

Connaissances d'élèves du secondaire sur la charge électrique

IBRAHIM ABOU HALLOUN & MARIE-MONIQUE ASSI

Résumé

Un test de diagnostic administré dans des écoles secondaires a révélé que les connaissances des élèves portant sur la nature de la charge électrique et de l'interaction électrostatique ne sont pas satisfaisantes, et que ces connaissances n'évoluent pas significativement au cours du cycle secondaire.

Abstract

A diagnostic test revealed that high school students' knowledge of the nature of electric charge and electrostatic interaction is not satisfactory, and that this knowledge does not improve significantly through secondary classes.

Pendant les deux dernières décennies, les didacticiens de physique se sont penchés sur l'étude des difficultés rencontrées par les enseignés lors de l'apprentissage de cette discipline, afin de préparer des curricula conformes à leur état intellectuel. Un soin particulier a été accordé à l'évolution des connaissances acquises par les enseignés et portant sur des concepts particuliers de la physique. La recherche exposée dans cet article s'insère dans cet ordre d'idées, et porte sur les connaissances d'élèves libanais, du cycle secondaire, relatives à la charge électrique.

Les recherches déjà menées en didactique de la physique ont surtout porté sur la Mécanique Newtonienne qui est d'ailleurs la branche la plus fondamentale en physique. Certaines de ces recherches ont permis d'identifier un nombre limité de modèles naïfs universels dont se servent les enseignés de divers pays pour étudier le mouvement des corps réels (Réf. 1, 2, 3, 4). Les enseignés développent ces modèles qui sont incompatibles avec les modèles de la théorie newtonienne en dehors de l'école, ou à la suite d'une mauvaise conception de la théorie lors de son enseignement. Des recherches ultérieures ont essayé d'établir des traitements appropriés pour la résolution de l'incompatibilité entre les modèles naïfs et les modèles scientifiques de ladite théorie (Réf. 5, 6, 7, 8, 9).

Dans le domaine de l'Électricité, les recherches ont porté surtout sur les concepts de courant et de différence de potentiel dans des circuits simples. Ces recherches ont montré que des enseignés du secondaire et de l'université ont des idées vagues et confuses concernant ces concepts (Réf. 10, 11, 12). Peu de recherches ont cependant porté sur les aspects microscopiques de l'électricité, c.à.d. sur la charge et les interactions électromagnétiques.

Dans une recherche portant sur la structure de la matière, Gros *et al.* ont montré que plus de 95% d'étudiants universitaires (première année en disciplines scientifiques) connaissent les constituants élémentaires de l'atome, alors que 64% saisissent l'interaction électrostatique entre les électrons et les protons, et 2% seulement, l'interaction nucléaire (Réf. 13).

Dans cet article, nous présentons une recherche menée avec des élèves libanais, du cycle secondaire, pour estimer leurs connaissances de la charge électrique et de l'interaction électrostatique de Coulomb. L'article comporte trois parties. Dans la première partie, il sera

question du développement et de l'administration de l'instrument de diagnostic. Les résultats de cette administration seront présentés dans la deuxième partie, puis discutés dans la troisième.

Instrument

L'instrument dont nous nous sommes servis dans cette recherche est un test de diagnostic à choix multiple, administré par écrit. Nous avons développé ce test à partir de deux versions préliminaires qui ont été administrées à une centaine d'élèves fréquentant des écoles secondaires de Beyrouth et de sa banlieue. Ces versions consistaient en questions ouvertes où les participants avaient à fournir leurs propres réponses. Après une analyse d'items appropriée, seize de ces questions ont été choisies pour le test final. Les quatre fausses réponses présentées le plus fréquemment à chaque question par les participants qui ont pris ces versions ont servi comme fausses alternatives dans le test à choix multiple.

Ainsi, le test de diagnostic final comprend seize items à choix multiple. Chaque item consiste en une question suivie de cinq réponses, dont une seule correcte et quatre fausses alternatives, parmi lesquelles un participant devrait choisir une seule réponse. Ce test comprend deux parties:

- ◆ La première partie porte sur la nature de la charge électrique et comprend neuf questions: trois questions sur la structure de l'atome, quatre sur les différences entre un atome et un ion, une sur les types de charge, et une sur la quantification de la charge (en tant que multiple entier de la charge de l'électron ou du proton).
- ◆ La deuxième partie porte sur l'interaction électrostatique et comprend sept questions: trois questions sur la conservation de la charge, et les quatre autres sur la loi de Coulomb et les analogies ou les différences entre l'interaction électrostatique et les interactions gravitationnelle et magnétique (entre des aimants naturels).

Fidélité et validité du test

Il nous était impossible de mener une étude quantitative de ces deux facteurs, faute d'ordinateurs appropriés.

La fidélité du test a été vérifiée par le fait que la distribution des réponses sur chaque question a été semblable dans les trois versions du test.

Quant à la validité, des interviews menés avec une dizaine d'élèves ont montré que ceux-ci avaient compris les questions posées et qu'ils étaient conscients de la nature des réponses attendues. De plus, au début des interviews, ces élèves ont tenu aux réponses qu'ils avaient choisies dans le test écrit. D'autre part, des professeurs de physique des cycles secondaire et universitaire ont approuvé la validité apparente (face validity) et la validité de contenu du test, et ont jugé que les items choisis sont appropriés pour la nature du diagnostic désiré.

Administration du test

Le test à choix multiple fut administré à la fin de l'année scolaire 86-87 à 250 élèves fréquentant cinq écoles situées à Beyrouth et au Kesrowan.

Les participants étaient répartis comme suit: 75 en classe de Seconde, 61 en classe de Première, et 114 en classes Terminales (séries scientifiques). Les caractéristiques démographiques (sexe, âge, niveau social) ne furent pas étudiées, car il a été montré qu'en physique, de tels facteurs n'ont pas une influence significative sur la performance des enseignés libanais (Réf. 1).

La durée d'une épreuve fut d'une heure. Dans la correction, la même note a été attribuée à tous les items. Un élève reçut un point pour une réponse correcte, et zéro pour une fausse

alternative. Ainsi, la plus haute note qu'un élève pourrait recevoir sur le test était 16 (9 sur la première partie, 7 sur la deuxième).

Résultats

Les moyennes et les écart-types des notes obtenues par les participants de diverses classes sont présentés dans le Tableau 1, pour chaque partie du test, ainsi que pour le test entier. Dans ce tableau, les résultats obtenus dans les cinq écoles sont combinés par classe, car aucune différence significative n'y a été distinguée pour les moyennes ou les écart-types des notes dans une même classe.

Dans le Tableau 1, on remarque que les moyennes des trois classes sont très voisines dans la première partie du test qui porte sur la structure de l'atome et de l'ion et sur la charge électrique. Cependant, les écart-types augmentent sensiblement de la classe de Seconde aux classes supérieures. Ceci signifie que les connaissances des élèves de Seconde sont plus homogènes que celles des élèves des autres classes. La dispersion des notes dans ces dernières classes pourrait être due à l'enseignement de la Chimie Physique. Apparemment, ce cours permet à certains élèves de mieux comprendre les sujets adressés dans les questions posées, alors qu'il situe beaucoup plus d'autres élèves dans un état de conflit intellectuel entre leurs propres connaissances et les connaissances enseignées. Ce conflit serait tellement aigu (dans le sens piagetien) que les élèves auraient mal conçu la structure de l'atome et la nature de la charge.

Quant à la deuxième partie du test, le Tableau 1 révèle que les élèves des classes terminales ont compris les différentes interactions mieux que les élèves des autres classes. Cependant, cette amélioration demeure non significative, surtout que la dispersion (écart-type) des notes ait augmenté. D'autre part, il ressort de ce tableau que les élèves de toutes les classes comprennent la structure de l'atome et la charge électrique mieux que les interactions, ce qui correspond aux résultats de Gros *et al.* (Réf. 13).

En général, aucune différence significative n'apparaît entre les trois classes, concernant les moyennes et les écart-types sur le test pris en entier (Tableau 1). Ceci montre l'absence d'un progrès global concernant les questions posées, allant de la classe de Seconde aux classes terminales.

Tableau 1

Moyennes et écart-types des notes obtenues par les élèves de différentes classes

Classe	Nombre d'élèves	Première Partie du test		Deuxième partie du test		Total	
		Moyenne/9 (/100)	Écart-type	Moyenne/7 (/100)	Écart-type	Moyenne/16 (/100)	Écart-type
Seconde	75	4.80 (53%)	1.40	2.73 (39%)	1.03	7.53 (47%)	1.96
Première	61	4.98 (55%)	4.70	2.62 (37%)	2.33	7.60 (48%)	2.14
Terminales	114	4.79 (53%)	4.51	3.37 (48%)	3.25	8.16 (51%)	2.36

Tableau 2
 Pourcentages des participants qui ont répondu correctement
 à toutes les questions d'un thème donné ou à aucune de ces questions

Classe	Structure des atomes et des ions		Types et quantification de la charge		Conservation de la charge		Comparaison entre les différents types d'interaction	
	Toutes les réponses correctes	Aucune réponse correcte	Toutes les réponses correctes	Aucune réponse correcte	Toutes les réponses correctes	Aucune réponse correcte	Toutes les réponses correctes	Aucune réponse correcte
Seconde	8	0	1	39	3	68	1	12
Première	2	0	4	24	13	67	3	8
Terminales	5	0	7	33	19	36	15	4

L'évolution des connaissances des élèves portant sur quelques thèmes fondamentaux du test est montrée dans le Tableau 2. Bien que les participants aient mieux performé sur la première partie du test que sur la deuxième, il ressort de ce tableau que leurs connaissances manquent de cohérence, surtout en ce qui concerne la première partie du test. Dans cette partie, la quantification de la charge fut le thème le moins compris par les participants. L'analyse des résultats a montré que seulement 29% de tous les participants savent que la charge d'un corps réel ne peut être qu'un multiple entier de la charge d'un électron ou d'un proton. Dans la deuxième partie, l'interaction électrostatique fut la moins comprise. 81% de tous les participants croyaient, particulièrement, que le module de la force exercée entre deux protons est différente de celle entre deux électrons, ou entre un électron et un proton, les particules d'un couple donné étant séparées par la même distance.

L'absence de cohérence des idées a paru plus nettement dans les quatre questions portant sur les différences entre un atome neutre et un ion. Alors que, exceptionnellement, 83% de tous les participants étaient capables de noter les différences structurales entre le Na et le Na^+ , ainsi qu'entre le Cl et le Cl^- dans le NaCl, seulement 50% étaient capables de donner une définition générale de l'atome neutre et de l'ion.

Discussion

Cette recherche montre que l'enseignement traditionnel de la physique appliqué dans les écoles dont les élèves ont participé à l'enquête, comme dans toutes les autres écoles libanaises, n'a aucune influence significative sur l'état intellectuel des élèves en rapport avec la charge électrique. Nous avons d'ailleurs montré que de tel enseignement n'affecte pas non plus les connaissances naïves des enseignés portant sur la Mécanique (Réf. 1). Les raisons générales de la faillite de l'enseignement traditionnel de la physique au Liban ont été discutées ultérieurement (Réf. 14). Dans ce qui suit, nous discutons les raisons propres au concept de charge.

Le concept de charge est un concept formel, dans le sens piagetien, du fait que les particules chargées, électron ou proton, ne sont pas visibles directement. De tels concepts sont beaucoup plus difficiles à concevoir que les concepts représentant des objets perçus directement à l'œil nu, ou même au microscope.

Le concept de charge est introduit au cours du cycle moyen, et en chimie, en classe de Seconde. Cependant, il s'est révélé que très peu d'élèves libanais atteignent le niveau de la pensée formelle en classe de Seconde (Réf. 15). Les élèves n'étant pas alors "prêts" à assimiler ce concept, il leur serait difficile de le comprendre lors de son enseignement dans cette classe ou ultérieurement, surtout que l'enseignement traditionnel ne tient pas compte de leur état intellectuel (Réf. 14).

D'autre part, le modèle de Bohr est souvent enseigné sans expliciter que sa validité est restreinte aux atomes hydrogéniques. Ceci mène les élèves à croire que ce modèle est toujours valide. D'ailleurs, 33% de nos participants croyaient que l'atome est constituée d'un noyau sphérique fixe autour duquel gravitent les électrons. L'emploi aléatoire de tels modèles en classes moyennes et en Seconde est risqué, surtout que souvent les professeurs de science dans ces classes n'ont pas une formation adéquate en physique qui leur permettrait de combler les lacunes des livres scolaires employés.

A part les mesures générales qu'il faut entamer pour corriger les défauts de l'enseignement actuel de la physique au Liban (Réf. 14), pour améliorer la compréhension des élèves du concept de la charge électrique au cycle secondaire, l'enseignement vaudrait mieux rendre plus explicite les faits suivants:

- ◆ L'aspect simpliste du modèle de Bohr, et par suite la restriction de son emploi au cas des atomes hydrogéniques.
- ◆ L'existence de deux types de charge, seulement, au niveau atomique, le neutron ne possédant pas la propriété de charge. Les attributs "positif" et "négatif" donnés à ces types de charge ne sont que des conventions, et ne correspondent pas à des opérations physiques ou mathématiques d'addition et de soustraction de charge.
- ◆ La charge d'un corps réel, comme la charge d'un ion, ne peut être qu'un multiple entier de celle d'un électron ou d'un proton.
- ◆ Le concept de charge correspond à une propriété fondamentale en Électricité de même importance que le concept de masse en Mécanique.
- ◆ L'interaction électrostatique est l'interaction fondamentale entre les particules atomiques; elle est de même importance que l'interaction gravitationnelle entre les corps macroscopiques.
- ◆ La loi de Coulomb est analogue à la loi gravitationnelle de Newton en ce qui concerne la direction des forces d'interaction, et leur proportionnalité à la propriété de cause (charge ou masse) et à l'inverse du carré de la distance qui sépare les corps en interaction. Cependant, l'interaction de Coulomb peut être d'attraction ou de répulsion alors que l'interaction de Newton est toujours d'attraction, ceci étant dû à l'existence de deux types de charge électrique, mais d'un seul type de masse gravitationnelle (pourvu que l'hypothèse de supercharge ne soit pas vérifiée).
- ◆ L'aspect universel (et unificateur) des principes de conservation, avec, dans ce cas, l'analogie entre la conservation de la charge et celle de la masse.
- ◆ Les forces de la Mécanique Newtonienne, comme la tension d'un fil ou d'un ressort, ou les frottements, sont des manifestations (ou des mesures) macroscopiques de l'interaction électromagnétique entre les atomes et les molécules des corps en interaction.

Remerciement

Nous voudrions remercier Dr. E. Chalouhy et Dr. M. Kraidy pour les soins qu'ils ont prêtés à la préparation de cet article.

1. I. A. Halloun. 1986. Le Réalisme Naïf et l'Apprentissage de la Physique. *Recherches Pédagogiques*, **17**, 23–47.
2. R. G. Gunstone. 1987. Student Understanding in Mechanics: A Large Population Survey. *American Journal of Physics*, **55**, 691–696.
3. L. C. McDermott. 1984. Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today*, **37**(7), 24–32.
4. L. Viennot. 1979. *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire*. Hermann, Paris.
5. I. A. Halloun & D. Hestenes. 1987. Modeling Instruction in Mechanics. *American Journal of Physics*, **55**, 455–462.
6. R. R. Hake. 1987. Promoting Student Crossover to the Newtonian World. *American Journal of Physics*, **55**, 878–884.
7. M. L. Rosenquist & L. C. McDermott. 1987. A Conceptual Approach to Teaching Kinematics. *American Journal of Physics*, **55**, 407–415.
8. J. Strnad. 1986. On some New Trends in Physics Teaching. *European Journal of Physics*, **7**, 11–16.
9. J. I. Heller & F. Reif. 1984. Prescribing Effective Human Problem Solving Processes: Problem Description in Physics. *Cognition and Instruction*, **1**, 177–216.
10. J. J. Dupin & S. Joshua. 1987. Concepts of French Pupils Concerning Electric Circuits: Structure and Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, **24**, 791–806.
11. R. Cohen. B. Eylon & U. Ganiel. 1983. Potential Difference and Current in Simple Electric Circuits: A Study of Students' Concepts. *American Journal of Physics*, **51**, 407–412.
12. A. B. Arons. 1982. Phenomenology and Logical Reasoning in Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, **50**, 13–20.
13. D. Gros, *et al.* 1983. Conceptions of First-Year University Students of the Constituents of Matter and the Notions of Acids and Bases. *European Journal of Science Education*, **8**, 305–313.
14. I. A. Halloun. 1988. Les Failles de l'Enseignement Traditionnel de la Physique. *Revue Libanaise de Didactique des Sciences et des Mathématiques*, **1**, 10–12.
15. A. Thoumy & F. Farah Sarkis. Manuscrits en préparation.