

Note de recherche / Research Note

La persistance des représentations spontanées des élèves en physique

Abdeljalil Métioui

université du québec

école de technologie supérieure

Les recherches qui traitent des représentations des élèves, plus particulièrement dans le domaine de la physique, sont relativement nombreuses. Les publications récentes indiquent que, généralement, les élèves qui se présentent en classe de science ont construit, préalablement à tout enseignement formel, des connaissances relatives aux phénomènes avec lesquels ils interagissent quotidiennement. Or, dans la mesure où ces connaissances reposent sur des prémisses épistémologiques différentes de celles des théories scientifiques acceptées, elles peuvent constituer des obstacles à leur apprentissage (Bachelard, 1980).

Dans ce texte, nous voudrions présenter brièvement quelques études sur le sujet, lesquelles tendent à montrer que ces représentations sont coriaces et continuent à alimenter le discours d'individus qui ont une formation en sciences. Nous allons aussi tenter d'expliquer ce phénomène à l'aide des acquis de l'épistémologie contemporaine.

REPRÉSENTATIONS SPONTANÉES ET REPRÉSENTATIONS ERRONÉES

Il importe, au point de départ, de bien distinguer entre représentations spontanées et représentations erronées. La distinction entre les deux types de représentations peut s'opérer en fonction de deux critères, l'un qui réfère à la norme scientifique et l'autre au processus d'apprentissage.

Les représentations spontanées d'un enfant interrogé au sujet d'un phénomène naturel peuvent être considérées comme l'état des connaissances de celui-ci à un moment donné relativement à ce phénomène, état qui marque un progrès par rapport à un stade antérieur de développement et qui peut être appelé à évoluer. Par exemple, les enfants d'une dizaine d'années pensent que, si l'on applique à une masse une force constante, celle-ci se déplacera à une vitesse constante (Leboutet-Barrell, 1976; Piaget,

1969; Watts & Zulbersztajn, 1981). Cette façon d'envisager le rapport entre la force et la vitesse, semblable d'ailleurs à celle que proposait Aristote dans sa dynamique du mouvement, peut évoluer grâce à des apprentissages ultérieurs. Toutefois, on peut estimer que ces représentations sont erronées si on les compare à celles acceptées par les scientifiques qui, dans le cas du mouvement, affirment que l'effet d'une force constante sur une masse sera de lui communiquer une accélération constante.

On peut également faire une distinction entre les deux types de représentations en nous référant au processus d'apprentissage. Les représentations spontanées seraient celles qui sont construites par l'enfant au cours de ses interactions avec l'environnement, et ce, avant tout enseignement formel. Les représentations erronées, par contre, seraient celles que l'on peut mettre en évidence après qu'il y ait eu apprentissage scolaire.

Cette distinction entre deux types de représentations peut sembler, a priori, sans grande importance. Pourtant, elle marque un changement d'attitude profond à l'égard des problèmes d'apprentissage des sciences, comme le souligne Driver (1983):

... alternate frameworks exist through pupils' attempts to make sense of aspects of their experience for themselves. In that their frameworks do assimilate that experience they are not wrong, perhaps just not as inclusive as the accepted "scientific" view. As with "accepted theories," they derive partly from the imagination of pupils and are more than descriptions of events. They also influence and focus pupils' observations of future events, and may significantly affect what pupils may learn from organised science lessons. (p. 14)

PERSISTANCE DES REPRÉSENTATIONS SPONTANÉES DES ÉLÈVES

L'existence des représentations spontanées chez les enfants ne fait aucun doute et a été mise en évidence par plusieurs chercheurs. Ainsi, Driver et Russel (1982) ont établi que des enfants de huit ans élaborent des connaissances personnelles sur le phénomène de la chaleur. Les travaux de ces chercheurs révèlent que les enfants interrogés conçoivent la chaleur comme une substance volatile. Les explications avancées par la majorité relativement au concept de chaleur demeurent substantialistes, accrochées à une image concrète, et constituent un obstacle à la compréhension de ce concept. On devrait cependant s'attendre de la part des élèves qui ont suivi un enseignement formel sur la chaleur à une interprétation adéquate de ce concept, mais il ne semble pas qu'il en soit ainsi si on en juge par les résultats d'autres recherches.

Des études menées par Erickson (1980), Rogan (1988) et Tiberghien (1984) auprès d'un groupe d'enfants de 12 ans sur le concept de la chaleur démontrent que ceux-ci considèrent cette notion comme une substance

matérielle qui possède les propriétés qu'on attribue généralement à la matière. La majorité de ces enfants ont des représentations spontanées de la chaleur qui ressemblent étonnamment à la conception calorique qui prévalait à la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e siècle et qui constituait une vision substantialiste de la matière, aujourd'hui abandonnée.

Ces représentations ont tendance à perdurer comme le montre Ruel (1983). Celle-ci a en effet constaté que la majorité des élèves de 16 ans qu'elle a questionnés ont une vision substantialiste de la chaleur et que, malgré l'utilisation d'un vocabulaire sophistiqué, ils ne font jamais appel à l'idée de chocs moléculaires pour expliquer, par exemple, la liquéfaction d'un bloc de glace. Pour sa part, Benyamna (1981) a découvert que des élèves, dont l'âge moyen était de 19 ans et qui avaient terminé des études collégiales, ne se sont pas référés à des concepts de physique pour fournir une explication au phénomène observé. La plupart du temps, ils ont plutôt fait appel à une conception substantialiste de la chaleur.

Les recherches précitées démontrent que les représentations spontanées des élèves persistent dans le cas du concept de la chaleur. Malgré un enseignement formel, ces représentations ne se sont pas modifiées de manière importante; seule une sophistication du langage a pu être observée. Il semblerait qu'il en soit ainsi pour plusieurs autres concepts (température, lumière, masse, vitesse, force, particule, gravitation, pression, densité) si l'on tient compte des recherches sur les représentations spontanées (Driver & Easley, 1978; Viennot, 1978) qui sont par ailleurs fort nombreuses. Mais à quoi tient cette persistance?

ESQUISSE D'UNE THÉORIE DU CHANGEMENT CONCEPTUEL

La compréhension du phénomène de la persistance des représentations spontanées n'a pas encore reçu d'explication définitive. Cependant, des efforts importants de théorisation ont été effectués aux cours des cinq dernières années afin d'en rendre compte. Ces efforts s'inspirent tout autant de la psychologie cognitive (Ausubel, 1968; Piaget & Inhelder, 1963) que de l'épistémologie contemporaine (Bachelard, 1980, 1981; Kuhn, 1970; Lakatos, 1974) et nous allons en présenter les grandes lignes.

Structure cognitive et structure conceptuelle

La complexité du fonctionnement et du développement intellectuel, comme en témoignent les travaux de Piaget et de ses collaborateurs, interdit que l'on puisse en rendre compte en quelques lignes. Nous n'allons donc pas tenter de décrire la théorie piagétienne mais plutôt d'identifier un des aspects du fonctionnement cognitif, celui du contenu de la connaissance

qui permet de mieux comprendre le phénomène de la persistance des représentations spontanées.

Le modèle constructiviste développé par l'école piagétienne opère une distinction entre l'évolution des structures de connaissances et du contenu de la connaissance (Legendre-Bergeron, 1980). Sur le plan de la recherche, ce modèle a donné lieu à des études davantage centrées sur l'étude du processus et du fonctionnement des structures cognitives que sur le rôle du contenu des connaissances déjà constituées chez les élèves dans le développement de leurs connaissances ultérieures.

Par contre, dans le domaine de l'enseignement des sciences, on s'est davantage intéressé au problème de la formation des concepts scientifiques, c'est-à-dire de la structure conceptuelle. Cette orientation remonte aux travaux d'Ausubel, Novak et Hanesian (1978) pour qui le facteur le plus important à considérer dans le processus d'apprentissage est ce que l'élève sait déjà. Toutefois, chez certains chercheurs (Hewson, 1981; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982), cette tendance n'est pas exclusive et se double d'une préoccupation épistémologique inspirée, entre autres, des travaux de Kuhn (1970) qui ont relancé les débats sur l'évolution de la connaissance scientifique.

La tendance épistémologique

Dans la structure des révolutions scientifiques, Kuhn (1970) présente une théorie du fonctionnement des communautés scientifiques et des mécanismes inhérents aux changements conceptuels jalonnant l'évolution de la connaissance scientifique. En essayant de comprendre le fonctionnement propre des communautés scientifiques, Kuhn conclut que le travail scientifique s'effectue en se basant sur un ensemble de concepts centraux qui fournissent, pour un groupe de chercheurs, des problèmes et des solutions types. Il nomme ces ensembles méthodologiques et conceptuels *paradigmes* dans le cas où ceux-ci forment des matrices intellectuelles qui orientent le regard des chercheurs. L'activité de recherche qui se poursuit dans le cadre d'un paradigme a été nommée par Kuhn science normale.

Kuhn remarque également que, lorsque les scientifiques se heurtent à des situations embarrassantes et que la science normale se trouve dans l'incapacité de résoudre ces énigmes, alors les concepts centraux doivent être modifiés. Par exemple, la thermodynamique statistique a introduit un principe révolutionnant la théorie du calorique (Roller, 1966) selon laquelle la chaleur est une représentation du niveau moyen d'agitation atomique du système considéré.

Ainsi, les changements paradigmatiques tels que les conçoit Kuhn constituent littéralement des sauts épistémologiques. On ne passe pas, en effet, de

la théorie du calorique à une théorie énergétique par un simple raisonnement logique. Ce changement constitue une rupture épistémologique au sens de Bachelard (1981), c'est-à-dire un changement radical dans les prémisses épistémologiques qui sous-tendent l'édifice théorique. Une illustration de cette notion de rupture épistémologique est donnée par l'évolution historique du concept de masse et de celui de l'énergie tel que le rapporte Bachelard.

En l'occurrence, les travaux d'épistémologie contemporaine montrent que l'évolution de la connaissance ne fait pas uniquement intervenir les structures cognitives des individus au sens de Piaget mais également des changements d'ordres épistémologique et métaphysique. En est-il ainsi pour l'apprentissage des connaissances scientifiques? C'est l'hypothèse qui a guidé les travaux de certains chercheurs (Hewson, 1981; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982) et qui les ont conduits à élaborer des modèles du changement conceptuel. Ces modèles s'appuient sur les orientations contemporaines précitées de la philosophie des sciences. Par exemple, Posner, Strike, Hewson et Gertzog proposent un modèle de changement conceptuel qui rend intelligible le phénomène de persistance des représentations spontanées en concevant l'apprentissage comme un changement conceptuel qui ne relève pas uniquement des structures cognitives (Piaget) mais aussi et surtout des structures conceptuelles et des prémisses épistémologiques qui les sous-tendent. Il est possible, par exemple, qu'un changement conceptuel soit inhibé du fait qu'un individu adhère de manière inconsciente à certains postulats épistémologiques. Ainsi, il sera difficile pour quiconque valorise indûment les données sensorielles de concevoir la chaleur autrement que comme une substance réelle. Par ailleurs, les métaphores telles celles du fluide ou de la particule, héritées dès l'enfance (Piaget & Inhelder, 1962), peuvent être utilisées pour transformer de nouvelles connaissances et ainsi les assimiler à la structure conceptuelle existante. Enfin, on peut penser que la croyance métaphysique en l'existence d'un ordre inhérent à la nature puisse guider des individus dans leur appréhension des phénomènes. En somme, le modèle de Posner, Strike, Hewson et Gertzog illustre bien la complexité du processus de changement conceptuel et l'on comprend qu'il ne peut être réduit à un simple processus logique.

La remise en question des postulats épistémologiques et métaphysiques sous-jacents à toute connaissance scientifique joue un rôle important dans le processus d'apprentissage. Pour Bachelard (1981) et Posner, Strike, Hewson et Gertzog, l'approche historico-critique du développement des idées en sciences permet d'esquisser les conditions des transformations de la connaissance et celles de l'apprentissage. Notons cependant que Posner, Strike, Hewson et Gertzog se sont préoccupés plus particulièrement de

l'apprentissage des sciences tandis que Bachelard (1980, 1981) s'est intéressé au problème de la connaissance scientifique proprement dite. Les premiers s'attardent aux changements conceptuels impliquant une réorganisation ou l'abandon d'un savoir existant chez des individus alors que le second évoque la notion de rupture épistémologique indispensable à la compréhension de l'évolution de concepts scientifiques. Nous pensons que les notions de rupture épistémologique et de conflit conceptuel proposées par ces auteurs peuvent être reliées parce qu'elles sont toutes deux indispensables à la compréhension du processus complexe de l'apprentissage des connaissances scientifiques.

Les modèles de Hewson (1981), de Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982) et les considérations théoriques de Bachelard (1980, 1981) et de Kuhn (1970) permettent, en identifiant les conditions nécessaires au changement conceptuel, de comprendre pourquoi les représentations spontanées résistent aux changements. En effet, la pédagogie des sciences ne se préoccupe guère de susciter chez les élèves des déséquilibres cognitifs et de provoquer la prise de conscience des postulats épistémologiques qui sous-tendent leurs représentations (Driver & Erickson, 1983; Tiberghien, 1985; Viennot, 1989). Dans de telles situations, les élèves intègrent à leurs structures conceptuelles des éléments nouveaux en leur donnant une signification différente de celle qui est impliquée par la théorie scientifique. Dès lors, la différence entre l'explication fournie par un adolescent de 17 ou 18 ans par rapport à celui de 10 ou 12 ans tient davantage au vocabulaire utilisé qu'à la forme elle-même.

CONCLUSION

Il nous semble clair, et les recherches précitées le confirment, qu'il y a intérêt à repenser la formation des élèves en sciences; du moins faudrait-il intégrer dans les programmes des éléments d'histoire et d'épistémologie des sciences (Hulin, 1984). C'est à cette condition que les élèves auront l'occasion de réfléchir sur leur propre savoir, de formuler les interrogations qui conduisent à une prise de conscience des postulats qui guident la construction de la connaissance et engendrent des possibilités de changements conceptuels. Par exemple, comment provoquer chez l'élève un changement épistémologique qui lui permettra de réfléchir sur les ruptures épistémologiques dans le développement du concept de la chaleur? Il est possible d'élaborer une stratégie particulière destinée à faciliter l'assimilation par les élèves du concept de la chaleur.

La première étape consiste à faire réfléchir les élèves sur l'importance de la dimension sociale de la science. Une réflexion amorcée dans ce sens leur permettra de considérer la science en tant qu'activité humaine où la

recherche de la réalité n'occupe qu'une place infime. La deuxième étape a pour but de faire une étude des théories successives élaborées concernant le concept de la chaleur. Les élèves seraient invités à préciser les prémisses épistémologiques qui sous-tendent les diverses doctrines sur la chaleur en les conciliant avec leur propre savoir. La chaleur n'apparaîtrait plus alors aux élèves comme une substance matérielle. En effet, précisant les prémisses épistémologiques, les élèves comprendraient pourquoi, en attribuant les propriétés d'une substance au concept de la chaleur, leur définition est vide de sens comparée aux explications fournies par les scientifiques de notre époque.

RÉFÉRENCES

- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique* (11e éd.). Paris: Librairie philosophique J. Vrin.
- Bachelard, G. (1981). *La philosophie du non*. Paris: Presse Universitaire de France.
- Benyamna, S. (1981). *Etude comparative des manifestations d'obstacles épistémologiques chez les enseignants de sciences de premier cycle secondaire et les élèves des terminales scientifiques*. Thèse de maîtrise non publiée, Université Laval, Québec.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61–84.
- Driver, R., & Erickson, G.L. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37–60.
- Driver, R., & Russel, T. (1982). *An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years*. Unpublished manuscript, University of Leeds.
- Erickson, G.L. (1980). Children's viewpoint of heat: A second look. *Science Education*, 64, 323–336.
- Hewson, P.W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383–396.
- Hulin, N. (1984). L'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique: aperçu historique. *Revue française de pédagogie*, 66, 15–27.
- Kuhn, T.S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1974). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91–196). Cambridge: Cambridge University Press.
- Leboutet-Barell, L. (1976). Concepts of mechanics among young people. *Physics Education*, 11, 462–466.
- Legendre-Bergeron, M. (1980). *Lexique de la psychologie du développement de J. Piaget*. Québec: Gaëtan Morin éditeur.

- Piaget, J. (1969). *The child's conception of movement and speed*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1962). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant: conservation et atomisme*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1963). *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presse Universitaire de France.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211–227.
- Rogan, J.M. (1988). Development of a conceptual framework of heat. *Science Education*, 72, 103–113.
- Roller, D. (1966). The early development of the concepts of temperature and heat: The rise and decline of the caloric theory. In J.B. Conant (Ed.), *Case histories in experimental science* (pp. 117–124). Cambridge: Harvard University Press.
- Ruel, F. (1983). *Mise en évidence de quelques obstacles épistémologiques chez les élèves du niveau secondaire V*. Thèse de maîtrise non publiée, Université Laval, Québec.
- Tiberghien, A. (1984). Revue critique des recherches visant à élucider le sens des notions de chaleur et température chez les élèves de 10 à 16 ans. In *Recherche en didactique de la physique: les actes du premier atelier international* (pp. 55–74). Paris: Edition CNRS.
- Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature: The development of ideas with teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 67–84). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Viennot, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue française de pédagogie*, 45, 16–24.
- Viennot, L. (1989). Tendance à la réduction fonctionnelle: obstacle au savoir scientifique et objet de consensus. In N. Bednarz et C. Garnier (éd.), *Construction du savoir: obstacles et conflits* (pp. 84–92). Montréal: Agence d'Arc.
- Watts, D.M., & Zulbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16, 360–365.