

Analyse comparative entre le scénario d'une séance de travaux pratiques par investigation et sa mise en œuvre en classe

AHMED BEN JEMAA^{1,2}, JEAN-MARIE BOILEVIN², CHIRAZ BEN KILANI¹

¹ ECOTIDI, ISEFC
Université Virtuelle de Tunis
Tunisie
abj.2007@yahoo.fr
chiraz.kilani@yahoo.fr

² EA 3875 CREAD
Université de Bretagne Occidentale
France
jean-marie.boilevin@espe-bretagne.fr

ABSTRACT

In this article, we present a methodology for analyzing a FCDR-type investigation activity (Forecasting, confrontation, discussion and resolution). Within the framework of the theory of joint action in didactics (TACD), this methodology is based on descriptors of the situations allowing a comparison of the potentially playable games and the games actually played during the implementation in class of scientific terminal of a pedagogical scenario based on an investigation approach using a computer simulation.

KEYWORDS

Inquiry, simulation, TACD, PCDR, mechanical wave

RÉSUMÉ

Nous présentons dans cet article une méthodologie d'analyse d'une activité d'investigation de type PCDR (Prévision, confrontation, discussion et résolution). Celle-ci, s'inscrivant dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD), repose sur des descripteurs des situations permettant une comparaison des jeux potentiellement jouables et des jeux effectivement joués lors de la mise en œuvre en classe de terminale scientifique d'un scénario pédagogique fondé sur une démarche d'investigation avec usage d'une simulation informatique.

MOTS-CLÉS

Démarche d'investigation, simulation, TACD, onde mécanique

INTRODUCTION

Nous présentons dans cette communication une partie d'une recherche ayant pour objet une ingénierie didactique fondée sur une investigation et prenant appui sur une simulation informatique. Cette étude vise à résoudre d'une part, les difficultés des élèves lors de l'enseignement des ondes mécaniques et, d'autre part, envisage la formation des enseignants

novices en matière d'enseignement par investigation. Elle s'appuie sur un constat fondé sur une revue de la littérature scientifique (Ben Jemaa & Boilevin, 2016a, 2016b; Maurines, 2003; Maurines & Mayrargue, 2001; Tongchai et al., 2011) : tous ces travaux montrent l'existence de difficultés d'apprentissage liées au concept d'onde mécanique et indépendantes du contexte d'enseignement. L'idée fortement partagée par beaucoup de ces chercheurs est que la majorité des élèves de lycée développent des conceptions erronées au cours de l'enseignement du concept d'onde. Ces conceptions sont de deux sortes. La première est une conception de type « hybride capital » où la vitesse de propagation d'un signal dépend de la force exercée qui l'a créé. L'onde mécanique, pour ces élèves, est un mélange de force et d'énergie (Maurines, 1999). La seconde conception est qualifiée « d'onde serpente » : les élèves considèrent que l'onde mécanique avance par ajout de bosses (Maurines, 2003). L'ingénierie didactique que nous avons développée a pour objectif de surmonter les difficultés d'enseignement-apprentissage des ondes mécaniques pour des élèves de terminale scientifique. Pour ce faire, nous avons développé un scénario de travaux pratiques (TP) reposant sur une investigation prenant appui sur une simulation informatique. Nous abordons l'analyse de la mise en œuvre de ce scénario en classe sous l'angle de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) en recherchant des descripteurs des situations qui permettent une comparaison du prévu et du réalisé.

Dans un premier temps, nous présentons le scénario de travaux pratiques (TP) et quelques notions de la TACD. Dans un deuxième temps, nous présentons l'aspect de notre méthodologie pour proposer une étude comparative entre une partie du scénario de la séance de TP et sa mise en œuvre en classe.

CADRE THÉORIQUE

Une ingénierie didactique est caractérisée par un schéma expérimental fondé sur « la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement » (Artigue, 1990). Elle est aussi caractérisée selon le même auteur par son mode de validation interne nécessitant d'installer un modèle d'analyse particulier. Pour notre part, nous avons choisi le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy & Mercier, 2007; Sensevy, 2011) pour construire un tel modèle d'analyse inspiré de plusieurs travaux (Cross & Grangeat, 2014; Le Henaff, 2013; Marlot, 2007; Santini, 2012).

Scénario pédagogique : enseignement par Prévission, Confrontation, Discussion et Résolution (PCDR)

Nous avons opté pour une transposition de la « démarche d'investigation » proposée par Ben Jemaa et Boilevin (2016a, 2016b) appelée approche d'enseignement par PCDR. Il s'agit d'une approche en quatre moments : moment de **P**révission, moment de **C**onfrontation, moment de **D**iscussion et moment de **R**ésolution. En effet, au cours de cette approche, l'élève réalise des tâches qui ne se limitent pas à l'aspect expérimental. Il participe à la validation des propositions des autres élèves, au choix argumenté entre plusieurs méthodes, plusieurs hypothèses. Il résout les éventuels conflits cognitifs en convoquant les lois de la physique relative aux ondes mécaniques, objet d'un enseignement précédent.

Par ailleurs, l'onde mécanique est un phénomène abstrait et trop rapide pour être observé facilement. Nous avons donc choisi une simulation informatique qui sera le support didactique d'expérimentation. À l'instar de Richoux et Beauvils (2005), cette simulation a fait l'objet d'une étude des différents registres sémiotiques utilisés.

Notions du contrat et du milieu dans la TACD

Selon Sensevy et Mercier (2007, p. 19) « *le contrat didactique propre à une situation didactique peut alors se concevoir comme un système d'habitudes engendrant lui-même un système d'attentes, système actualisé par cette situation particulière* ». Le milieu est le support qui porte les actions des élèves et de leur enseignant. À l'instar de Sensevy (2011), nous constatons alors que le milieu et le contrat sont inséparables, et que le changement du milieu nécessite un changement du contrat.

Les concepts de jeux dans la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD)

En se référant à Sensevy (2011), un jeu didactique est considéré comme un jeu entre le professeur et les élèves, où ces joueurs coopèrent entre eux, c'est-à-dire agissent de manière conjointe (mais pas forcément symétrique). Santini (2012) propose un classement de la notion de jeu selon leurs spécifications. La première spécification est celle du jeu didactique, la deuxième spécification est celle du jeu d'apprentissage, la troisième est celle du jeu épistémique. L'auteur ajoute que ce dernier jeu est caractérisé par le modèle de la pratique qui sert de référence. Ajoutons qu'un jeu est dit spécifique lorsque les savoirs en jeu font partie de l'enseignement visé au cours de la séance et qu'un jeu est dit générique lorsque les savoirs en jeu peuvent être utilisés dans plusieurs situations d'enseignement et appartiennent ainsi aux habitudes d'action dans la classe (Marlot, 2007).

Notion de jeu d'investigation

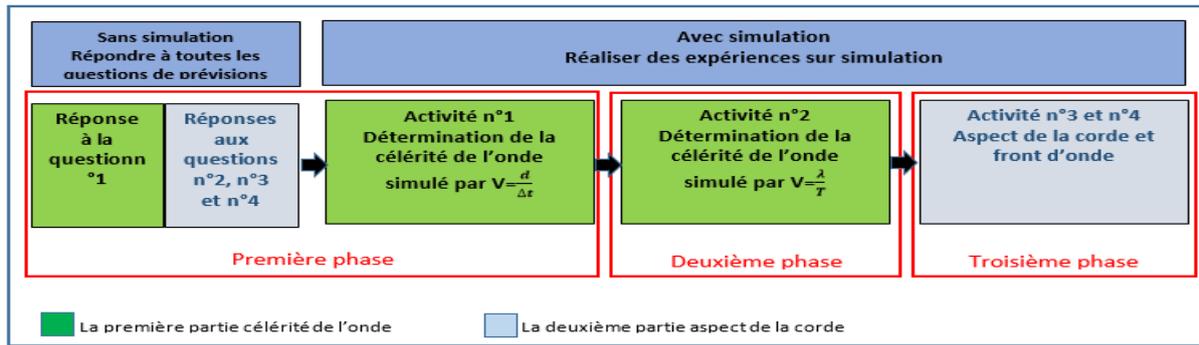
La méthodologie que nous avons développée a pour objectif de faire une analyse comparative entre ce qui est prévu et ce qui est réalisé au cours de la séance. Pour cela, nous avons catégorisé les jeux pour identifier les jeux prévus par l'approche adoptée en ciblant uniquement ceux qui appartiennent à l'approche d'enseignement par PCDR. En conséquence, nous avons défini les jeux comme suit :

- Jeu d'investigation : C'est un jeu d'apprentissage qui coïncide avec un des quatre moments de l'enseignement par PCDR.
- Jeu de préparation : C'est un jeu d'apprentissage nécessaire pour entamer un jeu d'investigation. Il s'agit d'un jeu initié par l'enseignant.
- Jeux de transition : C'est un jeu d'apprentissage nécessaire au passage d'un jeu d'investigation à un autre.

MÉTHODOLOGIE DE PRISE DE DONNÉES ET D'ANALYSE***Contexte de l'étude – Recueil de données***

Notre étude concerne une classe de terminale scientifique d'un lycée de la banlieue de Tunis comprenant 21 élèves francophones âgés de 18 à 20 ans. Nos données sont constituées des enregistrements vidéo et audio d'une séance de TP d'enseignement sur simulation des ondes où l'enseignant a adopté l'approche d'enseignement par PCDR. Le contenu concerne les ondes mécaniques le long d'une corde tendue, en accord avec le programme officiel du ministère tunisien de l'éducation. Notons que la séance comporte trois phases dont chaque phase vise, à partir de l'enseignement par PCDR, un concept particulier et que nous ne nous intéressons ici qu'à la deuxième phase (figure 1).

FIGURE 1



Les différentes phases de la séance

Notons que le moment de prévision est inclus dans la première phase, ce moment consiste à répondre à la question suivante :

1. Question n°1 : Choisir la bonne réponse
 Si on excite une corde élastique avec deux amplitudes différentes $a_1 < a_2$ Les vitesses de propagation de l'ébranlement seront :

a) $V_1 > V_2$

b) $V_1 < V_2$

c) $V_1 = V_2$

Analyse des données

Une analyse a priori du scénario amène à un découpage de la phase en jeux didactiques potentiellement jouables, en termes de jeux d'apprentissage que nous présentons comme suit :

Jeu numéro 1 (J1) : Mesure de la longueur d'onde

Jeu numéro 2 (J2) : Mesure de la période temporelle

Jeu numéro 3 (J3) : Calcul de la célérité et sa confrontation avec la réponse sur la question de la prévision.

Jeu numéro 4 (J4) : Discussion avec les pairs

Jeu numéro 5 (J5) : Confirmation et résolution par les lois de la physique. Le résultat c'est que, la vitesse de propagation d'une onde ne dépend pas de son amplitude. Alors la force avec laquelle on a excitée la corde pour propager une onde dans un milieu élastique n'a aucun effet sur sa célérité.

Jeu numéro 6 (J6) : Critique de la réponse à la première question

ANALYSE ET RÉSULTATS

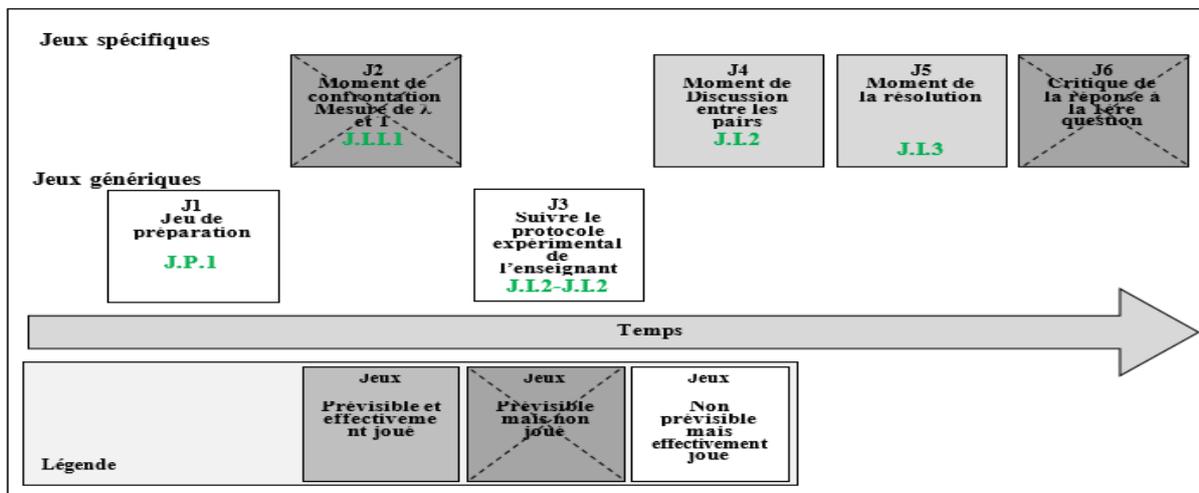
Une analyse de la deuxième phase de la séance mise en œuvre en classe montre qu'elle dure 20 minutes 28 secondes. Notons que cette phase porte sur la détermination de la vitesse de propagation de l'onde, par détermination expérimentale de la période temporelle T et de la période spatiale λ de l'onde.

Analyse en jeux d'apprentissage

À partir du synopsis déjà construit, nous avons préparé un tableau d'analyse et cela en adoptant la catégorisation en termes de jeu d'apprentissage (jeu d'investigation, jeu de préparation ou jeu de transition).

Nous identifions ensuite les différents jeux qui coïncident avec les moments de l’enseignement par PCDR, c’est-à-dire les jeux correspondant aux jeux d’apprentissage potentiels. Par conséquent, nous détectons de près les origines des décisions de régulation prises par l’enseignant aidant à l’avancée du savoir en jeu. Les régulations entraînent en général l’extinction d’un jeu prévu ou la création d’un nouveau jeu d’apprentissage. Enfin, nous réalisons tous les transcrits de la discussion plénière gérée par l’enseignant, ce qui correspond au dernier moment de l’enseignement par PCDR. C’est le moment qui entraîne la résolution des conflits cognitifs créés au cours du moment de la confrontation des conceptions des élèves au résultat obtenu par simulation des ondes mécaniques.

FIGURE 2



Déroulement des jeux d’apprentissage en fonction du temps 2ème phase

Nous obtenons cinq jeux d’apprentissage dans cette deuxième phase répartis comme suit : un jeu de préparation non prévu au début de la phase, trois jeux d’investigation qui sont prévu et qui coïncident avec trois moments (confrontation, discussion et résolution) parmi les quatre moments de l’enseignement par PCDR, et un seul jeu de transition qui est aussi comme le premier non prévu. Notre analyse en jeux d’apprentissage de la deuxième phase est résumée dans le schéma suivant qui présente leur enchaînement chronologique.

Jeu 1 : jeu de préparation J.P.1 : Ce jeu qui n’était pas prévu dure 4 minutes 14 secondes, où l’enseignant fait un court rappel sur les sinusoides d’espace et du temps.

Jeu 2 : jeu d’investigation J.I.1 : Ce premier jeu d’investigation correspond au deuxième moment de la PCDR. Il s’agit du moment de la confrontation des conceptions par la simulation. Ce jeu a une durée de 2 minutes 4 secondes. En se référant à notre analyse a priori initiale, nous avons prévu trois jeux, le premier (J1) pour la détermination de la période T, le deuxième (J2) pour la détermination de la longueur d’onde λ et le troisième (J3) pour le calcul de la célérité. Mais l’enseignant les fusionne dans la séance réelle en un seul jeu 2. Le problème inattendu, c’est que les élèves n’ont aucune idée sur la manière de déterminer la période temporelle T. Alors ce jeu envisagé n’est pas joué comme le montre la question de l’enseignant « comment peut-on mesurer la période T ? » qui demeure sans réponse. L’enseignant s’aperçoit que ses élèves sont incapables de déterminer expérimentalement la période de l’onde bien que la simulation donne cette possibilité par deux méthodes décrites dans le jeu 2 prévu

Jeu 3 : jeu de transition J.I.1-J.I.2 : Les conditions précédentes amènent l’enseignant à créer un nouveau jeu d’ordre générique, un jeu, qui a duré cinq minutes 21 secondes. Dans ce jeu, le professeur rappelle le cours, il explique que chaque point de la corde est muni d’un

mouvement sinusoïdal, et que donc, il suffit de déterminer la période du mouvement d'un de ces points. Il montre alors qu'il suffit de faire la même chose pour déterminer la période T et de mesurer la durée Δt relative à 10 oscillations, la période est alors $\Delta t/10$. Pour la première fois, les élèves s'aperçoivent que le mouvement d'un point de la corde ressemble à celui d'un pendule élastique vertical.

Jeu 4 : jeu d'investigation J.I.2 : Ce quatrième jeu d'investigation prévu a une durée de 3 minutes 50 secondes. C'est le moment de discussion entre les pairs après avoir fait les calculs de célérité de l'onde.

Jeu 5 : jeu d'investigation J.I.3 : Ce jeu a duré 3 minutes 45 secondes. L'enseignant récupère les valeurs de la célérité de l'onde trouvées par les élèves. Celles-ci sont pratiquement les mêmes en tenant compte des arrondissements des valeurs faites par les élèves. Ce qui a aidé l'enseignant de convaincre ces élèves que la célérité d'une onde ne dépend pas de son amplitude.

Jeu 6 : Ce jeu envisagé initialement ne fait pas partie du scénario pédagogique, ni de l'enseignement par PCDR. Il s'agit d'un jeu supplémentaire proposé par le chercheur pour prendre en considération les origines présumées des conceptions. Finalement, ce jeu n'est pas joué.

Dialectique contrat-milieu

Du point de vue de la dialectique contrat-milieu, l'étude de cette phase montre que des changements partiels du contrat et du milieu sont installés. Ces changements ne présentent, a priori, aucun obstacle d'enseignement. En fait, le nouveau contrat didactique possède des dimensions spécifiques à la démarche d'investigation. Néanmoins, cette démarche est rompue par le jeu générique J3 et repris par J4 ceci a permis d'engendrer la cohérence entre contrat et milieu didactique

Par ailleurs, l'usage de connaissances disponibles chez les élèves (similitude avec le pendule vertical) est bien une modification du milieu puisque des connaissances sont introduites dans le milieu. Cette modification permet la clause *proprio motu* (Sensevy, 2011) puisqu'on voit les élèves comprendre par eux-mêmes la similitude des phénomènes.

CONCLUSION

Notre étude vise à proposer des descripteurs des situations permettant une comparaison des jeux potentiellement jouables et des jeux effectivement joués lors de la mise en œuvre en classe un scénario d'investigation afin de faire une étude comparative de ce qui est prévu et ce qui est réalisé effectivement en classe. En effet, nous avons développés les descripteurs des jeux en jeu de préparation, jeu de transition et des jeux d'investigation. Ces descripteurs nous ont permis également de délimiter et de distinguer un jeu d'investigation d'un autre, c'est-à-dire de localiser dans chaque phase de la séance les différents moments qui correspondent à l'enseignement d'investigation de type PCDR. Cela nous a aussi permis de distinguer les jeux prévus de ceux qui sont effectivement joués, des jeux qui sont abandonnés et des jeux qui sont créés au cours de l'enseignement. Ces descripteurs nous ont donné l'occasion d'évaluer, d'une part, l'approche d'enseignement par PCDR et, d'autre part, ils ont permis d'avoir une vision sur le processus d'acquisition de savoir chez l'élève au cours d'une phase d'investigation et enfin de discuter sur l'appropriation de l'approche d'enseignement par PCDR par un enseignant novice dans l'investigation.

Bien que l'enseignant soit novice dans les démarches d'investigation, la formation rapide (deux séances de deux heures chacune) qu'il a reçue sur l'approche d'enseignement par PCDR semble suffisante pour qu'il se l'approprié. Nous pouvons conclure que les élèves et

l'enseignant semble engagés dans l'approche d'enseignement par PCDR du fait que tous les jeux d'investigation prévus sont joués, le changement partiel du milieu étant installé au cours de cette deuxième phase de la séance. Les élèves travaillent sur la simulation comme si c'était un travail pratique ordinaire, ou le calcul d'incertitude est présent. La flexibilité de l'enchaînement des jeux d'apprentissage a donné à l'enseignant la possibilité d'introduire un jeu générique, jeu qui a permis d'aider les élèves pour mobiliser d'autres connaissances non spécifiques au concept en jeu, ce qui a permis aussi de gagner le jeu suivant en gardant en même temps l'esprit d'une démarche d'investigation adoptée par l'approche d'enseignement par PCDR.

RÉFÉRENCES

- Artigue, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-307.
- Ben Jemaa, A., & Boilevin, J.-M. (2016a). *Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves*. In *Actes des 9èmes rencontres de l'ARDIST* (pp. 7-12). Lens, France : ARDIST.
- Ben Jemaa, A., & Boilevin, J.-M. (2016b). Enseigner les ondes mécaniques comme jeux d'apprentissage sur simulation. *Education Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 229-237.
- Cross, D., & Grangeat, M. (2014). Démarche d'investigation : Analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 155-182.
- Le Henaff, C. (2013). *L'anglais à l'école élémentaire : Analyse didactique de l'articulation entre la langue et la culture*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 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 (Éds.), *Questions de temporalité, les méthodes de recherche en didactique*. (pp. 153-172). Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.
- Maurines, L. (1999). Les étudiants et les ondes en dimension trois : Analyse des difficultés des étudiants quant au modèle-géométrico-ondulatoire. *Didaskalia*, 15, 87-122.
- 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* (t. 1, pp. 74-85). Poitiers.
- Richoux, H., & Beaufiles, D. (2005). Simulation en mécanique au lycée : Conception et analyse d'activités sur modèle. In *Actes de la 4èmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST* (pp. 301-308). INRP: Lyon.
- Santini, J. (2012). Densité, spécificité et distance dans la dialectique jeu d'apprentissage/jeu épistémique et efficacité des pratiques professorales une étude de cas en géologie à l'école primaire. In B. Grusson, D. Forest & M. Loquet (Éds.), *Jeux de savoir étude de l'action conjointe en didactique* (pp. 19-45). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: De Boeck.

Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble: L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.

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. *Physical Review Special Topics -Physics Education Research*, 7, 020101.