

La Main à la Pâte, oui mais avec la Tête !

Régressions dans l'enseignement de la physique

José-Philippe Pérez (perez@ast.obs-mip.fr), Professeur émérite à l'Université de Toulouse (UPS) Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, UMR 5572 du CNRS/INSU et de l'UPS

La pratique pédagogique de l'enseignement de la physique dans les deux premières années de l'Université incite à formuler quelques réserves sur la mode actuelle du « tout manuel », qui atteint aussi l'Université. Cette doctrine présente certainement un intérêt jusqu'au collège, mais n'y a-t-il pas quelques dangers à vouloir l'étendre au-delà, notamment pour enseigner des concepts de physique, lesquels sont tous élaborés ? Et si on réhabiliterait aussi la pensée, par exemple en introduisant un enseignement de la physique moderne, même qualitatif ?

Dans le contexte consensuel du programme « La Main à la Pâte », initié par Georges Charpak il y a quelques années [1], qu'il est, dit-on [2], de plus en plus question de généraliser à tout l'enseignement, « de la Maternelle à l'Université », je voudrais apporter une contribution de professeur de physique de terrain, ayant enseigné longtemps, et encore récemment, dans les deux premières années universitaires (L1 et L2 de la nouvelle licence européenne) et dans le service de préparation au concours externe de l'agrégation, à l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

La pratique de l'enseignement de la physique, en L1 et L2, semble montrer que les lacunes des étudiants, directement issus du second degré des lycées, proviennent moins d'une déficience dans l'approche expérimentale que de l'absence de recul théorique, de l'inexistence d'une réflexion culturelle et d'un défaut de motivation, en bref, d'un manque d'appropriation de la discipline, dans la pensée présente et à venir.

Il apparaît qu'à la faveur des récents ajustements des programmes, on ait déjà commencé à pratiquer au lycée « La Main à la Pâte », au détriment de l'aspect épistémologique et moderne de cette discipline. Effet collatéral qui n'est pas sans conséquence : pour un gain improbable en efficacité, le programme en vigueur est certainement à l'origine d'un surcoût budgétaire d'un élève de lycée, comme toujours au détriment des formations universitaires.

En outre, en limitant l'enseignement de la physique à ce qui peut être « touché », on a laissé de côté toute la physique du XX^e siècle, voire celle du XIX^e. Songeons qu'au programme du baccalauréat de 1904 figuraient, il est vrai sous l'impulsion de Paul Langevin, les rayons X, découverts moins d'une dizaine d'années plus tôt [3] ! Plus d'un siècle après, dans l'enseignement secondaire des lycées et dans son développement, à la fois naturel et exclusif, que sont les classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE), la distance entre l'enseignement de la physique et son aspect moderne n'a jamais été aussi grande. Cette insistance à ne parler que des grandeurs physiques que l'on peut « malaxer au quotidien » nous a éloignés des grands auteurs à l'origine des concepts essentiels de la physique, lesquels résultent inévitablement de processus de pensée élaborés.

Il est curieux de constater que cette distance est bien plus faible dans les sciences de la vie et de la Terre, où l'aspect moderne de ces sciences a été beaucoup développé. Ce modernisme ne serait-il pas à l'origine de l'intérêt des étudiants pour ces sciences, et cela malgré la faiblesse persistante des débouchés professionnels correspondants ? Ne pourrions-nous pas parler, nous aussi, de physique moderne, par exemple à partir d'un instrument technique répandu, le système de localisation spatiale GPS, dans lequel la relativité (restreinte et générale) ainsi que la physique quantique jouent des rôles essentiels ?

Faits révélateurs

La France ne participait plus, depuis plusieurs années, aux Olympiades Internationales de Physique, ouvertes aux seuls lycéens, quand Claude Cohen-Tannoudji, alors membre du jury, surpris par cette absence, intervint publiquement pour s'en émouvoir et souhaiter son retour, qui fut effectif en 2006. En comparant les programmes de ces Olympiades à ceux en vigueur au baccalauréat, on constata vite que l'enseignement secondaire en France apparaissait objectivement moins ambitieux que dans tous les autres pays développés, et même que dans certains pays émergents : les programmes de physique des lycées français étaient de loin les plus pauvres en physique moderne ! Une manière bien hexagonale de contourner cette difficulté a été d'y envoyer, non pas des lycéens du baccalauréat, mais des « étudiants » de la première année des CPGE ; hélas, même dans les programmes de ces classes, par ailleurs bien structurés, la physique moderne est dramatiquement absente !

Concernant l'enseignement post-baccalauréat, tout le monde doit avoir en tête que la France organise ses filières scientifiques, principalement en dehors des universités, à partir des concours nationaux au niveau « Bac. + 2 », dans lesquels le mot d'ordre est devenu plus que jamais, « le savoir-faire d'abord », autrement dit « la physique par les seuls problèmes ». Même l'écrit du concours externe de l'agrégation de physique est tombé dans cette ornière : ainsi, l'épreuve dite « Composition de Physique », en principe moins technique et plus culturelle que le « Problème de Physique », se réduit actuellement à une série

d'exercices de physique, typiquement issus des programmes des CPGE. Nous sommes loin du concours passé par Langevin en 1924, dans lequel figurait une épreuve d'histoire des sciences [3]. Quant à l'épreuve de montage, de loin la plus redoutée à l'oral par les candidats, elle se réduit à un savoir-faire sur des expériences en général élaborées et coûteuses. Rappelons qu'une expérience n'est, en dernière analyse, qu'une idée que l'on réalise : sans idée préalable, à vérifier, à tester ou à transcender, l'expérience est certainement distrayante, mais devient inutile si son coût pour la collectivité est exorbitant. Toujours dans ce même contexte, je me souviens, amusé, d'une intervention de Pierre-Gilles de Gennes, lors d'un colloque sur la formation des élèves des CPGE : pour expliquer le phénomène d'interférence, il comparait l'intérêt des bulles de savon à celui du coûteux interféromètre de Michelson, en s'exclamant : « ... et, en plus de contenir une physique extraordinaire, les bulles de savon sont colorées ! » On a introduit cet interféromètre, instrument construit spécialement par Albert Michelson pour tester le comportement cinématique de la lumière, après avoir, quelques années auparavant, supprimé des programmes la théorie de la relativité restreinte !

Régressions

Parmi les régressions les plus significatives, m'apparaît d'abord le concept de quantité de mouvement, introduit par Newton, dès la première page de son traité [4], alors que c'est là un concept fort de la physique. Ensuite, vient celui de relativité galiléenne, pédagogiquement commenté par Galilée lui-même dans son expérience historique de pensée, de la chute d'un boulet du sommet du mât vertical d'un voilier [5]. L'extension de ce principe à l'électromagnétisme mériterait d'être mentionnée pour aborder, au moins historiquement, la théorie de la relativité restreinte d'Einstein (1905). Quant à la relativité générale (1916), on peut la commenter aisément avec l'expérience du tube de Newton, en soulignant l'exceptionnelle égalité de la masse grave et de la masse inerte [5].

À propos d'optique, réduite désormais à sa seule dimension instrumentale, on se féliciterait de l'abandon du principe de Fermat, si on l'avait judicieusement remplacé par une « Loi fondamentale de l'optique des rayons lumineux », comme

en mécanique. Ce remplacement aurait permis un prolongement en optique électronique. En outre, curieusement, le concept fondamental d'interférence de deux ondes, qui s'appuie sur la superposition linéaire des champs, a totalement disparu des programmes du baccalauréat. Et pourtant les fentes de Young donnent lieu à de belles expériences simples, spectaculaires et en plus à la base de projets modernes et ambitieux en astrophysique ! Ajoutons que l'élargissement de ces expériences aux électrons et aux atomes permettrait une ouverture sur la physique moderne. Ainsi, aucune trace de la relativité et de la quantique, physique dont tout le monde parle, les journalistes, les philosophes, et même les économistes, à l'exception des élèves des lycées ! En CPGE, les programmes recommandent de citer leur existence par de simples remarques !

« Les lacunes des étudiants,
directement issus du
second degré des lycées,
proviennent moins
d'une déficience dans
l'approche expérimentale
que de l'absence
de recul théorique. »

Quant à l'électronique, contentons-nous de déplorer, en CPGE, l'abandon du théorème de Thévenin. Actuellement, ce dernier n'est même plus énoncé, alors que sa démonstration originale, qui s'appuie essentiellement sur les propriétés de linéarité, est un régal d'intelligence, d'élégance et de simplicité [6].

Concernant la thermodynamique, dont Langevin disait qu'elle était particulièrement adaptée à la lutte contre la pensée magique, grâce notamment à l'analyse des deux types de mouvement perpétuel [3], elle est toujours absente depuis des dizaines d'années. On a tenté, dans un passé récent, de réintroduire le premier principe de la thermodynamique, mais sans le nommer, en entretenant une confusion avec l'énergie en mécanique et en s'éloignant trop d'une construction historique du concept d'énergie [7].

Alors que les jeunes étudiants sont de plus en plus séduits par une physique moderne et belle, car construite et raisonnée, on peut se demander si on n'accepte pas inconsciemment la consigne : former un

peuple d'ingénieurs et de techniciens capables uniquement de manipuler la science sur ordre, sans la penser. Qui sont les faiseurs de programme de physique ? Sont-ils engagés dans une entreprise de déculturation scientifique tendant à réduire la science à son seul aspect technique ? Sont-ils à ce point insensibles à son esthétique apaisante ? Et si, finalement, l'esthétique était l'un des critères décisifs dans le choix des étudiants pour des études scientifiques [8] ?

L'université Paul Sabatier a tenté d'éviter ces régressions en proposant, en 2003, un programme modernisé d'introduction à la physique, dès le premier semestre d'orientation [9]. Cette réforme a dû certainement donner quelque satisfaction, puisqu'elle a été pratiquement reconduite en septembre 2007.

En conclusion, « La Main à la Pâte » à l'École Primaire et au Collège, certainement. Mais, au Lycée et, davantage encore, dans l'enseignement post-baccalauréat (CPGE, INSA, IUT, BTS, Université), adoptons plutôt le slogan [8] : « La Main à la Pâte, oui mais avec la Tête ». La question de l'antériorité du savoir par rapport au savoir-faire relève finalement de la seule pédagogie et donc de la seule conviction de l'enseignant, dans sa classe ou dans son amphithéâtre. Comme enseignant de terrain, je préférerais m'appuyer sur un questionnaire expérimental et structurer les résultats obtenus ; je pouvais alors aisément en dégager le savoir essentiel, ce qui permet en retour d'enrichir le savoir-faire et aussi de le maîtriser. ■

En savoir plus...

- 1 • G. Charpak, P. Léna et Y. Quééré, *L'enfant et la science*, Odile Jacob, 2005
- 2 • L. Lafforgue, *Les savants et l'école*, 17 mai 2006, site www.famille-ecoleeducation.net, p. 6.
- 3 • P. Langevin, *Propos d'un physicien engagé*, Vuibert, 2007, pp. 19, 179 et 184.
- 4 • I. Newton, *Principia*, Dunod, 2006, p. 3.
- 5 • S. Hawking, *Sur les épaules des géants*, Dunod, 2006, pp. 124, 819 et 863.
- 6 • L. Thévenin, « Sur un nouveau théorème d'électricité dynamique », *CRAS Paris* 93 (1883) 159.
- 7 • O. Pujol et J.P. Pérez, "How do we present the concept of energy in physics?", *Eur. J. Phys.* 28 (2007) 569.
- 8 • J.M. Lévy-Leblond, *Impasciences*, Point Sciences, 2003, pp. 29 et 63.
- 9 • J.P. Pérez et al., *Physique, une introduction*, De Boeck, 2008, 492 pages.