en suivant des orientations différentes. Toute la communauté ne peut qu'être enrichie de cette pluralité.

Le Palais de la Découverte : perspectives (juillet 1986)

Nous reproduisons ici l'article publié dans l'encart pédagogique du Bulletin de la SFP, juillet 1986 ; on notera que l'ouverture de La Villette a eu lieu en mars 1986 (N.H.).

**

Beaucoup de membres de la Société Française de Physique connaissent sûrement le Palais de la Découverte (on dira simplement « le Palais ») encore que la proportion en soit, sans doute, plus grande parmi les gens de quarante ou cinquante ans et plus, qui déclarent souvent y avoir trouvé, adolescents, la motivation de leur vocation. Beaucoup s'interrogent — et m'interrogent à l'occasion — sur son devenir : « vous disparaîsez avec l'ouverture de La Villette ? Vous demeurez au Palais comme antenne de La Villette ? etc. ». Autant prendre le taureau par les cornes et poser clairement les problèmes une fois pour toutes, la vigilance de J. Hiéblot assurant, de plus, les lecteurs du Bulletin que nous atteindrons, ici, des records d'objectivité.

Pour commencer, quelques points d'histoire et des ordres de grandeur.

Le Palais est issu d'une exposition scientifique initialement prévue pour s'insérer dans l'Exposition universelle de 1937, et pour se terminer avec elle. Pilotée par Jean Perrin, dans le contexte du Front Populaire, l'affaire connut un énorme succès, et J. Perrin put faire admettre qu'un établissement permanent prolongerait cette manifestation *a priori* temporaire : ainsi démarrait le Palais, replié à l'intérieur de l'aile ouest du Grand Palais, dans un décor « arts-déco » de stuc et de toiles peintes plaqué sur le bâtiment 1900.

Bien vite arrivaient la guerre, l'occupation, la Libération, pendant lesquelles le Palais survivait, sans plus. Depuis les années 60, l'essor de la recherche et de l'enseignement scientifiques rejaillissait favorablement sur l'établissement dont le dynamisme propre s'affirmait encore et, qui, par exemple, triplait son public entre 1965 et 1980.

Actuellement, le Palais représente, essentiellement :

- 17 000 m² dont 13 500 m² ouverts au public ;
- 200 collaborateurs (sur statut type ITA du CNRS ou ATOS des Universités, que leurs fonctions soient administratives, techniques ou d'animation scientifique) ;

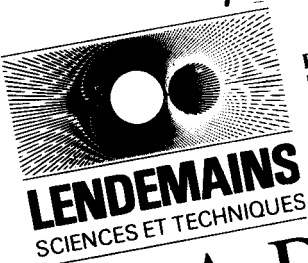
REPONSES

Que devient le Palais de la Découverte



Menacé par le succès et le gigantisme du musée de La Villette, le palais de la Découverte dans la vulgare

PAGE REALISÉE PAR PASCALE RICHARD



PALAIS DE LA DECOUVERTE

A LA DECOUVERTE DU NOUVEAU PALAIS

Un entretien avec Michel Hulin, directeur d'un des plus vieux musées scientifiques de France qui révèle au Quotidien sa stratégie pour concurrencer la toute moderne Cité des sciences.



Le Palais de la Découverte. Enjolivé au neuve. Enjolivé au neuve. Enjolivé au neuve. L'Exposition universelle mise en œuvre d'une sauvegarde prévoyante de l'architecture du Palais, construit en

Musée scientifique de l'âge de pierre, nid à poussière, vieille dame de la science, le Palais de la Découverte a été affublé des sobriquets les plus divers, le plus souvent dépréciatifs. L'ouverture de la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette n'a fait que renforcer l'image de marque démodée et passiste de ce qui était jusque là et depuis sa création, en 1937, le plus grand musée scientifique français.

L'année prochaine, le Palais de la Découverte fêtera son 50^e anniversaire. L'allocation d'un crédit de 8 millions de francs annoncé par le ministre de la Recherche, Alain Devaquet, vient renforcer la grande campagne de réhabilitation déjà amorcée depuis 1986. Michel Hulin, physicien, directeur du musée depuis 1984, a pour le Quotidien de Paris présenté son programme et plaidé la cause du Palais.

LE QUOTIDIEN. — A quoi employerez-vous ces 8 millions de francs que le ministère de la Recherche a choisi de vous octroyer et, plus généralement, quel programme

humaine offerte par la Fondation de la recherche a ouvert en 1984. De nombreux écrivains interactifs y ont été installés, ceux-là même que l'on retrouve à La Villette, et qui demandent au public de participer. L'interactivité va-t-elle remplacer les traditionnelles « manips » qui ont fait les beaux jours du Palais ?

M. H. — L'informatique, l'interactivité, les vidéodisques entreront partout où ils sont nécessaires, comme des compléments et non comme des substituts. Ce n'est pas antinomique avec les expériences « en chair et en os » menées par des animateurs, qui sont la vocation première du Palais et qu'il n'est pas question de remettre en cause. Il se trouve que dans certains domaines comme, par exemple, la biologie humaine, il n'est pas possible : un banc à coussin d'air pour illustrer le mouvement en l'absence de frottements, un grand gyroscope que le public pourra lancer et faire tourner... Il ne s'agit pas de « singer » La Villette mais il faut savoir s'adapter.

Noyau dur

très claire et très floue. Claire... car les ambitions des deux établissements sont différentes. La Villette cherche à attirer le grand public en partant de ses perceptions immédiates. De l'analyse du chômage par exemple, on étudiera l'automatisation puis le fonctionnement des robots pour arriver peut-être à l'informatique, au traitement du signal. Dans le musée, c'est la démarche inverse : on cherche à expliquer le noyau dur de la science, comment l'interaction des particules va donner de l'électricité.

Les points de départ sont opposés... Au bout du compte, il y a convergence vers un même but d'information scientifique. Très floue... car dans la pratique la preuve reste à faire que La Villette peut atteindre son objectif et toucher un public très large. Actuellement, le public d'« Explora », exposition scientifique de La Villette (le phénomène de la Géode est à part), est un public voisin du nôtre, des visiteurs déjà éduqués titulaires en général du bac ou de diplômes supérieurs.

parcs d'attraction. La science au Palais de la Découverte, son image de marque scolaire ?

M. H. — Des pratiques au travail pédagogique qui privilégient l'action. Il faut que le public ne se contente pas de regarder, qu'il participe. Je voudrais que la publicité des établissements de médiation ne soit pas formelle !

Q. — Le réalisme : le cadre

Coupages de presse (Le Figaro du 21 avril 1986, Le Quotidien de Paris du 15-16 novembre 1986).

— 650 000 visiteurs par an dans les locaux parisiens. (Une tradition déjà longue d'expositions itinérantes permet au Palais de rayonner vers la province et même l'étranger, et de « traiter » ainsi quelque 300 000 visiteurs supplémentaires) ;

— un budget de 41 MF : 23,7 MF de subventions du ministère de l'Éducation nationale (via la Direction des Bibliothèques, des Musées et de l'Information Scientifique et Technique, la DBMIST) pour le personnel, 8,5 MF de subvention pour le fonctionnement, 8,8 MF de « ressources propres » : ce que nous gagnons en percevant les droits d'entrée et à travers des prestations diverses. S'y ajoutent divers contrats liés à des opérations de commande.

Quels sont nos problèmes majeurs ? Pour faire bref, je citerai :

— pour les locaux : la trop faible surface des « coulisses » (on admet, en général, qu'il faut autant de surface hors public que de surface ouverte au public) ; la structure architecturale et l'obsolescence de son décor : en 1900, on ne pensait pas en termes de gaines ou de galeries techniques ; en 1937, on n'était pas chiche de bardages et de trompe-l'œil ; tout ceci doit être patiemment débarassé et rénové. Certains problèmes — la climatisation, par exemple — demanderont, pour être réglés, plusieurs plans quinquennaux successifs. (Une certaine rationalisation de nos emprises au sein du Grand Palais résoudrait beaucoup de difficultés irritantes) ;

— pour le personnel : l'absence de « turn-over », que permettrait, par exemple, un couplage plus étroit avec d'autres établissements, mais qu'encourage le caractère très particulier de notre activité, tend à donner beaucoup de poids aux habitudes, même si des personnalités ouvertes et dynamiques se manifestent et cherchent à pousser au renouvellement. Cela dit, un attachement certain — et sympathique — à l'établissement est très généralement répandu. Un certain afflux de « sang frais » serait néanmoins nécessaire, pour apporter des techniques, des idées, des références extérieures ;

— pour les finances : au-delà de la réclamation évidente et nécessaire de moyens accrus, il s'impose de dire que le Palais devrait disposer de crédits d'investissement, ce qui n'est pas le cas actuellement : il vit pour ses opérations majeures de ses maigres économies sur le fonctionnement ou des interventions extérieures qui, Dieu merci, se manifestent régulièrement (venant, par exemple, et pour les plus récentes du CEA, de l'EDF, de la Fondation pour la Recherche médicale).

Le Palais et La Villette ?

C'est déjà toute une histoire dont il faut dire deux mots.

Assez naturellement, les collaborateurs du Palais, quand il a commencé à être question de La Villette, se sont imaginé que leur « expertise », unique en France, (rare d'ailleurs dans le monde entier car nos modes d'action restent très particuliers), allait les désigner pour une collaboration directe à l'entreprise. Il est vite devenu clair qu'il s'agissait de construire un « anti-Palais », et qu'on

n'avait que faire d'eux, de leurs suggestions et de leur bonne volonté. Là-dessus se sont accumulées les alertes, les tensions, les menaces de fermeture et d'absorption du Palais ; elles ont achevé de traumatiser nos collaborateurs et ont laissé chez eux des traces certaines, qu'il faudra patiemment effacer. Les façons très cavalières dont certaines personnes, travaillant à La Villette, traitent « le reste de l'Univers » en général et le Palais, en particulier, n'ont pas contribué à éclaircir le tableau. Je m'en voudrais de lasser les lecteurs du Bulletin avec ce qui pour eux, très naturellement, n'est que querelle de clocher : il est, malgré tout, nécessaire de faire clairement percevoir qu'il y a un passif, même si je souhaite, comme la plupart sans doute des collaborateurs du Palais, qu'on puisse le résorber au plus vite.

Cela dit, venons-en au fond de l'affaire : faut-il que subsiste un Palais de la Découverte, dès le moment où s'ouvre, à quelques kilomètres, un ensemble beaucoup plus moderne, et beaucoup plus richement doté ? Pour moi — mais c'est évidemment ma fonction ! — la réponse est évidemment positive ; je suis sûr cependant qu'il en est de même pour un certain nombre de collègues de La Villette et pour beaucoup de gens qui, par toute la France, participent à l'effort de diffusion de la culture scientifique et technique ou s'y intéressent de près.

Les points essentiels qui militent pour cette position sont les suivants :

— Il n'y a pas de double emploi entre La Villette et le Palais. Ce dernier propose d'abord les fondements des sciences (physique, biologie, mathématiques...), à travers une approche autant que possible expérimentale. Il touche, bien sûr, aux applications technologiques, mais après, via les expositions temporaires, entre autres, il ne vise pas le plus grand public possible, mais essentiellement des gens ayant un début au moins de formation scientifique, et surtout une motivation spontanée pour entrer en contact avec le fait scientifique et technique.

La Villette, par opposition — en tout cas la partie « Musée » qui se compare directement au Palais — cherche à atteindre le plus grand public, en partant de ses perceptions des faits industriels, technologiques et scientifiques à travers leur impact social ou économique.

Ainsi, les points de départ sont aux extrêmes, les démarches inverses, les publics différents.

- La Villette — dans sa partie « Musée scientifique » — sera bien sûr, sensiblement plus grande que le Palais, mais pas immensément plus grande : 30 ou 40 000 m² contre 13 500 m². Le Palais représentera donc entre un bon quart et une petite moitié de l'ensemble de muséologie scientifique offert, à Paris, aux Parisiens d'abord et aux Français ensuite. Il représente un patrimoine — en installations et en savoir-faire — qu'il serait inepte de sacrifier car il demeure une part non négligeable des ressources nationales, valorisé qu'il est de plus par une position extrêmement favorable dans Paris.

- A cela s'ajoute que le « rapport qualité-prix » est très en faveur du Palais. Le budget de fonctionnement, dont il est question pour la Cité des Sciences et des Techniques, est de 800 MF/an. Quelle que soit la part qui reviendra au « Musée » lui-même, et qu'on peut directement comparer aux 41 MF du Palais

— disons environ le tiers du total —, il y a de la marge... Arrêter le Palais en ce moment reviendrait à sacrifier un établissement qui reste fonctionnel, pour un profit quasiment dérisoire.

Tout ceci semble avoir été maintenant compris, admis et officiellement approuvé par le ministre de l'Éducation nationale : je ne puis mentionner cette évolution favorable sans rendre hommage à Hubert Curien, ami de longue date du Palais, qui a énormément fait pour assurer sa pérennité. (D'autres bien sûr doivent être cités : entre autres, D. Varloot, responsable de la DBMIST, et son équipe ; notre collègue physicien G. Saada, qui, au cabinet d'A. Savary, « supervisait » le Palais, et son successeur du cabinet de J.-P. Chevènement, D. Lecourt, ainsi que P. Moreau, du cabinet de R. G. Schwartzberg).

Désormais, il est entendu que le Palais, maintenu dans ses locaux, dans son autonomie et dans ses fonctions, poursuit sa tâche conformément à sa vocation de toujours : sa rénovation, architecturale et pour l'équipement, vient d'être inscrite au programme des « Grands Travaux », avec celle des autres musées scientifiques de l'Éducation nationale. Un premier effort en crédit d'investissement a été assuré pour le budget 1986, et sa poursuite pour 1987 semble en bonne voie.

Cela étant clair, l'essentiel — et, Dieu merci, le plus intéressant — reste à faire : évoluer, aux côtés de La Villette, et partager le terrain en maintenant entre les deux établissements ce qu'il faut de concurrence, mais pas plus.

Il ne faut pas se dissimuler que, derrière ce rejet d'un certain nombre de caractéristiques fondamentales du Palais de la Découverte que proclamèrent d'entrée de jeu les promoteurs de La Villette et au-delà du sacrifice vraisemblable aux modes du moment, se manifestait une critique de son action, qu'il nous faut prendre en compte.

Il est sûr que le Palais, placé depuis cinquante ans en situation de monopole, n'a pas pleinement suivi l'évolution du monde scientifique, et que ce décalage désormais peut choquer ceux qui devraient être nos meilleurs partisans, à savoir les scientifiques eux-mêmes. Ce n'est pas tant, d'ailleurs, la nouveauté des résultats, la modernité des théories ou des expériences présentées qui sont en cause : la mission du Palais est celle d'une introduction aux bases des disciplines scientifiques ; ce n'est pas prioritairement le suivi de l'actualité (il y a d'autres « média » pour cela, beaucoup plus efficaces).

Ce qu'il faut avant tout « incriminer », c'est une attitude devant la science : celle que véhicule l'enseignement après qu'il ait, pendant 50 ans, ruminé dans son coin les enthousiasmes néoscientistes qui accompagnaient le Front Populaire. Une telle position, désormais, n'est évidemment plus tenable ; or, au Palais, elle marque encore beaucoup trop l'ambiance générale : elle entraîne un certain dogmatisme un peu lourdement didactique ; elle encourage, chez certains visiteurs, une sorte de lyrisme de commande vis-à-vis de « la » Science, à la fois désuet et combien pauvre au regard de la richesse de l'activité scientifique et technique, sous quelque angle et à quelque niveau qu'on l'examine. Il nous faut, à tout prix, évoluer, et très vite, de ce point de vue sous peine de perdre le contact avec la fraction la plus intéressante de notre public potentiel.

Il est certain également que, faute de moyens pour une large part, faute aussi trop souvent de l'obligation à se comparer à d'autres, le Palais n'a pas assez renouvelé son style, son décor, son esthétique et ses méthodes de présentation : de sages vitrines ; on appuie sur un bouton, la petite aiguille dévie ; le tout emballé dans la feutrine pourpre, ou grise quand on craint trop la poussière. Notre temps aime les couleurs plus vives, les espaces « structurés », et, surtout, l'accès direct, le toucher immédiat, le « corps à corps ». Par ailleurs, il raffole d'images, mais pas n'importe lesquelles : les exigences de nos visiteurs — tous blasés — vont sans cesse croissant. Dans tous ces domaines, le Palais doit revoir, en profondeur, sa politique traditionnelle, rechercher les couleurs et les formes à la mode (que les physiciens ne s'y trompent pas ; c'est de l'emballage bien sûr, mais c'est très important !), jouer au maximum — et quand cela est vraiment utile ! — du micro-ordinateur et du vidéodisque, renforcer l'interactivité. Qu'on mesure bien cependant que cela coûtera vite très cher (un ensemble très interactif avec micro et vidéodisque à créer revient à 2 ou 300 kF) ; si l'on suit la mode, il faut de plus être prêt à changer souvent, beaucoup plus souvent que tous les musées scientifiques du monde entier n'avaient l'habitude de le faire. L'interactivité, le « corps à corps », il faudra, en contrepartie, accepter de les trouver pour une part dans de petites manipulations très bricolées : « l'exploratoire » de nos amis niçois illustre parfaitement cette tendance. Pour un établissement comme le Palais, c'est cinquante ans d'une certaine sagesse qu'il faut accepter de remettre en cause, et très rapidement !

Au bout du compte, retrouvera-t-on au Palais un « La Villette » en plus petit ? Je ne pense pas. Il me semble que La Villette a surtout insisté sur le recours technique de haut niveau, systématiquement mis en œuvre ; les « préfigurations » des expositions Janus montraient, d'autre part, clairement que le souci de proposer une information scientifique structurée n'était pas prioritaire. Or, nous comptons bien garder ce souci au Palais, alors même que nous renonçons, pour l'essentiel, à l'ambition d'apprendre véritablement quelque chose aux visiteurs au sens où un savoir peut découler de cet apprentissage, apte à s'investir dans une pratique effective. Nous leur proposons une activité — pour partie intellectuelle — voire un jeu ; il faut bien un message pour les lancer dans l'activité, une matière pour la nourrir, une règle pour guider le jeu.

Les deux établissements devraient donc maintenir une appréciable originalité de style, et le terrain à couvrir ensemble est si vaste que les recouvrements peuvent rester l'exception.

Cela dit, comment s'organisera... la cohabitation ?

Premier point : La Villette et le Palais ne représentent qu'une composante parisienne. Or tout un réseau — national — d'animation scientifique et technique se met en place, en même temps que se crée La Villette et que le Palais tente de faire peau neuve. C'est le problème du réseau et de la place de La Villette par rapport au réseau qui est le problème essentiel. A mon sens, il conviendrait de distinguer, au sein de la Cité des Sciences et de l'Industrie en train de se mettre en place, deux composantes structurellement et fonctionnellement dis-

tinctes : un centre d'animation accueillant, à Paris, un public et un centre de ressources géré par et pour l'ensemble du réseau national.

Cela dit, et au plan parisien, je serais personnellement ouvert à une collaboration très étendue, et à une concertation très poussée entre La Villette et le Palais, voire l'institutionnalisation de leurs liens, si celle-ci permet de définir plus harmonieusement les programmes et optimiser l'utilisation des ressources pour le plus grand profit des visiteurs et la plus grande gloire des sciences. Dans l'imédiat, bien sûr, La Villette doit se roder, et le Palais doit prendre l'habitude de cette concurrence nouvelle, observer soigneusement comment elle influe sur sa propre activité, infléchir celle-ci, compte tenu de cette expérience.

Le temps n'est pas encore venu, sans doute, de modifier les structures administratives, mais le problème mérite d'être posé, et nos esprits sont ouverts à l'idée d'explorer de multiples voies.

En attendant, beaucoup de travail nous attend, et pourtant je ne vous ai parlé que de notre établissement parisien : ni de notre antenne du Trégor, ni de celle de Clermont-Ferrand, ni de nos projets de liaison avec la Cité scientifique de l'Ile-de-France-Sud, ni de la salle d'acoustique que nous montons à Prague, ni de l'exposition sur « Forces et Interactions » avec le Musée technique de Calcutta...

Au fait, ça ne vous dirait pas de venir nous donner un coup de main ?...

Intervention à la Table Ronde
de l'École d'été « Information scientifique et société »
(Poitiers, 12 septembre 1987)

Ce texte est extrait de la transcription de la bande enregistrée, qui a été établie et publiée par les rédacteurs de Cibles (n° 17, 1er trimestre 1988), à l'issue du colloque organisé par Bernard Castagna. Après avoir précisé le mode d'intervention du Palais dans la vulgarisation scientifique, Michel Hulin aborde la notion de culture scientifique, sur laquelle il reviendra plus longuement dans d'autres textes²³, et insiste sur la nécessité, en fait, d'une « réflexion sur les activités de la science et sur une épistémologie sociale » (N.H.).

*
**

La vulgarisation scientifique au Palais de la Découverte, comparée à celle des médias ou de l'édition, se fait de manière différente. Le Palais est fondamentalement un lieu pédagogique, une espèce de super-lycée scientifique avec beaucoup de « manip » et de ressources documentaires mises à la disposition des visiteurs. Les professeurs peuvent se décharger sur le Palais d'une partie de l'illustration expérimentale de leurs cours. Mais le Palais de la Découverte s'ouvre à un public autre que scolaire, car il existe en France un public très typé sur le plan sociologique qui trouve intérêt et plaisir à voir ou à revoir des manipulations, des démonstrations et même des documents. Et ce public représente environ les deux tiers des visiteurs, le dernier tiers étant un public scolaire (ou du moins institutionnalisé) [...]

En ce qui concerne la *fonction pédagogique* du Palais de la Découverte, il faut tout de même indiquer que, si l'on pense pédagogie — dans le sens et avec pour but une actualisation des connaissances, cela devient beaucoup plus difficile, car la vocation première du Palais vise les *fondements des disciplines scientifiques*. L'actualisation ne peut se faire en permanence, car elle suppose, de la part des gens qui la réclament, tout un fond de connaissances qu'il est difficile sinon impossible d'apporter dans le cadre d'une action limitée.

Je voudrais en venir à la notion de *culture scientifique* ; elle doit être carrément rejetée faute d'avoir été soigneusement élaborée. Il faut renoncer à tout

23. Voir p. 307 et 327.

prix à armer une grande masse de gens (y compris ceux qui ont eu la chance d'accéder à une formation scientifique) pour prendre d'eux-mêmes et sans *médiateurs* des options fondamentales, des choix engageant définitivement l'homme et l'humanité. Il n'existe, en effet, aucune possibilité de faire émerger un fond de connaissances ou de références simples qui permettra aux gens de se faire une opinion. Il n'y a qu'à observer, pour s'en convaincre, les communautés scientifiques elles-mêmes, pour se persuader que c'est impossible. Par exemple, lors du débat sur l'électronucléaire en France, on a vu celles-ci se scinder en groupes opposés sur des positions scientifiques très tranchées ! D'un côté, la seule connaissance scientifique est inaccessible dans sa complexité ; de l'autre, cette complexité est nécessaire pour que l'on commence à se poser les vrais problèmes. Ce qui est vrai pour un scientifique ou pour un public favorisé par sa formation l'est encore plus pour le grand public, c'est-à-dire l'électeur moyen sur le choix duquel repose la démocratie. C'est une grande difficulté.

Je voudrais aussi parler des aspects non achevés de la science. Je pense qu'il faut mettre en place un *dispositif social*, qu'il faut créer un *corps d'intervenants* qui sera le *médiateur* nécessaire et obligé entre les scientifiques, les élus et le grand public. Car ni les premiers ni les seconds n'auront la capacité de trouver d'eux-mêmes une intersection où le troisième se situera. Il faut donc mettre à la disposition de ce grand public ces *médiateurs*, sortes de *critiques scientifiques*, qui l'aideront dans sa démarche de citoyen. Ce qu'il faut donner aux enfants, aux adolescents puis aux adultes pour qu'ils puissent ensuite utiliser correctement l'aide de ces médiateurs, c'est une connaissance beaucoup plus épistémologique que scientifique, une *connaissance au second degré du fonctionnement scientifique*. Il faut se persuader que ce qui distingue du grand public le scientifique et le technicien est beaucoup plus la qualité de leur ignorance que celle de leurs certitudes. Dans ce contexte-là, il faut donc insister sur les aspects non achevés de la science et des techniques [...].

Face au système éducatif actuel, j'ai l'espoir de voir le Palais de la Découverte remplir le rôle d'un antidote de l'enseignement scientifique secondaire et du premier cycle universitaire. Je souhaite donner aux quelques centaines de milliers de jeunes qui fréquentent chaque année mon établissement une autre idée de la science que celle que leur présente la machinerie scolaire. En disant cela, je ne mets pas en cause la qualité des enseignants qui est immense, mais j'observe que l'enseignement secondaire a pour fonction de convaincre 95 % de la population scolaire qu'elle est incapable d'entrer dans le jeu de la connaissance scientifique. De même le premier cycle universitaire persuade 50 % de son public qu'il ne peut pas faire de science !

L'activité des Centres scientifiques et techniques tels que La Villette, le Palais de la Découverte, les Maisons des sciences et des techniques, si elle est adaptée à un traitement dans l'institution scolaire, ne doit pas *reproduire les modèles scolaires*, car le mode de vulgarisation que ces centres utilisent le plus fréquemment est l'exposition. L'exposition est-elle le mode privilégié de la vulgarisation scientifique et technique ? Le livre est un recours tout à fait adapté aux types de messages que nous souhaitons faire passer. Mais le problème

essentiel semble être l'absence d'habitude de lecture, en particulier scientifique ou de vulgarisation, de la majorité de la population du pays. Alors faut-il concevoir l'exposition comme une incitation à prolonger son information et sa réflexion par la lecture ?

Je suis persuadé que le besoin qu'on a est un besoin de réflexion sur les activités de la science et sur une épistémologie sociale : réfléchir sur ce qu'est la science, ce que ne savent pas faire la majorité des scientifiques, prisonniers qu'ils sont de leurs pratiques immédiates et spécialisées. Il faut admettre que cette spécialisation a comme corollaire d'inventer une nouvelle zone de réflexion et de pratiques que j'assignerai aux philosophes à condition qu'ils acceptent eux-mêmes la nécessité de se placer par rapport à la connaissance scientifique et aux enjeux sociaux qui sont au-delà. Ce que je conteste, c'est qu'on cherche à faire l'économie de cette réflexion et de l'organisation des actions qui en découlent.

État des lieux chez un quinquagénaire (octobre 1987)

Texte dactylographié inédit (N.H.).

*
**

MAIS QUE FAIT EXACTEMENT LE PALAIS ?

Le Palais, qui fêtera cette année ses cinquante ans, est apparu dans un contexte très particulier, celui d'une activité de recherche scientifique encore en train de se constituer, celui aussi d'un idéal de progrès social s'appuyant sur le progrès scientifique. Pour Jean Perrin et pour ses collègues qui sont à l'origine du Palais, celui-ci devait mettre le public au contact avec « la science libératrice »²⁴. Faut-il le dire, toute cette ambiance a bien changé. Pourtant le Palais garde une incontestable actualité, et si [...], l'ouverture de la Cité a coïncidé avec une baisse de notre fréquentation²⁵, il n'en reste pas moins qu'un public fidèle continue à visiter notre établissement. C'est donc que le succès de celui-ci a des raisons profondes, et qui transcendent les *a priori* idéologiques qui ont pu marquer telle ou telle période de sa vie.

Fondamentalement sans doute, *le Palais est une sorte de super-lycée* scientifique, voué aux présentations d'expériences et de documents d'accompagnement des cours, mais avec des capacités expérimentales et documentaires qui dépassent celles d'un établissement scolaire normal.

Ce faisant, il est naturellement adapté à offrir aux professeurs et à leurs classes un complément à leurs cours ou à leurs démonstrations, à leurs travaux pratiques, en mettant en œuvre les moyens plus raffinés et plus développés qui en accroissent le caractère spectaculaire. Et le « miracle », c'est que ces démonstrations, ces présentations, essentiellement adaptées à des élèves de lycées, se révèlent également capables de retenir l'attention d'un public beaucoup plus

24. En 1937, Jean Perrin écrit : « Car ce Peuple manifeste pour la Science une foi confuse, mais profonde. Il espère, il attend de cette Science libératrice un affranchissement progressif, déjà commencé, qui rendra accessible à tous, grâce aux loisirs donnés à tous dans une vie saine et harmonieuse, les joies supérieures de l'Art et de la Pensée. » (N.H.).

25. Dès les premiers mois de l'année 1988 étaient enregistrés des résultats comparables à ceux de 1985, année d'affluence record (N.H.).