

LA MODELISATION APPLIQUEE A CERTAINS DOMAINES EN PHYSIQUE

Mise en contexte

En sciences expérimentales, les modèles possèdent un rôle important (Drouin, 1988 ; Orange Ravachol, 2016). Ils sont primordiaux dans la construction des théories des disciplines scientifiques (Sanmarti, 2002 cités par Roy & Hasni, 2014). L'activité d'un physicien repose grandement sur la démarche de construction et d'utilisation de modèles. Il est donc important de développer l'attitude de modélisation ainsi que les démarches intellectuelles qui interviennent durant la modélisation, très rapidement chez les enfants (Chomat, Larcher & Méheut, 1988).

En Belgique, les modèles font partie des composantes d'enseignements et d'apprentissages des sciences (Fédérations Wallonie Bruxelles, 1999, 2000 ; Enseignement Catholique Secondaire, 2000). Dès le premier degré de l'enseignement secondaire, les élèves sont invités à acquérir différents modèles appartenant aux contenus des prescrits. On y retrouve notamment le modèle moléculaire pour distinguer les différents états de la matière, la modélisation des mélanges et des corps purs, la modélisation des forces ou encore la modélisation du transfert d'énergie. Cependant les élèves éprouvent des difficultés à établir des liens entre les objets et les événements et les théories qui permettent d'expliquer ces objets et événements (Tiberghien & Vince, 2005). Pourtant l'enseignement de la physique vise l'établissement de ces liens (MEN, 2010).

Définition

Le processus de modélisation permet la construction de modèles. Il s'agit d'un processus dynamique et non linéaire qui représente la base du fonctionnement du savoir en sciences (Roy & Hasni, 2014). « La démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible » (Gouvernement du Québec, 2009, p. 24, cité par Roy & Hasni, 2014). Selon Tiberghien (1994) la modélisation peut être un considérée comme un outil qui permet de catégoriser les activités

des élèves durant l'élaboration de connaissances. Selon Martinand (1992) la modélisation est un outil qui précise les contraintes d'un projet d'enseignement de la modélisation dans la discipline scientifique. En mathématiques et en sciences physiques l'apprentissage des modèles et des concepts est étroitement lié à la mobilisation et à la mise en relation de différents systèmes de représentations (Duval, 1995 ; Aldon & Bécu-Robinault, 2013). Parmi ces représentations, figurent les graphiques, les formules algébriques, les dessins, les figures géométriques, le langage naturel (Duval, 1995) ainsi que l'incarnation (construction de concepts à part d'expériences sensorielles) (Tall, 2006). Les modèles sont donc des outils pédagogiques permettant aux élèves d'évoluer en sciences en développant leur culture scientifique (Giere, 2004)

En fonction des disciplines, le modèle peut prendre une signification différente et par conséquent il est difficile de trouver une définition unique pour ce concept (Drouin, 1988). Cependant un modèle se caractérise par quatre attributs. Premièrement, un modèle doit être une représentation simplifiée d'un concept du monde réel (Giere, 2004). Deuxièmement, plusieurs modèles peuvent représenter un même référent et un même modèle peut représenter plusieurs référents (Halloun, 2006). Troisièmement, le modèle est un intermédiaire entre la théorie et le phénomène. Sa fonction est de le représenter, de l'expliquer et de le prédire (Bachelard, 1979 ; Orange 1997). Quatrièmement, un modèle est continuellement évalué et par conséquent sujet à des révisions (Roy & Hasni, 2014).

Un modèle peut expliquer un grand nombre de phénomènes et peut prendre différentes représentations (gestes, symboles mathématiques, langage écrit, matériel concret, etc.) ce qui explique la multitude de modèles (Drouin, 1988 ; Robardet & Guillaud, 1997 ; Hasni, 2010). Selon Robardet et Guillaud (1997), une distinction peut être faite entre les modèles physiques (les maquettes) et les modèles symboliques. Un modèle physique est une représentation concrète qui traduit un phénomène (ex. : schémas de fonctionnement) alors qu'un modèle symbolique utilise le langage logicomathématique (ex. : équation mathématique pour décrire un mouvement rectiligne uniforme accéléré (MRUA) d'un objet en chute libre). Le modèle présente deux fonctions ; une fonction heuristique c'est-à-dire son utilisation comme outil d'exploration des phénomènes et une fonction prédictive (Roy & Hasni, 2014).

Obstacles à l'apprentissage

De nombreuses recherches menées en didactique des sciences ont montré que les élèves (Chittleborough, Treagust, Mamiala & Mocerino, 2005) ou encore les enseignants du secondaire (Crawford & Cullin, 2004 ; Henze, Van Driel & Verloop, 2007, Roy & Hasni, 2014) ont une compréhension limitée et insuffisante des modèles. Ces recherches soulignent que pour certains enseignants du secondaire, les modèles sont des représentations exactes de la réalité. Henze, Van Driel et Verloop (2007) ont également mis en évidence que les enseignants ont des difficultés à mettre en place une démarche de modélisation dans une perspective constructiviste auprès des élèves. Les élèves ne sont donc pas engagés intellectuellement dans la construction des modèles.

Les difficultés des élèves peuvent porter sur l'établissement des liens entre le monde des objets et des événements et celui des théories (concepts, lois, etc.) et des modèles qui permettent de les étudier (Tiberghien & Vince, 2005 ; Soler 2013) ; il peut donc y avoir une confusion entre le réel et le modèle. Lorsque les élèves ne font pas la distinction entre un modèle et la réalité, ils peuvent croire que les modèles enseignés à l'école constituent la réalité des phénomènes. Les maquettes des modèles moléculaires représentés sous forme de boules assemblées grâce à des bâtons peuvent être perçues comme un grossissement de la réalité. Il y aurait donc une erreur concernant la nature des molécules, du modèle et de la science qui décrirait une réalité mal définie (Morge & Doly, 2013).

De plus, dans la physique enseignée, les élèves doivent interpréter des situations déjà simplistes, ne disposant dès lors pas de moyens de comprendre que les théories et les modèles physiques permettent d'expliquer et de faire des prévisions du modèle. Ces allers-retours entre situation réelle et modélisée posent des difficultés aux élèves. Il est donc indispensable de rendre cette étape explicite. (Gaidioz, Vince & Tiberghien 2004).

En sciences physiques, une action mécanique peut être modélisée en utilisant le concept de vecteur. De nombreux élèves savent utiliser les notions élémentaires du calcul vectoriel en mathématiques mais ils présentent des difficultés dans l'établissement de liens entre le cours de mathématiques et le cours de sciences (Samson, 2007). Il en résulte une difficulté dans la modélisation des actions mécaniques dû à un manque de maîtrise du langage mathématique abstrait (Aurousseau, 2017).

Pistes et applications

Etant donné la non-spontanéité des compétences métavisuelles (Peraya, 1995 ; Gilbert & Justi, 2016), il est suggéré que l'efficacité de l'apprentissage de la modélisation par la schématisation

repose sur une problématisation expérimentale (Karous, Nihant & Leyh, 2018). Afin que les apprenants comprennent au mieux la réalité, il est donc indispensable que l'utilisation de modèles existants trouve sa place après l'exploitation d'approches concrètes de type expériences ou observations du réel. En effet, l'utilisation de modèles permet la structuration des apprentissages ainsi que la recherche de l'information. C'est pourquoi la construction d'un modèle s'envisage le plus souvent à la fin d'une séquence car elle en représente la synthèse (Daro, Stouvenakers & Graftiaux, 2009).

Selon Giordan et De Vecchi (1987), les modèles devraient être présentés aux élèves comme des outils approximatifs qui peuvent être manipulés, modifiés ou encore abandonnés. Il peut donc être envisagé d'enseigner aux élèves une réflexion sur la construction, l'adaptation et l'utilisation des modèles (Martinand, 2010).

Selon Ogborn (1999) les systèmes de modélisation informatique représentent un outil fondamental dans l'apprentissage des sciences qui peut aider les élèves à modéliser.

Les ordinateurs permettent la construction d'outils de modélisation faisant appel à toutes sortes de systèmes de représentations (images, schémas, graphes, ...) statiques ou dynamiques. Des logiciels éducatifs comme La physique par l'image et ModellingSpace s'intéressent aux processus de modélisation et possèdent des caractéristiques particulières (Smyrniou, 2003). En référence aux travaux de Teodoro (1997) et Komis, Dimitracopoulou & Politis (1998), un certain nombre de recherches sont centrées sur la conception de logiciels de modélisation afin de répondre aux besoins cognitifs des élèves. Pour favoriser le développement du raisonnement des enfants, quelques logiciels proposent une visualisation maximale d'entités, de propriétés et de valeurs. Ces outils offrent aux élèves la possibilité de clarifier leurs idées, ils aident l'apprentissage. L'ordinateur est considéré comme un intermédiaire entre la théorie et l'expérience et est considéré par le ministère de l'éducation comme important dans les sciences physiques (Smyrniou, 2003).

Néanmoins, le but n'est pas de remplacer les expériences réelles avec les objets par les expériences représentées à l'écran d'ordinateur. En effet, l'utilisation des deux types d'expériences est importante. Les travaux pratiques doivent être complétés par l'apprentissage avec un ordinateur (avant, pendant et après les travaux pratiques) (Frising & Cardinael, 1998).

Bibliographie

Aldon, G. & Bécu-Robinault, K. (2013). Modélisation et représentations des états de l'eau par des élèves de SEGPA. *RDST* 8, 9-22. DOI : <https://DOI.org/10.4000/rdst.758>

Aurousseau, E. (2017). *Etude de pratiques d'enseignement relatives à la modélisation en sciences et technologies avec des enseignants du secondaire*. (Thèse de doctorat). Université du Québec à Chicoutimi en association avec l'université du Québec à Montréal.

Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. Dans P. Delattre et M. Thellier (dir.), *Élaboration et justification des modèles* (pp. 3-19). Paris, FR : Maloine S.A.

Chittleborough, G., Treagust, D., Mamiala, T. & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of sciences and in the process of learning. *Research in Sciences and Technological Education*, 23(2), 195-212.

Chomat A., Larcher C. & Méheut M. (1988). Modèle particulière et activités de modélisation en classe de quatrième. *Aster*, 7, 143-183. DOI : 10.4267/2042/9222

Crawford, B. & Cullin, M. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, 26 (11), 1379-1401. DOI 10.1080/09500690410001673775.

Daro, S., Stouvenakers, N. & Graftiaux, M-C. (2009). Faire des sciences entre 10 et 14 ans, c'est mener une démarche d'investigation. Un outil à l'usage des enseignants pour favoriser une continuité des apprentissages en sciences lors de la liaison primaire secondaire. Ministère de la Communauté Française.

Drouin, A. M. (1988). Le modèle en question. *Aster*, 7, 1-20. <https://DOI.org/10.4267/2042/9214>

Duval, (1995).

Enseignement Catholique Secondaire (2000). Programme de formation scientifique 1e degré. Humanités générales et technologiques.

Fédération Wallonie Bruxelles (1999). Socles de compétences. Enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire. Enseignement de la communauté française, Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Service général des Affaires pédagogiques, de la Recherche en Pédagogie et du Pilotage de l'Enseignement organisé par la communauté française.

Fédération Wallonie Bruxelles (2000). Programme d'études du cours d'initiation scientifique. Enseignement secondaire ordinaire de plein exercice. Enseignement de la communauté

française. Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique. Service général de l'Enseignement organisé par la Fédération Wallonie Bruxelles.

Frising, F. & Cardinael, G. (1998) : L'aide informatique aux travaux pratiques de physique : avant, pendant et après la manipulation. 8èmes Journées nationales Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques, Montpellier, pp. 115-120

Gaidioz, P., Vince, J. & Tiberghien, A. (2004). Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. Bulletin de l'Union des Physiciens, 98 (866), 1029-1042. Consulté à l'adresse http://pegase.ens-lyon.fr/sites/default/files/2019-05/BUP_Modelisation_SESAMES_2.pdf

Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742-752.

Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. USA : Springer

Giordan, A. & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchatel: Delachaux & Niestlé.

Halloun, I. A. (2006). Modeling theory in science education. Dordrecht : Kluwer Academic.

Hasni, A. (2010). Modèles et modélisation en enseignement scientifique : Quelques aspects prioritaires à considérer. *Spectre*, 40(1), 10-13.

Henze, I., Driel, J. & Verloop, N. (2007). The Change of Science Teachers' Personal Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of Science Education Reform. *International Journal of Science Education*, 29 (15), DOI 10.1080/09500690601052628.

Karous, H., Nihant, B. & Leyh B. (2018). *L'image dans les cours de chimie de l'enseignement secondaire : une aide ou un obstacle à la modélisation ?* Communication présentée au DIDACTIfen, Liège. Consulté à l'adresse https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/224294/1/Proposition%20de%20symposium%20long%20_Mode%CC%80les%20et%20mode%CC%81lisation_complet.pdf

Komis, V., Dimitracopoulou, A. & Politis, P. (1998). Contribution à la conception et au développement d'un environnement de modélisation. Dans J.F. Rouet et D. De La Pasardière, (Eds), *Quatrième colloque Hypermédias et Apprentissage*, Poitiers : INRP, pp. 263-268.

Martinand, J.-L. et al. (1992). Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences. Paris : INRP.

Martinand, J.-L. (2010). Schémas didactiques pour la modélisation en sciences et technologies. *SPECTRE*, 40(1), 20-24

La modélisation appliquée à certains domaines en physique. Equipe de recherche, UMon
2020

MEN (2010). Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale, spécial n° 4, 29 avril 2010

Morge, L. & Doly, A.-M. (2013). L'enseignement de notion de modèle : quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ? *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 52, 149-175. DOI <https://DOI.org/10.3406/spira.2013.1066>

Ogborn, J. (1999). Modeling clay for thinking and learning. Dans W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), *Modeling and simulation in science and mathematics education* (pp. 5-37). New York: Springer.

Orange, C. (1997). Problèmes et modélisation en biologie. Paris, FR : PUF.

Orange Ravachol, D. (2016). Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT). *Tréma*, 45, 71-82. <https://DOI.org/10.4000/trema.3508>

Peraya, D. (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherches en Communication*, 4, 1-38.

Robardet, G. & Guillaud, J.-C. (1997). Éléments de didactique des sciences physiques. Paris : Presses Universitaires de France.

Roy, P. & Hasni, A. (2014). Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 49 (2), 349–371. <https://DOI.org/10.7202/1029424ar>

Samson, G. (2007). Enseigner les sciences en intégrant les mathématiques et ainsi favoriser le transfert des apprentissages. Dans P. Potvin, M. Riopel & S. Masson (Éds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (pp. 411- 426). Québec : Multimondes.

Smyrniou, Z. (2003). Modélisation : l'apport des logiciels éducatifs (Thèse de doctorat), Université Paris V.

Soler, L. (2013). Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 52, 177-214. DOI : <https://doi.org/10.3406/spira.2013.1067>

Tall, D. (2006). Une théorie du développement mathématique par l'embodiment, le symbolisme et la preuve. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 11, 195-215.

Teodoro, V.D. (1997). Modellus: Using a Computational Tool to Change the Teaching and Learning of Mathematics and Science, communication présentée au the UNESCO Colloquium "New Technologies and the Role of the Teacher" Open University, Milton Keynes.

Tiberghien, A. & Vince, J. (2005). Etude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahier du Français Contemporain*, 10, 153-176.

La modélisation appliquée à certains domaines en physique. Equipe de recherche, UMon
2020

Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching — learning situations. *Learning & Instruction*, 4(1), 71-87.