

# Résolution de problèmes et apprentissage des ondes : quels types de difficultés rencontrent les élèves ?

BRAHIM MAZOUZE, ALI LOUNIS

---

Laboratoire de Didactique des Sciences,  
École Normale Supérieure Kouba, Alger  
Algérie  
bramazouz@yahoo.fr  
lounis58@yahoo.fr

---

## **ABSTRACT**

*Problem solving has an important place in learning and prior learning assessment in physical sciences. It is considered nowadays as a necessary and essential activity. Several studies have shown that students find difficulties in the learning of wave phenomenon and in problem solving, both at the phenomenological level and the conceptual level. For this purpose, we propose in our work to analyze the difficulties of high school pupils in learning the mechanical waves, locate and identify the obstacles to overcome in the different stages of problem solving. For this, we have developed a questionnaire used to locate the fields of students' difficulties and identify possible causes. We carried by means of this questionnaire a survey (paper-pencil) by requesting two types of samples in secondary school, pupils and teachers. The analysis and the exploitation of investigation results have shown that pupils encounter more difficulties in: understanding the phenomenon of interference, the mobilization of mathematical tool in particular the sine function and the analysis of spatial and temporal representations (confusion).*

## **KEYWORDS**

*Waves, problem solving, interferences, sine function, graphical representation*

## RÉSUMÉ

*La résolution de problèmes et exercices a une place importante dans l'apprentissage et l'évaluation des acquis en sciences physiques. Elle est considérée de nos jours comme une activité nécessaire et incontournable. Plusieurs recherches ont montré que les élèves trouvent des difficultés dans l'apprentissage du phénomène ondulatoire et en résolution de problèmes, aussi bien au niveau phénoménologique qu'au niveau conceptuel. A cet effet, on se propose dans notre travail d'analyser les difficultés des élèves de lycée dans l'apprentissage des ondes mécaniques, de localiser et d'identifier les obstacles à franchir dans les différentes étapes de la résolution de problèmes. A cet effet, nous avons élaboré un questionnaire servant à localiser les domaines de difficultés des élèves et à relever les causes possibles. Nous avons mené par le biais de ce questionnaire une enquête (papier-crayon) en sollicitant deux types d'échantillons, des élèves et des enseignants de lycée. L'analyse et l'exploitation des résultats de l'enquête ont montré que les élèves rencontrent plus de difficultés dans : la compréhension du phénomène d'interférences, la mobilisation de l'outil mathématique notamment la fonction sinus et l'analyse des représentations spatiales et temporelles (confusion).*

## MOTS-CLÉS

*Ondes, résolution de problèmes, interférences, fonction sinus, représentation graphique*

## INTRODUCTION

Dans les nouvelles réformes scolaires, l'enseignement/apprentissage des sciences s'appuie essentiellement sur les activités de résolution de problèmes. Les points de vue à propos de ces activités ont radicalement évolué au cours des dernières décennies, considérant ces dernières comme un moyen pédagogique efficace pour favoriser l'apprentissage et consolider les acquis (Reif, 1983; Dumas-Carré, 1987; Mc Dermott, 1997).

Les élèves disent avoir compris ce qui a été étudié en classe mais ce n'est que lors des activités de résolution de problèmes qu'ils s'aperçoivent qu'ils sont incapables de mobiliser les connaissances qu'ils ont acquises lors de l'apprentissage mais pas nécessairement comprises. En effet, la résolution d'un problème suppose la mise en relation entre ce qui est appris et ce qui est demandé dans des situations diverses, en mobilisation pour cela de nombreuses compétences (habilités de base, stratégies de pensée et habilités métacognitives) (Proulx, 1999).

Beaucoup de recherches ont été menées en résolution de problèmes et des propositions de stratégies et de démarches globales ont été suggérées pour aider l'élève dans cette tâche, mais peu ont traité le phénomène ondulatoire, car de notre

point de vue, ceci ne peut être fructueux que si une prospection de chaque partie du programme est menée, car chaque concept en physique se distingue par ses propres difficultés. En effet, le concept d'onde, objet de notre recherche se distingue par son caractère spatio-temporel, source de difficultés spécifiques qu'il faut localiser afin d'y remédier. On peut citer par exemple : le raisonnement des élèves en terme d'objet pour ce phénomène, mis en évidence dans les nombreux travaux de recherches de Maurines (1986, 1998, 2001), des difficultés liées au formalisme mathématique décrivant l'onde [fonction à deux variables  $f(x,t)$ ], où la position ( $x$ ) et le temps ( $t$ ) varient simultanément, sachant que la notion de fonction à deux variables n'est pas prise en charge par le programme de mathématiques au lycée, (Dean, 1980; Hulin, 1987).

À cet effet, nous projetons dans notre travail de mettre en évidence certaines difficultés rencontrées par les élèves lors de l'apprentissage du phénomène ondulatoire de manière générale et en résolution de problèmes de manière particulière.

## CADRE THÉORIQUE

De nombreux travaux de recherches ont montré que les apprenants rencontrent de sérieuses difficultés dans l'enseignement/apprentissage de la physique de manière générale et en résolution de problèmes de manière particulière (Reif, 1983; Dumas-Carré, Gil-Perez & Goffard, 1990; Goffard, 1994; Proulx, 1999), car les situations d'apprentissage en physique se caractérisent par des difficultés particulières compte tenu de la complexité de certains phénomènes et du formalisme sous-jacent, notamment le phénomène ondulatoire (Maurines, 1986; Mazouze, 2011; Mazouze & Lounis, 2012).

Le concept d'onde n'est pas un concept facile, car dans sa genèse, sa structure intime, son fonctionnement, il est indissolublement lié à la mise en œuvre d'un formalisme mathématique élaboré. Dans ce sens, Gil-Perez (1993, p. 51) affirme que : « *Il est certain qu'un grand nombre de concepts centraux de la science sont assez difficiles à construire par la majorité pour ne pas dire la totalité des adolescents et même des adultes universitaires* ».

Le travail que nous présentons ici s'inscrit dans le champ des recherches concernant les processus mis en œuvre dans la tâche de résolution de problèmes concernant les ondes.

Les concepts de la didactique que nous adoptons dans le cadre de cette étude s'articulent autour des obstacles didactiques ou pédagogiques ainsi que sur la résolution de problèmes (Astolfi & Develay, 1989; McDermot, 1998). La prise en compte didactique des obstacles et leur « franchissement » par les apprenants occupe de nos jours, une place déterminante dans tout projet de programme, ou d'élaboration d'activités d'apprentissage. Aussi, la résolution de problèmes est souvent considérée comme un objectif de formation, une habilité à faire acquérir, mais elle est aussi conçue comme un moyen d'apprentissage.

## PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE

La résolution de problèmes occupe une place centrale dans les récentes réformes curriculaires adoptées à travers le monde où elle passe d'une fonction restreinte, évaluation sommative à une fonction plus large, apprentissage et évaluation. Les élèves la considèrent comme fondamentale et décisive, car dans le système d'évaluation actuel, c'est elle qui constitue la mesure de la réussite à un examen notamment le baccalauréat, événement crucial dans le parcours d'un apprenant. Cependant beaucoup d'élèves trouvent des difficultés dans la compréhension du cours et sont souvent confrontés à des obstacles dans les activités de résolution de problèmes, et ne savent comment les surmonter.

Notre travail de recherche part d'un double constat, le premier c'est celui que font les enseignants de lycées sur les difficultés que rencontrent les apprenants dans l'apprentissage des phénomènes physiques de manière générale et du phénomène ondulatoire de manière particulière, ainsi que sur l'échec d'un grand nombre d'entre eux à mener correctement la résolution d'un problème, particulièrement si ce dernier n'est pas «coutumier». Le deuxième, c'est d'une part, les résultats du projet<sup>1</sup> de recherche sur les difficultés des élèves dans la résolution de problèmes de physique mené par le Laboratoire de Didactique des Sciences de l'ENS de Kouba (Lounis & Himrane, 2004), ainsi que ceux de McDermot (1998) faisant le lien entre ces difficultés et les conceptions des élèves ; et d'autre part, les travaux des didacticiens sur les conceptions des apprenants à propos des ondes mécaniques, notamment Maurines (1986, 1998, 2001), Abboud (1989), Bryan et Fennell (2009), Tongchaia et al. (2009).

À cet effet, nous projetons dans ce travail de chercher les causes des difficultés dans l'enseignement/apprentissage des ondes mécaniques ainsi que les obstacles qui empêchent les élèves à accomplir la tâche de résolution de problèmes. Ceci nous emmène à nous poser les questions suivantes.

- Quels sont les difficultés des élèves dans l'apprentissage du phénomène ondulatoire ?
- Pourquoi certains élèves n'arrivent même pas à débiter la résolution d'un problème ?

Ainsi, cet ensemble de questions inscrit notre travail au carrefour de deux directions de recherches, la première concerne les représentations, conceptions et raisonnements des apprenants qui entachent la construction des savoirs scolaires, la deuxième concerne l'implication de ces conceptions dans les processus mis en œuvre en résolution de problèmes.

Ces questions nous emmènent à adopter l'hypothèse de recherche suivante : « Les élèves éprouvent des difficultés dans la compréhension du phénomène ondulatoire, et dans l'utilisation des outils mathématiques et graphiques pour résoudre les problèmes ».

---

1 Projet no RI611/01/2002 (laboratoire de didactique des sciences ENS Kouba)

Partant de notre hypothèse et tenant compte du cadre théorique sous-tendant notre travail, nous avons mené une enquête par le biais d'un questionnaire (papier-crayon) dans le but de repérer certains domaines de difficultés. Ce questionnaire (voir annexe) propose des questions qu'on estime représenter des difficultés pour les élèves compte tenu du constat de certains enseignants de lycées et de notre expérience personnelle dans l'enseignement de la physique et plus précisément de la didactique. Ces questions sont relatives à la plus ou moins grande difficulté à :

- comprendre le cours sur les ondes mécaniques (compréhension globale du cours sur les ondes, propriétés des ondes, nécessité du milieu de propagation, vitesse de propagation, vitesse de vibration, transport de l'énergie,...).
- comprendre certains phénomènes observés dans le domaine des ondes (évolution des phénomènes de la propagation, des ondes stationnaires, des interférences).
- l'utilisation de certains outils nécessaires dans la résolution de problèmes (fonction sinus à deux variables, représentations graphiques d'espace et de temps).

Nous avons utilisé pour cela un questionnaire avec une échelle à quatre niveaux de réponses, dite échelle de Likert (De Landsheere, 1982), permettant d'apprécier les attitudes et opinions des sujets interrogés. Le questionnaire demande aux candidats d'apprécier le niveau de difficulté correspondant à chaque question posée et concernant un contenu, un phénomène ou un processus particulier, selon la désignation suivante :

1. *très facile : la question proposée est simple et ne pose aucune difficulté pour l'élève.*
2. *facile : la question proposée est moins simple que dans 1 mais reste abordable.*
3. *difficile : l'élève rencontre des difficultés.*
4. *très difficile : l'élève rencontre des difficultés plus importantes que dans 3.*

Ainsi les candidats sont appelés à cocher la case qui leur convient et nous les avons sollicités à justifier leurs choix en citant les causes des différentes difficultés. Les arguments avancés par les apprenants serviront à mieux éclaircir les différentes situations et faciliter ainsi l'analyse.

Le questionnaire se termine par une question ouverte où le sujet est appelé à citer d'autres difficultés que nous n'avons pas mentionnées et que rencontrent les élèves dans l'apprentissage du phénomène ondulatoire de manière générale, de la compréhension du phénomène physique de manière particulière ainsi que dans la résolution de problèmes. Notre questionnaire est anonyme de façon à ce que les élèves répondent plus librement et spontanément.

Nous avons pour cela sollicité 113 élèves en classe de troisième année secondaire en Algérie (terminale, en France), et 20 professeurs de lycée. Nous estimons que les avis et suggestions des enseignants sont d'un apport précieux dans notre étude, car ils sont des acteurs déterminants dans l'opération d'enseignement/apprentissage.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Nous présentons l'ensemble des résultats dans un seul tableau avec les textes des différentes questions afin de faciliter la lecture et le suivi du travail.

Dans le but de simplifier l'analyse nous avons choisi de regrouper les réponses en deux catégories : facile (très facile + facile) et difficile (difficile + très difficile), car notre objectif est la recherche de tendances de raisonnement et non une étude statistique fine.

Les résultats obtenus dans ce cas sont résumés dans le tableau I, (les résultats globaux sont enregistrés dans les tableaux Ibis et 2bis en annexe).

Une première lecture des résultats montre une nette différence entre les réponses des enseignants et ceux des élèves. À cet effet, nous avons opté pour l'analyse des résultats de chaque échantillon pris séparément, nous avons ensuite fait une analyse comparative.

### **Enquête enseignants (N=20)**

De façon globale, près de 70% des enseignants (moyenne des pourcentages) pensent que l'ensemble des questions proposées dans le questionnaire constitue pour les élèves de véritables obstacles dans la compréhension du phénomène ondulatoire et l'utilisation des outils mathématique et graphique pour résoudre des problèmes concernant les ondes mécaniques. Le pourcentage de réponses pour difficile pour chaque question dépasse 50%.

D'après l'avis des enseignants les questions q3, q5, q6, q7 et q8 relatives à la compréhension du phénomène d'ondes stationnaires, la non maîtrise de la fonction sinus, la traduction d'un graphique en équations et inversement, l'ambiguïté dans les représentations spatiales et temporelles constituent les points les plus ardues pour les élèves avec un pourcentage de réponses dépassant 75% (Tableau I).

Les principaux arguments donnés par les enseignants peuvent se résumer dans ce qui suit:

### **Question I (compréhension du cours)**

De l'avis des enseignants, la compréhension du cours concernant les ondes est un point difficile pour les élèves et constitue le premier obstacle dans la compréhension du phénomène physique. Les arguments évoqués par les enseignants sont :

- *Le manque de travaux pratiques*
- *La non maîtrise de l'outil mathématique*
- *La méthode du professeur*

Notons le pourcentage non négligeable de non réponse (20%), enregistré pour cette question. Ceci nous laisse supposer que soit cette catégorie d'enseignants est indécise

**TABEAU 1**

**Premier repérage des difficultés sur les ondes mécaniques**  
**Résultats de l'enquête avec réponses : facile et difficile**

Questions		Réponses en %						
		Enseignants (N=20)			Elèves (N=113)			
		Facile	Difficile	Sans Rép.	Facile	Difficile	Sans Rép.	
q1	Compréhension du cours	30	50	20	58	27	15	
q2	Compréhension du phénomène	Onde progressive	40	60	0	77	18	5
q3		Onde stationnaire	25	75	0	48	42	10
q4		interférences	45	55	0	40	50	10
q5	Utilisation de la fonction sinus	20	75	5	39	51	10	
q6	Lecture des graphes et leurs traductions en relations mathématiques	15	85	0	56	37	7	
q7	Traduction des relations mathématiques en représentations graphiques	20	80	0	40	50	10	
q8	Confusion entre les représentations spatiales (forme du milieu) et temporelles (variations de l'élongation d'un point du milieu en fonction du temps)	30	70	0	27	46	27	

et n'a pas pu trancher ou que notre formulation de la question n'est pas claire. Par conséquent, ce point mérite d'approfondir la recherche.

**Questions 2, 3 et 4** (compréhension du phénomène physique : onde progressive - onde stationnaire - interférences)

D'après les enseignants les trois phénomènes sont difficiles à comprendre par les élèves mais à des degrés légèrement différents. Le phénomène d'onde stationnaire étant le plus difficile d'après 75% des enseignants, suivi du phénomène d'onde progressive (60%) et enfin du phénomène d'interférences (55%). Les justifications données sont :

- Le manque de matériel en travaux pratiques
- Les élèves ne manipulent pas
- La non maîtrise de l'outil mathématique

**Question 5** (utilisation de la fonction sinus)

La majorité des enseignants affirme que les élèves ne maîtrisent pas les concepts et connaissances pré requis à l'étude des ondes, notamment la fonction sinus, ce qui constitue un obstacle considérable dans la résolution d'un problème. À cet effet, un intérêt particulier doit être porté à ce point dans l'enseignement-apprentissage des ondes. Les arguments évoqués par les enseignants sont :

- La non maîtrise de la fonction sinus et des relations trigonométriques ;
- Le manque de travaux pratiques ;

- *ambiguïté concernant les notions de phase, de phase à l'origine et de différence de phases ;*
- *L'orientation des élèves vers des filières non adéquates.*

**Questions 6 et 7** (traduction d'un graphique en équations et inversement)

Plus de 4/5 des enseignants attestent que les élèves éprouvent de sérieuses difficultés pour ces deux questions. Ces dernières affichent les pourcentages les plus élevés. Les enseignants justifient par :

- *La non maîtrise des notions de mathématiques ;*
- *L'incompréhension des notions de phase et de déphasage dans les graphiques et dans les équations ainsi que les conditions initiales ;*
- *Les élèves ne sont pas entraînés à résoudre ce genre de problèmes.*

**Question 8** (confusion entre les représentations spatiales et temporelles)

70% des enseignants interrogés affirment que les représentations spatiales et temporelles constituent pour les élèves une difficulté sérieuse. Les causes citées sont :

- *La non compréhension de l'équation décrivant une onde (expression mathématique) ;*
- *Le manque d'exercices sur les deux types de représentations ;*
- *Le manque de travaux pratiques.*

**Question ouverte** (autres difficultés)

Le questionnaire se termine par une question ouverte où les enseignants sont sollicités à signaler librement d'autres difficultés que rencontrent les élèves dans l'apprentissage des ondes mécaniques et que nous avons omis d'évoquer dans notre questionnaire. Plus de 3/4 des enseignants ont apporté des justificatifs, qu'on peut résumer dans ce qui suit :

- *Confusion entre vitesse de propagation de l'onde et vitesse d'un point du milieu ;*
- *Le choix de l'origine des abscisses et de l'origine des temps dans le cas d'une onde stationnaire, pour une extrémité fixe et pour une extrémité libre ;*
- *La réalisation pratique d'une extrémité libre pour l'expérience de Melde ;*
- *La représentation de Fresnel.*

**Enquête élèves (N=113)**

L'enquête menée avec les élèves de troisième secondaire (terminale) a eu lieu juste après l'enseignement du chapitre des ondes.

Les résultats enregistrés dans le tableau I montrent que le pourcentage de réponse moyen pour toutes les questions confondues pour « difficile » est égal à 40%. Ce pourcentage mérite d'être pris en considération bien qu'il ne soit pas trop

élevé. Toutefois la moitié des élèves trouve des difficultés dans la compréhension du phénomène physique notamment le phénomène d'interférences, l'utilisation de la fonction sinus et la traduction des relations mathématiques en représentations graphiques. La confusion entre les représentations spatiales et temporelles ainsi que le phénomène d'onde stationnaire sont à un degré de difficulté moindre, mais méritent une attention particulière.

Les points les plus difficiles pour les élèves peuvent se résumer dans ce qui suit :

#### **Questions 4** (phénomène d'interférences)

La moitié des élèves trouvent des difficultés dans le phénomène d'interférences. C'est le point le plus difficile d'après leurs avis comparativement aux autres phénomènes. Là aussi, comme pour l'échantillon précédent les élèves évoquent les mêmes arguments quelle que soit la réponse choisie « facile » ou « difficile », ce qui montre de manière implicite que même ceux qui ont choisi la réponse « facile » rencontrent les mêmes difficultés.

Les arguments évoqués par les élèves sont :

- *Manque de matériel en travaux pratiques ;*
- *Le phénomène d'interférences est expliqué au tableau sans faire d'expériences;*
- *Les formules sont difficiles ;*
- *Dans les exercices, on applique les formules sans comprendre le phénomène.*

#### **Question 5** (utilisation de la fonction sinus)

Là aussi, la moitié des élèves rencontrent des difficultés dans l'utilisation de la fonction sinus. Pour les élèves, cette lacune provient du programme de mathématiques qui est enseigné partiellement ou mal fait.

Les arguments avancés par les candidats sont:

- *La fonction sinus est mal comprise ;*
- *On n'a pas fait de trigonométrie ;*
- *Difficulté d'utiliser la fonction sinus dans les exercices.*

#### **Question 7** (traduction des relations mathématiques en représentations graphiques)

Pour 50% des élèves la traduction des relations mathématiques en représentations graphiques est un point de difficulté accrue. En outre, ils signalent dans leurs justifications certaines notions qui les empêchent de comprendre ce sont la phase et la phase à l'origine.

Les justifications données par les élèves peuvent se résumer dans :

- *Non maîtrise des formules mathématiques ;*
- *Non compréhension des notions de phase et de déphasage ;*

**Questions 3 et 8** (*Phénomène d'onde stationnaire - Confusion entre les représentations spatiales et temporelles*)

Près de 40% des élèves ont coché la réponse « difficile » pour ces deux questions. Pour cette catégorie d'élèves le phénomène d'onde stationnaire n'est pas facile à comprendre, ce qu'ils retiennent de ce phénomène c'est juste l'existence de ventres et de nœuds d'après leurs justifications. De même, cette catégorie d'élèves trouve des difficultés à distinguer la représentation spatiale  $y(x)$  -forme du milieu de propagation - de la représentation temporelle  $y(t)$  -variations de l'élongation d'un point du milieu en fonction du temps-.

Les arguments apportés par cette catégorie d'élèves peuvent se résumer dans :

- *Le phénomène d'onde stationnaire est compliqué, c'est des ventres et des nœuds ;*
- *Manque de travaux pratiques ;*
- *Il n y a que des sinusoides ;*
- *Lacunes en mathématiques.*

Notons le pourcentage élevé de « non réponse » à la question q8 (27%), cette catégorie d'élèves mérite d'être prise en considération car c'est un pourcentage non négligeable. À notre avis, ceci proviendrait : soit de la formulation de la question qui pour ces élèves est confuse donc n'est pas comprise, soit que ce sont des élèves indécis donc qui n'ont pas pu se positionner sur un des choix proposé pour des raisons qu'ils n'ont pas déclarées. À cet effet, ce point mérite d'être clarifié par une recherche approfondie.

**Question ouverte** (*autres difficultés*)

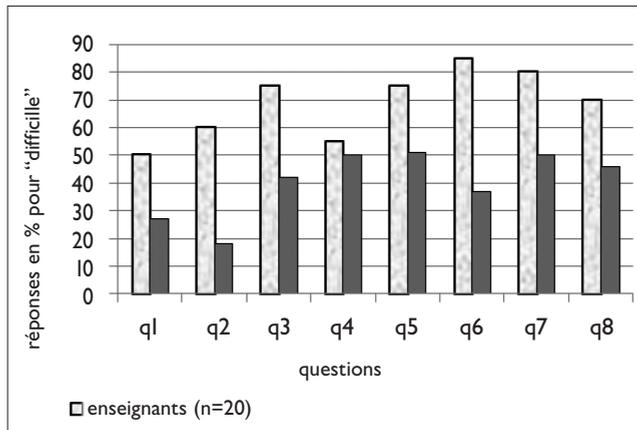
Près de la moitié des élèves se sont exprimés pour cette question ouverte. Certains d'entre eux ont rappelé les mêmes difficultés contenues dans nos questions, par contre d'autres ont cité d'autres difficultés, qu'on peut résumer dans ce qui suit :

- *Manque de travaux pratiques ;*
- *Peu d'exercices sont traités en classe ;*
- *Faiblesse en mathématique ;*
- *Les exercices c'est du calcul, on ne comprend pas le phénomène.*

**Étude comparative**

Nous avons mené une étude comparative dans le but de déceler des difficultés particulières où les avis des deux échantillons se rapprochent le plus, ce qui attesterait de la sérieuse difficulté du point considéré. Le graphe suivant illustre les résultats des deux échantillons (figure).

**FIGURE**



Résultats de l'enquête : degré de difficulté par question

D'après cette figure, il apparaît une nette différence entre l'avis des enseignants et celui des élèves concernant l'ensemble des questions de manière globale. Toutefois on remarque des rapprochements pour certaines questions

Afin de mieux apprécier ce rapprochement faisons le calcul des écarts entre les réponses des deux échantillons.

**TABLEAU 2**

*Écarts entre les pourcentages des deux échantillons*

Questions	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8
Écarts	23	42	33	5	24	48	30	24

Ce tableau permet de montrer que:

- Pour la question q4 relative à la compréhension du phénomène d'interférences, les deux échantillons enregistrent le minimum d'écart (5%), avec un pourcentage de réponses pour « difficile » dépassant 50%. Ce rapprochement entre les avis des deux échantillons corrobore la difficulté à comprendre ce phénomène. Ainsi ce point constitue un obstacle sérieux qu'il convient de prendre en charge dans l'enseignement/apprentissage des ondes. Dans le but d'aider les élèves à surmonter cet obstacle, les causes des difficultés citées précédemment par les deux échantillons peuvent servir de pistes qui permettraient de proposer des stratégies d'apprentissage du phénomène d'interférences, et des « aides » pour la résolution des problèmes.
- Pour les questions q5 et q8 (utilisation de la fonction sinus- confusion entre les représentations spatiales et temporelles). L'écart pour ces questions est égal à 24% avec des pourcentages de réponse dépassant 46%. Ce résultat montre que ces

deux points constituent aussi des difficultés accrues qu'il convient de prendre en considération.

- D'un autre côté l'écart est le plus grand (46%) pour la question q6 (lecture des graphes et leurs traductions en relations mathématiques). Ce point jugé parmi les plus faciles pour les élèves est considéré le plus difficile pour les enseignants. Comment expliquer cette différence de points de vue ? Les enseignants seraient ils alarmistes ? Ou bien les élèves seraient ils insouciants ? Par conséquent ce point mérite d'être approfondi.
- Pour les autres questions, il y a une nette différence entre l'avis des enseignants et celui des élèves, la différence des pourcentages de réponses est significative et les raisons de cette divergence demanderaient une autre recherche.

## **DISCUSSION**

Les résultats obtenus dans ce travail, en tenant compte des avis des deux échantillons, montrent que les difficultés rencontrées par beaucoup d'élèves algériens dans l'apprentissage des ondes se situent à deux niveaux :

### ***Difficultés au niveau phénoménologique***

Les élèves trouvent des difficultés à comprendre le phénomène physique lui-même, notamment le phénomène des interférences mécaniques et à un degré moindre le phénomène d'ondes stationnaires. D'après les arguments donnés par les apprenants le manque de travaux pratiques, la complexité du phénomène lui-même, et l'utilisation «excessive» de l'outil mathématique rend ces phénomènes difficiles à comprendre. En effet, les interférences mécaniques sont étudiées moyennant la cuve à ondes, or l'explication du phénomène dans cette expérience n'est pas directe mais par le biais d'un éclairage continu donnant sur un écran des zones éclairées et des zones sombres, ce qui demande beaucoup d'imagination (Mazouze, 2011). Aussi, l'explication du phénomène ondulatoire ne doit pas se limiter à la seule utilisation du modèle mathématique mais doit être soutenue par d'autres formes de présentation (physique, verbale, visuelle, graphique, gestuelle, numérique) ce qui permet de faciliter et d'approfondir la compréhension (Bryan & Fennell, 2009).

### ***Difficultés liées à l'utilisation des outils mathématiques et graphiques***

Les élèves ont des difficultés dans l'utilisation de la fonction sinus. Cet outil mathématique n'est pas maîtrisé par les apprenants, ces derniers n'arrivent pas à mobiliser correctement dans les activités de résolution de problèmes. Les justifications données par les élèves pointent sur leur faiblesse en mathématique, d'ailleurs elles rejoignent celles mentionnées par les professeurs. Cette difficulté est soulevée aussi par Dean (1980).

Aussi, l'utilisation des représentations graphiques spatiales et temporelles constituent pour les élèves des points de confusions notoires. Les apprenants attribuent cette difficulté au manque d'exercices pour ce genre d'activités et à leur faiblesse en mathématique. Les élèves ne perçoivent pas le caractère spatio-temporel de l'onde traduit par l'équation à deux variables  $y(x,t)$ . L'équivalence mathématique entre les variables  $x$  et  $t$  due à la nature même de la solution pour une onde transversale progressive concernant la fonction  $y(x)$  à  $t$  constant et  $y(t)$  à  $x$  constant favorise ce type d'erreur et entraîne des confusions entre les grandeurs spatiales et temporelles (longueur d'onde et période), l'effet étant plus distinct pour l'onde sinusoïdale (Mazouze & Lounis, 2012).

## CONCLUSION

Nous avons mené cette enquête par le biais d'un questionnaire élaboré à partir des travaux sur les conceptions et sur la résolution de problèmes. L'objectif de ce travail est de faire un premier repérage des difficultés que rencontrent les élèves dans la compréhension du phénomène ondulatoire dans son ensemble, de l'utilisation de l'outil mathématique notamment la fonction sinus et de l'exploitation de la représentation graphique. Avec le même questionnaire nous avons sollicité deux types d'échantillons séparément, soit au total 133 individus, dont 20 professeurs de lycées et 113 élèves en troisième année secondaire (terminale).

Dans le contexte algérien, ce travail a permis de mettre en évidence les points sur lesquels les élèves rencontrent le plus de difficultés dans l'apprentissage du phénomène ondulatoire et en résolution de problèmes, lesquels peuvent se résumer comme suit :

- difficultés dans la compréhension du phénomène d'interférences mécaniques, et à un degré moindre le phénomène d'onde stationnaire ;
- difficulté à mobiliser des notions acquises antérieurement en mathématiques notamment la fonction sinus (surtout avec deux variables);
- confusions notoires entre les représentations spatiales et temporelles.

Les arguments évoqués par les apprenants concernant ces difficultés sont :

- la non maîtrise des mathématiques, en particulier la fonction sinus, la notion de phase ;
- difficultés liées à la complexité du phénomène d'interférences ;
- le manque de travaux pratiques.

Ces résultats peuvent servir de pistes pour approfondir les prospections et les élargir à d'autres contextes, et de points d'appui pour l'élaboration de certaines propositions de remédiations.

## RÉFÉRENCES

- Abboud, R. (1989). *Difficultés de l'enseignement dans deux domaines de la physique : le phénomène d'induction électromagnétique et la propagation d'ondes mécaniques*. Thèse d'état, France, Université Paris VII.
- Astolfi, J. P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Bryan, J., & Fennel, B. (2009). Wave modelling: a lesson illustrating the integration of mathematics, science and technology through multiple representations. *Physics Education*, 44(4), 403-410.
- Dean, R. H. (1980). A wave is a wave is a wave.... so where is the difficulty. *Physics Education*, 15(6), 373-375.
- De Landsheere, G. (1982). *Introduction à la recherche en éducation*. Paris: Armand Colin-Bourrelier.
- Dumas-Carré, A. (1987). *La résolution de problèmes en physique au lycée, le procédural: apprentissage et évaluation*. Thèse d'état, France, Université Paris VII.
- Dumas-Carré, A., Gil-Perez, D., & Goffard, M. (1990). Les élèves peuvent-ils résoudre des problèmes ? *BUPPC*, 84(728(1)), 1289-1299.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64.
- Goffard, M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris: Adapt.
- Hulin, M. (1987). *La physique ou l'enseignement impossible*. Paris: I.R.E.M.
- Lounis, A., & Himrane, F. (2004). Des difficultés des élèves et étudiants en résolution de problèmes physique : essai de classification et interprétations. Présentation au *Congrès national de la Physique et de ses applications*, Tizi-Ouzou, Alger, 5-7 Décembre 2004.
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation de signaux mécaniques : Étude des difficultés des étudiants*. Thèse, France, Université Paris VII.
- Maurines, L. (1998). Les élèves et la propagation des signaux sonores. *BUPPC*, 92(800), 1-22.
- Maurines, L. (2001). Le raisonnement en termes d'objet dans la physique des ondes : cas de la surface d'onde et du principe de Huyghens. *Skholé, HS*, 225-240.
- Mazouze, B. (2011). Raisonnements et difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique: cas des interférences mécaniques. *BUPPC*, 105(931), 221-241.
- Mazouze, B., & Lounis, A. (2012). Les élèves et les représentations graphiques: cas des ondes mécaniques. *Skholé*, 17, 105-113.
- McDermott, L. (1998). Conception des élèves et résolution de problèmes en mécanique. In A. Tiberghien, E. L. Jossem & J. Barojas (éds), *Résultats de recherches en Didactique de la Physique au service de la Formation des Maîtres*. Consulté sur <http://icar.univ-lyon2.fr/equipe2/coast/ressources/ICPE/francais/partieC/CI.pdf>.
- Proulx, L. (1999). *La résolution de problèmes en enseignements, cadre référentiel et outils de formation*. Paris-Bruxelles: De Boeck.
- Reif, F. (1983). Comprendre et enseigner la résolution de problèmes en physique. In *Recherches en Didactique de la Physique : Actes du premier atelier international* (pp. 3-13). Paris: Éditions du CNRS.

Résolution de problèmes et apprentissage des ondes :  
quels types de difficultés rencontrent les élèves ?

Tongchaia, A., Sharmab, M. D., Johnstonb, I. D., Arayathanitkulc, K., & Soankwanc, C. (2009).  
Developing, evaluating and demonstrating the use of a conceptual survey in mechanical  
waves. *International Journal of Science Education*, 31(18), 2437-2457.

## ANNEXE

### QUESTIONNAIRE ET RÉSULTATS GLOBAUX DE L'ENQUÊTE

**TABLEAU 0**

Questions		Réponses				
		TF	F	D	TD	SR
q1	Compréhension du cours					
q2	Compréhension du phénomène	Onde progressive				
q3		Onde stationnaire				
q4		interférences				
q5	Utilisation de la fonction sinus					
q6	Lecture des graphes et leurs traductions en relations mathématiques					
q7	Traduction des relations mathématiques en représentations graphiques					
q8	Confusion entre les représentations spatiales (forme du milieu) et temporelles (variations de l'élongation d'un point du milieu en fonction du temps)					

**TABLEAU 1 BIS**

**Résultats globaux de l'enquête (enseignants)**

*TF : très facile F : facile D : difficile TD : très difficile SR : sans réponse*

Questions		Réponses en %, (professeurs, N=20)					
		TF	F	D	TD	SR	
q1	Compréhension du cours	0	30	50	0	20	
q2	Compréhension du phénomène	Onde progressive	0	40	60	0	0
q3		Onde stationnaire	0	25	70	5	0
q4		interférences	0	45	55	0	0
q5	Utilisation de la fonction sinus	0	20	75	0	5	
q6	Lecture des graphes et leurs traductions en relations mathématiques	0	15	75	10	0	
q7	Traduction des relations mathématiques en représentations graphiques	0	20	80	0	0	
q8	Confusion entre les représentations spatiales (forme du milieu) et temporelles (variations de l'élongation d'un point du milieu en fonction du temps)	0	30	70	0	0	

**TABLEAU 2 BIS**

**Résultats globaux de l'enquête (élèves)**

*TF : très facile F : facile D : difficile TD : très difficile SR : sans réponse*

Questions		Réponses en %, (élèves, N=113)					
		TF	F	D	TD	SR	
q1	Compréhension du cours	4	54	20	7	15	
q2	Compréhension du phénomène	Onde progressive	5	72	13	5	5
q3		Onde stationnaire	4	44	32	10	10
q4		interférences	3	37	39	11	10
q5	Utilisation de la fonction sinus	2	37	29	22	10	
q6	Lecture des graphes et leurs traductions en relations mathématiques	10	46	27	10	7	
q7	Traduction des relations mathématiques en représentations graphiques	6	34	32	18	10	
q8	Confusion entre les représentations spatiales (forme du milieu) et temporelles (variations de l'élongation d'un point du milieu en fonction du temps)	3	24	22	24	27	