

Analyse de l'enseignement ordinaire des ondes mécaniques et de ses effets

AHMED BEN JEMAA, SAIDA SADDUKI

*Laboratoire EA 3875 CREAD
Université de Bretagne Occidentale
France*

*Laboratoire ECOTIDI, ISEFC
Université Virtuelle de Tunis
Tunisie
abj.2007@yahoo.fr
sidasaddouki@yahoo.fr*

ABSTRACT

This article is theoretically based on the findings of several studies, which illustrate the difficulties associated with teaching/learning of waves to both high school and college students. Following this observation, we decided to conduct a descriptive and comprehensive study on what occurs during lectures on mechanical waves, when students encounter for the first time basic concepts of the wave such as vibration, propagation medium and celerity.

KEYWORDS

Ordinary teaching, epistemic density, topogenesis, wave, celerity

RÉSUMÉ

Les fondements de cet article se basent sur les résultats de plusieurs travaux de recherche, qui illustrent des problèmes liés à l'enseignement-apprentissage des ondes aux élèves aux lycées qu'aux étudiants au supérieur. Suite à ce constat, nous avons décidé de faire une étude descriptive et compréhensive, de ce qui se passe au cours de l'enseignement des ondes mécaniques avec des élèves, lorsqu'ils rencontrent pour la première fois l'étude des concepts basiques de l'onde, tel que l'ébranlement, le milieu de propagation et la célérité.

MOTS-CLÉS

Enseignement ordinaire, densité épistémique, topogénèse, onde, célérité

INTRODUCTION

Plusieurs travaux de recherches scientifique montrent l'existence des difficultés d'apprentissage liées au concept onde. Dans le monde francophone, les principaux résultats de ces recherches sont à l'actif de Maurines (1999, 2002, 2003), Maurines & Mayrargue (2001) et Ben Jemaa (2017). Que dans le monde anglo-saxon, une étude semble particulièrement intéressante. est celle de Tongchai et al. (2011), elle est menée en parallèle dans deux pays l'Australie et la Thaïlande avec des élèves de lycée et des étudiants de première et de deuxième année de l'enseignement supérieur, ces auteurs dévoilent que la situation est beaucoup plus compliquée pour les étudiants à l'université lors de l'apprentissage d'autres concepts plus

approfondis comme dans le cas de la mécanique quantique, en même temps, ils pensent que la résolution de cette difficulté de compréhension peut se faire au niveau secondaire. Nous constatons ainsi que ces difficultés sont de même type quel que soit le pays, et qu'elles ne dépendent pas en apparence du contexte d'enseignement. Nous sommes intéressés dans cette recherche par une conception identifiée par Maurines et Saltiel (1988) appelée hybride capitale, c'est que les élèves pensent que « *la source semble communiquer quelque chose à la corde lors de la formation du signal, quelque chose qui se déplace et reste localisé dans la bosse. Les élèves l'appellent le plus souvent force ; mais c'est en réalité une notion hybride, mélange de force, de vitesse, d'énergie* ». Cette conception se manifeste généralement lors de l'étude de la célérité de l'ébranlement ou de l'onde. Pour mieux comprendre les effets d'un tel enseignement ordinaire sur les difficultés liées à l'apprentissage des concepts clés des ondes mécaniques, nous proposons de faire une étude descriptive et compréhensive, de ce qui se passe au cours de l'enseignement des ondes mécaniques à une classe de terminale scientifique, ceci afin de répondre à deux questions principales de cette recherche : Quelles sont les dimensions du quadruplet (définir, réguler, d'évoluer et institutionnaliser) que l'on observe dans la pratique de l'enseignant au cours d'une séance ? Quelles sont les positions topogénétiques prises par les élèves et par l'enseignant au cours de cette séance d'enseignement et quel est son rapport avec la densité du savoir ?

CADRE THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Pour répondre à ces questions, nous nous situons dans le cadre de l'observation d'un enseignement ordinaire des ondes mécaniques au lycée tunisien. Alors pour réaliser une analyse des pratiques en classe, nous nous situons dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011). Nous pensons que cette théorie offre des outils qui permettent non seulement de décrire ce qui se passe dans l'action professeur/élève mais aussi de comprendre cette action. Pour se faire nous avons choisi un enseignant expérimenté, de ce fait, il connaît bien les difficultés rencontrées par les élèves au cours de l'enseignement des ondes. Notre étude empirique comprend une classe de 21 élèves francophones, soit 16 filles et 5 garçons. Le lycée concerné se trouve dans la banlieue de Tunis dans une zone populaire.

Notre recueil des données est basé sur l'enregistrement vidéo de la séance d'enseignement. Nous avons utilisé une caméra mobile et une autre fixe au fond de la classe. Ces enregistrements sont notre principale source de données. « *La méthodologie d'observation de la didactique ordinaire suppose un dispositif de recueil de données à faible valence "expérimentale" et un dispositif d'analyse à forte valence "clinique". C'est pourquoi, certains didacticiens comparatistes ont parfois l'habitude de nommer cette méthodologie "clinique expérimentale"* » (Marlot, 2007, p. 155).

Notre méthodologie adoptée s'appuie sur un découpage de l'action professeur-élèves de taille et de granularité différentes qui, « *dans leur dimension temporelle, représentent des échelles différentes qui font apparaître des événements inaperçus à l'échelle supérieure ou inférieure* » Marlot (2007, p. 164). Alors nous commençons notre analyse par une description détaillée de ce qui se passe au cours de la séance d'enseignement. Ensuite, nous découpons la description ainsi obtenue sous des sections allant du plus grand au plus petit : la phase qui correspond à l'enseignement d'un des concepts visés, ensuite la scène qui correspond généralement à une interaction professeur-élèves.

Ce gabarit présenté sert de fondement au découpage qui va être fait suivant des granularités que nous allons expliquer par la suite. Nous avons choisi un découpage de la séance suivant trois niveaux : l'échelle macroscopique qui correspond au temps thématique, c'est-à-dire à un thème à enseigner au cours de la séance ; l'échelle mésoscopique qui correspond à un

jeu didactique ; l'échelle microscopique qui correspond à un épisode qui peut durer de quelques secondes à quelques minutes. Notre choix méthodologique est de commencer d'une analyse générale vers une analyse plus fine.

TABLEAU 1

Les différentes colonnes qui constituent le synopsis d'une séance

Temps	Phases	Scènes	Déroulement		Observations
			Rôle du professeur	Activité des élèves	

L'analyse de l'enseignement ordinaire nous conduit à une analyse des jeux didactiques qui sont réalisés en classe et cela pour comprendre la nature d'un tel enseignement proposé par le professeur. Notre rôle se limite à l'observation et à l'analyse de ce qui est produit en classe. Étant donné qu'un jeu peut atteindre une vingtaine de minutes, nous avons opté pour un découpage plus fin en épisodes, En effet chaque épisode est alors dédié à un joueur. Nous pensons que ce découpage nous permet de visionner comment le jeu a été effectué et de repérer alors le basculement topogénèse enseignant-élève ou élève-enseignant. Cela nous renseigne sur les stratégies d'enseignement adoptées par l'enseignant.

Les principes de l'analyse

Des descripteurs liés à l'avancée du savoir

Notre analyse de l'avancée du savoir repose sur deux descripteurs, la topogénèse et la densité épistémique de chaque épisode. Nous pensons que ces descripteurs peuvent localiser les moments clés de la séance, c'est-à-dire déterminer par qui et comment le savoir évolue au cours de l'enseignement, et déterminer ainsi l'implication ou non des élèves dans ce processus.

La topogénèse est un descripteur interprétant celui qui assure la responsabilité dans l'avancée des savoirs. Elle est :

- TCP_H : Lorsque la position topogénétique de l'enseignant est haute alors elle est basse du côté de l'élève.
- TCP_B : Lorsque la position topogénétique de l'enseignant est basse alors elle est haute du côté de l'élève.
- Équilibré : La topogénèse est équilibrée appelée aussi mixte, si les deux intervenants interagissent ensemble pour assurer l'avancée de savoir. C'est lorsque le professeur produit des gestes « *en respect des grands équilibres didactiques, en particulier de l'équilibre topogénétique : il peut passer de la position (très) basse [...] à la position (très) haute* » (Sensevy, 2011, p. 230).

À l'instar de Ben Jemaa (2017) la densité épistémique est définie selon quatre critères, qui sont évalués qualitativement :

- Très élevée : lorsque la quantité de savoirs nouveaux est très grande et son introduction dans le milieu est très rapide. C'est le cas lorsque le professeur annonce plusieurs concepts nouveaux en même temps sans donner d'explications.
- Élevée : lorsque la quantité des savoirs nouveaux est importante et son introduction dans le milieu permet un suivi plutôt aisé par les élèves.
- Faible : lorsqu'il s'agit de savoirs déjà rencontrés par les élèves en sciences physiques.
- Très faible : lorsqu'il ne s'agit pas de savoirs spécifiques aux sciences physiques mais des savoir-faire qui sont épistémiquement liés à plusieurs disciplines ou rattachés à la vie courante.

Construction des tableaux d'analyse

Notre synopsis primaire est repris et développé pour répondre aux exigences déjà fixées en guide méthodologique : thème, jeu et épisode. Nous avons aussi ajouté deux colonnes, l'une pour l'avancée du savoir et l'autre pour les événements remarquables. Jameau (2012, p. 66) les décrit ainsi : « Ils sont identifiés par le chercheur au moment de prises de décisions du professeur, dans l'action. Ces événements peuvent être la question d'un élève ou du professeur, une réponse, une attitude, etc... ». Ce tableau sera le support de l'analyse de l'enseignement ordinaire. Nous donnons ici la structuration de ces tableaux.

TABLEAU 2
Structure du tableau d'analyse des séances d'enseignement ordinaire

Durée	Thèmes	Jeux didactique	Episodes		Avancée du savoir		Evènements remarquables
			N°	Description	Topogenèse	Densité épistémique	

Le quadruplet : définir, d'évoluer, réguler, institutionnaliser

Nous citons les définitions du quadruplet à l'instar des auteurs Sensevy, Mercier et Schubauer-Leoni (2000). La définition indique les règles que l'enseignant met en œuvre pour créer les conditions qui permettent aux élèves de gagner le jeu. La dévolution regroupe l'ensemble des comportements et les stratégies produites par le professeur pour que les élèves prennent la responsabilité de jouer le jeu. La régulation indique l'ensemble des attitudes et les stratégies du professeur pour amener les élèves à produire des stratégies gagnantes. L'institutionnalisation est le processus par lequel les connaissances sont confirmées.

ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES*Premier niveau d'analyse : Construction du tableau d'analyse*

Notre tableau d'analyse tient compte des différentes granularités d'analyse et de la description de l'avancée du savoir, la topogénèse et la densité épistémique. Ce tableau d'analyse de la première séance montre que la séance a duré 1 heure 45 minutes où l'enseignant a traité trois thèmes : milieu élastique, ébranlement et célérité d'un ébranlement.

Deuxième niveau d'analyse : Analyse des thèmes

À partir du synopsis, nous constatons que les thèmes enseignés répondent aux objectifs institutionnels de cette première séance. Néanmoins, l'enseignant n'a pas accordé beaucoup d'intérêt à la notion du milieu élastique. Par contre, il était très attentif à l'enseignement de la célérité de l'ébranlement qui a duré 39 min.

Troisième niveau d'analyse : Analyse en jeux didactiques

Nous traitons les jeux en lien avec leurs thèmes d'origine¹, c'est-à-dire que nous gardons chaque jeu dans son contexte thématique. Par conséquent, nous effectuons l'analyse des jeux par thème déjà cité dans le paragraphe précédent.

¹Le Jeu 1 n'est pas analysé ici car il s'agit d'un jeu introductif aux différents thèmes

Thème milieu élastique

Ce thème dure 3 minutes 54 s ; il est constitué de deux jeux :

Jeu 2 : Présentation du matériel et Expérience. Durée totale 1min17s.

Jeu 3 : Définition d'un milieu élastique (2min36s).

Nous constatons durant ce thème que pour aucun épisode la topogénèse est du côté élèves.

Thème notion d'ébranlement

La durée totale de ce thème est de 54 minutes 49 secondes. Ce thème est formé de six jeux comme suit :

Jeu 4 : Introduire la notion d'un ébranlement. Durée 2min18s.

Jeu 5 : Définir un ébranlement. Durée 2min4s.

Jeu 6 : Ebranlement transversal. Durée 7min47s.

Jeu 7 : ébranlement longitudinal. Durée 10min48s.

Jeu 8 : Ebranlement dans un milieu bidimensionnel. Durée 27min49s, dont 18 min sont mis par les élèves et leur enseignant pour se déplacer à un autre laboratoire équipé pour réaliser une expérience.

Jeu 9 : Ebranlement dans un milieu tridimensionnel. Durée 9min32s.

Durant tous les épisodes de ce thème, la topogénèse est du côté de l'enseignant, sauf un épisode, où topogénèse est du côté élèves, d'une durée de 39 s et de très faible densité épistémique.

Thème célérité d'un ébranlement : effet zoom

Rappelons que nous sommes intéressés dans cette recherche par la conception hybride capitale, identifiée par Maurines (1988). Alors nous citons d'abord les différents jeux au cours de ce thème qui figurent dans le tableau d'analyse :

Jeu 10 : Notion de la célérité d'un ébranlement.

Ce jeu d'une durée de 8 min comporte deux épisodes où la topogénèse est du côté professeur et de densité épistémique élevée. Il n'y a aucune interaction verbale entre les élèves et leur enseignant.

Jeu 11 : Mesure de la célérité d'un ébranlement.

La durée de ce jeu est très importante puisqu'elle atteint 17 minutes 28 secondes. Nous repérons 8 épisodes dont sept de topogénèse du côté du professeur et de densité épistémique élevée, et un épisode de topogénèse du côté élèves mais de densité épistémiquement faible. De plus, nous constatons que l'expérience proposée par l'enseignant échoue à quatre reprises. Celui-ci reconnaît cet échec ; c'est pourquoi il donne des résultats « parachutés » aux élèves pour qu'il puisse continuer l'enchaînement de son cours (dernier épisode du jeu 11 de densité épistémique élevée).

Jeu 12 : La célérité de l'ébranlement dépend des propriétés de milieu de propagation :

Ce jeu dure 13 minutes 33 secondes. Il comporte 5 épisodes, de topogénèse du côté professeur dont quatre de densité épistémiquement très élevée et un faible qui consiste à comparer des valeurs de célérité. Notons que le premier épisode de ce jeu aboutit à un résultat « parachuté » d'une expérience qui n'est pas faite. Nous pouvons donc conclure que ce jeu est joué en totalité par l'enseignant en absence de toutes interactions du côté des élèves.

Topogénèse et densité épistémique

Nous avons choisi deux descripteurs de l'avancement du savoir : topogénèse et densité épistémique. Nous présentons ici un extrait du tableau d'analyse de la séance

TABLEAU 3

Tableau extrait du tableau d'analyse de la première séance

Durée	Thèmes	Jeux didactiques	Episodes		Avancée du savoir		Evénements remarquables
			N°	Description	Topogénèse	Densité épistémique	
1 :06 :02		Jeu 10 Notion de la célérité d'un ébranlement Durée 8min	Ep_10.1 Durée 4min8s	L'enseignant commence par faire au tableau un schéma d'une déformation en deux instants différents et il introduit que l'ébranlement se déplace avec une célérité égale au rapport distance sur durée de temps les élèves reproduisent sur leur copies le schéma du tableau et la formule de la célérité	TCP_H	Élevée	Sans indiquer que c'est la vitesse est constante
1 :10 :10			Ep_10.2 Durée 3min52s	Le professeur dicte et explique le retard du temps mis par l'ébranlement pour parcourir la distance SA et donne aussi l'unité en SI	TCP_H	Élevée	

Ce tableau d'analyse nous a permis de regrouper les descripteurs et de leurs catégorisations dans le tableau suivant :

TABLEAU 4

Tableau illustrant l'avancée du savoir du thème 3

Densité épistémique	Très élevée										X	X		X	X	
	Elevée	X	X	X	X					X						
	Faible												X			
	Très faible					X	X	X	X	X						
Episode		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
Jeu		Jeu 10		Jeu 11								Jeu 12				
		 Topogénèse haute (du côté de l'enseignant)										 Topogénèse basse (du côté des élèves)				

Ce dernier montre que ce thème comporte 14 épisodes sur 15 où la topogénèse est du côté du professeur et un seul épisode du côté des élèves. De plus pour ce même épisode, la densité épistémique est très faible. De même, cinq épisodes du jeu 11, qui sont dédiés à la mesure de la célérité de l'ébranlement, sont de très faible densité épistémique. Ils ont une durée de 9 minutes 44 secondes, soit 55,7% du temps accordé à ce thème. L'enseignant n'a pas réussi à illustrer cette partie du cours par des expériences qui sont à sa disposition, en effet les expériences sur paille dans ce cas ne sont pas concluantes.

CONCLUSION

Du point de vue institutionnel, l'enseignant a réussi à donner un cours qui touche en profondeur les objectifs visés. Du point de vue didactique, nous avons constaté que la topogénèse est pratiquement toujours du côté de l'enseignant (84.78% des épisodes), nous pensons alors que la part de la responsabilité des élèves dans les transactions didactiques est faible. Néanmoins, on peut constater que pour les quatre épisodes où la topogénèse est du côté des élèves, 3 parmi ces épisodes la densité épistémique très élevée.

TABLEAU 5*Tableau illustrant l'avancée du savoir au cours de la séance*

Topogenèse Densité épistémique	Topogenèse cote prof Haute	Topogenèse mixte	Topogenèse coté prof basse
Très élevée	14	1	3
Elevée	13	0	0
Faible	4	2	1
Très faible	8	0	0
Bilan	39	3	4
Pourcentage	84.78%	6.52%	8.69%

En se référant au quadruplet « définir, réguler, dévoluer et institutionnaliser » (Sensevy, Mercier & Schubauer-Leoni, 2000, p. 266) nous pouvons prendre position par rapport à chacun de ces éléments. Pour le premier, l'enseignant crée parfois des conditions de gain du jeu mais nous avons constaté que les conditions qu'il propose ne donnent pas de résultat. En ce qui concerne la régulation, elle est présente le long de la séance du cours, mais marquée par l'effet Topaze. Pour la dévolution, est pratiquement absente. Enfin pour l'institutionnalisation, la validation des connaissances des élèves est toujours donnée par l'enseignant. Il présente les conditions de validation mais c'est lui qui fournit les réponses. Il n'y a donc pas d'institutionnalisation au vrai sens du mot.

D'après ce qui précède, nous constatons que l'approche d'enseignement adoptée est loin d'être efficace puisque le professeur prend une position topogénétique haute durant pratiquement toutes les séances. Dans ce cas, nous pensons que le rôle des élèves est de mémoriser le contenu des cours sans produire des interactions pour manifester leurs compréhensions ou non du contenu de leur cours.

RÉFÉRENCES

Ben Jemaa, A. (2017). *Une ingénierie didactique fondée sur une démarche d'investigation avec simulation pour enseigner les ondes mécaniques au lycée*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale et Université Virtuelle de Tunis, Rennes, France-Tunis, Tunisie.

Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences, analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Rennes, France.

Marlot, C. (2007). Analyse de l'action du professeur en classe ordinaire : Formes méthodologiques de réduction du corpus et gestion de la disparité des unités de découpage de l'action. In D. Lahanier-Reuter & E. Roditi (Eds), *Questions de temporalité, les méthodes de recherche en didactique* (pp. 153-172). Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.

Maurines, L. (1999). La propagation des ondes en dimension 3 : analyse des difficultés des étudiants quant au modèle géométrico-ondulatoire. *Didaskalia*, 15, 87-122.

Maurines, L. (2002). Le raisonnement des étudiants dans la physique des ondes. *Bulletin de la Société Française de Physique*, 137, 30-46.

Maurines, L. (2003). Analyse des difficultés des étudiants à propos des concepts de phase et de surface d'onde, du principe de Huygens. *Didaskalia*, 22, 9-39.

Maurines, L., & Mayrargue, A. (2001). Regards croisés de l'histoire des sciences et de la didactique de la physique sur le concept d'onde. In *Actes de l'université d'été, La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques* (tome 1, pp. 74-85). Poitiers.

Maurines, L., & Saltiel, E. (1988). Mécanique spontanée du signal. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 707, 1023-1041.

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

Sensevy, G. M., Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur : À propos de la Course à 20. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(3), 263-304.

Tongchai, A., Devi Sharma, M., Johnston, I. D., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2011). Consistency of students' conceptions of wave propagation: Findings from a conceptual survey in mechanical waves. *International Journal of Science Education*, 31(18), 2437-2457.