

Déséquilibre entre contrat et milieu didactiques. Cas de l'enseignement des signaux mécaniques en classe terminale

AFIFA MAHJOUB, CHIRAZ BEN KILANI

*Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue (ISEFC)
Tunisie*

*afifa.mahjoub1@gmail.com
chiraz.benkilani@isefc.rnu.tn*

RÉSUMÉ

Le propos de cet article est de comprendre les raisons de l'inertie du contrat didactique classique qui produit, au secondaire, un enseignement des sciences physiques basé sur une démarche qualifiée d'inductive visant surtout la restitution par les élèves des savoirs factuelles. L'analyse d'une leçon de physique en classe terminale scientifique autour de la propagation d'un signal mécanique mobilise les outils de la théorie de l'action conjointe en didactique. Il apparaît ainsi que la leçon progresse par une série d'effets de contrats qui obligent l'enseignante à dévoiler aux élèves le savoir qu'elle souhaitait leur faire appréhender par eux-mêmes.

MOTS-CLÉS:

Didactique de la physique, théorie de l'action conjointe en didactique, contrat didactique signal mécanique

SUMMARY

The purpose of this article is to understand the reasons for the inertia of the traditional didactic contract that produces, in secondary school, a teaching of physics sciences based on a qualified inductive approach seeking especially the restitution by students with factual knowledge. The analysis of a physics lesson in scientific graduating class about the propagation of a mechanical signal mobilizes tools of the theory of joint action in didactics. It appears, thereby, that the lesson progresses through a series of effects of contract that oblige the teacher to reveal to the pupils the knowledge which she wished to be apprehended by themselves.

KEYWORDS

Teaching physics, the joint action theory in didactics, contract, mechanical signal

INTRODUCTION

L'enseignement des signaux mécaniques constitue une partie importante dans le programme actuel¹ de la terminale scientifique en Tunisie². En tant que modèle d'information à la fois spatiale et

¹ Programme Officiel (PO) Tunisien de l'année 2009. L'importance réside dans la répartition horaire consacrée au thème des ondes qui occupe presque 20 % de l'horaire consacré à la physique.

² La terminale c'est aussi la classe de la quatrième année secondaire dans le cursus scolaire tunisien (PO, 2009).

temporelle (Maurines, 2001), le signal est aussi, une notion centrale qui permet aux élèves d'aborder des outils ou des concepts très importants liés aux ondes et leurs principales propriétés. Dans la littérature didactique, cette notion fait l'objet de plusieurs recherches sur les conceptions et raisonnement commun (voir par exemple la revue des travaux de Maurines, 2001) et sur le changement conceptuel (Benhassoun, 2003).

Nous estimons, dans notre étude, éclairer un domaine qui est, à notre connaissance, encore peu exploré, celui de la description et de l'analyse des pratiques effectives des enseignants autour de la propagation des signaux mécaniques. Notre propos porte sur l'éclaircissement d'une partie des actions des élèves et de l'enseignant autour d'un savoir particulier, celui de la propagation, selon une direction, d'un ébranlement (signal) mécanique visible (signal sur une corde) dont nous allons le situer dans son contexte éducatif puis didactique.

CONTEXTE ÉDUCATIF : POSITIONNEMENT DE L'INSTITUTION

Nous verrons dans un premier temps comment se décline la demande institutionnelle, c'est-à-dire que préconisent les programmes officiels à propos de la propagation d'un ébranlement mécanique quant aux contenus en jeu et la manière de les aborder. Cela nous permettra de voir comment ces demandes institutionnelles pourraient être interprétées par les enseignants et les conséquences de ces interprétations sur les savoirs produits.

Nous nous référons au programme officiel (PO) de l'enseignement secondaire des sciences physiques³ propre à la terminale technique dont le thème des signaux mécaniques constitue sa dernière partie (voir annexe : Tableau 1).

Les connaissances en jeu dans l'institution scolaire

La partie du programme officiel (PO) relative aux ondes mécaniques (voir annexe : Tableau 1) se réduit à l'étude de la propagation d'un ébranlement et à la propagation d'une onde sinusoïdale entretenue. Le PO recommande pour cette partie un enseignement essentiellement expérimental et qualitatif où de nombreuses expériences de propagation de signaux mécaniques (signaux sur une corde, un ressort, de l'eau et signaux sonores) sont présentées aux élèves. Signalons qu'avant d'entamer la partie du programme relative aux signaux mécaniques, les élèves ont eu, au cours de la même année, un enseignement portant sur l'évolution des systèmes électriques et mécaniques.

Ainsi, nous estimons que les connaissances des élèves s'articulent autour de certaines notions (voir annexe : Tableau 2), parmi lesquelles celles qui vont constituer des points d'appui pour l'enseignement des signaux et des ondes mécaniques : mouvement rectiligne sinusoïdal, analyse d'un phénomène périodique, représentation graphique d'une grandeur sinusoïdale en fonction du temps, mesure des durées et des vitesses à l'aide de photo capteurs

Les procédures d'élaboration des connaissances curriculaires au lycée

L'esprit dans lequel les contenus ci-dessus sont enseignés est explicité dans les programmes officiels à travers la pratique d'une démarche scientifique dont le protocole de base consiste à :

- Indiquer les éléments du problème posé;
- Construire des hypothèses;
- Recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées;

³ Programmes de sciences physiques 4èmes année de l'enseignement secondaire, Septembre, 2009.

- Conclure ou déduire...

Les textes institutionnels tunisiens inscrivent ainsi l'enseignement/apprentissage de la physique dans une perspective constructiviste où « *l'élève assume une grande part d'initiative et de responsabilité dans la construction de son savoir et dans l'acquisition de savoir-faire* » (PO, 2009, p. 6). Voici un extrait des propos introductifs des contenus du PO (2009) : « *Systématiser la pratique de la démarche scientifique par la mise en pratique fréquente de son protocole de base (indiquer les éléments du problème posé, construire des hypothèses, recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées, conclure ou déduire...)* » (Ibid., p. 3).

CONTEXTE DIDACTIQUE

Nous donnerons, dans cette partie, des outils de lecture et de compréhension des situations d'enseignement et d'apprentissage de la propagation d'un signal mécanique notamment au travers des obstacles épistémologiques liés à ce concept, repris essentiellement des travaux de Maurines (1986, 2001). En physique, on regroupe sous l'appellation *signal* toute information dépendant du temps et/ou d'espace (Maurines, 2001). Cette double dépendance sous-entend qu'un signal est susceptible de se propager dans l'espace et dans le temps.

En ce qui nous concerne, nous nous intéressons dans cet article aux difficultés soulevées par l'étude de la propagation d'un signal visible suivant une seule direction (celle de la corde) (Maurines, 1986).

La première recherche sur les difficultés soulevées par l'étude des ondes⁴ qui se propagent sur une corde est celle réalisée par (Maurines, 1986). Cette recherche a été menée auprès de 700 élèves n'ayant pas reçu d'enseignement sur les ondes (classes de seconde, première scientifique et technique, terminale technique) et de 600 autres ayant reçu un enseignement sur les ondes (classes de terminale scientifique, trois premières années d'université scientifiques) à l'aide de questionnaires papier-crayon. Les résultats obtenus montrent que les élèves expliquent la propagation d'un signal sur une corde comme si la forme visible « la bosse » qui se déplace, était un *objet matériel* créé et mis en mouvement par la source (la main qui tient l'extrémité de la corde). Maurines interprète ces résultats en reprenant la notion de « *capital* » introduite par (Viennot, 1979) pour le mouvement d'un objet matériel et en l'adaptant au cas d'un signal. Ce *capital* est un concept hybride, mélange de force, de vitesse et d'énergie qui permet à la fois au signal d'exister et de se déplacer. D'après Maurines, un raisonnement en terme de capital conduit les élèves à :

- Appliquer à « la bosse » qui se déplace une « mécanique » de l'objet matériel (la vitesse de propagation du signal dépend de la source et peut varier au cours du temps).
- Établir une interdépendance entre le mouvement transversal d'un point du milieu et la vitesse de propagation, et donc à créer des liens entre les trois grandeurs physiques amplitude du signal, vitesse de propagation, et durée d'un signal.
- Considérer le milieu propagateur comme étant un support passif sur lequel une déformation se déplace. Par conséquent, le mouvement d'un point de ce milieu lors de la propagation du signal ne résulte pas d'une interaction avec les points voisins du milieu ayant son origine dans le champ de force interne au milieu.

⁴ Une onde est une succession de signaux mécaniques.

CADRE THÉORIQUE

Dans notre travail, nous nous intéressons à ce qui se passe en classe entre les acteurs du système didactique (professeur et élèves) autour de la propagation d'un signal mécanique suivant une seule direction. Partant de l'idée que pour comprendre l'action du professeur (P) à propos d'un savoir (S), il faut se référer à l'action de l'élève (E) à propos de ce même savoir et vice-versa, il nous paraît que la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) est, dans l'ensemble des travaux sur les pratiques enseignantes, la plus pertinente pour mener les analyses des échanges entre le professeur et les élèves. Cette théorie développée par Sensevy et al. (Sensevy, Mercier & Schubauer-Léoni, 2000; Sensevy et Mercier, 2007; Sensevy, 2011) considère l'action didactique comme une action conjointe où il est impossible de comprendre l'action de P à propos du savoir sans se référer à l'action de E à propos de ce même savoir. Par conséquent, le savoir constitue un objet transactionnel par lequel se dégage la part que chaque transactant (professeur ou élève) joue dans la relation : « si la description est centrée sur les savoirs tels qu'ils sont déployés dans les transactions, c'est parce qu'il est postulé que ce qui donne leur forme à ces transactions (« intrasubjectives » ou « mondaines »), ce sont leur contenus, et que ces contenus sont des contenus de savoir, des contenus épistémiques » (Sensevy, 2007, p. 17).

Le jeu didactique

La TACD considère l'action didactique comme une série de jeux puisque d'après Sensevy (2007, p. 19) : « la notion de jeu peut fournir un modèle pertinent pour mettre en évidence certains aspects du monde social et de l'activité humaine. Le modèle du jeu présente notamment le mérite de souligner les aspects affectifs de l'action (l'investissement dans le jeu) et ses aspects effectifs, pragmatiques (quand et comment gagne-t-on ?) ». Ces jeux⁵ s'inscrivent dans la grammaire générique suivante : Pour gagner l'élève E doit produire proprio motu certaines stratégies (l'élève agit de lui-même pour apprendre). Le professeur P accompagne E mais sans dévoiler directement la stratégie gagnante qu'il connaît (réticence didactique). P gagne lorsque E gagne (l'élève apprend de lui-même). Toutefois, ce jeu est paradoxal dans le sens où c'est P qui atteste le gain de E (donc son propre gain) faisant de lui à la fois « juge et partie ». Ce double rôle de P laisse surgir des tentations de « tricher » au jeu : ce que (Brousseau, 1998) a identifié sous la forme des effets Topaze (donner la règle du jeu) et Jourdain (reconnaitre une stratégie gagnante là où elle n'est pas).

Pour jouer le jeu...

La TACD caractérise les jeux à l'aide de trois systèmes de descripteurs : Le doublet contrat-milieu, le triplet des genèses (mésogenèse, topogenèse et chronogenèse) et le quadruplet des fonctions (définir, dévoluer, réguler et institutionnaliser le jeu). Ce système de descripteurs est indispensable au chercheur pour mener l'analyse du jeu *in situ*. Pour nous, et dans le cadre de cet article, nous cherchons à nous rendre compte de la progression des transactions entre le professeur et les élèves afin de comprendre la nature des interactions entre le contrat didactique et le milieu.

⁵ C'est le point de vue adopté par les équipes de Toulouse et de Lyon où la classe est vue comme une succession de jeux dont la plupart sont didactiques. Le point de vue proposé par Sensevy à Rennes utilise différents types de jeux (Santini, 2013) : les jeux d'apprentissage, les jeux épistémiques sources et cibles.

Le contrat didactique

Cette notion a été conceptualisée par Brousseau (2003) comme étant « l'ensemble des comportements du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître ». Il s'agit donc d'un système d'habitus implicites institué dans la classe qui engendre des attentes réciproques entre le professeur et les élèves à propos du savoir et qui permet aux élèves d'affronter une situation d'apprentissage nouvelle. Toutefois cette notion de contrat est paradoxale à la fois pour l'enseignant et pour l'élève. Pour l'enseignant : « tout ce qu'il entreprend pour faire produire par les comportements qu'il attend, tend à priver ce dernier des conditions nécessaires à la compréhension et à l'apprentissage de la notion visée : si le maître dit ce qu'il veut, il ne peut pas l'obtenir » (Brousseau, 2003, p. 6). Pour l'élève : « s'il accepte que selon le contrat le maître lui enseigne les résultats, il ne les établit pas de lui-même et donc il n'apprend pas ». Ces paradoxes font dire à Brousseau (2003, p. 6) que « l'apprentissage va donc reposer, non sur le bon fonctionnement du contrat, mais sur ses *ruptures et ses ajustements* ». Pour une définition plus large on peut considérer le contrat, comme un système de règles stratégiques que P et E utilisent pour jouer le jeu (Sensevy, 2011).

Le milieu

Le milieu est défini comme l'ensemble de ressources et de contraintes matérielles et cognitives présentes dans la situation didactique (Brousseau, 2003; Sensevy, 2011). Étant donné que l'action didactique est nécessairement conjointe (Amade-Escot & Venturini, 2009) ajoutent que le milieu est ce qui agit sur l'élève et sur le professeur et sur quoi l'élève et le professeur agissent. Il est, de ce fait, en évolution permanente dans l'action conjointe puisque cette dernière vise à installer dans la classe une référence (contexte) raisonnablement commune pour arriver à s'entendre dans l'action et permettre l'émergence d'un nouveau savoir (Shubauer-Leoni, 2008).

La mise en jeu d'un contrat et d'un milieu

Un jeu prend place nécessairement dans un « milieu » dont le contrat devrait permettre à l'élève de s'y orienter. Par conséquent, les transactions didactiques se comprennent dans une dialectique contrat-milieu dans le sens où le professeur conduit ses élèves à mobiliser les stratégies présentes dans le contrat didactique afin que ces derniers interagissent avec le milieu pour s'approprier un savoir nouveau.

Selon un point de vue piagétien, Sensevy (2002, p. 25) défend la conception adaptationniste de l'action : « agir, c'est s'adapter à un environnement ». Deux situations découlent de cette modélisation piagétienne. La première est que le milieu (qui est attaché à la question à résoudre) peut être « résolu » à partir des éléments du contrat. On parle donc « d'assimilation » de la situation par le contrat. La deuxième est que le milieu n'est pas « résolu » par le contrat en cours donc nécessité « d'adaptation » de certains éléments du contrat en cours et par la suite le contrat évoluera. Dans ce sens, (Cariou, 2013) insiste sur le caractère « antagoniste » du milieu qui doit résister et provoquer un déséquilibre avec le contrat présent car, « s'il suffisait d'appliquer tel quel le contrat dans toute situation nouvelle, alors les élèves n'apprendraient rien de nouveau. De même, si le milieu n'est pas perçu comme antagoniste au contrat (par exemple, si l'on considère qu'il suffit simplement de regarder l'enseignant manipuler) alors les élèves ne se confrontent pas non plus au milieu » (Cariou, 2013, p. 10). Cariou ajoute que « la réussite de l'activité didactique, modélisée en terme de « gain » au jeu didactique dépendra du rétablissement de l'équilibre entre un milieu antagoniste et un contrat didactique renouvelé qui aura intégré des démarches et des savoirs nouveaux par les interactions avec ce milieu. Cette *équibration didactique* nouvelle signale l'effectivité de l'apprentissage et fait avancer le temps didactique » (Ibid., p. 10).

Question de recherche

Nous allons donc observer la question de l'équilibre entre contrat et milieu en mobilisant le quadruplet des fonctions du jeu (définition, dévolution, régulation et institutionnalisation) pour décrire la progression du premier jeu de la séance filmée dans le but de répondre à la question suivante : Quelle relation existe entre contrat et milieu lors du jeu « décrire le mouvement d'un point quelconque d'un milieu en le comparant à celui d'un point considéré comme source d'ébranlement (signal mécanique) » dont l'enjeu est d'inférer le principe de propagation du signal dans un milieu élastique illimité ?

MÉTHODOLOGIE

Nous nous intéressons à la séance introductive à l'étude des ondes mécaniques en classe de quatrième année sciences techniques (terminale technique). En effet, d'après le programme officiel (PO), cette séance vise à introduire la notion d'onde par la réalisation d'expériences permettant de générer un ébranlement dans un milieu élastique (corde, ressort et surface libre d'un liquide) et à inférer, par la suite, le principe de propagation de l'ébranlement.

La séance filmée est une séance de Travaux Pratiques (TP). L'enseignante observée exerce depuis une trentaine d'années dans l'un des plus grands lycées de la banlieue sud de la capitale.

Nous nous sommes inspirés de la méthodologie proposée par (Leutenegger, 2003). Il s'agit de mettre en correspondance en les articulant, les informations issues de corpus relatifs aux différents éléments :

- L'activité de l'enseignante en classe : c'est la séquence filmée intitulée : *Propagation d'un ébranlement*. Celle-ci, débute le thème des ondes mécaniques (PO, 2009) et traite de l'existence de deux types d'ébranlement, l'un transversal et l'autre longitudinal, ainsi que les propriétés de leur propagation dans différents milieux élastiques de différentes dimensions. Le film est un montage de trois caméras, disposées de façon à filmer les élèves de face (position 1) et de dos (position 2). La troisième caméra suit le déplacement de l'enseignante et zoome éventuellement sur le tableau (position 3).
- Les documents distribués aux élèves (fiche TP à compléter à propos des différentes étapes du TP : expérience, observations, interprétations et définitions)
- Les enjeux didactiques, en termes de savoirs et de démarches, repérés au regard des programmes officiels et manuel scolaire;
- Les objectifs et les analyses de l'enseignante à propos de la séance observée : Un questionnaire *ante*-séance et un entretien *post*-séance ont été réalisés avec elle pour obtenir une première analyse à chaud de son activité.

Nous avons ensuite transcrit la séance à l'aide du logiciel Transana, qui permet de traiter des fichiers numériques audio ou vidéo, et qui est déjà utilisé dans plusieurs recherches en didactique (Seck, 2008; Venturini & Tiberghien, 2012). Nous avons découpé la séance en référence à la TACD, en jeux didactiques⁶, qui correspondent aux moments dans la séance où l'enseignante donne des règles définitoires d'action pour les élèves. Cette structuration, où seuls les jeux et les temps apparaissent, correspond au synopsis de la séance (voir annexe : Tableau 3). Nous intituleons

⁶ Le jeu ici est identifié par l'identification de la règle du jeu et de l'enjeu du savoir (à quoi voit-on que l'élève gagne au jeu ?).

chaque jeu en fonction de la tâche que doivent réussir les élèves pour gagner le jeu, et avons décrit sommairement son déroulé.

RÉSULTATS

Nous proposons ici de présenter les résultats relatifs à l'analyse et la description de la progression au cours du premier thème du premier jeu de la séance que nous symbolisons par (T1J1). L'enjeu est d'inférer le principe de propagation d'un signal mécanique dans un milieu élastique illimité (la corde comme exemple), à savoir que chaque point du milieu élastique reproduit le mouvement de la source étant donné que la propagation du signal résulte d'une interaction des points voisins.

Pour se rendre compte de la progression des transactions entre le professeur et les élèves au cours de ce jeu, nous effectuons une analyse didactique des interactions sur les plans discursif et aussi gestuel permettant par la suite de comprendre la nature des interactions entre le contrat et le milieu dans ces situations d'apprentissages en jeu.

La définition du jeu

Tout d'abord, nous signalons que l'analyse de la fiche TP (que P a préparée et distribuée aux élèves) montre que P s'aligne avec le programme officiel (PO) dans le choix des exemples d'expériences proposées : signaux sur une corde, un ressort, dans l'eau et signaux sonores. Ensuite, la construction du synopsis de la séance montre que P utilise la même démarche⁷ tout le long de la séance qui consiste à réaliser l'expérience devant les élèves puis leurs demander d'observer ce qui se passe.

Cette démarche met clairement en avant la prégnance en classe du *contrat classique* (Johsua & Dupin, 1989) qui repose sur une démarche inductiviste privilégiant l'observation. En effet, dans sa première intervention c'est-à-dire son premier tour de parole (Tdp 1), P utilise six fois le verbe « voir » et une fois le verbe « observer ».

Nous développons dans l'extrait suivant la manière dont le savoir est construit au cours du jeu (T1J1) Pour le jeu cité, la règle du jeu est définie dès le début de la séance. En effet, l'enseignante (P) expose aux élèves la démarche qu'elle va suivre en disant: « je vais faire subir à différents milieux élastiques un ébranlement [...] et voir ce qui se passe ensuite » (Tdp1).

Extrait n° 1. Extrait du thème 1. jeu1: « observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde »

1. P : le premier exemple est l'exemple du milieu élastique qui est une corde, que vous avez là, et la déformation brève ou rapide de cette corde (elle montre la corde qui n'est autre qu'un ressort); en fait, c'est pas une corde mais c'est l'équivalent de cette corde, ça sera de soulever l'extrémité de la corde rapidement verticalement et de la ramener en son point initial (*elle ferme la porte de la salle tout en continuant à parler*). donc la déformation ça sera le mouvement de l'extrémité de la corde vers le haut et de la ramener vers le bas et je vais **voir ce qui se passe**. Alors pour ça, je vais viser, marquer un ↑ point de cette corde /un peu de couture (*elle fait sortir un fil orangé de son cartable*), je vais marquer un point de cette corde par exemple celui-là, en lui/un petit nœud orangé (*elle marque un point quelconque de la "corde" avec un fil de couture orangé*)... /okay/ **et vous observez ici ce que, ce qui va se passer au niveau du point A que je vais soulever et ramener puis voir ce qui**

⁷ Une démarche empirico-inductiviste résultant d'un contrat classique dans la classe de physique.

se passe en n'importe quel point de cette corde, enfin entre guillemets, et en particulier celui-là, donc je soulève (*elle soulève l'extrémité de la corde*)

2. E1: c'est joli (*rire*)

3. P : mais à part que c'est joli, donc **vous regardez** le mouvement de ce point (*elle refait la même opération*). **Qu'est ce qu'il a fait ce point?** (*un élève se met debout pour mieux suivre l'opération*)

4. E1 : il donne (*l'élève tend sa main dans le sens où "se déplace la déformation"*)

5. E3 : il l'envoie puis il lui revient

6. P : donc il re, il bonde puis il redescend comme↑ a fait (*elle pointe du doigt l'extrémité de la corde où c'est produite la déformation*)

7. E2 : le premier point

8. P : le premier point que, moi, le mouvement, je lui ai imposé

9. E2 : il refait le même mouvement que (inaudible)

Le premier exemple par lequel P commence la séance est celui de la corde qu'elle marque l'un de ses points (autre que les deux extrémités) par un fil orangé en faisant un nœud. Elle s'adresse ensuite aux élèves en leur disant : « [...] **observez** ici ce que, ce qui va se passer au niveau du point A que je vais soulever et ramener puis **voir** ce qui se passe en n'importe quel point de cette corde, enfin entre guillemets, et en particulier celui-là, donc je soulève (*elle soulève l'extrémité A de la corde*) » Tdp1. Le propos de P (Tdp1) nous renseigne sur ce que sont les savoirs dans cette classe : c'est une affaire d'observation⁸.

Cette façon de procéder est une manière d'installer les élèves dans un contrat didactique tel que, en sciences, on a à étudier des savoirs issus directement de l'observation d'expériences manipulées souvent par l'enseignante. Cependant l'observation de l'élève (E1) aboutit à l'échec, ce qui amène P à reformuler la consigne en utilisant cette fois-ci le verbe « *regarder* » en Tdp3. La suite des échanges (du Tdp 4 à Tdp 11) montre que les élèves ne parviennent pas à faire « *l'observation* » que P attendait d'eux. En effet, E1 en Tdp 4 observe qu'il [le point A] donne [la déformation] (c'est proposé par nous). Quant à E3 en Tdp 5, elle observe qu'il [le point A] envoie [la déformation] puis il [la déformation] lui revient puisqu'elle décrit ce qu'elle voit réellement : la déformation subit une réflexion. Face aux difficultés des élèves, P choisit d'adopter un discours « à trous » et des techniques de désignation et d'ostension pour orienter les élèves vers le savoir qu'elle veut institutionnaliser. Ainsi, au Tdp 6, elle désigne grâce à un geste de pointage du doigt l'élément sur lequel les élèves doivent prendre appui pour construire leur observation : Il s'agit en fait de comparer le mouvement du point M visé par le nœud orangé avec celui du premier point A (point de l'extrémité de la corde). Le rôle des élèves reste à deviner les intentions du professeur ce qui provoque un *glissement du jeu* dans le sens où l'enjeu n'est plus le savoir en question mais plutôt le décodage des intentions de l'enseignante. On considère alors que le contrat « envahit » le milieu et empêche les élèves de se confronter aux potentialités offertes par ce dernier (Marlot, 2008).

Devant une telle situation et pour faire progresser le temps didactique, P est obligée de délivrer aux élèves la réponse attendue (Tdp 6 et 8 : « donc il re, il bonde puis il redescend comme↑ a fait (*elle pointe du doigt l'extrémité de la corde où c'est produite la déformation*) le premier point que, moi, le mouvement, je lui ai imposé »). En conclusion, le contrat présent dans la classe empêche les élèves de comprendre que la question posée suppose une identification du mouvement

⁸ Pour Bachelard (1934), observer n'est pas voir : « l'observation scientifique est toujours une observation polémique ; elle confirme ou infirme une thèse antérieure, un schéma préalable, un plan d'observation ; elle montre en démontrant ; elle hiérarchise les apparences ; elle transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir construit ses schémas ».

du point M de la corde avec le mouvement du point A, source de la déformation, et que la progression résulte d'une interaction du proche en proche des points du milieu.

Les réponses des élèves E1 et E3 (Tdp 4et Tdp 5) montrent la prégnance du contrat *classique* qui conduit spontanément les élèves à décrire ce qu'ils observent sans se conformer à la règle du jeu que l'enseignante vient de définir.

L'impossible dévolution et l'impossible régulation du jeu didactique

La seconde phase du quadruplet des fonctions didactiques du jeu est celle de la dévolution (Brousseau, 2003). En effet, le professeur va faire en sorte que l'élève prenne la responsabilité de l'apprentissage, qu'il assume la responsabilité de jouer vraiment au (le) jeu. Il veut s'assurer ainsi que les élèves produiront un rapport adéquat au milieu pour mettre d'eux-mêmes en œuvre une stratégie qui les conduise sur le chemin du savoir à construire.

La dévolution suppose en effet, du côté du professeur, une forme de réticence à dévoiler tout ce qu'il sait, afin que les élèves « jouent le jeu », et déploient d'eux-mêmes, *proprio motus*, les stratégies d'apprentissage pertinentes. Si le professeur dévoilait aux élèves les connaissances nécessaires au déploiement de la stratégie gagnante, alors les élèves ne pourraient pas produire cette stratégie de leur propre chef et il n'est pas certain qu'ils puissent apprendre quelque chose. Par la clause *proprio motus*, l'élève accepte d'abandonner le déchiffrement des intentions du professeur pour se confronter aux choses du monde actualisées dans un milieu nouveau et que le contrat présent ne peut pas totalement assimiler (Sensevy, 2011, p. 199).

Pourtant, dans les jeux didactique où le contrat envahit le milieu, il semble que l'espace réservé aux élèves dans la co-construction du milieu est restreint au sens où P dévolue aux élèves des tâches de faible densité épistémiques au cours desquelles ils ont la charge de fournir une réponse à une question, de recopier correctement un dessin du tableau ou de prendre des mesures. C'est bien d'une dévolution d'une tâche dont il s'agit et pas de la dévolution d'une prise en charge du savoir.

Au cours du déroulement du quadruplet du jeu, la phase de *régulation* permet en effet au professeur de réguler le comportement des élèves afin qu'ils produisent les «stratégies gagnantes» en leur rappelant les règles du jeu, en validant ou invalidant leur réponses, etc.

Cette régulation est orientée vers l'équilibration du contrat et du milieu. Cette phase de régulation est suivie d'une phase d'*institutionnalisation* qui reconnaît la validité des connaissances produites pendant le jeu d'apprentissage. Ce nouveau savoir est donc institutionnalisé dans la classe comme un savoir partagé dans l'arrière-plan du contrat didactique spécifique de la classe (Brousseau, 1998).

Une dévolution de tâches dans un espace restreint pour les élèves

Revenons au jeu (T1J1) où l'enseignante tente de dévoluer aux élèves la responsabilité de l'interprétation de l'expérience de la corde (Tdp 15 : « donc chaque point de cette corde va effectuer quel mouvement ? ») :

Extrait n° 2. Extrait du thème 1. Jeu 1:«observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde»

16. E2 : euh...

17. P : **sa direction**? (*elle déplace son doigt suivant la verticale*)

18. E4 : oy

19. E2 : vertical
 20. P: verticale. **Donc chaque point va effectuer un mouvement vertical vers le haut puis vers le bas et revenir à sa position** (elle pointe l'extrémité)
 21. E : initiale
 22. P : **initiale/ de la même façon que...** (Elle pointe l'extrémité)
 23. E2 : le premier point
 24. P : **ce qu'a fait ce premier point**

Dans cet extrait, la dévolution suppose un certain nombre de régulations de la part de l'enseignante située ici à la limite de l'effet Topaze (Tdp17 : « sa direction ? » ; Tdp 22 : « de la même façon que... »). Ces dernières visent l'inférence par les élèves du principe de propagation du signal, à savoir : « tout point du milieu reproduit le mouvement de la source ». Les interventions des élèves montrent à nouveau qu'ils procèdent à une lecture des gestes de l'enseignante réduisant leur rôle à un jeu de devinette. La prégnance du contrat *classique* conduit les élèves à mobiliser une stratégie peu pertinente (deviner les attentes de l'enseignante) et produit à nouveau un envahissement du milieu par le contrat.

Les derniers échanges du jeu (Tdp 29-41) montrent comment l'enseignante prend la charge de dessiner elle-même l'aspect de la corde à différents instants. Elle commence par reproduire au tableau les deux dessins figurant déjà sur la fiche TP représentant l'aspect de la corde aux instants t_1 et t_2 (Tdp31 et35).

Figure



Image du tableau à la min (00 06 42)

Elle demande ensuite aux élèves de lui dire comment elle va dessiner la suite c'est-à-dire l'aspect de la corde aux instants t_3 et t_4 (Tdp37).

Extrait n° 3. Extrait du thème 1. Jeu 1:«observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde»

29. P : (...) donc on va dessiner ce que l'on a observé// alors, le premier schéma (elle *regarde la fiche de TP*) j'ai mis le point A j'ai mis ou je n'ai pas mis?
 30. E3 : euh oui, non

31. P : ah, j'ai fait les deux premiers schémas. Donc j'ai mis ça (*elle dessine l'aspect de la corde au tableau*): la corde à un instant t1 où le point A qui était là, c'est retrouvé en A' donc c'est moi que je l'ai soulevé vers A' puis je l'ai ramené en A
32. E3 : celle-ci c'est A' donc?
33. P : je crois (*elle se penche sur la fiche de l'élève qui est en fait la sienne*) oui c'est A' en haut (*elle se dirige vers la porte pour l'ouvrir et un élève rentre*)
(...)
35. P : [...] bon; donc ça c'est moi qui imposait ce mouvement du point A à A' puis j'ai ramené A' en A j'ai obtenu ceci (*elle dessine l'aspect de la corde à l'instant t2*)
36. E3 : oui
37. P : ensuite de quoi? Comment je vais dessiner la suite?
38. E2 : euh, de la même façon, avance vers l'avant
39. E3 : avance
40. P : donc, j'ai un plat, puis je vais obtenir ceci, ...combien y'a de schémas sur la fiche
41. E1 : quatre, il y'en a quatre

Les réponses des élèves à la question : « comment je vais dessiner la suite ? » (Tdp 37) nous laissent estimer que ces derniers soit, qu'ils donnent la priorité à des informations qui viennent d'être institutionnalisées dans la classe : c'est une reproduction à l'identique de ce qui est fait par l'enseignante dans les deux premiers dessins (Tdp 38 et 39), soit qu'ils laissent surgir leur conception à propos du rôle que peut avoir le milieu (traité comme milieu passif) dans la propagation d'un signal (Maurines, 1986). En effet, l'utilisant des mots comme *avance* et *se déplace* montre que les élèves attribuent au signal le statut d'un point matériel en mécanique classique. Dans une telle situation le contrat envahit de nouveau le milieu laissant voir dans les transactions orales de cet extrait un déséquilibre dans la topogénèse, c'est-à-dire dans les places occupées respectivement par l'enseignante et les élèves lors de cette situation d'apprentissage. L'enseignante, en position haute, fournit aux élèves le savoir qu'elle veut institutionnaliser c'est-à-dire elle relâche toute réticence concernant la stratégie gagnante du jeu.

Les caractéristiques du contrat comme celles du milieu produisent alors un glissement du jeu puisqu'elles éliminent la clause proprio motu et empêchent ainsi la réticence et la dévolution du jeu.

DISCUSSION

Cette étude de cas met en avant certaines des caractéristiques du contrat dominant une classe de terminale lors de l'enseignement de la propagation d'un signal mécanique sur une corde. Nous avons constaté en permanence l'envahissement du milieu par le contrat qui provoque le glissement du jeu didactique. Comme le contrat *classique* favorise le jeu d'observation et laisse les élèves jouer les devinettes, il s'avère impossible de dévoluer à ces derniers la responsabilité de construire le savoir. Le jeu didactique perd de sa densité épistémique et la régulation du jeu se voit réduite à une série d'effets Topaze.

Les régulations aux minima montrent que le milieu est sous le contrôle de l'enseignante. Les caractéristiques de la mésogénèse- par laquelle le chercheur rend compte de l'organisation du milieu- empêchent la confrontation des élèves au milieu car ils sont pris dans la course à la devinette. Elles produisent l'envahissement du milieu par le contrat ainsi qu'un glissement du jeu

didactique qui découle de la nécessité de faire avancer le temps didactique. Par conséquent, la chronogenèse c'est-à-dire la succession d'objets de savoir sur l'axe du temps de la séance avance rapidement. Enfin, la place respective occupée par le professeur et les élèves dans leurs transactions autour du savoir, décrite en terme de topogenèse, signale la permanence d'une position topogénétique haute de l'enseignante. Cette posture laisse peu de place à l'initiative des élèves (Sensevy, 2011). Ainsi, l'analyse en termes de triplet des genèses produit, elle aussi, une description des déséquilibres perçus dans la séance.

De point de vu comparatiste, ce constat dans une classe de physique est dans la même lignée que celui avancé par Cariou (2013) dans une classe d'histoire malgré les différents contextes. Nous estimons que la prégnance du contrat *classique* résulte de la difficulté que trouvent les enseignants pour rénover l'enseignement scientifique selon les prescriptions actuelles.

RÉFÉRENCES

- Amade-Escot, C., & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique: d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education & Didactique*, 3(1), 7-43.
- Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris: PUF.
- Benhassoun, S. (2003). *Enseignement-apprentissage des ondes dans les lycées tunisiens: un essai de remédiation*. Thèse de Doctorat en didactique des sciences physiques, Université Claude Bernard Lyon I & Université de Tunis, France et Tunisie.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brousseau, G. (2003). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Retrieved from http://math.unipa.it/~grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf.
- Cariou, D. (2013). Les déséquilibres entre contrat et milieu dans une séance d'histoire à l'école primaire. Une étude exploratoire. *Education et Didactique*, 7(1), 9-32.
- Joshua, S., & Dupin, J. J. (1989). *Représentation et modélisation: Le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne: Peter Lang.
- Leutenegger, F. (2003). Étude des interactions didactiques en classe de mathématiques : un prototype méthodologique. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 559-571.
- Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : Deux études de cas en Découverte Du Monde Vivant au cycle II de l'école élémentaire*. Thèse de Doctorat, Université Renne 2, France.
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation des signaux mécaniques: étude des difficultés des étudiants*. Thèse de Doctorat, Université Paris 7, France.
- Maurines, L. (2001). *Le raisonnement géométrique en termes d'objet dans la physique des ondes*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches en didactique des sciences physiques, Université Paris 7, France.
- Programme Officiel. (2009). *Programmes de sciences physiques: 3ème année & 4ème année de l'enseignement secondaire*. Tunis: C.N.P.
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. Le cas de l'usage des modèles concrets en géologie au Cours Moyen. *Education & Didactique*, 7(2), 69-94.

- Seck, M. (2008). Analyse de la « vie » du savoir en classe de physique. Cas de l'énergie en 1^{er} S. *Didaskalia*, 33, 89-119.
- Sensevy, G. (2002). Des catégories pour l'analyse comparée de l'action du professeur : un essai de mise à l'épreuve. In P. Venturini, C. Amade-Escot & A. Terrisse, *Pratiques effectives: l'approche des didactiques* (pp. 25-46). Grenoble: La pensée sauvage.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans G. Sensevy & A. Mercier, *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 13-49). Rennes: PUR.
- 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*. Rennes: PUR.
- Sensevy, G., 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.
- Shubauer-Leoni, M. L. (2008). La construction de la référence dans l'action conjointe professeur-élève. Dans N. Wallian, M. Poggi, & M. Musard (Éd.), *Co-construction des savoirs: les métiers de l'intervention par les APSA* (pp. 67-86). Besançon: PUFC.
- Venturini, P. & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimie: étude de cas au collège. *Revue Française de pédagogie*, 180, pp. 95-120.
- Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann.

ANNEXES

Tableau 1

Extrait des progressions pédagogiques pour la 4ème technique (PO, 2009, p. 132)

Objectifs	Exemples de questionnement et d'activité	Contenu
<input type="checkbox"/> Distinguer entre une onde transversale et une onde longitudinale. <input type="checkbox"/> Reconnaître que la propagation d'une onde est due à une propagation d'énergie sans transport de matière. <input type="checkbox"/> Réaliser une expérience illustrant la propagation d'une onde sinusoïdale dans un milieu homogène et isotrope. <input type="checkbox"/> Identifier, dans un milieu de propagation donné, les propriétés dont dépend la célérité d'une onde.	<input type="checkbox"/> Faire propager un ébranlement : - le long d'une corde élastique tendue, - le long d'un ressort, - le long d'une échelle de perroquet, - à la surface d'une nappe d'eau dans une cuve à ondes. Observer dans chaque cas l'ébranlement et comparer la direction de sa propagation avec la direction de la déformation locale du milieu de propagation. <input type="checkbox"/> Mesurer la célérité : - d'un ébranlement se propageant le long d'une échelle de perroquet à l'aide de capteurs placés devant deux barreaux de l'échelle, - du son à l'aide de deux microphones reliés chacun à une entrée d'un oscilloscope.	I. Ondes mécaniques progressives I-1. Notion d'onde -Onde transversale et onde longitudinale - Célérité d'une onde

Tableau 2

Liste des prérequis des élèves avant l'apprentissage des signaux et des ondes mécaniques. (PO, 2009, pp. 123-131)

Prérequis des élèves avant l'apprentissage des signaux et des ondes mécaniques (selon le programme officiel)

- mouvement rectiligne sinusoïdal
- période, fréquence et pulsation
- amplitude, élongation
- énergie mécanique
- représentation graphique d'une grandeur variable en fonction du temps
- calcul et mesure de vitesses

Tableau 3

Extrait du synopsis de la séance (les vingt premières minutes)

Thème (T)	Chrono /durée/	Tour de parole	Descriptif des différents jeux constituant la séance (P : prof, JT : jeu et thème)
T1: propagation d'une déformation dans un milieu à une seule direction (corde et ressort)	(00 00 33→00 10 17)/9:44	1→93	Installation des élèves J1T1. Observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde P commence par donner la définition de l'ébranlement en avançant l'idée qu'il existe « <i>différents types d'ébranlements pour différents milieux élastiques</i> » et demande aux élèves d'observer puis de décrire le mouvement d'un point de la corde en le comparant à celui de l'extrémité.
	(10:17→12:23)/2:06	94→115	J2T1. Comparer deux directions pour en déduire le type de l'ébranlement : P demande aux élèves de donner le type de l'ébranlement en comparant les deux directions : celle du mouvement de l'ébranlement et celle de la propagation.
	12:23→ 18:29/06:03	116→ 195	J3T1. Observer puis décrire le mouvement d'une zone comprimée du ressort P demande aux élèves d'observer puis de décrire ce qui se passe à la zone de compression qu'elle vient de provoquer à l'extrémité du ressort en avançant l'idée que cette zone « <i>va progresser le long du ressort mais à la différence de toute à l'heure</i> ».
	(18:29→20:00)/01:31	196→222	J4T1. Déterminer la dimension du milieu propageur : P revient sur les exemples précédents (la corde et le ressort) et demande aux élèves d'en déduire la dimension géométrique de chaque milieu propageur.