

Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves

Ben Jemaa, Ahmed ⁽¹⁾, Boilevin, Jean-Marie ⁽²⁾

⁽¹⁾ EA 3875 CREAD Université de Bretagne Occidentale & Université de Tunis - Tunisie

⁽²⁾ EA 3875 CREAD Université de Bretagne Occidentale - France

Résumé :

La première partie de cette communication porte sur les conceptions des élèves de lycée sur les ondes mécaniques. Une revue de littérature montre que les élèves développent au cours de l'apprentissage des ondes des conceptions erronées telle que la conception « hybride capitale » (l'onde est vue comme un mélange de force et d'énergie) et la conception de « l'onde serpente » (l'onde avance par ajout de bosses). Notre recherche montre que ces difficultés sont très répandues dans plusieurs pays. La seconde partie s'intéresse aux effets d'une séance d'enseignement basée sur une démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques. Nous avons soumis des élèves tunisiens en terminale scientifique à un questionnaire avant et après la séance pour identifier leurs conceptions et pour évaluer l'impact de la démarche d'enseignement par simulation des ondes sur les modes de raisonnement des élèves.

Mots-clés : Conception, démarche d'investigation, raisonnement, ondes, simulation, célérité.

Eléments de problématique

Le programme officiel de physique actuellement en vigueur en Tunisie (septembre 2009) prévoit de débiter l'enseignement des ondes au niveau des classes de terminale scientifique. Cette partie du programme occupe un volume horaire compris entre 7 à 9 heures d'enseignement de concepts de bases, commençant par l'ébranlement, ondes, définition, propriétés, célérité et double périodicité, et se terminant par l'interaction onde-matière. Les directives dans les textes officiels tunisiens n'imposent pas généralement la méthode d'enseignement à adopter par l'enseignant. Néanmoins d'après les recommandations et les commentaires, nous avons constaté que les autorités incitent d'une façon implicite à adopter une méthode inductive au cours de tous les enseignements des concepts de physique.

Par ailleurs, une revue de la littérature francophone et anglo-saxonne montre l'existence de difficultés d'apprentissage liées au concept onde. Ces difficultés sont semblables dans l'ensemble et ne dépendent pas, en apparence, du contexte d'enseignement.

Dans le monde francophone, les principaux résultats de ces recherches sont à l'actif de Maurines (Maurines, 1999, 2002, 2003 ; Maurines et Mayrargue, 2001). Ces auteurs montrent que les conceptions erronées développées par la majorité des élèves de lycée au cours de l'enseignement du concept onde, sont les suivantes : la vitesse de propagation d'un signal dépend de la force exercée par la main qui l'a créé ; plus l'amplitude du signal est grande, plus la force initiale exercée est grande et plus la vitesse de propagation l'est aussi ; une diminution d'amplitude du signal indique une diminution de la force communiquée au signal et donc une diminution de la vitesse de propagation ; la source semble communiquer quelque chose à la corde lors de la création du signal. Maurines

introduit alors deux catégories principales de conceptions erronées chez les élèves : les conceptions de type hybride capital, où l'onde est considérée comme un mélange de force et d'énergie et la conception de « l'onde serpente », où l'onde avance par ajout de bosses.

Dans le monde anglosaxon, deux études semblent particulièrement intéressantes. Le travail de d'Apisit Tongchai et al. (2011), mené en parallèle dans deux pays sur des élèves de lycée et sur des étudiants de première et de deuxième année de l'enseignement supérieur, montre que le problème de compréhension du concept onde est présent en Australie et en Thaïlande au niveau des élèves de lycée. En plus, les auteurs montrent que la situation devient plus compliquée pour les étudiants à l'université lors de l'apprentissage d'autres concepts plus approfondis comme la mécanique quantique, et que la résolution de cette difficulté de compréhension peut se faire au niveau secondaire. L'autre étude (Kaya Sengören, Tanel et Kavcar, 2009) montre que les réponses des étudiants renferment des difficultés d'ordre conceptuel (qu'est-ce qu'une onde ?) et que ces étudiants ont des difficultés vis-à-vis de la vitesse de propagation des ondes mécaniques dans un milieu homogène et lisse, sans dispersion.

Dans l'étude présentée ici, nous nous demandons si le contexte tunisien favorise le développement des conceptions erronées (type hybride capital et/ou de type onde serpente) chez les élèves. En particulier, la méthode d'enseignement inductive préconisée pourrait-elle être une des sources des difficultés d'apprentissage du concept d'onde pour les élèves de terminale scientifique ? Or, des études au niveau international montrent une certaine efficacité de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (Boilevin, 2013). De plus, des études mettent en avant l'intérêt du recours à des simulations informatiques pour enseigner les sciences (Chauvet et Duprez, 2003 ; Saadi, 2003 ; Richoux et Beaufiles, 2005). Ces différents éléments nous amènent ainsi à poser la question de recherche suivante : une séance d'enseignement fondée sur l'investigation par simulation des ondes, au sens de Morge et Boilevin (2007), permet-elle de surmonter quelques difficultés des élèves au cours de l'apprentissage des ondes ?

Méthodologie

Notre méthodologie vise à évaluer la conformité du contenu des séances d'enseignement des ondes avec le programme officiel, à vérifier l'existence des conceptions erronées (hybride capital et « onde serpente ») chez les élèves et enfin à évaluer l'impact sur ces conceptions d'une séance de Travaux Pratiques (TP) sur simulation des ondes fondée sur une démarche d'investigation.

Notre travail de recherche comporte quatre étapes. Une première étape consiste à observer une classe de 21 élèves de terminale scientifique, lors de l'enseignement ordinaire des ondes mécaniques avec leur professeur, pour s'assurer que les élèves ont bien un contact avec le savoir concerné. Cette étape permet une analyse qualitative (cette étude sera l'objet d'une autre publication). Dans une deuxième étape, nous proposons à l'enseignant un scénario pédagogique sur simulation des ondes, scénario qui repose sur une démarche d'investigation au sens de Morge et Boilevin (2007, p. 45) :

« Une séquence d'enseignement serait une séquence d'investigation si l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence, en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental, et en participant à la validation des productions des autres élèves, autrement dit en participant au choix argumenté entre

plusieurs méthodes, plusieurs hypothèses, plusieurs protocoles expérimentaux, plusieurs explications, plusieurs modèles. »

Rappelons qu'en Tunisie la démarche d'investigation n'est pas encore officialisée. Nous avons donc formé le professeur pour acquérir cette nouvelle approche. Ensuite, nous avons préparé l'environnement nécessaire au déroulement de la séance. Suite à toutes ces préparations, les élèves ont assisté à une séance de TP sur simulation. « *L'approche choisie tente d'articuler des modèles didactiques d'interaction entre apprenant et instrument* » (Beaufils et al, 2003, p 520). Ce sont alors des tâches d'ordre conceptuel qui sont à la charge des élèves. La séance, de type investigation, est fondée sur quatre séquences organisées systématiquement comme suit : prévision, confrontation, discussion, résolution. Les questions de prévision sont « *des questions que la didactique a montrées comme "sensibles" et pouvant déboucher sur des conflits cognitifs a priori favorables à la structuration des apprentissages* » (Richoux et Beaufils, 2005, p. 302). Les élèves vont ensuite confronter cette question de prévision à une simulation informatique. Il s'agit en l'occurrence d'une animation Flash où le mouvement d'une corde est entretenu par une source d'onde dont l'utilisateur pourra communiquer à la corde des impulsions d'amplitude et de fréquence réglable ou bien ralentir le mouvement ou même l'arrêter. Cette confrontation permet à l'élève de confirmer ou non sa réponse. Suite à cette confrontation, s'installe alors un débat scientifique avec des petits groupes d'élèves en présence de l'enseignant. En particulier, l'action de ce dernier vise à encadrer ces débats en aidant ces élèves à résoudre ces conflits par les lois de la physique déjà étudiées pendant les séances du cours sur les ondes. Nous attendons à travers ces tâches un changement au niveau du raisonnement des élèves.

La troisième étape, le pré-test a lieu au début de la séance de TP. Nous avons demandé aux élèves de répondre à quatre questions (dont trois ouvertes) portant sur la vitesse de propagation d'une onde, sur le déplacement du front d'onde, sur le sens de déplacement de la source et sur l'aspect de la corde. La quatrième étape concerne le post-test pour évaluer les retombées du scénario proposé. Celui-ci s'appuie sur le recueil des réponses des élèves à un exercice inséré dans un devoir de contrôle (exercice que nous avons proposé à l'enseignant). Nous avons attendu que le professeur corrige les sujets et attribue les notes pour récupérer toutes les copies des élèves que nous avons alors analysées.

Premiers résultats

Le tableau n°1 permet de comparer les résultats statistiques obtenus à partir des réponses des élèves aux questions du pré-test et du post-test. Les comparaisons portent sur des réponses autour d'un même concept mais pas forcément à la même question. Elles nous donnent ainsi accès au niveau de compréhension des élèves.

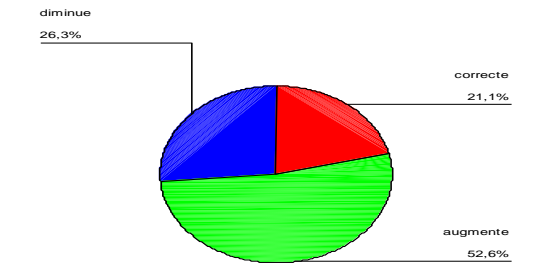
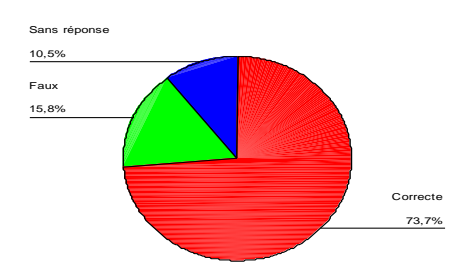
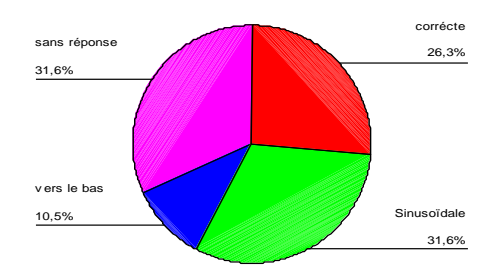
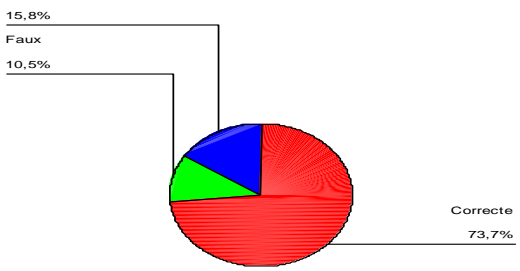

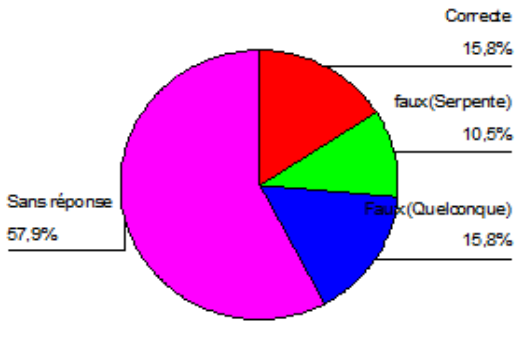
Questions du pré test	Questions post test																
Célérité de l'onde																	
<p>Variation de la célérité d'une onde mécanique</p>  <table border="1"> <tr><td>diminue</td><td>26,3%</td></tr> <tr><td>correcte</td><td>21,1%</td></tr> <tr><td>augmente</td><td>52,6%</td></tr> </table>	diminue	26,3%	correcte	21,1%	augmente	52,6%	<p>Détermination de la célérité</p>  <table border="1"> <tr><td>Sans réponse</td><td>10,5%</td></tr> <tr><td>Faux</td><td>15,8%</td></tr> <tr><td>Correcte</td><td>73,7%</td></tr> </table>	Sans réponse	10,5%	Faux	15,8%	Correcte	73,7%				
diminue	26,3%																
correcte	21,1%																
augmente	52,6%																
Sans réponse	10,5%																
Faux	15,8%																
Correcte	73,7%																
Evolution des réponses correcte 21 ,1% à 73,7%																	
Le front d'onde																	
<p>Déplacement du front d'onde</p>  <table border="1"> <tr><td>sans réponse</td><td>31,6%</td></tr> <tr><td>correcte</td><td>26,3%</td></tr> <tr><td>Sinusoïdale</td><td>31,6%</td></tr> <tr><td>vers le bas</td><td>10,5%</td></tr> </table>	sans réponse	31,6%	correcte	26,3%	Sinusoïdale	31,6%	vers le bas	10,5%	<p>Détermination du front d'onde</p>  <table border="1"> <tr><td>Sans réponse</td><td>15,8%</td></tr> <tr><td>Faux</td><td>10,5%</td></tr> <tr><td>Correcte</td><td>73,7%</td></tr> </table>	Sans réponse	15,8%	Faux	10,5%	Correcte	73,7%		
sans réponse	31,6%																
correcte	26,3%																
Sinusoïdale	31,6%																
vers le bas	10,5%																
Sans réponse	15,8%																
Faux	10,5%																
Correcte	73,7%																
<ul style="list-style-type: none"> • Avant la séance du TP 31,6% des élèves pensent que le mouvement du front d'onde est sinusoïdal <ul style="list-style-type: none"> • Evolution des réponses correcte 26 ,3% à 73,7% 																	
L'aspect de la corde																	
<p>Représenter l'aspect de la corde à partir de son aspect ultérieur</p>  <table border="1"> <tr><td>correcte</td><td>15,8%</td></tr> <tr><td>serpente</td><td>10,5%</td></tr> <tr><td>quelquonque</td><td>5,3%</td></tr> <tr><td>sans réponse</td><td>68,4%</td></tr> </table>	correcte	15,8%	serpente	10,5%	quelquonque	5,3%	sans réponse	68,4%	<p>Représenter l'aspect de la corde à partir de son aspect ultérieur</p>  <table border="1"> <tr><td>Correcte</td><td>15,8%</td></tr> <tr><td>faux (Serpente)</td><td>10,5%</td></tr> <tr><td>Faux (Quelconque)</td><td>15,8%</td></tr> <tr><td>Sans réponse</td><td>57,9%</td></tr> </table>	Correcte	15,8%	faux (Serpente)	10,5%	Faux (Quelconque)	15,8%	Sans réponse	57,9%
correcte	15,8%																
serpente	10,5%																
quelquonque	5,3%																
sans réponse	68,4%																
Correcte	15,8%																
faux (Serpente)	10,5%																
Faux (Quelconque)	15,8%																
Sans réponse	57,9%																
<ul style="list-style-type: none"> • C'est une question délicate ou on ne constate pas d'évolution des réponses correctes avant et après la séance du TP <ul style="list-style-type: none"> • La conception d'onde serpente persiste après la séance du TP 																	

Tableau n°1

Le tableau n°2 montre une évolution appréciable de la fréquence de réponses correctes par élève. Avant la séance de TP, le meilleur résultat est de 2 sur 4 réponses correctes, ce résultat étant atteint par 15,8% des élèves. Après la séance de TP, 5,3% des élèves ont répondu correctement à 9 questions sur 10 ; 73,8% des élèves ont répondu correctement à un nombre de questions supérieur ou égale à 5 sur 10 questions.

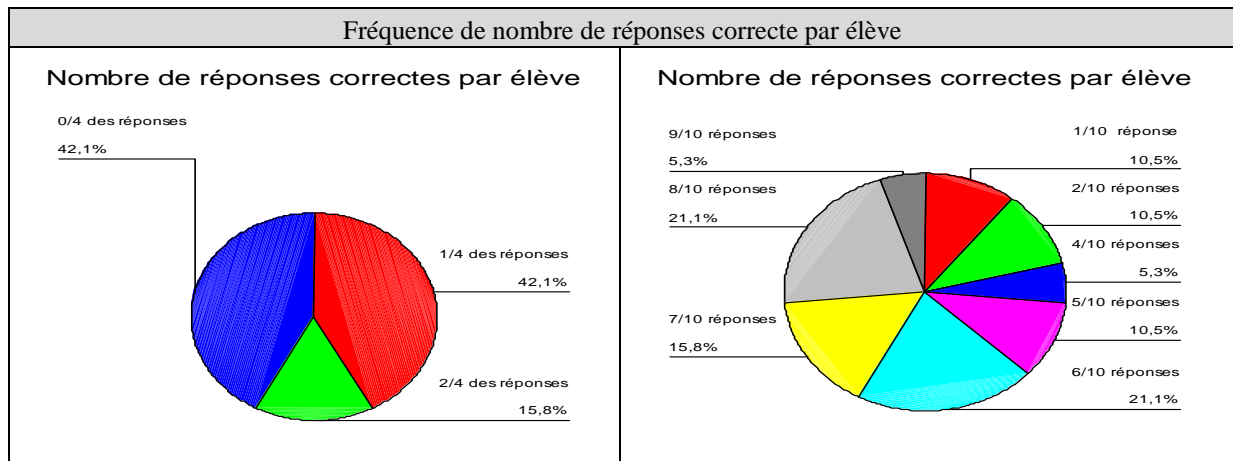


Tableau n°2

Conclusion

Un premier constat montre d'une part, que les élèves tunisiens présentent les mêmes conceptions sur les ondes que ceux dans les recherches citées précédemment : cela montre que ces conceptions sont très répandues dans plusieurs pays. D'autre part, la démarche d'investigation suivie lors de la séance de TP semble montrer son efficacité sur les deux concepts : la célérité de l'onde et le front d'onde. Nous voyons que les résultats obtenus à la question sur la représentation de l'aspect de la corde à partir d'une représentation ultérieure ne sont pas satisfaisants. Cela nécessite peut-être un travail supplémentaire pour améliorer la simulation ou le scénario pédagogique. Néanmoins la fréquence des réponses correctes a nettement augmenté après enseignement par démarche d'investigation. Nous pouvons tirer provisoirement la conclusion suivante qu'une séance d'enseignement sur simulation basée sur la démarche d'investigation est capable d'aider les élèves à surmonter leurs difficultés d'apprentissage des ondes et de résoudre en partie un problème de conceptions erronées très répandu. Il reste à analyser de plus près ce qu'il s'est passé réellement en classe, notamment pour accéder aux modes de raisonnement des élèves. C'est ce à quoi nous nous attachons actuellement en étudiant les interactions professeur-élèves à l'aide de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011). Cela devrait notamment nous aider à distinguer l'origine du changement conceptuel : le recours à une démarche d'investigation, l'usage d'une simulation ou bien l'amalgame des deux.

Références bibliographiques

Beaufils, D., Richoux, H. (2003). Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique. *Didaskalia*, 23, 9-38.

- Beaufils, D., Beney, M., Ramage, M.-J. (2003). Environnements sémiotiques manipulables pour des activités sur modèle dans l'enseignement de la physique. Actes EIAH 2003, 519-522.
- Boilevin, J.-M. (2013), *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Chauvet, F., Duprez, C. (2003). Environnement d'apprentissage fondé sur une simulation : appropriation par les enseignants stagiaires d'IUFM. In *Actes des 3èmes rencontres de l'ARDIST* (pp.13-20). Toulouse.
- Kaya Şengören, S., Tanel, R., Kavcar, N. (2009). Students' Difficulties about the Wave Pulses Propagating On a Rope. *Journal of Turkish Science Education*, 6(1), 50-59.
- 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. (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. *Actes de l'université d'été, La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques, tome 1 : Histoire des sciences*. (pp. 74- 85). Poitiers.
- Morge, L., Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN - CRDP d'Auvergne.
- République Tunisienne Ministère de l'éducation et de la formation. (2009), Programmes de sciences physiques 2ème année et 3ème année de l'enseignement secondaire.
- Richoux, H., Beaufils D. (2005). Simulation en mécanique au lycée : conception et analyse d'activités sur modèle, In *Actes de la 4èmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST*, 301-308. INRP : Lyon.
- Saadi, J. (2003). *Les conceptions et les difficultés des étudiants concernant l'électrocinétique en courant alternatif. Essai de remédiation en utilisant la simulation modélisante*. Thèse de doctorat, université Claude Bernard Lyon I / université de Tunis.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Tongchai, A., Sharma, M., Johnston, I., 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(2), 020101 -1-020101 -11.