



HAL
open science

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Jérôme Santini, Gérard Sensevy

► To cite this version:

Jérôme Santini, Gérard Sensevy. La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.. Skholê : cahiers de la recherche et du développement, 2014, 18 (2), pp.73-82. <halshs-01162784>

HAL Id: halshs-01162784

<https://shs.hal.science/halshs-01162784v1>

Submitted on 11 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Copyright - All rights reserved

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Jérôme Santini¹, Gérard Sensevy²

¹13DL, EA 6308, Université de Nice Sophia-Antipolis – ESPE Académie de Nice
jerome.santini@unice.fr

²CREAD, EA 3875, Université Rennes 2 – UBO, ESPE de Bretagne
gerard.sensevy@espe-bretagne.fr

Résumé

Les sciences de la Terre construisent les phénomènes géologiques à partir d'un travail sur des événements telluriques singuliers. Nous étudions ceci dans la construction moderne du concept de séisme à partir de l'analyse de sources primaires historiques. Nous comparons avec l'analyse de séances de classe de CM2 (5ème primaire) afin de caractériser ce que les élèves peuvent s'appropriier, en situation, de l'élaboration du phénomène sismique, mais également comment ils peuvent se l'approprier. Pour ce faire, nous menons notre étude dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). Au sein de la TACD, nous conduisons nos analyses des sources primaires et des séances de classe dans une perspective actionnelle du savoir. Nous en rendons compte par la caractérisation de différents jeux de savoir. Notre conclusion porte alors sur la comparaison des jeux épistémiques cristallisés dans les sources primaires et des jeux épistémiques émergents du déroulement des jeux d'apprentissage dans la classe.

Mots clés

Jeux de savoir – Phénomène – Séances de classes – Séismes – Sources primaires

Abstract

Earth Sciences describe geological phenomena by the means of investigating earth events. We study this process for the creation of the modern conceptualization of earthquakes by analyzing historical primary sources. We compare with the analysis of 5th grade classroom sequences in order to characterize what students might learn of the elaboration of the seismic phenomenon in situation, and how they can manage it. To do so, we work in the framework of the joint action theory in didactics (JATD). Within JATD, we conduct our analyses of both primary sources and classroom sequences following an action perspective on knowledge. We account for them by characterizing different knowledge games. Our conclusion deals with the comparison of epistemic games crystallized within primary sources and epistemic games enacted from the unfolding of learning games in the classroom.

Key words

Classroom sequences – Earthquakes – Knowledge games – Phenomenon – Primary sources

Introduction

Les sciences de la Terre construisent leurs phénomènes en tension avec les événements qu'ils subissent¹ (Orange-Ravachol, 2012). Dans cette communication, nous nous intéressons au phénomène de séisme : comment a-t-il été constitué dans l'histoire des sciences ? Comment peut-il s'élaborer dans la classe ? Quelle transposition didactique (Chevallard, 1991) entre ces deux constructions ? Quelles pratiques sociales de référence (Martinand, 1986) pour la classe ? Pour répondre à nos questions, nous constituons un corpus issu de séances de classe et un corpus de données primaires historiques que nous analysons indépendamment, puis que nous comparons.

1

Nous employons « subsumer » pour rendre compte de l'action qui permet de « penser le particulier sous le général » (ATIFL-CNRS, 2004).

Éléments théoriques

La théorie de l'action conjointe en didactique (TACD)

La TACD (Sensevy & Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011) développe une modélisation de l'action didactique, dans un système de jeux de savoirs, à partir du postulat d'une primauté de la grammaire de l'action dans l'appréhension des conduites humaines (Wittgenstein, 2004), exprimée dans un modèle du jeu (Sensevy, 2012). Cette théorie se propose de construire des systèmes de descripteurs des pratiques didactiques, et, ce faisant, elle tente d'élaborer, toujours en usant d'un modèle du jeu, des systèmes de descripteurs des pratiques *savantes* (Chevallard, *op. cit.*) qui peuvent se trouver à la source des pratiques didactiques et en constituer une *référence* (Martinand, *op. cit.*).

Le jeu *didactique* décrit la grammaire générique des situations d'enseignement/apprentissage. Le jeu didactique est un jeu de savoir, conjoint entre professeur et élève, asymétrique entre eux deux et de dialectique entre expression et réticence (Sensevy & Quilio, 2002). Les jeux d'apprentissage sont une spécification du jeu didactique à un enjeu de savoir particulier. Nous les décrivons avec le doublet contrat et milieu didactiques, ainsi que le triplet des genèses du système didactique : la genèse du milieu (mésogénèse), celle des responsabilités vis-à-vis du savoir (topogénèse) et celle du temps didactique (chronogénèse). La relation contrat-milieu nous apparaît comme le noyau essentiel de la description d'une activité didactique, et nous avons proposé de rendre compte de sa dynamique à travers la notion d'*équibration didactique* (Sensevy, *op. cit.*).

Dans une perspective symétrique, nous modélisons la pratique du géologue, au sein de la culture, dans un jeu géologique générique (Santini, 2013 ; cf. *infra* tableau 1) et des jeux épistémiques élémentaires, spécifiques d'un enjeu de savoir. Nous décrivons ainsi un jeu épistémique générique, comme celui du géologue, à la fois par sa grammaire et comme un système de jeux épistémiques élémentaires.

A la croisée entre pratiques didactiques et pratiques savantes, nous caractérisons des jeux épistémiques émergents de l'action didactique. Ces jeux épistémiques émergents constituent le gain potentiel de nouvelles capacités par la participation des élèves aux jeux d'apprentissage, nouvelles capacités qui sont ensuite susceptibles d'être impliquées dans les jeux épistémiques de la pratique géologique.

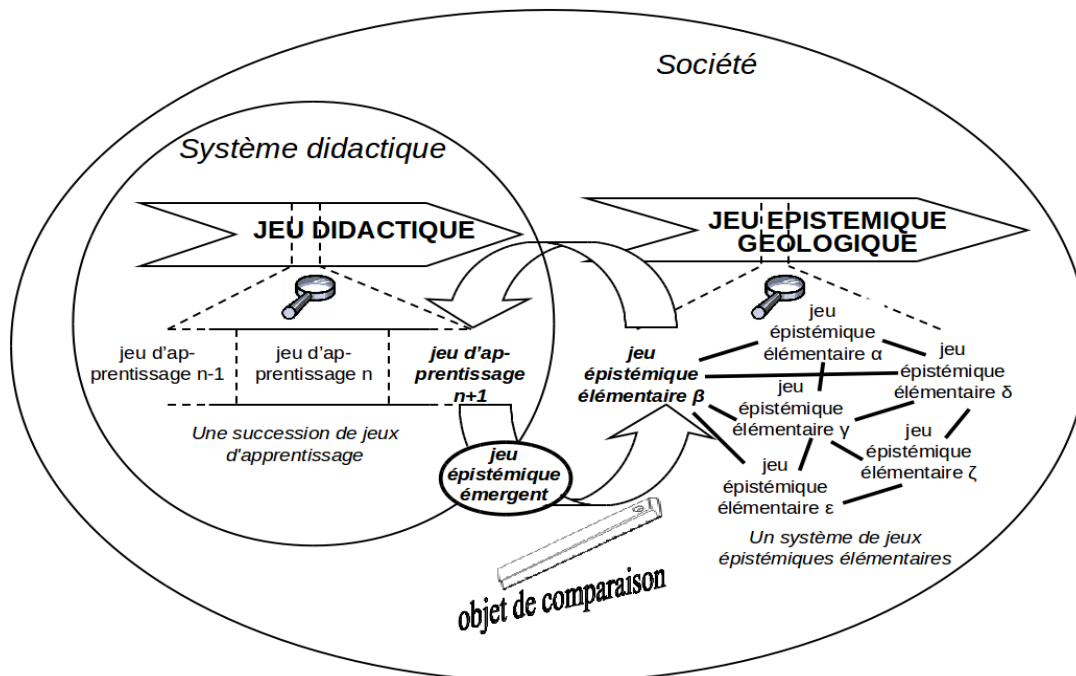


Figure 1 Niveaux de modélisation en jeux de savoirs dans la TACD

Outre la synthèse qu'elle représente, cette figure nous permet également de montrer comment l'analyse de jeux épistémiques émergents nous permet de comparer pratiques didactiques et pratiques savantes.

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Éléments méthodologiques

Nous mettons en œuvre, pour nos analyses, une méthodologie clinique/expérimentale du didactique ordinaire (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002) que nous déployons à différentes échelles de temps (Tiberghien, Malkoun, Buty, Souassy, & Mortimer, 2007 ; Sensevy, *op. cit.*), du microdidactique au macrodidactique. Par ailleurs, nos analyses du discours s'articulent, dans un continuum qualitatif-quantitatif, avec des analyses statistiques non-paramétriques (Sensevy, 2009 ; Santini, *op. cit.*). Nous considérons ces différentes analyses symétriquement, sans donner de préférence à l'une ou à l'autre.

Nous constituons notre corpus de données primaires historiques en croisant les travaux américains d'Agnew (2002) et européens de Guidoboni & Poirier (2004). Avec ces auteurs, nous identifions les travaux de Mallet (1846), Kotô (1893) et Reid (1910) comme fondateurs de la compréhension moderne du concept de séisme. Notre corpus de données de classe se compose de films de séances, d'entretiens avec les professeurs et d'un pré-test/post-test des performances des élèves (le post-test ayant lieu au moins trois semaines après l'enseignement). Le pré-test/post-test est construit en collaboration avec les professeurs du dispositif et vise à rendre compte de l'appropriation par les élèves du concept de séisme. Nous analysons ces deux corpus pour eux-mêmes, puis ensemble dans une approche comparatiste (Mercier, Schubauer-Leoni, & Sensevy, 2002 ; Detienne, 2009).

Analyse épistémique des données primaires historiques

Mallet (1846)

Dans son article séminal, *On the Dynamics of Earthquakes*, Robert Mallet présente son travail comme une mise en système d'observations de terrain grâce aux lois de la physique. Il commence par les compte-rendus de quatre auteurs (Hyde, Lyell, Place et Darwin) pour réfuter l'hypothèse historique qui définit les séismes comme des vortex. Mallet discute ensuite le type de mouvement qui permettrait de rendre compte des dégâts décrits dans les compte-rendus. Il conclut, tout d'abord, qu'un mouvement horizontal rectiligne suffit puis, plus loin, que ce mouvement est celui d'un train d'ondes. Mallet développe alors ce que serait la propagation d'ondes sismiques, par analogie avec des lignes cotidales, et éprouve son idée à partir de nouvelles descriptions empiriques d'auteurs (Dolomieu, Ulloa). Ceci l'amène à distinguer entre le séisme comme phénomène et ses conséquences dans le paysage. Mallet affirme ainsi que seul un train d'ondes mécaniques spécifie le phénomène sismique. Dans la perspective de description de l'action savante que nous travaillons, nous modélisons cette première partie de la recherche de Mallet (pp. 51-88) comme un jeu épistémique qui consiste à « déterminer le type de mouvement mécanique (rotation, translation aller-retour, translation simple) et de phénomène physique associé (train d'ondes) qui rendent compte ensemble des descriptions de tremblements de terre dans la littérature scientifique ».

Mallet s'intéresse ensuite à l'impulsion (*impulse*) qui génère un train d'ondes sismiques. Pour ce faire, il se place dans un certain actualisme, en écartant les hypothèses qui ne pourraient être étayées par des faits établis. Mallet propose que la fracturation de portions de la croûte terrestre par des contraintes mécaniques (ou leur relâchement) puisse être la cause des tremblements de terre. Mallet appuie son hypothèse sur les mesures de l'élasticité de quelques matériaux disponibles au moment où il écrit. Il esquisse ensuite un programme de recherche pour la sismologie, avec la mesure de l'élasticité des roches et celle de la vitesse des ondes sismiques, grâce à des séismes artificiels provoqués par des explosions. Notre analyse de cette deuxième partie du travail de Mallet (pp. 88-101) nous conduit à la redécrire comme un jeu épistémique consistant à « expliquer la formation des ondes sismiques à partir de mesures d'élasticité dans une déformation cassante des roches ».

Suite à un violent tremblement de terre, un autre auteur, Kotô, aura l'occasion de déterminer, sur le terrain, le lieu de cette causalité mécanique, c'est-à-dire la faille.

Kotô (1893)

En 1891, il se produit un fort tremblement de terre à Mino-Owari (Japon, 28 octobre). Professeur de géologie à l'université impériale, Bunjiro Kotô étudie les déplacements rocheux afférents, ce qui lui fournit, écrit-il, une opportunité rare de documenter ce phénomène géologique. L'objectif poursuivi par Kotô est de déterminer le rôle joué par les failles dans les séismes. Il commence par faire remarquer l'intérêt du séisme de Mino-Owari pour son projet, car celui-ci n'est relié à aucune activité volcanique, disqualifiant ainsi une éruption comme cause possible. Le géologue procède également à une brève revue de littérature scientifique de l'époque, principalement pour montrer que la question des relations entre failles et séismes est entière. Kotô consacre ensuite l'essentiel de son article à décrire la géologie des lieux, à rendre compte du tremblement de terre lui-même et, surtout, à caractériser la continuité d'un affleurement de faille (pp. 330-347), malgré une apparente

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

hétérogénéité liée à la variété des terrains traversés. Il montre ainsi une relative régularité, d'ampleur et de direction, des déplacements rocheux sur plus d'une centaine de kilomètres. C'est cette constance qui lui fait conclure que, à la différence d'autres fissures du sol, cette faille n'est pas accidentelle, mais bien partie intégrante du phénomène sismique lui-même. Nous modélisons le travail de Kotô comme le jeu épistémique de « décrire un événement d'affleurement de faille pour déterminer la nécessité de failles dans le phénomène sismique ».

Kotô termine en posant la question de savoir si une faille est une cause ou une conséquence dans le phénomène sismique. Il exprime une position en faveur de la faille comme cause du séisme, mais n'étaie pas cette hypothèse par des éléments empiriques, comme il a pu le faire pour montrer le caractère nécessaire des failles dans les séismes. La situation étudiée apparaît, historiquement, comme d'une trop grande complexité pour lui permettre de le faire (Campillo *in* Thivent, 2006). L'auteur suivant, Harry Reid, vivra, lui, une meilleure opportunité.

Reid (1910)

Face à la catastrophe provoquée par le séisme de San Francisco de 1906 (18 avril, magnitude d'au moins 7,9), le gouverneur de Californie initie une commission de spécialistes, parmi lesquels Harry Reid. Pour son travail, Reid va bénéficier des résultats de trois campagnes de relevés de terrain, deux avant le séisme (1851-1865 et 1874-1892) et une après (1906-1907). Leur analyse comparée va montrer que les déplacements du sol sont maximum au niveau de la faille et s'atténuent avec la distance à celle-ci. Ces déplacements étant horizontaux, Reid écarte la gravité comme cause potentielle du séisme, mais il retient l'élasticité comme seule force à même de rendre compte de leur ampleur. L'analyse des déplacements relatifs du sol va permettre à Reid de montrer une accumulation de contraintes de part et d'autre de la faille. Il argumente ainsi que, en atteignant le point de rupture des roches, ces contraintes vont brutalement se relâcher et entraîner le jeu soudain de la faille. Reid modélise ainsi le jeu d'une faille comme celui d'un rebond élastique. Dans la perspective que nous développons ici, nous analysons le travail de Reid comme le jeu épistémique qui consiste à « expliquer le mécanisme sismique par l'analyse des déplacements relatifs du sol avant et après un tremblement de terre ».

En outre, il nous apparaît significatif que le géologue articule, dans cette étude, théorie et empirie à travers un modèle concret. En effet, pour éprouver ce modèle théorique, Reid va recourir à un modèle concret basé sur les propriétés élastiques d'une « gelée rigide » (*stiff jelly*). Il poursuit par une estimation des forces en jeu et de leur distribution de part et d'autre de la faille. Ceci nous conduit à spécifier un jeu épistémique relatif à cet usage particulier des modèles en sciences que nous décrivons comme « argumenter une hypothèse théorique du mécanisme sismique grâce à un modèle concret » (Santini, *op. cit.*).

Reprise

Les travaux de Mallet, Kotô et Reid concourent à la modélisation moderne du mécanisme sismique. En effet, chacun de ces auteurs a produit un élément de savoir repris dans le modèle actuel. C'est d'ailleurs cette modélisation que poursuivent les sismologues contemporains (Bernard, 2003). Dans le vocabulaire que nous travaillons, nous envisageons cet effort de modélisation dans une mise en système des jeux épistémiques élémentaires analysés. Ces jeux épistémiques élémentaires constituent ainsi un système dont une certaine maîtrise est nécessaire pour être capable de modéliser le mécanisme sismique, le tout surdéterminé par le jeu générique de la pratique géologique. Par ailleurs, l'étude de Dewey & Byerly (1969) sur les débuts de la sismométrie nous amène à considérer la mesure des événements sismiques comme un autre des jeux épistémiques élémentaires participant à la modélisation du phénomène sismique, notamment avec la découverte des microséismes. Nous reprenons ceci avec le tableau ci-après.

Grammaire générique du jeu géologique	Reconstruire une histoire de la Terre, à partir des traces de son activité, qui explique les phénomènes et les événements géologiques, à l'aide d'analogies et de transformations spatio-temporelles permettant d'appréhender des volumes et des durées incommensurables avec l'expérience humaine					
Jeux épistémiques élémentaires pour la modélisation du mécanisme sismique	Déterminer le type de mouvement mécanique (rotation, translation aller-retour, translation simple) et de	Expliquer la formation des ondes sismiques à partir de mesures d'élasticité dans une déformation cassante des	Décrire un événement d'affleurement de faille pour déterminer la nécessité de failles dans le phénomène sismique	Expliquer le mécanisme sismique par l'analyse des déplacements relatifs du sol avant et après un tremblement de terre	Argumenter une hypothèse théorique du mécanisme sismique grâce à un modèle concret (Reid, <i>op. cit.</i>)	Mesurer les événements sismiques (Dewey & Byerly, <i>op. cit.</i>)

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

	phénomène physique associé (train d'ondes) qui rendent compte ensemble des descriptions de tremblements de terre dans la littérature scientifique (Mallet, <i>op. cit.</i>)	roches (Mallet, <i>op. cit.</i>)	(Kotô, <i>op. cit.</i>)	(Reid, <i>op. cit.</i>)		
--	--	-----------------------------------	--------------------------	--------------------------	--	--

Tableau 1 Analyse épistémique du mécanisme sismique

Ce tableau représente une analyse épistémique du mécanisme sismique, dans la perspective actionnelle de transposition didactique, et de modélisation des pratiques sociales de référence comme des jeux, que nous développons. Dans la même veine, nous considérons la compréhension moderne du concept de séisme comme une certaine maîtrise du système de jeux épistémiques élémentaires, au rang desquels ceux que nous avons analysés à partir de notre corpus de données primaires historiques. Il vient alors la question de savoir comment cette maîtrise peut s'élaborer dans les classes.

Analyse didactique de séances de classe

Les professeurs P1 et P3 sont deux professeurs expérimentés, d'une vingtaine d'années d'ancienneté, tous deux maîtres-formateurs mais dans des écoles différentes, et travaillant, professionnellement, la question de l'enseignement des sciences, notamment en référence à la méthode pédagogique « La main à la pâte ». Le choix de travailler avec ces professeurs, dans une perspective de didactique ordinaire (Schubauer-Leoni & Leutenegger, *op. cit.*), est motivé par une volonté d'étudier des pratiques professorales institutionnellement reconnues comme expertes. Parmi les auteurs de cette communication, l'un d'entre nous est dans une posture non-interventionniste (*ibid.*) et l'autre est en position de chercheur-professeur (Sensevy, 1998 ; Santini, *op. cit.*) comme quatrième professeur du dispositif de recherche.

La classe du professeur P1

Analyse macrodidactique

Dans sa classe de CM2, le professeur P1 consacre trois séances aux séismes dans l'étude de la géologie. Lors de la première séance (24 mars), P1 commence par commenter certaines des productions des élèves au pré-test (16 janvier). La classe travaille ensuite sur des compte-rendus de tremblements de terre catastrophiques, à partir desquels P1 fait pointer les caractéristiques du phénomène. P1 poursuit avec l'échelle de Richter et un document mettant en relation la magnitude d'un séisme, ses effets pour la population et la fréquence annuelle d'un tel séisme. La séance se termine par une définition du séisme et une explication de sa mesure.

P1 entame la deuxième séance (26 mars) en faisant intervenir une élève qui raconte ce qu'elle a vécu des tremblements de terre lorsqu'elle habitait en Guadeloupe. Après ce témoignage et quelques questions, P1 fait fabriquer, à chaque groupe, un modèle réduit de ville qu'un élève secoue de manière à figurer un séisme de quinze secondes. P1 demande aux élèves de faire un schéma de leur « ville » avant et après le séisme ainsi que d'expliquer ce qui s'est passé. Les explications portent essentiellement sur la nature des « constructions » et leur distance par rapport à l'élève qui figurait le séisme. P1 interroge alors les élèves sur ce que pourrait être la manière de construire une maison dans une région à risque sismique. La séance se termine par un recueil au tableau d'hypothèses expliquant le phénomène sismique.

Dans une troisième et dernière séance (5 avril), P1 fait travailler les élèves sur un document présentant un schéma de sismographe, un sismogramme et un bloc-diagramme modélisant le jeu d'une faille avec la propagation des ondes sismiques. A l'aide de ces schémas, P1 demande aux élèves de déterminer lesquelles parmi les hypothèses énoncées à la fin de la deuxième séance sont possibles ou impossibles. P1 cherche en particulier à réfuter une hypothèse, amalgamant le séisme et le glissement de terrain dû à la déforestation, en opposant la profondeur atteinte par des racines d'arbres et celle du foyer d'un séisme. Il fait ensuite visionner deux extraits vidéo documentaires mêlant explications, simulations et traces du phénomène sismique, puis il demande aux élèves ce que ces extraits vidéo permettent d'apprendre sur les séismes. La séance s'achève avec le texte de la leçon.

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Au niveau macrodidactique, P1 met en œuvre une démarche inductive. Ainsi, les séismes sont étudiés en premier lieu par leurs manifestations de surface. A partir de ces manifestations de surface, P1 engage progressivement les élèves dans l'étude de la partie souterraine du phénomène et de son explication générale. Une deuxième caractéristique de la pratique de P1 est sa prise en compte des conceptions des élèves dans le déroulement de son enseignement. Cette caractéristique de la pratique de P1 se retrouve sous diverses formes. Tout d'abord, P1 s'est intéressé, dans sa préparation des séances, aux pré-tests des élèves. Il a catégorisé leurs réponses et en a fait un comptage. Ensuite, P1 démarre l'étude des séismes par un commentaire de ces pré-tests où il rend compte aux élèves de succès et d'erreurs préexistants à l'enseignement. Nous trouvons également des occurrences d'un « recueil d'hypothèses au tableau » que nous analysons comme une volonté de rendre publiques les conceptions des élèves. A ces occurrences correspondent des jeux d'apprentissage dans des séances ultérieures qui sont dédiés à la réfutation des conceptions erronées. Enfin, P1 met à l'étude des modèles concrets des phénomènes étudiés. Dans son auto-analyse, P1 énonce considérer comme efficace la réalisation de manipulations concrètes par les élèves pour leurs apprentissages en sciences.

Une analyse microdidactique

L'extrait qui suit se situe au début de la première séance. P1 a fait distribuer un document comportant des compte-rendus de tremblements de terre. Après deux minutes pendant lesquelles les élèves les lisent silencieusement, P1 conduit une étude des textes en posant des questions et en interrogeant des élèves, comme dans l'extrait ci-dessous.

P1 : (...) la durée du séisme ++ la durée du séisme CO
CO : euh + une trentaine de secondes
P1 : une trentaine de secondes dans le premier texte + et dans le deuxième texte + est-ce qu'on vous le dit ou pas + on ne vous dit rien + 30 secondes c'est long ou c'est court
E (plusieurs) : c'est long
P1 : c'est long
E : 30 secondes c'est long
P1 : tu calcules va-z-y tu nous dis 30 secondes + top + va-z-y calcule
(...)
E : stop
P1 : stop + je vous dis ça + je vous dis ça parce que sur dans le pré-test il y avait marqué + je ne sais plus comment c'était dit ++ un tremblement de terre dure plus d'une heure et il y en a 12 qui ont répondu oui là ça dure
E : 30 secondes
P1 : 30 secondes d'accord

Dans cet extrait, P1 appuie son questionnement par une référence aux textes étudiés et sur l'arrière-plan de productions d'élèves préalables à l'enseignement (le pré-test). La construction du phénomène sismique s'élabore alors à partir des potentialités inscrites dans les textes, potentialités qui sont ainsi susceptibles de contribuer au milieu didactique. P1 fait également appel à une mesure objective des durées avec le chronomètre d'un élève, mais c'est principalement les textes qui vont servir de référence. Nous analysons le jeu d'apprentissage dont participe cet extrait comme un jeu d'apprentissage où il s'agit de trouver dans des textes documentaires les informations nécessaires pour répondre à des questions sur les caractéristiques d'un séisme. Dans ce jeu d'apprentissage, les textes constituent un milieu pour le contrat de réponse à des questions.

Cet extrait nous permet également de montrer comment nous caractérisons des jeux épistémiques émergents à partir de l'analyse de l'action didactique. Nous cherchons à spécifier les capacités que pourraient s'approprier les élèves en gagnant au jeu d'apprentissage. Ainsi, à ce moment du déroulement de la séance, l'enjeu de savoir porte sur les caractéristiques des séismes. Leur étude se fait à partir de compte-rendus. Les élèves subsument (cf. note 1) ces événements sous des catégories génériques (e.g. court ou long dans l'extrait *supra*) et décrivent ainsi le phénomène sismique. Le jeu épistémique émergent consiste, ici, à décrire le phénomène sismique à partir de compte-rendus de tremblements de terre.

La classe du professeur P3

Analyse macrodidactique

Pour la première (25 janvier) de ces trois séances consacrées à l'étude des séismes, le professeur P3 distribue un jeu de textes et de photographies, choisis de manière à présenter un éventail depuis le séisme à peine ressenti jusqu'à celui particulièrement meurtrier. Chaque groupe d'élèves produit une affiche sur les caractéristiques d'un

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

séisme avec trois rubriques imposées par P3 (cf. *infra* tableau 2). Ces affiches sont disposées au tableau et débattues sous la conduite du professeur. La séance se termine par une leçon sous la forme d'un texte lacunaire complété par les réponses des élèves.

manifestation :	
durée :	
effets/dégâts :	

Tableau 2 Tableau à remplir dans la première séance de P3

La deuxième séance (30 janvier) est initiée par un titre au tableau : « Comment mesurer l'intensité d'un séisme ? ». P3 demande aux élèves d'y mesurer, sur l'échelle MSK, l'intensité des séismes étudiés lors de la première séance. Ces mesures sont ensuite affichées au tableau et débattues. P3 présente ensuite le fonctionnement du sismographe. Il explique également les avantages de la mesure sur l'échelle de Richter par rapport à l'échelle MSK : elle n'est pas cantonnée aux régions peuplées et elle est absolue. La fin de cette séance est identique à la précédente.

La troisième séance (1^{er} février) commence par un rappel des deux précédentes puis se poursuit par un travail centré sur une carte d'isoséistes. Outre les intensités dans différentes villes, P3 demande aux élèves de formuler une hypothèse expliquant la forme de la carte d'isoséistes. Il les note au tableau en les regroupant en trois énoncés. P3 fait ensuite la démonstration d'une simulation des dégâts d'un séisme dans une ville avec des bâtonnets de bois figurant des constructions. Cette simulation a pour objectif de « valider » l'une des hypothèses notées au tableau. P3 explique ensuite comment le jeu d'une faille est à l'origine d'un séisme et illustre son propos par un bloc-diagramme et des photographies. Cette dernière séance s'achève avec un texte lacunaire et une schématisation de la simulation.

A l'échelle macrodidactique, la démarche de P3 est inductive. L'étude des séismes procède de la surface et du singulier vers la profondeur et le général. Dans la classe, les événements sismiques sont concrétisés par des textes et des photographies. Nous remarquons également que ces trois séances ont un air de famille. Nous pouvons décrire la structure des séances de P3 dans un enchaînement de quatre phases : 1) explicitation de la question à étudier, 2) travail de groupe pour produire des énoncés répondant à cette question, 3) débat à partir de ces énoncés rendus publics au tableau et 4) une leçon sous la forme d'un texte lacunaire à compléter. Cette structure quaternaire est étoffée et aménagée selon les savoirs à enseigner. Elle sous-tend une pratique articulée autour d'un débat rationnel des élèves, sous la conduite du professeur, du type « débat scientifique dans la classe » (Johsua & Dupin, 1989).

Une analyse microdidactique

Le jeu d'apprentissage que nous analysons ici est extrait de la première séance et correspond à la phase de débat scientifique caractéristique de l'enseignement de P3. P3 y demande aux élèves d'apporter leurs productions (cf. tableau 2), pour les afficher au tableau, et à ceux du fond de la classe de venir s'asseoir en tailleur à l'avant. P3 précise que chaque groupe a travaillé les mêmes documents et qu'on devrait donc trouver les mêmes choses dans les différentes affiches. P3 laisse aux E une minute pour lire les affiches puis annonce qu'ils vont travailler par catégories. Il commence par celle des manifestations, dont il rappelle l'acceptation, comme dans l'extrait ci-dessous.

GE : dans manifestation en bleu il y a 40 secondes ça ne va pas dans manifestation

E : non mais c'est 40 secondes de fin du monde

P3 : donc ça irait plutôt dans quoi

E (plusieurs) : dans durée

P3 : on est d'accord hein on est d'accord on irait plutôt dans la durée

E : mais la ville effondrée aussi au

P3 : pourquoi tu l'enlèverais ville effondrée

E : parce que c'est un dégât aussi

P3 : ah il dit que les villes effondrées c'est plutôt des dégâts

E : ben oui c'est des dégâts

P3 : qui n'est pas d'accord qui veut dire pourquoi ils l'ont mis là et pas en bas

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

FR. : parce que c'est une manifestation c'est des villes toutes entières qui tremblent

P3 : ah qui tremblent donc la manifestation c'est le tremblement

FR. : qui sont effondrées

P3 : donc ça ça serait après le tremblement de terre

Juste avant cet extrait, P3 a annoncé que la discussion allait porter sur la catégorie « manifestations » des classements affichés au tableau. Dans l'extrait, les choix d'un classement sont contestés par des élèves. P3 leur fait écho tout en demandant les modifications à apporter. P3 réadresse ces modifications à la classe, puis il les valide. Les élèves comparent ainsi leur travail avec celui des autres, mais également les travaux des autres entre eux. Nous décrivons ceci comme un jeu d'apprentissage de comparaison des classements d'informations issus de compte-rendus de tremblements de terre. L'ensemble des différentes affiches constitue le milieu de ce contrat.

Pour gagner à ce jeu d'apprentissage, les élèves doivent mettre en jeu les raisons qui leur permettent de critiquer un classement. Ces raisons sont étayées par une référence commune au jeu de documents distribués par le professeur. En gagnant au jeu d'apprentissage, les élèves peuvent se rendre d'autant plus capables de jouer à un jeu épistémique émergent consistant à critiquer des descriptions du phénomène sismique à partir de compte-rendus de tremblements de terre (textes et photographies).

Reprise

A l'échelle macrodidactique, les actions didactiques des deux professeurs se différencient par une topogénèse où les élèves de P3 ont, plus souvent, un rôle à jouer avec des jeux d'apprentissage relevant du débat scientifique dans la classe. Ces différences se prolongent à l'échelle microdidactique dans la chronogénèse des jeux d'apprentissage. En effet, la comparaison des extraits analysés montre comment, relativement, les élèves participent plus à l'avancée du temps didactique dans la classe de P3 que dans la classe de P1. En effet, P1 met plutôt en œuvre un questionnement pour faire avancer le temps didactique, tandis que P3 accorde préférentiellement ce rôle à des productions d'élèves dans un débat. En définitive, ces différences topogénétiques et chronogénétiques participent d'une relation contrat-milieu différemment orientée. Dans la classe de P1, le milieu (le texte lu) est adjuvant au contrat, dans le sens où le texte lu contient des réponses qu'il appartient aux élèves de *retrouver*. Dans la classe de P3, le contrat est adjuvant au milieu, dans le sens où la discussion des différentes interprétations des textes permet de reconceptualiser collectivement le système de catégories qui peut les organiser. Ceci nous fait conclure que, dans le déroulement des jeux d'apprentissage, les élèves de P3 approchent, plus que les élèves de P1, les jeux épistémiques émergents de l'action didactique, et qu'ils seraient davantage susceptibles de se les approprier. Nous discutons cette hypothèse dans la suite de notre texte.

Discussion

Des événements au phénomène, en sciences et en classe

La comparaison des analyses historiques et didactiques montrent que, dans les deux corpus, le phénomène de séisme est construit à partir d'un travail de traces des événements sismiques, que ce soit directement sur le terrain, ou indirectement à partir de comptes-rendus. Dans les deux corpus, les descriptions empiriques sont subsumées (cf. note 1) sous un vocabulaire plus générique qui contribue à « modéliser » le mécanisme sismique. Réciproquement, ce sont ces descriptions empiriques qui donnent un contenu précis aux catégories générales (e.g. 30 secondes ou 40 secondes dans les extraits *supra*). D'une manière similaire, mais non identique, le phénomène sismique est modélisé, dans l'histoire des sciences et dans les classes enquêtées, en rendant compte d'événements sismiques. Ceci nous amène à appréhender la pratique de modélisation du sismologue, que nous avons décrite en un système de jeux épistémiques élémentaires, comme une pratique sociale de référence pour les classes étudiées. Pour trivial que cela puisse paraître, ce résultat nous semble nécessaire afin de ne pas en préjuger abusivement, au détriment d'autres possibles.

Jeux épistémiques émergents de l'activité didactique, jeux épistémiques élémentaires de l'activité savante

Nous comparons ici les jeux épistémiques émergents de l'action didactique avec les jeux épistémiques élémentaires de la pratique géologique. Nous cherchons alors des correspondances entre les deux, c'est-à-dire à analyser dans quelle mesure des capacités susceptibles d'être acquises en classe se retrouvent dans la pratique du sismologue. Nous résumons ceci avec le tableau suivant.

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Jeux épistémiques émergent de l'action didactique de P1	Jeux épistémiques émergent de l'action didactique de P3	Jeux épistémiques élémentaires pour modéliser le mécanisme sismique
Décrire le phénomène sismique à partir de compte-rendus de tremblements de terre	Décrire le phénomène sismique à partir de compte-rendus de tremblements de terre Critiquer des descriptions du phénomène sismique à partir de compte-rendus de tremblements de terre (textes et photographies)	Déterminer le type de mouvement mécanique (rotation, translation aller-retour, translation simple) et de phénomène physique associé (train d'ondes) qui rendent compte ensemble des descriptions de tremblements de terre dans la littérature scientifique (Mallet, <i>op. cit.</i>)
Analyser un texte documentaire	Expliquer la forme concentrique des isoséistes	Expliquer la formation des ondes sismiques à partir de mesures d'élasticité dans une déformation cassante des roches (Mallet, <i>op. cit.</i>)
		Décrire un événement d'affleurement de faille pour déterminer la nécessité de failles dans le phénomène sismique (Kotô, <i>op. cit.</i>)
		Expliquer le mécanisme sismique par l'analyse des déplacements relatifs du sol avant et après un tremblement de terre (Reid, <i>op. cit.</i>)
	Critiquer des hypothèses sur le mécanisme sismique à partir du fonctionnement d'un modèle concret	Argumenter une hypothèse théorique du mécanisme sismique grâce à un modèle concret (Reid, <i>op. cit.</i>)
Décrire le fonctionnement d'un sismographe	Mesurer l'intensité de séismes sur l'échelle MSK à partir de leur compte-rendu Critiquer des mesures d'intensité de séismes sur l'échelle MSK à partir de leur comptes-rendu	Mesurer les événements sismiques (Dewey & Byerly, <i>op. cit.</i>)

Tableau 3 Correspondances entre jeux épistémiques émergents et jeux épistémiques élémentaires

Dans ses possibilités d'acculturation au style de pensée (Fleck, 2005) des sismologues, ce tableau fait apparaître une comparaison favorable à l'action didactique de P3 dans son initiation aux pratiques savantes, c'est-à-dire que nous apprécions une « distance » moindre, en nombre et en apodicticité, entre les jeux épistémiques émergents de l'action de P3 et les jeux épistémiques élémentaires des sismologues qu'avec ceux émergents de l'action de P1.

Continuité didactique – épistémique et efficacité

Nous avons déterminé, tour à tour, que les élèves de P3 approchaient plus leurs jeux épistémiques émergents que les élèves de P1 (cf. 4.3) et, parallèlement, que ces jeux épistémiques émergents étaient plus proches des jeux épistémiques élémentaires dans l'action didactique de P3 que dans celle de P1 (cf. 5.2). De ces deux résultats, nous caractérisons alors la continuité entre didactique et épistémique, au sens d'une continuité entre les expériences vécues dans les pratiques didactiques et celles à venir dans les pratiques savantes (Dewey, 1938), comme plus grande dans le cas de P3 que dans celui de P1. Nous concluons, en conséquence, à une meilleure efficacité de la pratique professorale de P3 pour les apprentissages de sismologie.

Afin de garantir plus avant ce résultat, nous poursuivons notre analyse clinique par une analyse des performances des élèves au pré-test/post-test. Dans notre travail, nous codons ces performances de 0 à 3, de manière croissante, comme des variables numériques. Nous reformulons alors notre conclusion d'une meilleure efficacité de la pratique professorale de P3 en une hypothèse à tester au moyen de statistiques non-paramétriques à un seuil de significativité de 5 % :

Hypothèse H_1 : les élèves de P3 atteignent plus souvent que ceux de P1 les valeurs hautes du codage (2 ou 3) car la continuité didactique – épistémique est plus grande dans l'action didactique de P3.

Hypothèse nulle H_0 associée à H_1 : il n'y a pas de différence de répartition des élèves de P1 et P3 entre les valeurs hautes (2 ou 3) du codage et les valeurs basses (0 ou 1).

Pour le pré-test, un test du t de Student ($p = 0,699$) et un test de khi-deux d'homogénéité ($p = 0,023$) ne permettent pas de rejeter H_0 . Pour le post-test, un test du t de Student ($p = 0,026$) et un test de khi-deux d'homogénéité ($p = 0,024$) permettent tous deux de rejeter H_0 . Les différences qui n'étaient pas significatives avant enseignement le sont devenues après enseignement. Ces résultats vont dans le sens d'une validation de H_1 et garantissent ainsi d'autant mieux notre conclusion d'une meilleure efficacité de la pratique de P3 du fait d'une continuité didactique – épistémique plus grande.

La construction du phénomène dans les sciences de la Terre : transposition et référence. Une étude de cas comparée du séisme dans l'histoire des sciences et à l'école élémentaire.

Conclusion

Dans les deux corpus analysés, historique et didactique, la construction du phénomène sismique s'élabore à partir d'événements sismiques. De manière analogue, ces événements fournissent un milieu pour l'action. Ils déterminent ainsi des potentialités, mais ils donnent également un contenu aux catégories générales qui sont utilisées pour modéliser le phénomène. Ce double rôle joué par les événements sismiques dans la modélisation du phénomène de séisme nous amène à interroger une étude de la géologie à l'école élémentaire « en lien avec les événements naturels se produisant au cours de l'année scolaire » (M.E.N., 2012). Notre étude de cas nous fait considérer les potentialités du milieu didactique comme tout aussi déterminantes que son lien avec l'actualité. Pour les professeurs, une survalorisation *a priori* de l'actualité pourrait s'avérer contre-productive.

Cette étude nous a permis également de travailler plus avant la question de l'efficacité des pratiques professorales dans ce qu'elle permet aux élèves de s'approprier de la compréhension conceptuelle. La continuité didactique – épistémique, telle que nous l'avons travaillée dans ce texte, nous apparaît comme un descripteur théorique fécond pour cette étude, car il rend compte de liens entre pratiques didactiques et pratiques savantes conjointement du point de vue des savoirs en jeu et du point de vue de l'action menée en classe.

Bibliographie

- Agnew, D. C. (2002). History of seismology. *International Geophysics*, 81, 3–11.
- ATILF-CNRS. (2004). *Trésor de la langue française informatisé*. Paris : CNRS éditions.
- Bernard, P. (2003). *Qu'est-ce qui fait trembler la terre ?* Les Ulis : EDP Sciences.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Detienne, M. (2009). *Comparer l'incomparable*. Paris : Points.
- Dewey, J., & Byerly, P. (1969). The early history of seismometry (to 1900). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 59(1), 183-227.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York : Collier Books.
- Fleck, L. (2005). *Genèse et développement d'un fait scientifique*. Paris : Belles Lettres.
- Guidoboni, E., & Poirier, J.-P. (2004). *Quand la Terre tremblait*. Paris : Odile Jacob.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations*. Berne : Peter Lang Verlag.
- Kotô, B. (1893). On the cause of the great earthquake in central Japan, 1891. *The Journal of the College of Science, Imperial University, Japan*, 5, 295–353.
- Mallet, R. (1846). On the dynamics of earthquakes. *The Transactions of the Royal Irish Academy*, 21, 51–105.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaitre et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de pédagogie*, 141, 5–16.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2012). Programmes d'enseignement : modification. *Bulletin officiel*, 1.
- Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la terre*. Rennes : PUR.
- Reid, H. F. (1910). Permanent displacements of the grounds. In *The Mechanics of the Earthquake, The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Investigation Commission, Vol. 2* (p. 16-28). Washington, DC: Carnegie Institution of Washington.
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. *Education & Didactique*, 7(2).
- Schubauer-Leoni, M. L., & Leutenegger, F. (2002). Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire. In *Expliquer, comprendre en sciences de l'éducation* (F. Leutenegger & M. Saada-Robert., p. 227–251). Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. (1998). *Institutions didactiques*. Paris : PUF.
- Sensevy, G. (2009). Étude d'un enseignement de la lecture au cours préparatoire : esquisse d'articulation de divers types d'analyse. *Revue française de pédagogie*, 168, 38-58.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. (2012). Le jeu comme modèle de l'activité humaine et comme modèle en théorie de l'action conjointe en didactique. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 7(2), 105–132.
- Sensevy, G., & Quilio, S. (2002). Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique. *Revue française de pédagogie*, 141, 47–56.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (Éd.). (2007). *Agir ensemble*. Rennes : PUR.
- Thivent, V. (2006). Il y cent ans : le séisme de San Francisco. *La Recherche*, 395, 52-57.
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In *Agir ensemble* (G. Sensevy & A. Mercier., p. 93–122). Rennes : PUR.
- Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard.