



Recherches en éducation

29 | 2017

La modélisation des savoirs dans les analyses didactiques des situations d'enseignement et apprentissage

Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique

Modelization of the knowledges in the class in didactics of the physics

Andrée Tiberghien



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ree/2957>

DOI : [10.4000/ree.2957](https://doi.org/10.4000/ree.2957)

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Andrée Tiberghien, « Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique », *Recherches en éducation* [En ligne], 29 | 2017, mis en ligne le 01 juin 2017, consulté le 08 novembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/ree/2957> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.2957>



Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique

Andrée Tiberghien¹

Résumé

Cet article vise à rendre compte une façon de modéliser les pratiques de classe d'un point de vue didactique dans le cas de l'enseignement d'une discipline et à en tirer des propositions pour une analyse comparative des pratiques scolaires. Cette modélisation se situe dans une approche pragmatique. Dans une première étape, la théorie de l'action conjointe en didactique est succinctement introduite avec plusieurs autres choix théoriques concernant l'apprentissage, le savoir et la nécessité de plusieurs échelles temporelles. Dans un deuxième temps, les outils méthodologiques de modélisation sont introduits avec des exemples d'analyses qui illustrent les liens entre cadre théorique et outils méthodologiques. Ces outils sont associés à des questions de recherche portant sur les pratiques en classe. Deux types d'outils sont proposés, l'un au niveau mésoscopique pour structurer une série de séances d'une séquence d'enseignement, l'autre, lié au niveau microscopique, permet d'analyser les éléments de savoir en jeu dans le discours de la classe. La conclusion tire quelques propositions pour une analyse comparative à partir du cadre théorique et méthodologique présenté en particulier des échelles de temps et des unités d'analyse au niveau méso et microscopique.

Ce texte vise à rendre explicite une façon de modéliser les pratiques de classe d'un point de vue didactique, dans le cas de l'enseignement d'une discipline et d'en tirer des propositions pour une analyse comparative. Cette modélisation se situe dans le cadre théorique de l'action conjointe en didactique. Dans un premier temps la théorie didactique de l'action conjointe sera présentée succinctement et associée à d'autres approches utilisées pour la modélisation des savoirs. Dans un deuxième temps, des outils méthodologiques avec des exemples d'analyse qui illustreront les liens entre théorie et outils méthodologiques seront introduits en lien avec des questions de recherche spécifiques. L'ensemble théorie et méthodologie présenté dans ce texte se situe dans une orientation pragmatique, c'est donc l'étude de l'action du professeur et des élèves qui est « formatée » par le savoir. Du fait de cette approche où action et savoir sont intrinsèquement liés, la modélisation des savoirs en jeu dans la classe ne peut être réalisée en isolant les savoirs, elle inclut nécessairement les relations au savoir du professeur et des élèves.

1. TACD : fondements et modélisation en jeu

Dans un premier temps nous situons la modélisation proposée par la TACD, puis nous discutons de la nécessité qui nous est apparue d'ajouts pour l'analyse de l'enseignement d'un contenu, ici la physique en classe de seconde.

Dans le cas de la théorie de l'action conjointe, une analyse de Sensevy (2011a ; 2011b) explicite que cette théorie (et les deux autres desquelles la TACD est en filiation : théorie des situations didactiques (TSD) et théorie anthropologique du didactique (TAD)) se fonde sur le triangle didactique composé de trois sous-systèmes, le Savoir, le Professeur et l'Élève. *La théorie de l'action conjointe en didactique considère que ce système n'est pas divisible* au sens où on ne peut pas comprendre l'action de l'élève sans prendre en compte le savoir et le professeur et

¹Directrice de recherche émérite au CNRD, UMR Interaction, Corpus, Apprentissage, Représentation (ICAR), Université Lyon 2, ENS de Lyon, CNRS

réciroquement. Sensevy pose que le principal but de la TACD est d'appréhender de manière holistique la dynamique de l'action didactique.

Ce choix est un des fondements de cette théorie ; il la différencie profondément d'un grand nombre d'approches internationales qui se fondent sur des théories psychologiques, interactionnelles ou épistémologiques, qui ainsi prennent en compte principalement deux des pôles du triangle, même si l'autre est inclus sans être complètement théorisé.

Un autre fondement de la TACD est l'action conjointe ; il y a référence aux « grandes théories » avec les travaux de George Herbert Mead, Herbert Blumer et John Dewey (Sensevy, 2011b, p.60-61). Ainsi l'enseignement et l'apprentissage sont deux actions conjointes. L'action d'enseignement peut être associée à un ensemble de comportements très variés mais qui tous réfèrent à une interaction entre une ou plusieurs personnes donnant des informations à d'autres, nouvelles pour eux, et les aident à les comprendre. Ici le sens du mot information est très large, il peut signifier des faits, des contenus de savoir, des savoir-faire, des savoir-être, des consignes... En revanche, trouver une référence commune de ce type pour l'apprentissage n'est pas simple, l'apprentissage comportant des phases très variées allant de l'interaction avec un environnement matériel et humain à une maturation individuelle (y compris pendant le sommeil). Ceci conduit à la nécessité de préciser dans chaque recherche, ce qui est pris pour action d'apprentissage. Dans notre cas, l'action d'apprentissage se rapproche de celle de l'étude en situation de classe, l'élève traite du savoir en jeu et utilise ses connaissances antérieures et les idées des autres (du professeur, des autres élèves, dans des documents) pour construire de nouvelles idées ou de nouvelles compréhensions des objets de savoir introduits. Ces explicitations des fondements permettraient également de pouvoir situer plus facilement cette théorie (mais aussi la TSD et le TAD) dans les divers cadres théoriques présents dans la littérature internationale.

Dans cette théorie, l'articulation théorie-modèle se fait avec le choix du « jeu » (Sensevy, 2012, p.107) en référence au jeu de langage de Wittgenstein et au jeu social de Bourdieu : « L'usage générique auquel je réfère ci-dessus renvoie à l'utilisation de la notion de jeu comme un modèle, qui fait *voir* l'activité humaine *comme* un jeu. ». Un jeu implique donc un enjeu pour les joueurs et, de plus : « ... possède des règles définitoires (qui correspondent grosso modo, dans les jeux « conventionnels » au règlement du jeu), qui peuvent souvent se ramener aux règles constitutives mises en avant par Searle. Il nécessite des règles stratégiques, qui, comme le décrit Hintikka explicitent comment bien jouer au jeu (elles peuvent par exemple être transmises par un connaisseur du jeu à un moins connaisseur), et des stratégies (effectives), qui constituent pour le joueur la manière concrète d'agir dans une praxis déterminée, en révélant (plus ou moins) un certain sens du jeu. » (Sensevy, 2012, p.112)

Ici, le jeu comme modèle est un intermédiaire, un trait d'union entre la théorie et le domaine empirique étudié en lien avec le réseau conceptuel de la TACD, en particulier le contrat et le milieu. Nous précisons succinctement ces concepts. Le contrat correspond au système stratégique construit par les acteurs pour jouer le jeu, il englobe donc les attentes réciproques du professeur et des élèves, mais aussi les normes, les habitudes établies dans la classe, les capacités stratégiques possibles. Le milieu correspond aux éléments de l'environnement matériel et humain, y compris la mémoire collective du groupe que les acteurs prennent en compte. La modélisation en jeu permet ainsi de découper une séquence ou une séance et d'analyser chaque partie en jeu, avec les « lunettes » de la théorie en particulier en étudiant à la fois le professeur, l'élève et l'objet de leurs interactions (le savoir), à partir de leurs actions.

2. Compléments théoriques à la TACD

Pour étudier aussi bien l'évolution du savoir enseigné que les pratiques de classe sur une séquence d'enseignement (5 à 10 séances), il nous est apparu nécessaire d'explicitier théoriquement des outils d'analyse du corpus que nous utilisons. Notons que nos données sont principalement des vidéos de classe sur une série de séances.

■ **Les échelles temporelles**

Le modèle du jeu, dans la TACD, conduit le plus souvent à approcher la situation de classe à un niveau au moins mésoscopique. Cependant, la classe est une situation particulièrement complexe, et nous considérons qu'elle nécessite *des analyses à plusieurs échelles de temps* (Lemke, 2001). Ce choix conduit à poser qu'une analyse très détaillée à un niveau micro *ne permet pas* au chercheur de structurer l'analyse à un niveau supérieur. Cette proposition va à l'encontre de l'idée qu'une analyse micro va informer totalement une analyse méso ou macroscopique ; certes elle va l'informer mais elle ne va pas permettre sa structuration. Il faut aussi considérer que les analyses par échelle ne sont pas indépendantes, elles conduisent à étudier si un événement à une échelle donnée peut être resitué dans des emports temporels, sociaux ou des granularités de savoir différents. Ce passage entre échelles est essentiel et devrait permettre l'émergence de nouveaux phénomènes.

■ **Choix épistémologiques et didactiques en termes de modélisation**

Rappelons que nous nous situons dans le cas des sciences expérimentales, en particulier en physique.

Nous considérons qu'une composante épistémologique est nécessaire à l'analyse des pratiques d'une classe de physique. En effet, dans l'analyse du savoir en jeu dans la classe, la référence prise ne se situe pas en termes de juste ou faux par rapport au savoir à enseigner, mais notre choix a porté sur le processus de modélisation qui est au cœur de la physique sans toutefois être exclusif.

Ce fondement épistémologique a été construit à partir de l'analyse du fonctionnement du savoir en jeu dans la compréhension du monde matériel. Ici cette compréhension inclut celle de la physique, mais aussi celle des élèves dans la vie de tous les jours ou en classe de physique. Cette analyse a démarré avec les travaux sur les conceptions des élèves et a été poursuivie avec la conception de séquences d'enseignement, en lien avec l'analyse de leur mise en œuvre dans des classes. Dans mon parcours, ce travail, antérieur à la mise en œuvre de la TACD, a commencé avec l'étude des conceptions (Tiberghien et al., 2002) et les travaux sur le développement de ressources d'enseignement, en particulier de séquences ; ces derniers ont joué un rôle très important dans l'explicitation de ces fondements (Tiberghien & al., 2009). L'épistémologie choisie place l'activité de modélisation du monde matériel au cœur de la physique (voir Sensevy et al., 2008 et Tiberghien & al., 2009). Nous considérons que :

- les activités d'observation et d'expérimentation sont loin d'être toujours guidées par la théorie physique, même si d'autres le sont très directement.
- la modélisation permet le lien entre les propositions théoriques et les expériences. La modélisation renvoie à un double processus : l'un partant de la théorie, pour la rendre plus concrète ; l'autre partant de l'expérience pour la rendre plus abstraite (Bachelard (1979) et Hacking (1983/2005)).

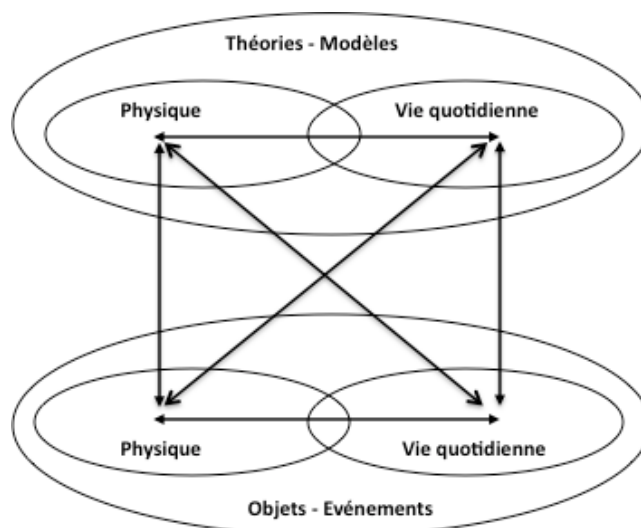
Ce double processus peut se reformuler de manière plus adaptée à l'ingénierie : l'activité centrale en physique est une activité qui consiste à faire le lien entre trois niveaux de connaissance (sans hiérarchie) qui renvoient à des mondes différents : des constructions théoriques, un champ expérimental constitué d'objets et d'événements et des modèles comme intermédiaires, chacun *associé à un lexique et des représentations spécifiques*, même si elles sont en relation forte.

La transposition de cette analyse épistémologique du processus de modélisation en physique, relevant du savoir « savant » a été nécessaire *pour construire une référence* afin d'analyser le savoir enseigné, pour concevoir une séquence et plus généralement des ressources d'enseignement. Seulement deux niveaux sont distingués : le niveau théorique et celui du

modèle sont regroupés pour former le niveau théorie/modèle et le niveau des objets et événements.

Pour que cette construction épistémologique transposée puisse servir de référence à une activité de conception de ressources d'enseignement, nous avons fait le choix *d'y introduire un fonctionnement possible de l'apprenant*, informé largement par tous les travaux sur les conceptions des élèves. Cette référence *va donc déborder l'épistémologie et rejoindre les fondements didactiques*, mais seulement partiellement si le terme didactique suppose que les trois pôles du triangle, Professeur, Élève, Savoir soient en jeu. Ici seul le lien entre les pôles Savoir-Elève est développé. Nous partageons l'hypothèse d'apprentissage que lorsqu'un élève apprend de la physique, il s'appuie le plus souvent sur les connaissances du monde matériel qu'il a déjà construites. Notre référence doit donc inclure le fonctionnement des connaissances quotidiennes du monde matériel. Nous avons choisi de découper le savoir quotidien comme le savoir de la physique en deux niveaux, celui du monde des objets et événements et celui de la théorie et du modèle. Bien sûr dans le cas du monde quotidien, la théorie n'a pas un statut explicite comme dans le cas de la physique, néanmoins elle joue aussi le rôle d'explication comme par exemple la causalité simple, si une cause X alors il y aura un événement Y (Tiberghien, 2004). On obtient ainsi une référence pour l'analyse des savoirs en jeu dans la classe avec les relations potentielles qui peuvent être établies (figure 1). La figure 1 montre que, non seulement les théories et modèles, mais aussi la description d'une situation matérielle peuvent être différents en physique et dans la vie quotidienne. Dans les descriptions, les mêmes objets ou événements de la situation étudiée ne seront pas sélectionnés, ils peuvent également avoir des noms et des statuts différents.

Figure 1 - Référence pour l'analyse des savoirs développés dans une classe



On peut interroger cette double référence car la modélisation en physique et celle dans la vie quotidienne se situent dans *des champs de pratique différents* et donc les mettre en regard comme dans la figure 1. L'utilisation de cette référence nécessite de prendre en compte la *situation particulière étudiée dans la classe, laquelle va déterminer un champ spécifique de pratiques* où vont vivre ensemble des savoirs scientifiques et quotidiens dans *les mêmes activités*.

D'autres composantes du fonctionnement du savoir comme la problématisation (Orange, 2003, 2007) peuvent servir de référence. Il n'y a pas d'exclusivité mais complémentarité. Par exemple, récemment nous avons développé la référence de la modélisation avec la question de l'incertitude épistémique (Tiberghien & Sensevy, 2014).

Ma position est que les références épistémologiques et « épistémo-didactiques » du fonctionnement du savoir sont essentielles et qu'on a intérêt à les développer afin de pouvoir, pour une étude donnée, sélectionner les aspects les plus pertinents suivant les objectifs visés.

■ **Choix théoriques relatifs à l'apprentissage**

Concernant l'apprentissage, notre référence principale est le socio-construcvisme ; en particulier Vygotsky. Trois hypothèses principales sur ce qui joue un rôle essentiel dans l'apprentissage ont servi dans tous les travaux :

- les connaissances initiales des élèves (Piaget) et la « culture de tous les jours » (Vygotsky);
- les interactions sociales qui contribuent à la construction et l'explicitation de nouvelles idées par l'élève (plan intermental) ce qui favorise son appropriation de nouvelles connaissances (plan intramental) (Vygotsky) ;
- le langage, les représentations symboliques (physique ou vie quotidienne) et leur nécessaire articulation.

Nous ajoutons deux hypothèses.

En classe les élèves peuvent construire une signification de "petits éléments du discours de la classe" en les reliant à d'autres déjà acquis et qui se situent dans un ensemble d'éléments de savoir différent de celui en jeu dans le discours (rôles des connaissances antérieures) (figure 2). Ces nouveaux liens peuvent être ou non cohérents du point de vue du savoir enseigné.

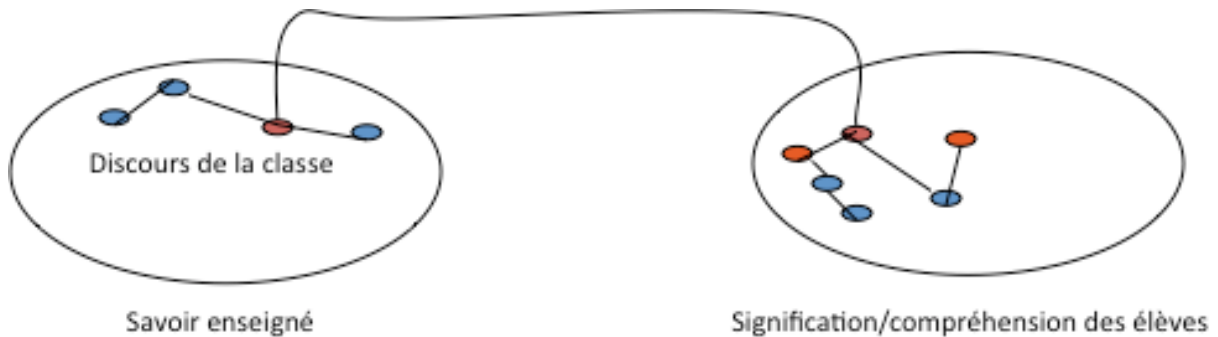
Pour justifier l'importance d'une prise en compte de « petits éléments » il faut reprendre le débat sur la modélisation des idées « naïves » des élèves. Certains chercheurs posent que les idées d'un élève sur un phénomène relèveraient d'une théorie naïve et sont donc cohérentes (dite « theory theory »), d'autres posent que ces idées ne sont pas en cohérence (dite « knowledge in pieces »). diSessa (2008) explicite clairement comment, pour avancer dans ce débat, il faut faire appel à la granularité de l'analyse des productions des élèves : "Slogans like "theory theory" or "knowledge in pieces" are good for drawing attention to positions in a debate, but they are not sufficient even for the rough and ready treatment that I give here. *For me, the real debate begins in the issue of grain size: At what grain size and level of detail must we describe intuitive ideas so as to have characterized them adequately enough to understand conceptual change?*" (p.37, italiques par moi).

Dans la citation ci-dessus, diSessa considère que ce débat n'est pas seulement d'ordre théorique mais aussi d'ordre méthodologique. Si on est à un grain fin (ce que j'appelle petits éléments) alors la cohérence n'est pas évidente. Par exemple si on prend une formulation de conception des élèves en mécanique comme « la force est proportionnelle à la vitesse », on est dans le cas d'un « gros » grain. En revanche, si, à la suite de Viennot (1989) on peut préciser la situation. Par exemple quand il y a une question où le mouvement est directement accessible, c'est-à-dire observé ou présenté sous forme d'un diagramme (ou se réfère à une situation très fréquemment vécue), la force et la vitesse du point de vue du physicien vont en sens inverse alors l'élève propose une "force de l'objet" (ou de la masse de l'objet) et non une force agissant sur l'objet ; cette force est alors proportionnelle à la vitesse (dans ce cas Viennot appelle cette force : le "capital force").

Cette analyse se situe à un grain plus fin, et contribue à concevoir un enseignement permettant à l'élève de construire des connaissances pertinentes en physique tout en s'appuyant sur ses propres connaissances initiales. Par exemple partir du cas où force et mouvement sont dans le même sens pour le physicien et pour l'élève. Cela permet de respecter l'hypothèse piagétienne que de nouvelles connaissances se construisent à partir de connaissances déjà acquises.

Ces positionnements sur la granularité des connaissances à adapter pour construire un enseignement pourraient être transposés à ce qui est appelé « obstacle épistémologique » (raisonnement séquentiel, etc.)

Figure 2 - Une représentation de la prise en compte par l'élève d'un petit élément de savoir du discours de la classe en établissant des liens différents de ceux établis dans le discours de la classe



L'autre hypothèse pose que la compréhension des élèves et donc l'apprentissage est grandement favorisé si l'enseignement hiérarchise le contenu en sélectionnant quelques notions centrales. Cette hypothèse est partagée par différents chercheurs en didactique. Je réfère en particulier aux résultats de « TIMSS video » en sciences (Roth et al., 2006) où il ressort que lorsque, dans une classe, une narration (histoire, intrigue) scientifique *cohérente* est développée, l'apprentissage des élèves est favorisé. Cela implique que le professeur établisse *des liens entre les différents éléments de savoir (pris au sens large) sur une période de temps longue* et pour cela il doit choisir un objectif principal (une notion centrale). Les résultats sur les acquisitions des élèves renforcent cette hypothèse (Roth et al., 2011). Il s'agit ici d'une hypothèse construite à partir d'allers-retours entre théorie et résultats de recherches empiriques.

Toutes ces hypothèses supposent qu'un savoir ne se comprend ni ne s'apprend de manière globale. Il est donc nécessaire de le *décomposer* pour l'enseigner afin de favoriser une meilleure compréhension par l'élève tout en tenant compte de la durée sur laquelle se déroule cette décomposition. Cette décomposition ne va pas de soi, elle nécessite une analyse épistémologique qui peut inclure, si c'est pertinent, la construction historique du savoir savant correspondant. Cette approche conduit à mettre en relation les choix épistémologiques et les hypothèses d'apprentissage. Par exemple ici la caractérisation des éléments de savoir et des « ensembles » d'éléments peut se faire au regard de l'approche choisie pour la modélisation dans la physique enseignée présentée ci-dessus.

■ Différents types de théories

Avant d'aller sur la question de la méthodologie, nous proposons une réflexion sur l'utilité et l'opérationnalité des théories pour l'analyse. Pour préciser, nous reprenons Cobb et al. (2003) sur la distinction entre grande théorie, comme le constructivisme ou le socio-constructivisme et les théories humbles qui font le travail de conception d'ingénieries didactiques : « Theories developed during the process of experiment are *humble* not merely in the sense that they are concerned with domain-specific learning processes, but also because they are accountable to the activity of design. *The theory must do real work.* General philosophical orientations to educational matters – such as constructivism – are important to educational practice, but *they often fail to provide detailed guidance in organising instruction.* The critical question that must be asked is whether the theory informs prospective design and, if so, in precisely what way? *Rather than grand theories of learning that may be difficult to project into particular circumstances, design experiments tend to emphasise an intermediate theoretical scope (...)* that is located

between a narrow account of a specific system (...) and a broad account that does not orient design to particular contingencies. » (p. 10-11 ; italique par moi).

Ici l'idée de théories opératoires (humbles) est étendue à l'analyse de pratiques de classe. Ainsi on dispose de plusieurs types de théories au sens où elles vont jouer un rôle différent ; les grandes théories vont souvent servir de paradigmes sur lesquels sont construites des théories plus spécifiques. Par exemple la théorie des situations didactiques, la théorie de l'action conjointe en didactique et la théorie anthropologique du didactique me semblent être intermédiaires entre les grandes théories et les théories humbles qui sont opératoires pour la conception d'ingénierie.

La TACD et les choix théoriques que nous venons de présenter se situent à un niveau intermédiaire au sens où la méthodologie n'en découle pas directement. Il est nécessaire de développer des outils permettant l'analyse des données.

3. Outils méthodologiques pour la modélisation des pratiques de classe

Ces outils méthodologiques ont été construits pour répondre à des types de questions de recherche qui visent :

- la dynamique du savoir enseigné dans une classe, par exemple l'évolution du savoir de la classe pendant une séquence d'enseignement. Ces questions sont directement dans la ligne des notions de chrono, méso et topogénèse du savoir dans la classe (Mercier, Schaubert-Leoni & Sensevy, 2002).
- les pratiques de classe, par exemple « quelles continuités dans les pratiques de classe au cours d'une séquence » (Tiberghien, 2012) ou « le contrat didactique à différentes échelles de temps » (Tiberghien & Venturini, 2015).

On peut noter que le deuxième type de question prend l'ensemble du triangle didactique alors que la première met l'accent sur un des pôles, ce qui ne signifie pas qu'il est pris de manière isolée des deux autres. Ces deux types visent à rendre compte d'une évolution des pratiques sur des durées de plusieurs séances.

Notons tout de suite que l'analyse a priori va être relativement légère, au sens où chaque activité proposée aux élèves ne va pas donner lieu à une analyse a priori. Bien sûr le savoir à enseigner sera analysé au regard des concepts essentiels, les activités seront caractérisées à l'aide des références épistémologiques et didactiques ; mais les possibles de l'action ne seront pas systématiquement développés.

En revanche, l'idée est ici que la théorie donne des « lunettes » pour étudier les données ; ces lunettes vont constituer la méthodologie incluant les outils pour cette étude. Ces outils peuvent être plus ou moins directement issus de la théorie. Ils contribuent quelquefois de manière déterminante à construire des modèles des situations d'enseignement étudiées.

■ Outils au niveau mésoscopique

Ce niveau est particulièrement intéressant pour la vie de la classe, dans la mesure où cette échelle (plusieurs minutes ou dizaines de minutes) correspond au rythme du changement d'activités de l'ensemble d'une classe. C'est en général à cette échelle qu'un observateur décrit spontanément ce qu'il a vu dans la classe, en y ajoutant quelques événements de niveau microscopique. C'est souvent à cette temporalité qu'une narration d'une séance de classe est structurée.

L'approche méthodologique construite est présentée selon le type de questions de recherche.

- *Cas des questions relatives à la dynamique du savoir enseigné dans une classe*

Notons que ces questions sont étudiées dans des travaux empiriques où les données essentielles sont des enregistrements vidéo de classe.

Avec ce type de questions, la visée de l'étude est de rendre compte du savoir *effectivement* enseigné sur l'ensemble de la séquence observée (plusieurs heures) à une échelle inférieure à celle d'une séance, de l'ordre de la dizaine de minutes. Au cours de la séquence, le savoir évolue, il s'agit d'en rendre compte.

Nous avons posé que le savoir enseigné est en jeu dans la communication, c'est-à-dire dans les productions discursives (orales incluant gestes, déplacements, etc. et écrites) ainsi que dans les supports (livres, films, tout autre matériel dans la classe, etc.). Ces productions permettent d'accéder au savoir enseigné. Ces propositions sont compatibles avec la TACD, mais aussi avec d'autres approches théoriques (voir par exemple Mercer, 2008).

Pour rendre compte du sens en jeu dans le discours de la classe, nous avons fait appel à une pratique des linguistes, l'analyse thématique. Nous avons choisi pour cela de prendre le point de vue du locuteur : « Ici, l'objectif est de reconstruire le contenu du «savoir enseigné» sans le limiter à l'étiquette qui, comme un titre, désigne le contenu (les enseignants utilisent ces étiquettes quand ils disent « aujourd'hui, j'ai fait le principe d'inertie »). Aller des productions orales et gestuelles des différents acteurs (enseignants et étudiants) au savoir enseigné suppose que *le chercheur reconstruise une ou plusieurs significations de ces productions*. En effet, plusieurs significations peuvent être construites dans la même situation. [...] le sens que donne le professeur à ce qu'il a dit et celui qu'en donne l'élève ne sont pas [toujours] les mêmes. [...]

Dans l'analyse thématique réalisée, nous avons choisi de prendre dans la mesure du possible le point de vue du locuteur. Ainsi quand il s'agit du professeur, notre référence est le savoir à enseigner de la physique, quand c'est l'élève, dans la mesure du possible, nous avons pris son point de vue. » (Tiberghien, 2012, p. 104)

Nous présentons le cas où le locuteur de référence est le professeur.

La question du comment découper le discours de la classe (dont la transcription est un support essentiel mais sans éliminer la vidéo) en thèmes a été traitée en plusieurs temps (Cross et al. 2009). Actuellement, cet outil de découpage en thèmes peut être systématisé. Par exemple, dans le cas d'une même séance analysée par des chercheurs différents (voir Éducation & Didactique, 2012, 6/3) j'ai analysé cette séance en thèmes et Laurent Lima a développé une analyse systématique à partir d'hypothèses de saillance et d'activation (Kintsch, 1998) conduisant à des comptages de mots avec des valeurs suivant leur succession. Il retrouve quasiment les mêmes thèmes (Lima, 2012).

Ce découpage thématique prend pour référence le sens donné par la discipline scolaire. Il est fondé essentiellement sur le lexique et il suppose qu'un même mot a un sens quasiment identique en tout cas compatible entre plusieurs énonciations. Il fonctionne donc bien quand il s'agit du discours du professeur dans le cas de la physique scolaire en particulier dans le cas où la classe travaille ensemble et non en petits groupes. Si le sens d'un même mot varie profondément dans un discours d'un énoncé à l'autre, alors la systématisme du découpage en thèmes à une échelle mésoscopique ne va pas de soi. Cette référence ne conduit pas à plaquer des termes du programme officiel pour construire les titres des thèmes. Le titre est construit à partir *des mots utilisés dans le discours de la classe* ; il s'agit bien de ce qui est en jeu dans la classe durant une période donnée.

L'annexe 1 donne une suite de thèmes extraite de la reconstruction de l'« histoire » du savoir (sur 6 séances pour une classe et 7 pour l'autre), pour un enseignement de la même partie d'un programme (dynamique en 2de) à partir des titres des thèmes et de leur durée dans une recherche issue de la thèse de Layal Malkoun (2007).

L'analyse en thèmes illustre deux points relatifs à l'outil permettant le découpage et la formulation du titre. Cet outil :

- peut être emprunté à une autre discipline, ici la linguistique, puis adapté ;
- peut être utilisé avec différents cadres théoriques, il amènera ainsi à différentes interprétations ; dans notre cas, cette modélisation se situe dans la perspective de l'étude de la chronogenèse.

Ainsi, ce modèle, bien sûr partiel, de la chronogenèse permet de rendre compte de l'évolution du savoir sur une assez longue période de temps ; il permet également de comparer cette évolution dans deux classes différentes comme le montre l'annexe 1. Une analyse à partir de notre choix épistémologique de la modélisation est possible ; par exemple dans la classe 1 la force est introduite à partir d'expériences interprétées avec le mot 'force' pris essentiellement dans un sens commun alors que dans la classe 2, le mot 'force' est introduit après les interactions comme modélisation (en physique) des actions des objets entre eux.

- *Cas des questions relatives aux pratiques de classe*

Ces questions sont traitées à partir de la TACD et de son modèle du jeu. Dans ce cas, l'intentionnalité du professeur et sa stratégie sont prises en compte, ce qui n'est pas le cas dans l'analyse en thème. Nous modélisons les pratiques de classe en termes de jeu avec des descripteurs relatifs à l'enjeu du jeu, aux stratégies pour jouer au jeu c'est-à-dire le contrat, en particulier les responsabilités du professeur et des élèves vis-à-vis du savoir, et au milieu. Il y a changement de jeu quand un des trois descripteurs est modifié (Tiberghien, 2012 ; Tiberghien & Venturini, 2015). Ces critères de découpage sont donnés au niveau des concepts, mais ils ne sont pas associés à des observables car il n'y a pas de bi-univocité entre une modification par exemple du contrat et des événements observables déterminés, ce changement pouvant prendre des formes très différentes selon les moments d'une classe et selon la classe. Pour clarifier ce lien entre descripteurs et observables prenons le cas d'un descripteur relatif à l'organisation de la classe, classe entière, petits groupes, travail individuel, etc. Dans ce cas, il y a des observables directement associés comme la position dans l'espace des élèves et du professeur, l'orientation de leur corps et de leur regard, l'adressage du discours des acteurs ; ce n'est pas le cas pour les descripteurs du jeu.

Le jeu va être l'unité d'analyse au niveau mésoscopique. Cette unité va permettre un découpage sur l'ensemble de la durée de l'enseignement observé. Nous illustrons cette découpe en jeu à partir d'un travail mené dans une classe de seconde, où une séance de physique a été analysée en thèmes et en jeux (Tiberghien, 2012). Le résultat du découpage est très semblable à celui en thèmes (annexe 2, figure 1) cependant l'analyse est différente. Il ne s'agit plus de modéliser l'évolution du savoir enseigné, même en prenant en compte la topo et la mésogenèse ; il s'agit de comprendre l'action des acteurs, professeurs et élèves. Par exemple, dans le premier jeu de la séance analysée « les règles de ce jeu, après l'entrée dans la classe, la mise en silence, consistent à chercher et trouver les « bons » documents. Ceci fait partie du contrat que le professeur a commencé à établir dans les séances précédentes : les documents donnés en classe doivent être classés dans un cahier ou un classeur et donc facilement repérables. Dans ce jeu il n'y a quasiment pas de verbalisation du savoir... » (p. 109). Ici le savoir enseigné n'avance pas et pourtant il y a un travail didactique de recalage entre l'activité d'enseignement et celle des élèves. Cette interprétation est produite à la suite du point de vue choisi « à quel jeu jouent le professeur et les élèves ».

- *Différences dans les analyses/interprétations/ descriptions produites suivant la question posée*

Dans le deuxième type de question, le point de vue théorique du jeu va donner de l'épaisseur à l'analyse de la séance (Geertz, 1973) ; elle ne va pas rester « collée » aux données mais introduire l'intention, les stratégies du professeur et des élèves. Des narrations vont être construites en associant différents événements observés dans les données, en particulier dans

les vidéos, à des modalités particulières des concepts de la TACD comme le contrat et le milieu mais aussi les genèses (chrono, topo, mésogenèse) ainsi que certains des types d'action du professeur, définition, dévolution, régulation et institutionnalisation.

On peut alors se demander ce qui donnerait de l'épaisseur à l'analyse de l'évolution du savoir en thèmes. Ici l'épaisseur pourrait venir d'une référence aux fondements épistémologiques du savoir. Par exemple si on prend la modélisation en sciences comme référence, avec une distinction entre théorie/modèle et champ empirique, le tableau de l'annexe 1 permet d'analyser une différence entre les classes où comme nous l'avons déjà signalé dans la classe 2 il y a deux sens de forces en jeu :

- celui dans le thème 1 « Effets de la force sur le mouvement d'un objet » où la force est nécessairement prise au sens matériel (j'ai de la force, le coup que j'ai donné sur l'objet est fort ou faible, il le met en mouvement) ;
- celui dans le thème 4 où la force est le modèle de l'action (matérielle).

Dans la classe 1, un seul sens est en jeu.

■ **Outils au niveau microscopique et liens avec les analyses mesoscopiques**

Dans un travail récent, Patrice Venturini et moi avons développé des descripteurs spécifiques de ce niveau (Tiberghien & Venturini, 2015 ; Venturini et al. 2014) en nous situant dans le cas de questions relatives aux pratiques de classe.

Pour cela nous avons fait appel à des travaux sur l'interaction et l'analyse du discours de chercheurs ayant une approche pragmatique, pour rester en cohérence avec la TACD. C'est ainsi que nous avons choisi l'acte comme unité microscopique, en référence aux actes de langage (Searle, 1969) mais en ne limitant pas l'acte au verbal. Nous avons repris les trois points de vue des rapports entre actions et langage : représentationnel, pragmatique et interactionnel proposés par Charaudeau (2004). Ces points de vue permettent de nouer l'action et le langage pour caractériser les actes.

Pour modéliser les pratiques de classe au niveau microscopique, se pose la question du découpage, similaire au niveau mésoscopique, mais ici l'unité est l'acte et non le jeu. Comme nous le précisons dans Tiberghien & Venturini (2015) : « L'acte constitue notre unité d'analyse microscopique et ce choix nécessite de préciser la différence entre action et acte. Si l'empan de l'action didactique est très variable (Fillietaz, 2004), celle-ci incluant plusieurs transactions successives, celui de l'acte que nous considérons comme le plus petit événement gardant un sens du point de vue de la transaction didactique, est de l'ordre de la seconde.

Ainsi, le cas de l'élève qui lève le doigt pour demander la parole est un acte significatif dans la transaction professeur – élève ; par contre si on le décompose en éléments du type « l'élève lève le bras » puis « pointe son doigt vers le haut », la décomposition n'est pas pertinente pour notre analyse car le sens de chacun de ces actes ne peut être construit dans la perspective de la transaction en cours. Ce point de vue laisse une grande part à l'interprétation et n'enlève pas la difficulté du découpage de la transaction en actes. Comme le souligne Kerbrat-Orecchioni (1995), le problème du découpage est abandonné à l'intuition de l'analyste dans la mesure où les définitions ne donnent pas de critères opératoires et qu'en plus « différents actes peuvent non seulement se succéder dans un même énoncé, mais aussi s'y amalgamer » (p. 7). Le problème est similaire pour les actes non verbaux. Précisons avant de poursuivre que si nous avons cherché à découper les transactions acte par acte, il arrive que certains actes soient superposés ou même amalgamés. »

Cette approche montre combien un découpage ne peut pas s'appuyer seulement sur des événements observés sur la vidéo, mais qu'il demande une interprétation et des choix. On

retrouve l'importance de la théorie dans la nécessaire part de l'interprétation dans la construction d'un modèle, que ce soit au niveau microscopique ou mésoscopique.

Dans ce texte nous ne présentons pas l'ensemble de ce développement méthodologique mais seulement la dimension représentationnelle qui, du fait de la discipline enseignée, est relative au monde physique. L'analyse représentationnelle au niveau des actes conduit à sélectionner un énoncé du discours de la classe (professeur et/ou élèves) qui a un sens du point de vue du savoir, il met ainsi en jeu un petit élément de savoir. Notons que, dans certains cas, un tel énoncé peut regrouper plusieurs actes. Pour le caractériser, nous utilisons une analyse dite en facettes. Pour cela il faut construire un catalogue d'énoncés possibles regroupés thématiquement, appelés facettes, en lien avec le savoir enseigné, ces énoncés pouvant être justes ou faux. La signification de chaque énoncé du discours de la classe est comparée à celles des facettes du même thème. Un énoncé considéré comme ayant une signification similaire à celle d'une facette est codé (ainsi que le locuteur, professeur ou élève). La question (essentielle pour l'outil facette) de la reconnaissance d'une même signification entre l'énoncé effectif dans la classe et celui de référence n'est pas discutée ici (Tiberghien, 2012). Un résultat de l'analyse en facettes d'une séance de physique est donné dans l'annexe 2 figure 2.

Cette analyse microscopique en facettes, articulée à celle mésoscopique (jeu et/ou thème) modélise *les évolutions temporelles et du contenu* du savoir enseigné dans une classe. La figure 2 de l'annexe 2 montre l'évolution temporelle du contenu, il apparaît par exemple que les jeux 2 et 7 sont centrés exclusivement sur un thème (spectres ou étoiles) alors que dans le jeu 3 des éléments de savoir relevant de plusieurs thèmes s'enchevêtrent (spectres, vision et lumière). Au niveau microscopique, la combinaison de cette approche représentationnelle avec celles pragmatique et interactionnelle permet de rendre compte de la façon dont ces éléments de savoir sont traités dans la classe en particulier quel sont les types d'actes du professeur et des élèves (Venturini & Tiberghien, soumis). Dans le cadre de la TACD, la modélisation microscopique est resituée dans les jeux. Elle contribue à l'épaisseur de la description des pratiques de classes.

■ **Liens entre cadre théorique et méthodologie**

La figure 2 ci-après tente de montrer où se situent les outils méthodologiques présentés dans ce texte. Il faut rappeler que l'ensemble cadre théorique, questions de recherche et méthodologie oriente les données récoltées et leur analyse. Il ne s'agit donc ici que de propositions à adapter à une recherche. Cet ensemble vise à modéliser les pratiques de classe du point de vue du savoir.

Dans cette figure seuls les niveaux mésoscopique et microscopique sont présentés, cependant le niveau macroscopique et ses articulations avec les autres niveaux est également essentiel (Tiberghien & Venturini, 2015, Venturini & Tiberghien, soumis).

Conclusion

En conclusion quelques points qui peuvent être pertinents pour la didactique comparée sont repris.

La modélisation proposée ici à partir de la TACD, avec des ajouts théoriques ainsi que des développements méthodologiques, a des potentialités pour l'analyse comparative avec bien sûr des limites.

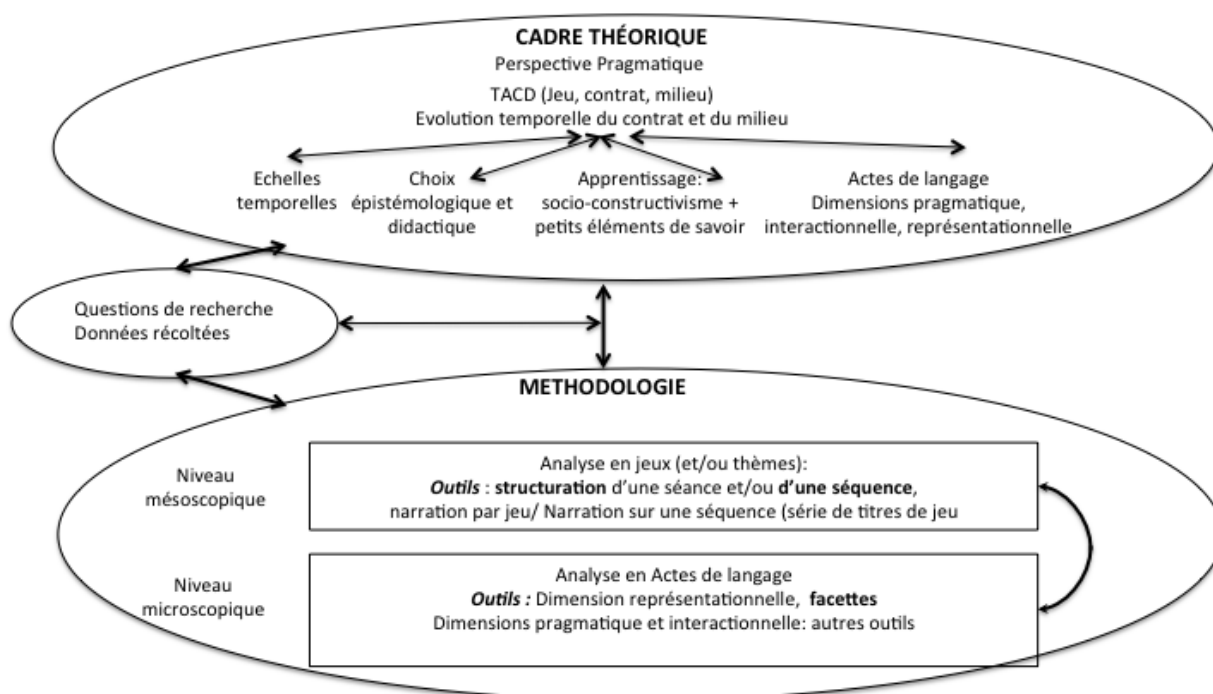
Tout d'abord la pluralité des échelles d'analyse associée à des méthodologies adaptées à des corpus d'une assez longue durée (une dizaine d'heures) est favorable à la comparaison des pratiques. La détermination d'unités d'analyse, le jeu au niveau méso et l'acte au niveau microscopique, qui ne dépend pas directement du contenu d'enseignement mais des actions des acteurs, sont également favorables à une comparaison. Par exemple, l'approche présentée

pourrait permettre des travaux comparatifs dans différentes disciplines et/ou différentes classes sur le contrat didactique, aussi bien sa composante pérenne (au sens où elle ne dépend pas strictement de l'objet de savoir en jeu, même si elle est évolutive) que sa composante dépendant de l'objet du jeu. Il faudrait alors d'une part expliciter les fondements épistémologiques pris pour chaque discipline et d'autre part au niveau microscopique adapter la partie représentationnelle des actes au savoir enseigné. La catégorisation des actes serait aussi à adapter pour permettre des analyses dans les différentes classes pour des contenus de savoir différents.

Les limites se situent bien sûr dans les choix faits, aussi bien théoriques que méthodologiques, d'autres choix sont possibles. La tentative de leurs explicitations devrait aider au débat.

Un travail sur les descripteurs et sur les liens à établir avec les événements qui les caractérisent est à développer, car ils sont encore peu partagés et discutés. Enfin, une limite de ces choix méthodologiques est la durée longue des analyses du fait de plusieurs échelles et de l'étendue des corpus. Le développement d'outils informatiques d'aide à l'analyse est crucial mais demande une explicitation des fondements théoriques pour être conscient de ce que produit et ne produit pas chaque outil.

Figure 2 - Articulation cadre théorique et méthodologie situant certains outils de modélisation des savoirs dans une séquence (en gras les outils présentés dans le texte)



Références

BACHELARD S. (1979), « Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles », dans P. Delattre & M. Thellier (éds.), *Élaboration et justification des modèles*, Volume 1, Paris, Maloine S.A., p.3-19.

BROUSSEAU G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, Grenoble, La pensée sauvage.

CHARAUDEAU P. (2004), « Comment le langage se noue à l'action dans un modèle socio-communicationnel du discours. De l'action au pouvoir », *Cahiers de linguistique française*, n°26 (Les modèles du discours face au

concept d'action. Actes du 9^e colloque de Pragmatique de Genève et colloque Charles Bally, université de Genève, Genève), En ligne www.patrick-charaudeau.com/

COBB P., CONFREY J., DISESSA A., LEHRER R. & SCHOUBLE L. (2003), « Design experiments in educational research », *Educational Researcher*, n°32(1), p.9-13.

CROSS D., KHANFOUR-ARMALÉ R., BADREDDINE Z., MALKOUN L. & SECK M. (éds.) (2009), *Méthodologie de mise au point d'un consensus entre chercheurs : le cas du thème*, Université de Genève, Cédérom de l'Association pour des Recherches en Didactiques Comparées (ARCD).

DISESSA A. A. (2008), « A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (From the "Pieces" Side of the Fence) », dans S. Vosniadou (éd.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, New York, Routledge, p.35-60.

FILLIETAZ L. (2004), « Introduction », *Cahiers de linguistique française*, n°26 (Les modèles du discours face au concept d'action. Actes du 9^e colloque de Pragmatique de Genève et colloque Charles Bally, université de Genève, Genève), En ligne <http://clf.unige.ch>

GEERTZ C. (1973), « Thick description: toward an interpretive theory of culture », dans C. Geertz (éd.), *The interpretation of cultures: selected essays*, New-York, Basic Books Inc, p.3-30, En ligne <http://hypergeertz.jku.at>, consulté le 10 octobre 2015.

HACKING I. (1983/2005), *Representing an Intervening*, Cambridge, University Press Cambridge.

KERBRAT-ORECCHIONI C. (1995), « Où en sont les actes de langage ? », *L'Information grammaticale*, n°66, p.5-12.

KINTSCH W. (1998), *Comprehension: a paradigm for cognition*. Cambridge, New York, Cambridge University Press.

LEMKE J.L. (2001), « The long and the short of it: comments on multiple timescale studies of human activities », *The Journal of the Learning Sciences*, n°10(1&2), p.17-26.

MALKOUN L. (2007), *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban*, Thèse de doctorat, Université Lyon 2 / Université libanaise.

MERCER N. (2008), « The seeds of time: why classroom dialogue needs a temporal analysis », *Journal of the Learning Sciences*, n°17(1), p.33-59.

MERCIER A., SCHAUBER-LEONI M.L. & SENSEVY G. (2002), « Vers une didactique comparée », *Revue Française de Pédagogie*, n°141, p.5-16.

ORANGE C. (2007), « Quel Milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre ? », *Éducation et didactique*, n°1(2).

ORANGE C. (2003), « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen », *ASTER*, n°37, p.83-107.

ROTH K.J., GARNIER H.E., CHEN C., LEMMENS M., SCHWILLE K. & WICKLER N.I.Z. (2011), « Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning », *Journal of Research in Science Teaching*, n°48(2), p.117-148.

RUTHVEN K., LEACH J., LABORDE C. & TIBERGHIEEN A. (2009), « Design Tools in Didactical Research: Instrumenting the Epistemological and Cognitive Aspects of the Design of Teaching Sequences », *Educational Researcher*, n°38(5), p.329-342.

SENSEVY G., TIBERGHIEEN A., SANTINI J., LAUBE S. & GRIGGS P. (2008), « An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching », *Science Education*, n°92(3), p.424-446.

SENSEVY G. (2012), « Le jeu comme modèle de l'activité humaine et comme modèle en théorie de l'action conjointe en didactique. Quelques remarques », *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, n°7(2), p.105-131.

SENSEVY G. (2011a), *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*, Bruxelles, de Boeck.

SENSEVY G. (2011b), « Overcoming fragmentation: Towards a joint action theory in didactics », dans B. Hudson & M. Meyer (éds.), *Beyond Fragmentation: Didactics, Learning and Teaching in Europe*, Opladen and Farmington Hills, Barbara Budrich, p.60-76.

TIBERGHIE A., BUTY C., CORDIER F., CORNUÉJOLS A., VEILLARD L., LABORDE C., BOUCHARD R., COQUIDÉ M. & ROGALSKI J. (2002), *Des connaissances naïves au savoir scientifique*, En ligne <https://hal.archives-ouvertes.fr>

TIBERGHIE A. (2004), « Causalité dans l'apprentissage des sciences », *Intellectica*, n°38(1), p.69-102.

TIBERGHIE A. & MALKOUN L. (2007), « Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir », *Éducation et Didactique*, n°1, p.29-54.

TIBERGHIE A. (2012), « Analyse d'une séance de physique en seconde : quelle continuité dans les pratiques ? », *Éducation et Didactique*, n°6(3), p.97-123.

TIBERGHIE A. & VENTURINI P. (2015), « Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos », *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, n°11, p.53-78, <https://doi.org/10.4000/rdst.986>

TIBERGHIE A., CROSS D. & SENSEVY G. (2014), « The Evolution of Classroom Physics Knowledge in Relation to Certainty and Uncertainty », *Journal of Research in Science Teaching*, n°51(7), p.930-961, <https://doi.org/DOI 10.1002/tea.21152>

VENTURINI P., TIBERGHIE A., AUFSCHNAITER C., VON KELLY G. & MORTIMER E. (2014), « Analysis of teaching and learning practices in physics and chemistry education: Theoretical and methodological issues », dans C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (éds.), *Topics and trends in current science education. 9th ESERA conference selected contribution*, Dordrecht, Springer, p.469-485.

VENTURINI P. & TIBERGHIE A. (soumis), « Analyse et formalisation de la dimension durable du contrat didactique. Cas de l'enseignement de la physique par activités en classe de seconde ».

Annexe 1 (adaptée à partir de Tiberghien & Malkoun, 2007)

Table 2 - Comparaison of la succession des thèmes dans deux classes (seconde, grade 10) pendant l'enseignement de la partie dynamique (introduction de la force jusqu'à l'introduction du principe d'inertie. Les traits en gras bordant les cellules correspondent à une nouvelle séance. Quand il y a thème général avec un sous-thème la durée est donnée par by sous-thème. Quand il y a une inclusion, la durée totale est donnée et la durée de l'inclusion est donnée parenthèses.

Tps (min)	Thèmes dans la classe 1		Thèmes dans la classe 2	Tps (min)
			
1:25	<i>Introduction du thème général de la notion de force</i>		1. Effets de la force sur le mouvement d'un objet	18
18:44	1. Détermination des phases du mouvement d'un objet, du sens de l'action sur cet objet, de la variation de la vitesse		2. Interactions	
10:41	2. Analyse des interactions pour différentes phases du mouvement d'un objet (cas du médecine-ball)		2a. Interactions = A agit sur B alors B agit sur A	14:33
4:41	3. Introduction de la force et sa représentation vectorielle et du principe des actions réciproques		2b. Interactions à distance et interactions de contact	4: 39
9:23	4 Mise en œuvre de la force avec sa représentation vectorielle à partir des interactions (utilisation du modèle des interactions)		3 Rappel des interactions	1: 31
5:14	5 Interactions : relations entre une représentation symbolique et une ou plusieurs situations matérielles		4. Modélisation d'une action par une force	
10:10	6 Représentation de la force (avec direction et sens) modélisant une interaction (mais pas longueur des vecteurs)		4a. Représentation de la force	9:15
30:31	7 Représentation de la force modélisant un objet en mouvement		4b Mesure de la force	1:19
5:26	8. Introduction du principe d'inertie		5. Forces et masses	10:35
22:21	9 Compensation des forces s'exerçant sur un système immobile		6. Liste des forces et compensation (ou pas) des forces	45:21
7:55	10 Non compensation des forces s'exerçant sur un système dont la vitesse varie		6a Inclusion: attraction terrestre sur un objet dans l'eau	(2:27)
32:27	11 Principe d'inertie appliqué selon les directions horizontale et verticale du mouvement		Temps total : 1h 45	
9:05	12 Influence de la masse sur le mouvement			
Temps total : 2h48				

Annexe 2 (Extrait de Tiberghien, 2012)

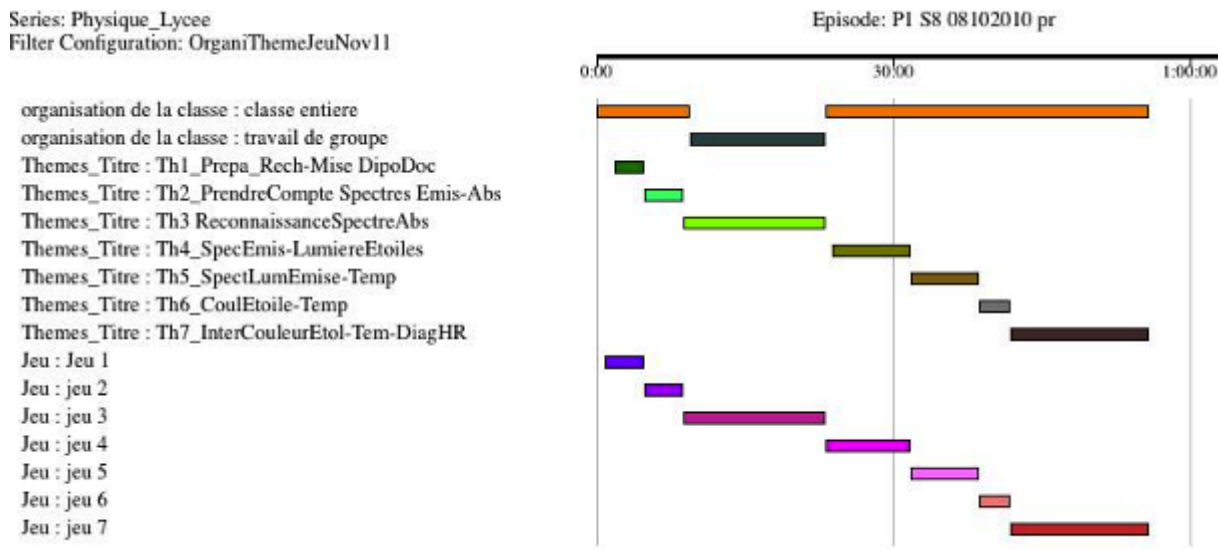
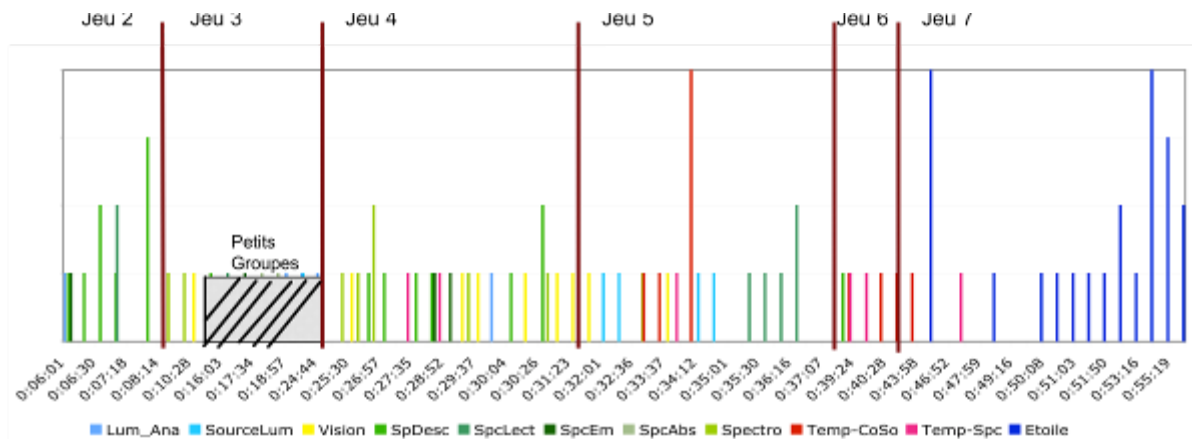


Figure 1 - Graphe à partir de Transana donnant trois structurations au niveau mesoscopique :

1. Organisation de classe: classe entière; petits groupes
2. Thèmes (voir tableau 2)
3. Jeux :
 - jeu 1 : Introduction, mise au travail (0:00:48 - 0:04:54 ; 0:04:6)
 - Jeu 2 : Comprendre la différence entre spectres d'absorption et spectres d'émission (0:04:54-0:08:46 ; 0:03:52)
 - jeu 3 : Comprendre ce qui a été fait, récupérer les bons documents et répondre aux questions sur le spectre de raies du soleil (0:08:46 – 0:23:09 ;14:23)
 - Jeu 4 : expliquer les spectres des étoiles et reprendre l'activité 1 de la séance précédente (0:23:09 – 0:31:44 ; 0:08:35)
 - jeu 5 : Expliquer les spectres des étoiles et reprendre l'activité 1 de la séance précédente (0:31:44.- 0:38:35 ; 0:06:51)
 - jeu 6 : Reprendre l'activité sur les liens entre couleurs des étoiles et leur température (0:38:35-0:41:47 ; 0:03:12)
 - jeu 7 : Relier l'activité précédente à un exercice fait dans le chapitre 3 en utilisant un diagramme HR issu de l'astrophysique, interpréter une "vraie" photo de galaxie (0:41:47-0:55:45 ; 0:13:58)

Figure 2 - Les groupes thématiques de facettes codées durant la séance 8



La hauteur d'un trait correspond au nombre facettes du même thème codées dans un énoncé.
Couleur par groupe : **vert** : « spectres » ; **bleu** : lumière ; **jaune** : vision ; **rouge** : température ; **bleu foncé** : étoiles