

LES FAILLES DE L'ENSEIGNEMENT TRADITIONNEL DE LA PHYSIQUE

IBRAHIM ABOU-HALLOUN
FACULTE DE PEDAGOGIE II — UNIVERSITE LIBANAISE

Résumé

L'enseignement traditionnel de la physique est critiqué pour avoir négligé l'état intellectuel initial des enseignés, pour ne pas avoir présenté explicitement la structure paradigmatique de la physique, et pour avoir pratiqué l'enseignement de cette science comme un art alors que la didactique des sciences devient une science.

Abstract

Conventional physics instruction is criticized for neglecting students' preinstructional knowledge state, for failing to make explicit the paradigmatic structure of physics, and for being practiced as an art while science education is becoming more and more a science by itself.

Il est courant d'entendre les enseignants se plaindre du manque d'intérêt et de motivation des enseignés pour la physique. Ce manque est même accompagné d'une incompétence certaine. Une question se pose ici: qui est responsable de cette situation? Les enseignants ou les enseignés?

De nombreuses recherches menées au Liban (Réf. 1, 2), aux USA (Réf. 3, 4), en Europe (Réf. 5), en Australie (Réf. 6) et en Afrique (Réf. 7) ont montré l'existence d'une tendance universelle concernant les difficultés des élèves et des étudiants en physique. Ces difficultés émanent de l'état intellectuel des enseignés et des moyens et des méthodes traditionnels de l'enseignement de la physique.

Les Dimensions de l'Enseignement

Dans l'enseignement de la physique, comme dans celui de toute autre matière, trois dimensions doivent être considérées: (a) l'état intellectuel initial des enseignés, (b) le contenu du programme et ses fondements paradigmatiques*, et (c) les moyens et les méthodes d'enseignement nécessaires pour que les enseignés modifient leur état intellectuel et assimilent le programme. Notre enseignement traditionnel néglige souvent la première dimension. Des deux autres, il ne s'attache qu'à une transmission, ou plutôt une émission des informations d'une façon encyclopédique et magistrale. La structure conceptuelle paradigmatique de la physique n'est pas alors explicitée, et les aspects cognitifs de l'apprentissage ne sont pas considérés.

L'Etat Intellectuel Initial des Enseignés

L'état intellectuel de tout individu se compose de deux types de connaissance: les connaissances de déclaration et

les connaissances de procédure. Les connaissances de *déclaration* comprennent les *faits* épisodiques (spécifiques à des positions et des instants particuliers) et sémantiques (informations accumulées dans des expériences spécifiques). Les connaissances de *procédure* comprennent les *capacités* mentales et motrices nécessaires pour l'entreprise d'une opération donnée. Les connaissances de déclaration sont explicites; elles peuvent être exprimées par des propositions ou des images. Les connaissances de procédure sont souvent implicites; elles ne sont accessibles qu'en performant des activités mentales ou motrices qui en ont besoin (Réf. 8). En physique, les connaissances de déclaration comprennent les noms et les définitions des concepts, les énoncés des principes et des lois, les formules, et tous les faits sémantiques établis par cette science. Les connaissances de procédure relatives à cette science comprennent les méthodes et les opérations nécessaires pour choisir, accumuler, représenter, interpréter et déployer les connaissances de déclaration, ainsi que les règles qui gouvernent ces opérations.

Dans l'enseignement de la physique, il existe des problèmes reliés aux deux types de connaissance. Certains de ces problèmes sont dus aux enseignés, et d'autres proviennent des programmes en cours et de l'enseignement dispensé. Deux problèmes essentiels concernent l'état intellectuel des enseignés: (a) ils n'ont pas généralement la compétence nécessaire pour assimiler les connaissances enseignées, et (b) ils sont encombrés par des connaissances communes (ou naïves) qui sont incompatibles avec les connaissances scientifiques de la physique (Réf. 1 à 7). Les enseignés accumulent ces connaissances, soit dans des expériences personnelles avec les systèmes du monde, soit comme conséquence d'une mauvaise assimilation des connaissances scientifiques enseignées préalablement.

L'incompatibilité entre les connaissances communes et les connaissances scientifiques produit chez les enseignés un conflit intellectuel tellement aigu qu'il les empêche d'as-

* Un paradigme est un système conceptuel scientifique constitué d'une théorie et d'un ensemble de règles qui régissent la correspondance de cette théorie au monde réel et son déploiement dans l'étude des systèmes de ce monde.

similer les connaissances scientifiques fournies dans un cours formel de physique. Pour résoudre ce conflit, l'enseignant doit d'abord le diagnostiquer avec des tests appropriés; ensuite, il devra aider les enseignés à se rendre compte explicitement de l'incompatibilité entre leurs propres connaissances et les connaissances scientifiques, et à réaliser la nécessité de résoudre cette incompatibilité en faveur du réalisme scientifique. Cet effort n'est pas généralement entrepris. Les enseignés adhèrent alors à leurs propres connaissances, et, par voie de conséquence, ils restent incapables d'assimiler les connaissances scientifiques.

Les connaissances de déclaration

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur l'étude de cette incompatibilité. Les recherches ont surtout porté sur la mécanique; les recherches portant sur les autres branches de la physique sont encore en cours. En mécanique, il s'est avéré que les connaissances de déclaration des enseignés ressemblent à celles qui proviennent de la théorie aristotélicienne ou de la théorie de l'impétuosité qui prévalait au Moyen Age. Par exemple, en mécanique classique, le concept dynamique de force représente l'interaction entre deux corps. Un corps qui subit une force est accéléré. Son accélération est constante si la force exercée est constante. Plusieurs enseignés confondent souvent la force avec les concepts cinématiques de vitesse, d'accélération ou d'énergie cinétique. En se basant sur des effets apparents, certains enseignés font comme Aristote, et différencient entre: (a) des forces qui déclenchent un mouvement, (b) d'autres, qui maintiennent la direction d'un mouvement, et (c) d'autres, encore, qui maintiennent la vitesse d'un mouvement. Ainsi, tout mouvement (même le mouvement rectiligne uniforme) ne peut avoir lieu que sous l'action d'une force dont l'intensité et la direction doivent varier avec celles de la vitesse. D'autres enseignés maintiennent des idées semblables à celles de la théorie de l'impétuosité et croient qu'une force peut être intrinsèque à un corps donné, et qu'une telle force peut maintenir des mouvements uniformes ou accélérés. Une interaction entre deux corps n'est pas alors distinguée comme nécessaire pour l'existence d'une force (Réf. 1, 3).

L'incompatibilité entre les connaissances communes et les connaissances scientifiques de déclaration émane du fait que le monde conceptuel de l'homme ordinaire est une extension du monde réel tel qu'il *apparaît* à nos sens, alors que le monde conceptuel de l'homme de science est une représentation du monde réel tel qu'il *peut* exister, dans des situations idéales. Le monde conceptuel du premier est alors concerné avec des propriétés des systèmes réels qui sont exposées directement à nos sens, alors que celui du dernier est concerné avec des propriétés qui ne le sont pas. Prenons comme exemple, la couleur d'un objet.

L'attribut d'une couleur (rouge, par exemple), ou sa nuance (foncée, claire) constituent des variables *secondaires* qui dépendent de nos sens. Elles sont subjectives, et de ce fait, elles sont négligées dans l'entreprise scientifique. Les connaissances communes de déclaration des enseignés comprennent surtout de telles variables secondaires. La

fréquence d'une couleur est une variable *primaire* qui est indépendante de nos sens. Elle n'est pas perçue directement. Elle constitue, de ce fait, une mesure objective et précise de la couleur étudiée. De telles variables font l'objet de la physique.

Les connaissances de procédure

Dans l'étude d'une situation problématique donnée, les physiciens effectuent des opérations intellectuelles (et motrices, s'il y a lieu) systématiques qui sont organisées dans leurs mémoires suivant des paradigmes cohérents. Par contre, les enseignés suivent des méthodes empiriques et aléatoires qui varient d'un enseigné à un autre, et qui diffèrent sensiblement des méthodes systématiques suivies par les physiciens. Souvent, un enseigné suit même des méthodes différentes pour traiter des situations semblables (Réf. 9, 10). Ceci est dû au fait que les connaissances de procédure des enseignés sont groupées autour d'objets et de situations spécifiques appartenant au monde empirique des faits apparents. En contraste, les connaissances de procédure des physiciens sont organisées autour de lois bien définies.

Pour un physicien, la résolution d'un problème constitue une tâche qui doit se faire dans le contexte d'un paradigme convenable, et qui consiste: (1) à décrire par des concepts appropriés les propriétés primaires des systèmes du monde (après avoir choisi de telles propriétés), (2) à formuler les lois, les définitions et les contraintes les plus convenables pour relier ces concepts, (3) à résoudre le modèle physico-mathématique ainsi construit, et (4) à évaluer et interpréter les résultats alors obtenus. Pour un enseigné, la tâche est d'identifier *toutes* les variables données dans un problème, et de trouver les équations mathématiques qui relient ces variables. Ces équations seraient choisies dans un répertoire de formules qui constituent exclusivement les connaissances de déclaration de l'enseigné.

Notre enseignement traditionnel est responsable des failles des enseignés, car on y insiste souvent à représenter mathématiquement les connaissances de déclaration, et l'on néglige de présenter convenablement les connaissances de procédure qui sont d'ailleurs nécessaires pour accumuler les connaissances de déclaration.

Les Programmes

L'objectivité et la précision des connaissances scientifiques sont garanties par la quantification des propriétés primaires des systèmes réels, dans des modèles mathématiques appropriés. Cependant, dans notre enseignement de la physique, nous présentons souvent les modèles de la physique avec un formalisme mathématique qui dépasse la compétence des enseignés (Réf. 11, 12, 13). En même temps, nous négligeons souvent d'explicitement les règles de correspondance entre ces modèles et le monde réel. Ces règles établissent *quand* un système réel peut être *représenté* par un modèle de physique donné. Par exemple, un corps peut être représenté par le modèle de la particule si son mouvement n'est pas affecté par les propriétés géomé-

triques de ce corps. De même, les règles de déploiement sont vaguement spécifiées. Ces règles établissent *comment employer* les connaissances scientifiques dans la résolution des problèmes du monde réel.

Les problèmes traités dans les livres scolaires traditionnels (et au laboratoire) ne permettent pas de faire la correspondance entre la physique et le monde réel. Les situations traitées semblent tellement artificielles et idéales (le vide, point en mouvement, absence de frottements...) que l'enseigné n'y trouve aucune utilité pertinente à sa vie quotidienne. Il perd ainsi tout intérêt à les comprendre.

Nos programmes donnent aux enseignés l'impression que la physique est constituée d'une liste de formules mathématiques qui n'ont aucun rapport avec leur vie quotidienne. Les examens de physique constituent alors pour eux des réitations machinales d'un certain nombre de formules. D'ailleurs, les problèmes posés dans nos examens peuvent être souvent résolus d'une façon machinale qui consiste à identifier (et non à choisir) les variables données, et à choisir des formules convenables qui peuvent relier ces variables. Un candidat peut alors résoudre un problème de physique sans comprendre nécessairement les fondements conceptuels de ce problème (Réf. 14). Nos examens sont même devenus tellement monotones qu'il suffit pour un élève de bachoter un nombre limité de problèmes, et de mémoriser leurs solutions pour les reproduire machinalement aux examens et y réussir. De plus, les annales et les solutionnaires en cours encouragent les enseignés à suivre ce faux chemin. La réussite est alors envisagée aux dépens de l'apprentissage.

Un autre problème concernant les programmes libanais rend la situation encore plus mauvaise. Le système éducatif libanais ne spécifie pas les objectifs intellectuels et socio-économiques de l'enseignement de la physique. Par conséquent, les livres scolaires libanais se contentent de présenter la physique d'une façon encyclopédique. Leur contenu est souvent copié de livres étrangers, parfois même désuets, d'une façon tronquée. Les livres étrangers mis à la disposition des élèves ne sont pas dans une meilleure position, surtout que la majorité d'entre eux n'est plus employée dans les pays d'origine.

Les Moyens et les Méthodes d'Enseignement

Dans plusieurs écoles, les moyens d'enseignement ne comprennent que les livres scolaires et le tableau. Rares sont les écoles qui disposent de laboratoires bien équipés, d'audiovisuel, etc. Même si elles en disposent, la façon de les employer est souvent inadéquate. Les expériences du laboratoire se font suivant des recettes qui ne permettent pas à l'élève de développer les capacités mentales et expérimentales scientifiques. Les autres moyens ne remplissent pas non plus cette tâche.

Les méthodes d'enseignement ne suivent pas des règles claires et précises. Alors que l'enseignement des sciences est en voie de devenir une science dans les pays développés (Réf. 15), il est toujours pratiqué au Liban comme un

art, et d'une façon empirique qui ne tient compte ni des dimensions discutées ci-dessus, ni des fondements cognitifs de l'apprentissage. (C'est la «personnalité» du professeur qui compte). Tant que nos licences et nos maîtrises «d'enseignement» ne traitent ni de ces dimensions et de ces fondements, ni des fondements épistémologiques paradigmatiques de la physique, la situation ne peut qu'empirer.

Nos enseignants sont en général mal formés, au niveau universitaire, et peu informés sur les développements survenus en physique ou en pédagogie (certains de nos élèves sont parfois mieux informés que leurs maîtres). Des tests de diagnostic, administrés à quelques dizaines d'enseignant de physique dans des écoles secondaires, ont montré que ces enseignants n'ont pas assimilé la structure conceptuelle de la mécanique classique et de l'électricité, et qu'ils sont encombrés par des idées naïves semblables à celles de leurs élèves (Réf. 16).

Dans cet article, nous avons soulevé quelques points négatifs concernant l'enseignement traditionnel de la physique. La situation est certes très mauvaise, mais elle ne doit pas nous pousser au désespoir. Au contraire, elle doit nous inciter à œuvrer en vue d'une réforme totale. Une réforme qui irait de la spécification des objectifs, à la structure des programmes, à l'amélioration des moyens et des méthodes d'enseignement... à la formation des enseignants. L'Association Libanaise des Professeurs de Sciences et de Mathématiques a été fondée dans ce but. Donnons-lui notre concours!

1. I. Abou-Halloun. Le Réalisme Naïf et l'Apprentissage de la Physique. *Recherches Pédagogiques*, 1986, 17, 23-47.
2. I. Abou-Halloun. Connaissances Communes en Electricité. Manuscrit en préparation.
3. I. Abou-Halloun and D. Hestenes. Common Sense Concepts about Motion. *American Journal of Physics*, 1985, 53, 1056-1065.
4. L.C. Mc Dermott. Reserach on Conceptual Understanding in Mechnics. *Physics Today*, 1984, 37 (7), 24-32.
5. L. Viennot. *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Elémentaire*. Hermann, Paris, 1979.
6. R.G. Gunstone. Student Understanding in Mechanics: A large Population Survey. *American Journal of Physics*, 1987, 55, 691-696.
7. S.B. Edgar. Results of the Application of the Halloun and Hestenes Diagnostic Test in Bostwana and Ghana. Manuscript submitted for publication in the American Journal of Physics.
8. L.R. Squire. Mechanisms of Memory. *Science*, 1986, 232, 1612-1619.
9. M. Chi, P. J. Feltovich and R. Glaser. Categorization and Representation of Physics problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 1981, 5, 121-152.
10. A.B. Champagne, L.E. Klopfer, and R.F. Gunstone. Cognitive Research and the Design of Science Instruction. *Educational Psychologist*, 1982, 17, 31-53.
11. L.C. Mc Dermott, M.L. Rosenquist, and F. H. Van Zee. Student Difficulties in Connecting Graphs and Physics: Examples from Kinematics. *American Journal of Physics*, 1987, 55, 503-513.
12. I. Abou-Halloun. La compétence en Mathématiques des Etudiants de Physique. A paraître dans *Recherches Pédagogiques*, 1988.
13. R. Gamble. Simple Equations in Physics. *European Journal of Science Education*, 1986, 8, 27-37.
14. J. Clement. Students Preconceptions in Introductory Mechanics. *American Journal of Physics*, 1982, 50, 66-71.
15. F. Reif. Scientific Approaches to Science Education. *Physics Today*, 1986, 39 (11), 48-54.
16. E. Chalouhy et I. Abou-Halloun. Manuscrit en préparation.