

CLAUDETTE
BALPE

DIDACT
SCIENCES

Enseigner la physique au collège et au lycée

Une approche historique



530.071-01.1

in
PUR
Éditions
Universitaires
de France

SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	11
<i>Chapitre 1</i>	
ÉDIFICATION D'UN ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE EXPÉRIMENTAL	17
Science et enseignement	17
L'enseignement de la physique aux XIX ^e et XX ^e siècles	19
De l'expérimental sous la Révolution aux sciences physiques des premiers lycées	20
De la bifurcation à l'enseignement spécial : des sciences physiques expérimentales et pratiques	24
L'encyclopédisme et la question des méthodes	28
La réforme de 1902 : pour une physique expérimentale et positiviste	34
<i>Chapitre 2</i>	
LA DÉMONSTRATION DE PHYSIQUE ET L'EXPÉRIENCE	39
Apparition de l'expérience	39
L'enseignement de la physique dans les collèges de l'Ancien Régime	39
L'abbé Nollet et la physique expérimentale	44
Institutionnalisation de l'expérience dans les écoles centrales. La création des cabinets de physique	50
La définition de l'expérience en questions	59
L'expérience, outil de la recherche pour le savant	59
Les conceptions successives de l'expérience en sciences physiques	62
Promouvoir un enseignement expérimental concret et historique	65
Des applications pour une physique utile	72
L'expérience dans la formation des professeurs de sciences physiques	73
L'expérience dans une conception positiviste de la science	77

Induction et modernisme	77
Importance de l'expression mathématique de la loi	85
<i>Chapitre 3</i>	
LES PÉDAGOGIES NOUVELLES ET L'EXPÉRIENCE	87
Un demi-siècle d'enseignement traditionnel (1902 à 1950)	87
Une méthode nouvelle : la redécouverte en physique	91
Charles Brunold opposé à la position magistrale du professeur	92
Voie expérimentale et méthode naturelle en physique.	
Les conférences de l'inspecteur général Guy Lazerges	97
Première règle : de l'enfant à l'adulte	101
Du connu à l'inconnu; la redécouverte	101
Du concret à l'abstrait, une méthode active	104
Expérience et modèles explicatifs dans la réforme Lagarrigue	108
Création de la Commission Lagarrigue.	
Des situations concrètes à l'étude expérimentale des phénomènes	109
Les modes de raisonnement	
Des explications à la modélisation mathématique	114
<i>Chapitre 4</i>	
NATURE, PLACE ET RÔLE DES TRAVAUX PRATIQUES	127
Une innovation : travaux d'élèves. Ateliers et laboratoires	127
Une pédagogie novatrice : travail pratique et cours théoriques	128
Cours et travaux des élèves	130
Nature hétérogène des travaux d'élèves	132
Des travaux pratiques pour une spécialisation	134
Les exercices pratiques en 1902	139
Une disposition novatrice pour une formation positive	139
Mise en œuvre des exercices pratiques	141
Le rôle des exercices pratiques	143
Perspectives et conséquences	144
Pédagogie de la redécouverte et TP-cours	146
Les travaux pratiques : un laboratoire de recherches pour l'élève ?	149
<i>Chapitre 5</i>	
LA QUESTION DU FORMALISME ET DE L'ABSTRACTION. PERSPECTIVES ..	155
De la démarcation des mathématiques et de la physique	155
Un enseignement de la physique qui se mathématise ?	157
Lois et tracés de graphiques :	
la physique renforce l'acquisition de notions mathématiques	157
La physique scolaire : une application des mathématiques ?	158
Pour une physique scolaire à l'image de la physique savante	161

INTRODUCTION

Au cours de ce siècle, de nombreux changements et diverses réformes ont marqué l'enseignement des sciences physiques. Pourtant, maints problèmes abondent encore aujourd'hui. De nombreuses plaintes s'élèvent, venant des élèves, des familles, autant que des enseignants. Périodiquement, des récriminations, des publications, des colloques même, dénoncent l'insupportable : l'excès récurrent de formalisation et d'abstraction de la physique dans les lycées, voire les collèges¹. Cet aspect, pourtant considéré comme inséparable de l'enseignement de la physique, prendrait une dimension envahissante, occultant son caractère expérimental, celui-là même devant fonder la discipline. Que n'a-t-on parié sur cet enseignement devenu impossible ?

D'où l'idée d'interroger l'histoire non pas pour comprendre l'abstraction inhérente à la définition même de la physique – d'autres s'y sont employés – mais pour saisir l'origine de ce qui, dans son enseignement, dévie vers un excès de formules ou équations mathématiques. Car le problème est bien celui de la place de l'approche expérimentale des phénomènes et de celle des expériences concrètes au regard de leur étude mathématique : quid de l'étude qualitative de la physique ? Et finalement d'appréhender ce qui devrait faire sens dans cet enseignement.

Chaque science relève en réalité d'une construction historique. La dénomination « sciences physiques », très courante aujourd'hui, constitue pourtant un sujet permanent de perplexité pour la plupart des élèves. Car le terme Physique exprime une science ancienne, assez bien circonscrite à l'étude des phénomènes de la nature. Quel besoin d'adjoindre le terme science à celui de physique ? Quel supplément de signification apporte ce pluriel dans la locu-

1. Voir BELHOCHE B., GISPERT H. et HUIJN N. (dir.), *Les sciences au lycée – Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger*, INRP-Vuibert, 1996.

tion « sciences physiques » ? Y aurait-il « des physiques » ? Sinon, pourquoi évoquer plusieurs « sciences » ?

L'histoire nous apprend que sous ce vocable se cachent en fait deux sciences, la physique et la chimie, toutes deux enseignées par le même professeur dans l'enseignement public dès la Révolution française. Or qu'y a-t-il de commun pour un élève entre, d'une part, la destruction et la combinaison des corps spécifiques à la chimie et, d'autre part, l'étude physique des phénomènes naturels et des propriétés générales communes à tous les corps ?

Nous devons nous souvenir que l'existence de la chimie telle que nous la concevons aujourd'hui, est apparue sous la Révolution, sur les ruines de l'ancienne chimie (alchimie) du Moyen Âge, avec l'élimination du concept de phlogistique par Lavoisier et ses collaborateurs. Pour les savants de la fin du XVIII^e siècle, la théorie chimique s'inscrit alors dans une visée newtonienne, où des forces agissent intérieurement à la matière, faisant pendant, au niveau microscopique, aux forces macroscopiques qui règlent les mouvements de l'univers : la physique laplacienne et sa notion centrale de force comme explication finale, règne à la fois sur la physique et à la chimie. Les deux sciences sont ainsi reliées par la notion commune de force, d'où l'idée d'une chimie comme branche particulière de la physique. Elles ne bénéficient cependant pas toutes deux d'une égalité de considération. Pendant les vingt dernières années du XVIII^e siècle, la popularité de la chimie nouvelle est immense ; la physique et la chimie – dans les écoles centrales² alors instituées sous la Révolution française – sont chacune dénommées distinctement l'une de l'autre. Chacune trouve sa place à travers sa dénomination. Pourtant dès le début du XIX^e siècle, avec la création des lycées en 1802, la chimie s'efface devant la physique qui fait alors, dans l'enseignement, figure d'archétype de la science expérimentale. Issue du terme grec *Physis*, qui signifie la nature, la physique est l'une des plus anciennes sciences, révérée comme connaissance fondamentale liée à celle des faits de nature et déjà enseignée sous la Renaissance comme philosophie naturelle. Cette matière d'enseignement est alors spécialement destinée aux futurs théologiens ou médecins. Il n'est donc pas étonnant que, du fait de son antériorité et de son importance, sa prédominance puisse l'emporter une fois retombé le prestige de la nouvelle chimie. D'où la réunion des deux sciences dans le pluriel « sciences » auquel on adjoint le qualificatif mis au pluriel – physiques – faisant référence à la seule physique ancienne et rappelant ainsi l'existence de deux branches dans l'étude de la nature.

2. Les écoles centrales sont créées par la loi du 7 ventôse an III (25 février 1795) et la loi du 3 brumaire an IV (ou loi Daunou du 25 octobre 1795). Les 90 écoles centrales de l'actuel territoire français, sont alors départementales.

Dans les lycées du début du XIX^e siècle, la physique et la chimie sont donc enseignées conjointement par un professeur nommé « professeur de sciences physiques » – nom que nous gardons encore aujourd'hui – marquant ainsi la supériorité historique de la physique. Leur enseignement dans le cursus classique des lycées et collèges royaux³, relève alors d'une formation scientifique largement minoritaire car dominée par celui, hégémonique, des humanités sur toute cette période, comme le rappelle André de Peretti : « Tout au long du XIX^e siècle, les programmes scolaires ont reflété la lutte incessante entre les partisans d'un enseignement "humaniste" classique et ceux d'une éducation scientifique⁴. » Or, si la physique comme la chimie, étudient la nature, leur différence repose alors principalement, sur l'approche formelle et mathématique qui, encore aujourd'hui, caractérise la physique, et lui confère par-là même, son ascendant sur la chimie. Car, ce sont bien les mathématiques – hier et aujourd'hui, considérées comme matière d'excellence scientifique – qui, par leur « domination reposant sur une démarche essentiellement déductive, font un tort considérable à l'ensemble des sciences [expérimentales]⁵ ». Si aujourd'hui, dans les lycées, la suprématie des humanités a cédé la place aux mathématiques considérées comme discipline formatrice d'esprit à l'instar du latin au XIX^e siècle, la question de la place et du rôle de la physique est toujours en suspend. On se prend à s'interroger : quelle place attribuer à la mathématisation dans l'enseignement de la physique ? Quel sens accorder à l'expérience caractéristique de son enseignement ? Pourquoi des travaux pratiques introduits seulement en 1902, exactement un siècle après la création des lycées ?

Ces questions à l'enseignement de la physique renvoient à nombre de reproches qui ne peuvent plus, aujourd'hui, être laissés de côté. Les griefs qui reviennent régulièrement sont ceux de l'expérience, du formalisme et de l'abstraction, comme en témoigne un sondage d'enseignants et d'élèves paru dans le numéro hors série de la revue *Science et vie*, en septembre 1992 (n° 180). On constate en effet, que la suprématie des mathématiques est dénoncée, même par les professeurs :

« Les épreuves du bac C sont mathématisées à outrance. La résolution de problèmes de physique ? Rien que des maths appliquées ! L'enseignement des sciences expérimentales a vraiment été calqué sur celui des maths. Voilà le réflexe des profs – enfin, de certains. Ils rejettent l'approche expérimentale pour

3. À cette époque, le professeur enseigne aussi les sciences naturelles.

4. DE PERETTI André, « L'enseignement des sciences au XIX^e siècle », *Science et vie*, hors série n° 180, septembre 1992, p. 30-35. On se reportera utilement aussi à PRIOT Antoine, *Histoire de l'enseignement en France, 1800-1967*, Paris, A. Colin, collection U, 1968 ; BAUIS Claudette, *Histoire de l'enseignement de la physique*, thèse, Paris XI-Orsay, 1994.

5. LE FOUR Michel, professeur de chimie à l'École polytechnique, cité par Philippe TESTARD-VAILLANT, « Les raisons du malaise », *Science et vie*, hors série n° 180, septembre 1992, p. 26.

partir d'un modèle, mathématisé si possible, et considéré comme un dogme. Si l'expérience viole le modèle, c'est elle qui a tort, pas le modèle. C'est oublier la démarche historique, car, enfin, on ne construit pas un modèle comme ça, en claquant les doigts⁶. »

Quant aux lycéens, leur avis est catégorique : « La physique c'est le stress mortel » pour Arnaud (16 ans)⁷ ; « Je suis carrément allergique », ajoute Séverine (15 ans)⁸. Les raisons les plus souvent invoquées sont l'aspect formel au détriment du bon sens quotidien : « Tout ce qu'on fait en cours c'est abstrait [...] au lieu d'une démonstration, on a juste un théorème à apprendre ! Comment voulez-vous que ça rentre ? »...

« Les profs ne prennent pas d'exemples, ou alors, pas les bons... Si on parlait de phénomènes de la vie courante, on comprendrait plus facilement. Par exemple en physique, pour les quantités de mouvement et les trajectoires, on pourrait prendre un accident de voiture, ça serait quand même plus concret⁹. »

Le caractère abstrait de la physique apparaît aussi dans les objets d'étude : « Les profs nous bassinent avec les protons, les neutrons, les électrons et tout. Mais qu'est-ce que c'est vraiment l'électricité ? Je n'en sais rien¹⁰... » Finalement, la physique apparaît comme quelque chose de compliqué et d'autant plus hermétique qu'elle s'appuie sur les fameuses formules : « Il y en a tellement que ça se mélange !... [il faut] se les mettre dans le crâne... [il faut] trouver la bonne au bon moment », et pour l'élève, le vrai problème c'est « qu'on gratte du papier, on fait des calculs, on applique des machins, mais on ne voit pas très bien à quoi ça peut être utile¹¹ ». La perte de sens est manifeste, et finalement, tout se passe comme si une déviation intervenait, qui, de l'expérience caractéristique en physique, parvenait à un cours de mathématiques appliquées, comme le déplorent certains professeurs de collège en parlant des cours de leurs collègues de lycées : « La physique et la chimie sont des sciences expérimentales enseignées de façon théorique¹². » L'expérience introductive, démonstrative ou autre est, la plupart du temps, même en classe de 1^{re} S, réduite à des schémas au tableau : « La prof écrit le titre au tableau, puis elle dicte ce qu'il faut savoir », les élèves prennent des notes « et puis c'est tout », parfois les enseignants donnent des photocopies tandis que d'autres travaillent « à partir de schémas des bouquins », « ce qui n'est pas très parlant¹³ ». De

6. Le Four Michel, *op. cit.*, p. 26-27.

7. Arnaud, lycéen de 16 ans, p. 18.

8. Séverine, *ibid.*

9. Cité par MAILLET Agnès, « Cahiers de doléances », *Science et vie*, hors série n° 180, septembre 1992, p. 20.

10. *ibid.*, p. 22.

11. *ibid.*, p. 22-23.

12. *ibid.*, p. 21.

13. *ibid.*, p. 20.

la seconde à la terminale, on invoque le temps pour expliquer la part réduite de l'aspect expérimental : « Au bac D, on est censé décrire une expérience. Le problème, c'est qu'on a pas le temps de les réaliser en classe. Alors on regarde sur le livre, la prof nous raconte comment ça se passe. On les fait à l'écrit, quoi... », « On ne peut pas se permettre de faire des expériences à chaque fois¹⁴. » Pourtant, des travaux pratiques sont théoriquement prévus à raison d'une heure et demi par semaine, « mais en réalité, on n'en fait quasiment jamais, on n'a qu'une heure par mois¹⁵ ». Toutes ces protestations rejoignent ainsi la question cruciale des rapports entre mathématisation et expérimentation en physique, dualité qui pose à l'enseignement, un véritable problème au niveau des lycées.

La question ne peut être résolue frontalement. Avant d'essayer de la traiter, il convient de s'interroger sur l'origine même de cette dualité spécifique à la physique. Et pour cela, faire l'analyse historique des rapports mutuels qu'ont entretenus les phénomènes naturels avec, d'une part, les formes mathématiques nécessaires (les lois auxquelles ils semblent obéir), d'autre part, avec la naissance des concepts et l'étude expérimentale de la nature. Comment l'idée de nature régie par des lois a-t-elle surgi dans notre civilisation ? Comment l'étude de la causalité a-t-elle été menée ?

14. *Ibid.*, p. 21.

15. *Ibid.*