

# Les modèles dans l'enseignement de la physique au lycée : de la nécessité de construire des faits didactiques pour décrire la place et la nature des savoirs scientifiques en œuvre dans la classe

Pélicissier Lionel<sup>(1)</sup>, Hervé Nicolas<sup>(2)</sup>, Venturini Patrice<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>UMR MA 122 EFTS, ESPE Toulouse-Midi-Pyrénées, Université de Toulouse - France

<sup>(2)</sup>UMR MA 122 EFTS, Ecole Nationale de Formation Agronomique - France

Résumé : Cette communication vise à questionner la méthodologie d'analyse de pratiques d'enseignement des modèles en physique, quand ceux-ci ne sont pas des objets explicites d'enseignement et qu'ils sont implicites dans les discours et les écrits en classe. Nous soutenons qu'il est nécessaire d'articuler un cadre didactique et un cadre épistémologique pour construire des *faits didactiques* liés à l'enseignement des savoirs de la physique et décrire les savoirs épistémologiques associés. Cette communication propose d'illustrer cette thèse par deux analyses de pratiques d'enseignement du secondaire impliquant des modèles, effectuées avec deux méthodologies d'analyses différentes et sur deux corpus différents, et de discuter son intérêt, ses extensions et ses limites. La première porte sur l'enseignement de la physique des gaz en classe de seconde et s'appuie sur la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 1999) pour étudier les praxéologies disciplinaires et didactiques relatives au modèle. La seconde porte sur l'enseignement de l'énergie en classe de première de l'enseignement agricole, et utilise le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011) pour décrire les conditions d'étude où des activités de modélisation prennent place.

Mots-clés : modèles, épistémologie, pratiques d'enseignement, action conjointe, praxéologies.

## 1. Contexte et hypothèse

Cette communication se situe dans le prolongement d'une étude sur la caractérisation de pratiques d'enseignement de physique en classe de seconde en examinant la place et la nature du modèle (Pelissier & Venturini, 2016), dans le cadre général des recherches sur la nature de la science (Lederman, 1992, Hodson, 2014). La raison de cette recherche est que les programmes d'enseignement de la physique en lycée général et technologique, y compris agricole, affichent dans leurs préambules d'ambitieux objectifs en matière d'épistémologie de la discipline, sans préciser les contenus sur lesquels les enseignants pourraient s'appuyer pour enseigner de tels savoirs ; les manuels scolaires et autres documents d'accompagnement ne sont pas plus prolixes à ce sujet. Dans ce contexte, le modèle n'apparaît pas comme un objet d'enseignement à part entière, si bien qu'il n'est abordé qu'occasionnellement par les enseignants.

Au-delà des résultats de cette étude, se pose la question méthodologique de l'analyse didactique, sous l'angle des modèles, de pratiques d'enseignement dans lesquelles les modèles ne sont pas des objets d'enseignement, mais sont souvent implicites dans les discours et les écrits en classe. Un cadre de référence épistémologique est-il suffisant pour

décrire la place et la nature du modèle dans ces pratiques ? Nous soutenons qu'il est nécessaire d'articuler un cadre didactique et un cadre épistémologique pour construire des *faits didactiques* liés à l'enseignement des savoirs de la physique et décrire les savoirs épistémologiques contingents.

Cette communication propose d'illustrer cette thèse par deux analyses de pratiques impliquant des modèles, effectuées avec deux méthodologies d'analyses différentes et sur deux corpus différents, et de discuter son intérêt, ses extensions et ses limites.

La première porte sur l'enseignement de la physique des gaz en classe de seconde et s'appuie sur la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 1999) pour étudier les praxéologies disciplinaires et didactiques relatives au modèle, qui constituent un moyen de rendre compte de l'implantation dans la classe du rapport personnel de l'enseignant au modèle. La seconde porte sur l'enseignement de l'énergie en classe de première STAV (sciences et techniques de l'agronomie et du vivant) de l'enseignement agricole, et utilise le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011) pour décrire les conditions d'étude où des activités de modélisation prennent place.

## 2. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Dans les deux approches, la méthodologie de recueil de données consiste à effectuer un entretien ante-séquence semi-dirigé avec l'enseignant, sur son point de vue sur les modèles et la modélisation, sur leur enseignement et leur apprentissage, sur la portée éducative qu'il leur attribue, sur ce qu'il envisage d'enseigner (y compris à propos des modèles et de la modélisation), de quelle manière et à quel(s) moment(s). Dans un deuxième temps, les séances observées sont enregistrées et retranscrites mot à mot. Nous ajoutons d'autres éléments comme la trace écrite au tableau, les documents distribués aux élèves, leur trace écrite. Des entretiens post-séances permettent d'obtenir des éléments de compréhension sur des événements saillants de la séance et compléter éventuellement les analyses. Par un entretien postérieur à ces dernières nous recueillons enfin le point de vue de l'enseignant à des fins de réduction d'incertitude des inférences faites au cours des analyses.

Nous détaillons dans ce qui suit un exemple des analyses didactiques réalisées.

### 2.1. L'étude des praxéologies dans la séance sur la physique des gaz

Le traitement du corpus se déroule en trois phases :

- la première consiste à réaliser une analyse a priori de la séance sous l'angle des modèles en s'appuyant sur un cadre théorique construit à partir de diverses références épistémologiques (Bachelard, 1979 ; Bunge, 2001 ; Joshua & Dupin, 2003 ; Soler, 2000) et sur les programmes en vigueur ;
- dans un va-et-vient entre le cadre précédent, l'analyse a priori et le corpus de la séance, nous repérons dans le flux de ce dernier des épisodes particuliers qui relèvent d'une mise en œuvre des modèles, en considérant a priori que ces épisodes se situent sur des durées de quelques minutes à plusieurs dizaines de minutes.

- enfin, ces épisodes sont analysés sous l'angle des praxéologies disciplinaires et didactiques de la physique et des modèles : nous effectuons un va et vient entre l'échelle mésoscopique des épisodes et l'échelle microscopique des interactions pour les décrire en termes de types de tâches et en termes de techniques nécessaires à la réalisation des tâches. Par inférence à partir des types de tâches et techniques, et par une analyse à l'échelle microscopique des propos de l'enseignant au sujet des modèles, nous avons ensuite déterminé les technologies et les théories sous-jacentes qui légitiment les types de tâches et techniques mises en œuvre en classe. Nous avons également établi 4 degrés d'explicitation pour rendre compte de la manière dont l'enseignant parle de modèle dans la classe, degrés qui regroupent une variété de techniques didactiques : le niveau minimum e0 correspond au registre de l'implicite, qualifiant l'absence totale du mot modèle dans la classe. Le niveau maximum e3 qualifie l'explicitation générale d'une caractéristique des modèles.

La séance observée dont nous rendons compte ici constitue une introduction à la physique des gaz et plus précisément au concept de pression, en prenant appui sur des savoirs récemment enseignés en mécanique newtonienne (force, équilibre, principe d'inertie). Nous y avons identifié 4 épisodes correspondant à 4 types de tâches qui relèvent toutes de praxéologies de la physique : des tâches d'élaboration d'un modèle d'un objet d'étude (épisode 1 et 2), de description d'un modèle « théorique » (épisode 3) et d'utilisation de modèle afin d'expliquer un phénomène observé (épisode 4).

Nous détaillons seulement ici l'épisode 1 car il est exemplaire au regard de notre question. La praxéologie en œuvre est la construction de deux modèles d'un objet d'étude (piston d'une seringue) en tant que représentation de cet objet, du point de vue de la mécanique newtonienne, dans deux situations : celle du piston de la seringue prise isolément, puis celle du même piston lorsque la seringue est associée à une autre seringue via un tube flexible reliant les embouts, et lorsque deux opérateurs exercent sur chacun des pistons une action de poussée. Dans le second cas, le constat selon lequel le piston est immobile dans le référentiel considéré pour l'étude, la représentation des diverses forces connues s'appliquant sur le piston, et la référence à la première loi de Newton conduisent à la nécessité de considérer une nouvelle action mécanique pour justifier l'équilibre, action inconnue jusque là, la force de pression ; le modèle est utilisé ici dans sa fonction heuristique.

Ici comme dans 3 des 4 épisodes de la séance, les praxéologies de la physique ne contiennent pas des tâches explicitement prescrites aux élèves comme relevant d'un travail sur les modèles : les élèves ont une série de tâches élémentaires à réaliser qui relèvent de praxéologies de la physique (représenter la seringue ; définir un référentiel ; identifier et dresser un bilan des forces sur le piston ; vérifier que le bilan des forces est conforme à la première loi de Newton) et dont l'ensemble constitue une praxéologie de construction de modèle, reconstruite par l'analyse didactique.

Au niveau de la praxéologie didactique, l'enseignant n'intervient dans la conduite de l'étude qu'au niveau des techniques que les élèves doivent mettre en œuvre pour réaliser les tâches de construction de modèle ou d'utilisation de modèle et non directement sur ces

tâches à réaliser qui, elles, seraient plus porteuses de sens relativement au modèle : l'enseignant présente la seringue à l'ensemble des élèves, et énonce une série de consignes (« *représentez la seringue* », « *faites moi le bilan des forces* », « *Pourquoi peut-on affirmer que les forces se compensent ?* ») qui, considérées à l'échelle de l'épisode, constituent un type de tâche relatif à la construction ou à l'utilisation d'un modèle. Cette manière de faire rend la notion de construction de modèle transparente pour les élèves. L'enseignant confirme cette analyse en argumentant sur le fait que le programme ne précise pas que cela doit être explicite.

## 2.2. L'étude de l'action conjointe dans l'enseignement de l'énergie

Conformément à la méthodologie classique dans l'action conjointe en didactique, nous avons découpé une séance d'une heure d'introduction à l'énergie en jeux didactiques définis par un système de règles et d'enjeux en termes de savoirs et nous avons décrit la dynamique de ces jeux à l'aide du triplet de génèses (méso-topo-chrono-génèses). Nous avons identifié dans un deuxième temps les jeux qui intégraient la manipulation d'un modèle physique, caractérisé suivant les propriétés décrites par Pelissier et Venturini (2016, à paraître). Nous nous intéressons particulièrement dans cette communication à trois jeux successifs d'une durée totale de vingt minutes.

Le premier jeu consiste pour des groupes d'élèves à modéliser les conversions énergétiques d'un objet de la vie quotidienne en lui appliquant un modèle de chaîne énergétique fourni par l'enseignante. La topogénèse est sous la responsabilité des élèves car ce sont eux qui proposent des noms aux formes d'énergie qui vont être converties, les rétroactions de l'enseignante sur le milieu consistant en des encouragements au raisonnement.

Le deuxième jeu est la présentation du travail mené dans le jeu précédent par chaque groupe. Le milieu est alors constitué par une modélisation, écrite au tableau, du fonctionnement énergétique d'un objet et d'une explication orale du raisonnement qui l'a produite, mais aussi des remarques des autres élèves. Des débats ont alors lieu, avec une topogénèse toujours sous la responsabilité des élèves, pour certains objets dont la modélisation est reconnue délicate par les élèves. La modélisation d'une plante verte est par exemple un problème rendu collectif à l'échelle de la classe parce que les élèves débattent de la place de la photosynthèse et de la difficulté de distinguer ce qui est de l'ordre des échanges énergétiques et de matière. Ici, les rétroactions de l'enseignante consistent à favoriser un consensus, indépendamment de la justesse du raisonnement mené.

Le troisième jeu est l'institutionnalisation, sous la responsabilité de l'enseignante, des noms des différentes formes d'énergie mises en jeu dans les convertisseurs. Le milieu est modifié par ce qu'elle apporte : la nomination institutionnelle des formes d'énergie. Son action sur le milieu consiste à reconnaître les propositions des élèves comme étant valides, puisqu'elles ont fait l'objet d'un consensus collectif à l'échelle de la classe, tout en les corrigeant de façon à entrer dans le langage du physicien.

La chronogénèse est significative dans ces trois jeux de la manière dont la modélisation se développe : une première structuration a lieu à l'échelle du travail d'un groupe d'élèves,

puis une deuxième émerge de la confrontation de ce travail exposé à la classe entière, enfin l'enseignante institutionnalise le vocabulaire à retenir à partir des modélisations des élèves.

Cette description de l'évolution de l'action conjointe nous permet de caractériser l'épistémologie des savoirs en jeu : le modèle proposé par l'enseignante est heuristique dans le sens où il conduit à de nouveaux savoirs sur l'énergie. Bien plus, l'action conjointe montre une activité de modélisation dont on peut trouver des références dans des pratiques scientifiques : travail empirique de recherche à partir d'un modèle existant, communication à des pairs, débat scientifique. Ce qui est donc rendu implicite ici c'est un certain mode de production des savoirs, fondé sur la construction d'un consensus au sein d'une communauté sur des méthodes, modèles et résultats de recherche obtenus par la discussion et le débat, d'autant plus qu'elle met sur un pied d'égalité les productions effectuées par les élèves à l'échelle de la classe et celles des physiciens dans leur communauté scientifique. L'activité de modélisation proposée aux élèves et la gestion du milieu par l'enseignante correspond à la fois à ce qu'elle dit dans les entretiens de la science (conçue comme une activité sociale) et de l'enseignement (qui vise à développer le raisonnement des élèves plus que l'acquisition de connaissances).

### 3. Discussion

En lien avec notre hypothèse initiale, le rapprochement de ces deux parties d'études différentes nous suggère quelques réflexions sur la manière d'analyser des pratiques d'enseignement avec un point de vue épistémologique.

Un cadre d'analyse didactique ne suffit pas à lui seul pour décrire l'enseignement et l'étude des modèles en classe même s'il prend en compte les savoirs ; un cadre spécifique sur les modèles est nécessaire pour reconstruire par l'analyse ce qui n'est pas explicitement enseigné. Celui qui a été utilisé est commun dans les deux études mais les va-et-vient entre les références épistémologiques et les corpus différents en ont activé des parties différentes : aspect épistémologique (le modèle en tant que représentation d'un objet d'étude) dans un cas, aspect sociologique dans la seconde (la modélisation dans l'activité scientifique).

Par ailleurs, nous soutenons qu'une analyse qui s'appuierait sur ce seul cadre épistémologique ne suffit pas pour décrire l'enseignement et l'étude des modèles en classe. En effet, la particularité des pratiques d'enseignement que nous avons décrites est la nature implicite des savoirs épistémologiques qui y sont incorporés. La situation didactique particulière dans laquelle les savoirs évoluent nous donne des éléments pour comprendre l'épistémologie de ces savoirs en jeu.

Comme les modèles ne constituent pas des objets d'enseignement à part entière, ces deux études soutiennent ainsi de manière différente la nécessité selon nous de faire émerger des faits didactiques et de les analyser du point de vue des caractéristiques des modèles. Si nous ne mentionnons pas de chronologie dans les deux étapes, c'est qu'elle n'est pas évidente. En effet, si l'analyse via l'action conjointe semble faire émerger les savoirs disciplinaires avant une éventuelle analyse épistémologique, l'étude des praxéologies a

conduit les deux simultanément, dans un va-et-vient entre les niveaux microscopique et mésoscopique des cadres épistémologique et didactique.

Cette alliance d'un cadre didactique et épistémologique ouvre des perspectives très larges. La première est bien évidemment de questionner les cadres utilisés. Quel cadre épistémologique mobiliser pour analyser des pratiques d'enseignement et d'étude ? Peut-il relever d'un consensus chez les épistémologues ? L'existence de multiples théories de description didactique pose également la question de l'articulation des théories et de leurs limites/intérêts : jusqu'à quels points permettent-elles de construire des faits didactiques différents et complémentaires ? La deuxième renverse en quelque sorte la perspective adoptée jusqu'à présent : si l'on considère que l'activité scientifique met en jeu des mécanismes d'enseignement/d'étude (séminaires de recherche, colloques, etc.), on peut faire l'hypothèse que l'épistémologie ou la sociologie ne peuvent seules rendre compte complètement de cette activité. Peut-on imaginer que la didactique permette de mieux comprendre l'activité scientifique, en construisant des faits épistémologiques par l'analyse de ce qui relève de l'enseignement et de l'étude ?

## Références bibliographiques

- Bachelard S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre P. et M. Thellier M. (Eds.), *Elaboration et justification des modèles*. Maloine Editeur.
- Bunge, M., (Ed) (2001) *La science, sa méthode et sa philosophie*. Paris : Vigdor.
- Chevallard, Y. (1999) L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique, *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-265. Grenoble : la Pensée Sauvage.
- Hodson, D. (2014) Learning science, learning about science, doing science : different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36 (15), 2534 - 2553.
- Joshua, S. & Dupin, J.-J., (Ed) (2003) *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF, coll. Quadriges.
- Lederman, N. G. (1992) Students' and teachers' conceptions of the nature of science : a review of the research. *Journal of Research of Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Pélissier, L. & Venturini, P. (2016) Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : le cas de la notion de modèle. *Education & Didactique*, 10 (à paraître). Rennes : Presses Universitaires.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Soler, L., (Ed.) (2000), *Introduction à l'épistémologie*, Paris : Ellipses